

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет машиностроительных и химиче-  
ских технологий

\_\_\_\_\_ Саблин П.А.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология первичной переработки нефти и газа»

|  |  |
|--|--|
| Направление подготовки                             | 15.03.02 Технологические машины и оборудование |
| Направленность (профиль) образовательной программы | Оборудование нефтегазопереработки              |
| Квалификация выпускника                            | Бакалавр                                       |
| Год начала подготовки (по учебному плану)          | 2021   |
| Форма обучения                                     | Очная форма                                    |
| Технология обучения                                | Традиционная                                   |

| Курс | Семестр | Трудоемкость, з.е. |
|------|---------|--------------------|
| 3    | 6       | 3                  |

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Вид промежуточной аттестации | Обеспечивающее подразделение            |
| Зачет с оценкой              | Кафедра «Химия и химические технологии» |

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Доктор химических наук



Шакирова О.Г

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра Химии и химической технологии



Шакирова О.Г.

Заведующий выпускающей кафедрой

Кафедра «Машиностроение»



Сариллов М.Ю.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Технология первичной переработки нефти и газа» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации 20.10.2015 №1170, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Оборудование нефтегазопереработки» по направлению подготовки «15.03.02 Технологические машины и оборудование».

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Задачи дисциплины                  | Привить студентам знания о современном состоянии промышленности в области первичной переработки нефти и углеводородных газов, направлениях их использования;<br>Довести до обучающихся значимость и определяющую роль процессов подготовки и первичной переработки нефти на нефтеперерабатывающем заводе;<br>Научить обучающихся ориентироваться в многообразии технологических схем установок первичной переработки нефти и переработки газа. |
| Основные разделы / темы дисциплины | Введение. Подготовка нефти и газа к переработке.<br>Аппаратурное и технологическое оформление процесса первичной переработки нефти.<br>Первичная перегонка нефти на промышленных установках.   |

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Технология первичной переработки нефти и газа» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Код и наименование компетенции   | Индикаторы достижения  | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|--|--|---|
| <b>Профессиональные</b>  |  |   |
| ПК-9 умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению | ПК-9.1 Знает конкретные технические решения типовых технологических процессов нефтегазопереработки, технические средства и технологии, экологические последствия<br>ПК-9.2 Умеет выбирать технические средства и технологии нефтегазопереработки с учетом экологических последствий их применения<br>ПК-9.3 Владеет навыками | Знает специфику технологических процессов и условий их проведения, устройство и принцип действия нового оборудования,<br>порядок ввода основного оборудования в эксплуатацию; режимы работы технологического оборудования и параметры технологического процесса.<br>Умеет анализировать техническую документацию, проводить причинно-следственные связи, обосновывать выбор оборудования и технологии для различных процессов, а также составлять технологические схемы процессов подготовки и переработки нефти и газа; подбирать (рассчитывать) параметры |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | контроля работы технологических объектов и структурных подразделений нефтегазоперерабатывающих заводов | технологического процесса. Владеет теоретическими навыками принятия конкретных технологических решений и оценки экологических последствий их применения; навыками вывода оборудования из производственного цикла, подготовке к ремонту и приемке из ремонта. |
|--|--|--|

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология первичной переработки нефти и газа» изучается на 3 курсе, 6 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Технический анализ нефти и нефтепродуктов», «Спецкурс по рабочей профессии "Оператор технологических установок"», «Спецкурс по профессии "Лаборант химического анализа"».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Технология первичной переработки нефти и газа», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Технология вторичной переработки нефти и газа», «Методы и средства контроля технологического процесса», «Производственная практика (технологическая практика)».

Дисциплина «Технология первичной переработки нефти и газа» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 з.е., 108 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

| Объем дисциплины   | Всего академических часов |
|--|---------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины  | 108                       |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b> | 48                        |
| <b>В том числе:</b>  |                           |

|   |    |
|---|----|
| <b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:   | 16 |
| <b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:  | 32 |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза | 60 |
| Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой  | 0  |

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

| Наименование разделов, тем и содержание материала  | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах) |                                    |                      |     |
|--|--|------------------------------------|----------------------|-----|
|  | Контактная работа преподавателя с обучающимися   |                                    |                      | СРС |
|  | Лекции   | Семинарские (практические занятия) | Лабораторные занятия |     |
| <b>Раздел 1. Введение. Подготовка нефти и газа к переработке</b>                                 |  |                                    |                      |     |
| Стабилизация нефти и газового конденсата.  | 2  |                                    |                      | 2   |
| Потери легких фракций нефти и газовых конденсатов.   | 1  |                                    |                      | 3   |
| Подготовка нефти к переработке.  | 2  |                                    |                      | 2   |
| Электрообессоливание.  | 1  |                                    |                      | 3   |
| Расчет физико-химических свойств и состава углеводородных газов                                  |  | 6                                  |                      | 6   |
| <b>Раздел 2. Аппаратурное и технологическое оформление процесса первичной переработки нефти.</b> |  |                                    |                      |     |
| Ректификационные колонны.  | 2  |                                    |                      | 2   |
| Электродегидраторы.  | 2  |                                    |                      | 2   |
| Вспомогательное оборудование.  |  | 2                                  |                      | 2   |
| Расчет электродегидратора.   |  | 6                                  |                      | 6   |

|   |    |    |  |    |
|---|----|----|--|----|
| Расчет ректификационных аппаратов.                                    |    | 6  |  | 6  |
| <b>Раздел 3. Первичная перегонка нефти на промышленных установках</b> |    |    |  |    |
| Классификация установок первичной перегонки нефти.                    | 1  |    |  | 2  |
| Установка атмосферной перегонки нефти.                                | 3  |    |  | 6  |
| Установка вакуумной перегонки мазута.                                 | 2  |    |  | 2  |
| Вторичная перегонка бензиновой и дизельной фракций.                   |    | 2  |  | 4  |
| Комбинированная установка первичной переработки нефти.                |    | 2  |  | 4  |
| Расчет ректификационных аппаратов.                                    |    | 8  |  | 8  |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b>  | 16 | 32 |  | 60 |

### 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

| Компоненты самостоятельной работы                   | Количество часов |
|---|------------------|
| изучение теоретических разделов дисциплины          | 24               |
| Подготовка и выполнение расчетно-графической работы | 36               |

### 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

### 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

#### 8.1 Основная литература

1. Сарданашвили, А.Г. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа : учебное пособие / А. Г. Сарданашвили, А. И. Львова. - 3-е изд. - СПб.: Интеграл, 2008; 2007. - 268с. – 15 шт
2. Леффлер, У.Л. Переработка нефти / У. Л. Леффлер; Пер. с англ. - 2-е изд., пересм. - М.: Олимп-Бизнес, 2001. - 223с. – 12 шт
3. Расчет ректификационных колонн установок перегонки нефти [Электронный ресурс]:

учебное пособие/ А.А. Гречухина [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017.— 92 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79495.html>.— ЭБС «IPRbooks»

## 8.2 Дополнительная литература

1. Снарев, А.И. Расчеты машин и оборудования для добычи нефти и газа: учебно-практическое пособие [Электронный ресурс] / А.И. Снарев. - изд. 3-е, доп. - М.: Инфра-Инженерия, 2010. - 232 с. - ISBN 978-5-9729-0025-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/520451>
2. Нефтепереработка: практический вводный курс: учебное пособие / Подвинцев И.Б., - 2-е изд., перераб. И доп. – Долгопрудный: Интеллект, 2015. – 160 с. ISBN 978-5-91559-190-4//[www.znanium.com/catalog.php](http://www.znanium.com/catalog.php), ограниченный. – Загл. С экрана.
3. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: Учебное пособие / Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., - 2-е изд. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 166 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/674042>

## 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Петров, В.В. Расчет процессов и аппаратов ректификации: учебное пособие / В.В. Петров, А.В. Моисеев. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2012. – 156 с.
2. Моисеев, А. В. Расчетные методы определения физико-химических свойств углеводородных систем, нефтей и нефтепродуктов: примеры и задачи / А.В. Моисеев, учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре «КНАГТУ», 2010. – 179 с.
3. СТО7.5-17 Положение о самостоятельной работе студентов ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». –Введ. 2015-04-06. –Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2015. –24 с.
4. РД ФГБОУ ВО КНАГТУ013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления».–Введ. 2016-03-10. –Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – 56 с.

## 8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Реферативно-библиографические базы данных ВИНТИ по естественным наукам (<http://www.viniti.ru/products/viniti-database>) ► "Химия", "Физика", "Биология" и другие
2. ChemExper Chemical Directory ([chemexper.com](http://chemexper.com)) ► Каталог химических веществ и их поставщиков.
3. ChemSynthesis ([chemsynthesis.com](http://chemsynthesis.com)) ► База данных химических веществ, содержит также информацию по методам их синтеза и физическим свойствам, таким как плотность, точка плавления, точка кипения и т.д.
4. TOXNET ([nlm.nih.gov/index.htm](http://nlm.nih.gov/index.htm)) ► База данных по токсикологии, опасным химическим соединениям, состоянию окружающей среды и здоровья.

## 8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Википедия <http://ru.wikipedia.org>
2. Химический портал <http://www.ximuk.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elibrary.ru>, свободный.
4. Естественнонаучный образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://en.edu.ru>, свободный.

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

| Наименование ПО | Реквизиты / условия использования   |
|-----------------|---|
| OpenOffice      | условия использования по ссылке:<br><a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a> |

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;



- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

- При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:
- просматривать основные определения и факты;
  - повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
  - изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
  - самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
  - использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

| Аудитория | Наименование аудитории (лаборатории)               | Используемое оборудование  |
|-----------|--|--|
| 417/1     | Мультимедийная аудитория, вместимостью 30 человек. | Современные средства воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, включающей тач скрин доску, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. |

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

Отсутствуют

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказа-

ния помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

#### «Технология первичной переработки нефти и газа»

|  |  |
|--|--|
| Направление подготовки                             | 15.03.02 Технологические машины и оборудование |
| Направленность (профиль) образовательной программы | Оборудование нефтегазопереработки              |
| Квалификация выпускника                            | Бакалавр                                       |
| Год начала подготовки (по учебному плану)          | 2021   |
| Форма обучения                                     | Очная форма                                    |
| Технология обучения                                | Традиционная                                   |

| Курс | Семестр | Трудоемкость, з.е. |
|------|---------|--------------------|
| 3    | 6       | 3                  |

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Вид промежуточной аттестации | Обеспечивающее подразделение            |
| Зачет с оценкой              | Кафедра «Химия и химические технологии» |

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Код и наименование компетенции   | Индикаторы достижения  | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|--|--|--|
| <b>Профессиональные</b>  |  |  |
| ПК-9 умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению | <p>ПК-9.1 Знает конкретные технические решения типовых технологических процессов нефтегазопереработки, технические средства и технологии, экологические последствия</p> <p>ПК-9.2 Умеет выбирать технические средства и технологии нефтегазопереработки с учетом экологических последствий их применения</p> <p>ПК-9.3 Владеет навыками контроля работы технологических объектов и структурных подразделений нефтегазоперерабатывающих заводов</p> | <p>Знает специфику технологических процессов и условий их проведения, устройство и принцип действия нового оборудования,</p> <p>порядок ввода основного оборудования в эксплуатацию; режимы работы технологического оборудования и параметры технологического процесса.</p> <p>Умеет анализировать техническую документацию, проводить причинно-следственные связи, обосновывать выбор оборудования и технологии для различных процессов, а также составлять технологические схемы процессов подготовки и переработки нефти и газа; подбирать (рассчитывать) параметры технологического процесса.</p> <p>Владеет теоретическими навыками принятия конкретных технологических решений и оценки экологических последствий их применения; навыками вывода оборудования из производственного цикла, подготовке к ремонту и приемке из ремонта.</p> |

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

| Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Формируемая компетенция | Наименование оценочного средства  | Показатели оценки  |
|--|-------------------------|---|--|
| Все                                      | ПК-9                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вопросы собеседования по каждому разделу</li> <li>2. Практические расчетные задачи</li> <li>3. Расчетно-графическая работа</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Удовлетворительные ответы при собеседовании / владение материалом</li> <li>2. Наличие верно решенных расчетных задач</li> <li>3. Верно выполненная и оформленная РГР, вопросы собеседования</li> </ol> |

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

| Наименование оценочного средства                                       | Сроки выполнения   | Шкала оценивания         | Критерии оценивания  |
|--|--------------------|--------------------------|--|
| 6 семестр<br><b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b> |                    |                          |  |
| Вопросы собеседования (3 блока)  | В течение семестра | $5 \cdot 3 = 15$         | 5 баллов – при собеседовании студент полно излагает материал, даёт правильное определение основных понятий, понимает излагаемый материал, обосновывает свои суждения, делает выводы, способен ответить на вопрос требующий логического мышления и рассуждения, основываясь на имеющихся знаниях, знает как применить данные знания на практике, умеет излагать свои мысли литературным языком;<br>4 балла – студент полно излагает изученный материал, полно его раскрывает, но допускает ошибки в вопросах касающихся логического мышления и рассуждения, где необходимо применить знания полученные в ранее изученных дисциплинах;<br>3 балла – при собеседовании студент знает и понимает основные положения изучаемой темы, однако изложение материала неполное, допускает неточности в определении понятий и формулировке основных положений; не умеет логически мыслить и/или формулировать свои мысли;<br>2 балла – при собеседовании студент показывает незнание большей части изучаемой темы, множество ошибок в формулировке основных положений поставленного вопроса, искажает смысл, плохо понимает излагаемый материал. |
| Расчетные задачи (13 шт)   | В течение семестра | $5 \cdot 13 = 65$ баллов | 5 баллов – студент выполнил задание полностью верно;<br>4 балла – студент произвел расчет с замечаниями, или имеется два небольших недочета;<br>3 балла – студент сделал грубую ошибку в расчетах, изза которой дальнейшее решение задания выполнено не верно, работа возвращена на доработку, после которой задача выполнена верно.<br>2 балла – студент сделал грубую ошибку   |

|   |                    |            |  |
|---|--------------------|------------|--|
|   |                    |            | ку в расчетах, изза которой дальнейшее решение задания выполнено не верно, работа возвращена на доработку, после которой задача по-прежнему выполнена не верно.<br>1 балл – студент частично выполнил задание, но не дорешал его;  |
| Расчетно-графическая работа   | В течение семестра | 50         | 50 баллов – студент выполнил все задания;<br>40 баллов – студент произвел расчет с замечаниями, или имеется два небольших недочета по всему объему РГР<br>30 баллов – студент сделал грубую ошибку в расчетах, изза которой дальнейшее решение задания выполнено не верно, работа возвращена на доработку, после которой задача выполнена верно.<br>20 баллов – студент сделал грубую ошибку в расчетах, изза которой дальнейшее решение задания выполнено не верно, работа возвращена на доработку, после которой задача по прежнему выполнена не верно.<br>10 баллов – студент частично выполнил задание, но не дорешал его; |
| <b>ИТОГО:</b>   |                    | 130 баллов |  |
| <p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b><br/> 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);<br/> 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);<br/> 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);<br/> 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p> |                    |            |  |

### Задания для текущего контроля

#### 1. Практические задания – выполнение обязательно

Включают в себя самостоятельное решение задач по пройденным темам при необходимой текущей консультации преподавателя. Решенные задачи оформляются в отдельной тетради и сдаются на проверку по окончании занятия.

##### Примеры типовых заданий для практических занятий

1. При давлении 360 кПа и температуре 400 К газ занимает объем 1,2 м<sup>3</sup>. Найти число молей газа.
2. Газ в количестве 9 кг находится в сосуде вместимостью 3 м<sup>3</sup> при 298 К и 462 кПа. Найти молярную массу газа.
3. Определить объем газа при нормальных условиях, если при температуре 120°С и давлении 790 кПа его объем равен 16,3 м<sup>3</sup>.

4. Используя уравнение (2.1), найти плотность метана и этана при нормальных условиях.

5. Определить плотность пропана при 150 кПа и 80°C.

6. Средняя молярная масса водородсодержащего газа, применяемого в процессе каталитического риформинга, равна 3,5 г/моль. Рассчитать плотность этого газа при 450°C и 3 МПа.

7. Газовая смесь состоит из 90% метана и 10% этана. Определить критические температуру и давление смеси.

8. Дан состав смеси газов (в объемных процентах): этан - 5; пропан - 12; изобутан - 35; н-бутан - 48. Определить критические параметры смеси.

9. Относительная (по воздуху) плотность газовой смеси равна 0,84. Найти критические температуру и давление смеси.

16. Газовая смесь состоит из следующих компонентов (по объему): метан - 62%, этан - 21%, пропан - 11%, сероводород - 6 %. Найти приведенные параметры смеси при 80°C и 750 кПа.

17. Найти приведенные температуру и давление пропана при 122°C и 6,2 МПа.

18. Найти коэффициент сжимаемости *изо-бутана* при 115°C и 1,95 МПа, если при нормальных условиях он занимает объем 8,3 м<sup>3</sup>.

19. Определить коэффициент сжимаемости пропан-бутановой смеси при 92 °С и 2,06 МПа, в которой соотношение пропан:бутан=3:1 по объему.

20. Газ Уренгойского месторождения имеет следующий объемный состав: CH<sub>4</sub>-82,27%; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-6,56 %; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>-3,24%; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> -1,49 %; C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>-5,62 %; N<sub>2</sub>-0.32 %; CO<sub>2</sub> – 0,5 %.

21. Найти коэффициент сжимаемости этого газа при 25°C и 6 МПа.

22. Определить динамическую вязкость пропилена при 70°C и атмосферном давлении.

23. Определить кинематическую вязкость пропана при 90°C и атмосферном давлении.

24. Какова динамическая вязкость этана при 110°C и давлении 101,3 кПа?

25. Подсчитать динамическую вязкость при 80 °С пропан- пропиленовой фракции, состоящей из 15% пропана и 85 % пропилена.

26. Найти кинематическую вязкость смеси бутана (70 %) и бутилена (30 %) при 65°C и 101,3 кПа.

27. Относительная плотность сухого газа по воздуху равна 0,76. Найти его теплоемкость при 80°C.

28. Определить теплоемкость газовой смеси при 150°C, если ее относительная плотность 1,1.

29. Найти теплоемкость паров нефтяной фракции графическим методом ( $d_{15}^{15} = 0,79$ ) при 250 °С.

30. Найти теплоемкость пропана при 72 °С и атмосферном давлении.

31. Полагая этан идеальным газом, определить его теплоемкость при 110 °С и атмосферном давлении.

32. Найти молярную теплоемкость бутана при 150°C и 101,3 кПа.



33. Определить теплоемкость смеси при нормальных условиях, объемное содержание в которой метана – 30 %, этилена – 60 %, этана – 10 %.

34. Пропан-пропиленовая фракция состоит из 35 % пропана и 65 % пропилена. Определить ее теплоемкость при 149 °С и 1,57 МПа.

35. Найти энтальпию этилена при 107 °С, считая его идеальным газом.

36. Какова энтальпия этана при 160 °С, если принять, что он подчиняется законам идеального состояния?

37. Определить энтальпию водородсодержащего газа при 250 °С и атмосферном давлении. Состав газа (в объемных процентах): водород - 80; метан - 15; этан - 5.

38. Найти энтальпию пропан-бутановой смеси (соотношение пропан:бутан = 4:1 по объему) при 89 °С и 0,84 МПа.

39. Какое количество теплоты потребуется для нагрева от 20 до 60 °С 1000 кг газовой смеси, массовая доля метана в которой равна 0,67 и этана - 0,33? Нагрев осуществляется при атмосферном давлении.

40. Объемное содержание метана, этана и сероводорода в сухом газе составляет соответственно 75, 15 и 10 %. Рассчитать количество теплоты, которое выделится при охлаждении 1 кг этого газа с 90 до 30 °С при атмосферном давлении.

41. Определить теплоту испарения *изо-бутана* при 20 °С и нормальном давлении.

42. Какова теплота испарения пропан-пропиленовой смеси (соотношение пропан: пропилен = 3:1 по массе) при температуре минус 50 °С и атмосферном давлении?

43. Найти теплоту испарения этана при 3,2 МПа.

44. В бытовом сжиженном газе содержание пропана составляет 80 %, бутана – 20 %. Найти теплоту его испарения при минус 5 °С и 1,1·10<sup>6</sup> Па.

45. Определить теплоту испарения *изо-пентана* при 67 °С и 6,2·10<sup>5</sup>

46. Па.

47. Рассчитать объем паров, получаемых при испарении 50 кг *изо-пентана*.

48. Определить объем паров, получаемых при испарении 120 кг/ч *изо-бутан-бутановой* смеси.

49. Найти теплоту сгорания пропан-бутановой смеси, объемное содержание в которой составляет 78 % пропана и 22 % *н-бутана*.

50. Найти теплоту сгорания пропановоздушной смеси, в которой содержится 60 % пропана.

51. Какова теплота сгорания метана при 155 кПа и 35 °С?

52. Газ Ямбургского месторождения характеризуется объемным содержанием компонентов: метан - 89,6 %; этан - 5,9 %; пропан - 2,4 %; бутан и выше - 1,1 %; инертные газы - 1,0 %. Рассчитать теплоту сгорания газа.

53. Определить теоретический расход воздуха, необходимого для сжигания 1 м<sup>3</sup> метановодородной смеси (4:1 по объему).

54. Для сгорания газообразного топлива (объемное содержание: 95 % метана и 5 % этана) подается воздух в количестве  $10,58 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$ . Найти коэффициент избытка воздуха.

55. Вычислить объем продуктов сгорания при сжигании  $1 \text{ м}^3$  пропан-бутановой смеси (1:1 по объему), которые имеют температуру  $250 \text{ °C}$ .

56. Найти жаропроизводительность пропан-бутановой смеси, состоящей из 79 % пропана и 21 % бутана (по объему).

57. Какова жаропроизводительность топливного газа, состав которого (в объемных долях) следующий: метан - 0,65; этан - 0,25; водород - 0,10?

58. Кривая ИТК фракции  $240\text{-}350 \text{ °C}$  соболиной нефти представлена цифровыми значениями: начало кипения (н.к.) –  $241 \text{ °C}$ ; 10% -  $253 \text{ °C}$ ; 30 % -  $274 \text{ °C}$ ; 50 % -  $91 \text{ °C}$ ; 70 % -  $316 \text{ °C}$ ; 90 % -  $339 \text{ °C}$ ; 98 % -  $349 \text{ °C}$ . Построить кривую ИТК и линию ОИ при атмосферном давлении.

59. При разгонке давыдовской нефти в стандартном аппарате АРН-2 для ее керосино-газойлевой части получены следующие результаты:

|                               |         |         |         |         |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Пределы выкипания фракции, °C | 200-220 | 220-240 | 240-250 | 250-260 | 260-280 | 280-300 |
| Выход на нефть, %             | 1,78    | 2,14    | 3,03    | 2,02    | 2,17    | 2,90    |

Построить кривую ИТК и линию ОИ при атмосферном давлении для фракции  $200\text{-}300 \text{ °C}$ .

60. Построить линию ОИ при атмосферном давлении для бензиновой фракции, характерные точки выкипания которых по данным ИТК следующие: 10 % -  $54 \text{ °C}$ ; 50 % -  $117 \text{ °C}$ ; 70 % -  $143 \text{ °C}$ .

61. Построить приближенно линию ОИ для фракции  $250\text{-}350 \text{ °C}$ .

62. Взятые по ИТК доли отгона и соответствующие температуры для широкой масляной фракции (ШМФ) следующие: 10 % -  $368 \text{ °C}$ ; 50 % -  $415 \text{ °C}$ ; 70 % -  $460 \text{ °C}$ . Построить линии ОИ для ШМФ при давлении 10 кПа.

63. Построить линию однократного испарения для фракции реактивного топлива  $120\text{-}240 \text{ °C}$  при атмосферном давлении.

64. Построить линию ОИ для узкой бензиновой фракции  $140\text{-}180 \text{ °C}$  при давлении 340 кПа.

65. Масляный погон  $360\text{-}420 \text{ °C}$  выходит из колонны при давлении 9 кПа. Построить линию ОИ погона для заданного давления.

66. Построить линию ОИ бензина, имеющего следующий фракционный состав: н.к –  $45 \text{ °C}$ , 10 % -  $80 \text{ °C}$ ; 20 % -  $100 \text{ °C}$ , 30 % -  $115 \text{ °C}$ , 40 % -  $125 \text{ °C}$ , 50 % -  $145 \text{ °C}$ , 60 % -  $160 \text{ °C}$ , 70 % -  $172 \text{ °C}$ , 80 % -  $185 \text{ °C}$ , 90 % -  $195 \text{ °C}$ , к.к –  $205 \text{ °C}$ .

67. Фракция 120-230 °С выводится боковым продуктом из колонны К-2. Найти по линии однократного испарения температуру вывода фракции, если ее парциальное давление составляет 90 кПа.

68. Сверху ректификационной колонны выходит 96 300 кг/ч паров бензиновой фракции 105-180 °С и 3720 кг/ч водяных паров. Фракционный состав бензина: 10% - 114°С, 50% - 142°С, 70% - 162°С, его молярная масса 112 кг/кмоль. Найти температуру верха колонны, если давление над верхней тарелкой составляет 147 кПа.

69. Масляный дистиллят 420-460 °С ( $M=403$  кг/кмоль) в количестве 7570 кг/ч отбирается в качестве бокового продукта вакуумной колонны. Через сечение отбора проходит 9610 кг/ч паров фракции 350-420°С ( $M=370$  кг/кмоль), 720 кг/ч паров и газов разложения ( $M=36$  кг/кмоль) и 1150 кг/ч водяных паров. Давление на тарелке отбора 14,7 кПа. Определить температуру вывода дистиллята.

70. Верхний продукт, выходящий в парах при давлении 1500 кПа сверху ректификационной колонны-депропанизатора, имеет состав (в молярных долях): этан - 0,009, пропан - 0,971, *изо-бутан* 0,012, н-бутан - 0,008. Рассчитать температуру вверху колонны. Для определения констант фазового равновесия компонентов использовать справочные данные (например, воспользоваться номограммой).

71. Бутановая колонна установки стабилизации газового бензина работает под давлением 600 кПа. Сверху колонны выходит продукт, молярный состав паров которого: пропан - 0,083, *изо-бутан* - 0,328, н-бутан - 0,526, *изо-пентан* - 0,042, н-пентан - 0,021. Найти температуру уходящих паров. Константы фазового равновесия определить воспользовавшись справочными данными

72. Определить температуру верха отбензинивающей колонны, работающей под давлением 317 кПа. Данные для расчета следующие:

| Температурные пределы выкипания фракций, оС | $y'_i$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|---|--------|--------------------------|
| Н.к. - 85                                   | 0,861  | 63                       |
| 85 - 140                                    | 0,128  | 110                      |
| 140 - 180                                   | 0,011  | 158                      |

73. Жидкий остаток *изо-бутановой* колонны, работающей под давлением 0,65 МПа, имеет состав (в массовых долях): *изо-бутан* - 0,025, н-бутан - 0,844, *изо-пентан* - 0,131. Определить температуру внизу колонны.

74. Снизу ректификационной колонны выходит концентрат *о-ксилола*, характеристика которого следующая:

|          | $x'_i$ | $t_{кип}, ^\circ\text{C}$ |
|----------|--------|---------------------------|
| м-Ксилол | 0,022  | 139,1                     |
| о-Ксилол | 0,950  | 144,4                     |

|   |       |       |
|---|-------|-------|
| Ароматические углеводороды C <sub>9</sub> | 0,028 | 160,0 |
|---|-------|-------|

75. Нижний продукт одной из колонн вторичной перегонки бензина имеет следующие состав и средние температуры кипения:

| Температурные пределы выкипания фракций, °C | $x'_i$ | $t_{cp}, °C$ |
|---|--------|--------------|
| 85 - 105                                    | 0,025  | 96           |
| 105 - 140                                   | 0,071  | 122          |
| 140 - 180                                   | 0,904  | 159          |

Давление внизу колонны составляет 238 кПа. Определить температуру вывода продукта.

76. Рассчитать молярный состав жидкой фазы нефти, нагретой до 290°C при 213 кПа. Исходные данные для расчета:

| Компонент    | $x'_{0i}$ | $t_{cp}, °C$ |
|--------------|-----------|--------------|
| Н.к. - 120°C | 0,312     | 86           |
| 120 - 130°C  | 0,279     | 172          |
| 230 - 350°C  | 0,196     | 286          |
| Выше 350°C   | 0,213     | 420          |

Молярную долю отгона нефти принять  $e = 0,66$ .

77. Даны состав и характеристики лугинецкого газового конденсата:

| Пределы выкипания, °C | $x'_{0i}$ | $M_i, \text{кг/кмоль}$ | $t_{cp}, °C$ |
|-----------------------|-----------|------------------------|--------------|
| Н.к. - 85             | 0,282     | 78                     | 53           |
| 85 - 120              | 0,253     | 100                    | 102          |
| 120 - 180             | 0,241     | 122                    | 144          |
| 180 - 250             | 0,138     | 168                    | 195          |
| Выше 250              | 0,086     | 240                    | 270          |

Определить молярный состав паровой фазы конденсата, нагретого до 190°C при 392 кПа. Молярная доля отгона равна 0,84.

78. При давлении 189 кПа нефть подогревается до температуры 230 °C. Характеристика нефти приведена ниже:

| Фракции    | $x_{0i}$ | $M_i, \text{кг/кмоль}$ | $t_{cp}, °C$ |
|------------|----------|------------------------|--------------|
| Н.к. - 180 | 0,162    | 120                    | 125          |
| 180 - 350  | 0,215    | 217                    | 270          |
| 350 - 430  | 0,158    | 332                    | 390          |
| 430 - 510  | 0,193    | 391                    | 470          |
| Выше 510   | 0,171    | 475                    | -            |

Молярная доля отгона при этих условиях  $e=0,21$ . Определить массовую долю отгона нефти.

79. Отбензиненная нефть поступает в основную атмосферную колонну при 360°C и 178 кПа. Массовый состав нефти, средние температуры кипения и молярные массы фракций следующие:

| Фракции, °С | $x_{0i}$ | $M_i$ , кг/кмоль | $t_{cp}$ , °С |
|-------------|----------|------------------|---------------|
| 105 - 180   | 0,137    | 128              | 142           |
| 180 - 340   | 0,296    | 208              | 260           |
| 340 - 430   | 0,198    | 280              | 385           |
| Выше 430    | 0,369    | 372              | 500           |

Определить молярную долю отгона нефти при заданных условиях.

80. Широкая бензиновая фракция состоит из следующих фракций-компонентов:

| Компонент   | $x'_{0i}$ | $t_{cp}$ , °С |
|-------------|-----------|---------------|
| Н.к. - 85°C | 0,323     | 70            |
| 85 - 120°C  | 0,249     | 100           |
| 120 - 140°C | 0,145     | 130           |
| Выше 140°C  | 0,283     | 162           |

При нагреве фракции до некоторой температуры молярная доля отгона составила 0,17 при давлении 335 кПа.

Определить температуру нагрева.

81. Определить расход промывной воды при обессоливании нефти до остаточного содержания воды 0,2 % и солей 5 г/м<sup>3</sup>. Плотность нефти 900 кг/м<sup>3</sup>, содержание воды в нефти, поступающей на ЭЛОУ 1 % (масс.), концентрация солей в пластовой воде 1000 г/м<sup>3</sup> нефти. Принята двухступенчатая схема ЭЛОУ.

82. Определить максимальную производительность электродегидрататора для обессоливания нефти. Производительность установки 900 м<sup>3</sup>/ч, температура в отстойнике  $t=100$  °С, плотность нефти при 100 °С равна 800 кг/м<sup>3</sup>, плотность воды при 100 °С 958 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость нефти при 100 °С равна  $2,9 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, диаметр наименьших капель воды, осаждающихся в отстойнике  $2,2 \cdot 10^{-4}$  м.

## 2. Расчетно-графическая работа – выполнение обязательно

Расчетно-графическая работа – самостоятельная учебно-методическая работа студентов университетов, выполняемая самостоятельно по общенаучным и специальным дисциплинам учебного плана и выполняется по индивидуальным вариантам.

Целью расчетно-графической работы является приобретение студентами навыков и умений, необходимых для анализа технологических процессов и систем.

Выполненная расчетно-графическая работа оформляется в соответствии с требованиями РД 012-2012 ФГБОУ ВО «КнАГУ», затем сдается на проверку в печатном варианте преподавателю, а после проверки выкладывается

ется в личный кабинет студента.

Работа, не отвечающая установленным требованиям, по решению преподавателя, может быть возвращена для доработки с учетом сделанных замечаний и должна быть повторно предъявлена в срок, указанный руководителем, но до начала экзаменационной сессии.

Студенты, не сдавшие РГР, считаются имеющими академическую задолженность и не допускаются к сдаче экзамена по данной дисциплине.

### Примерные варианты заданий для РГР

#### Вариант № 1

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.-48 °С, 10 % - 78 °С, 20 % - 99 °С, 30 % - 110 °С, 40 % - 120 °С, 50 % - 130 °С, 60 % - 162 °С, 70 % -175 °С, 80 % - 180 °С, 90 % - 190 °С, К.К. – 205 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 7 кПа.

- Определить температуру верха отбензинивающей колонны, работающей под давлением 317 кПа. Данные для расчета следующие:

| Температурные пределы выкипания фракций, °С | $y'_i$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|---|--------|--------------------------|
| Н.К.-85                                     | 0,681  | 63                       |
| 85-140                                      | 0,128  | 110                      |
| 140-180                                     | 0,011  | 158                      |

#### Вариант № 2

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.-55 °С, 10 % - 95 °С, 20 % - 105 °С, 30 % - 130 °С, 40 % - 135 °С, 50 % - 139 °С, 60 % - 180 °С, 70 % -189 °С, 80 % - 191 °С, 90 % - 200 °С, К.К. – 210 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 0,011 МПа.

- Жидкий остаток изо-бутановой колонны, работающей под давлением 0,65 Мпа, имеет состав (в массовых долях): изо-бутан – 0,025, н-бутан – 0,844, изо-пентан – 0,131. Определите температуру внизу колонны.

#### Вариант № 3

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.-80 °С, 10 % - 90 °С, 20 % - 115 °С, 30 % - 130 °С, 40 % - 140 °С, 50 % - 142 °С, 60 % - 160 °С, 70 % - 169 °С, 80 % - 180 °С, 90 % - 200 °С, К.К. – 202 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 917 кгс/м<sup>2</sup>.

- При давлении 195 кПа нефть подогревается до температуры 245 °С. Характеристика нефти приведена ниже:

| Фракции, °С | $x'_{oi}$ | $M_i$ , кг/кмоль | $t_{cp}$ , °С |
|-------------|-----------|------------------|---------------|
| Н.К.-180    | 0,171     | 120              | 125           |
| 180-350     | 0,221     | 217              | 270           |
| 350-430     | 0,195     | 332              | 390           |
| 430-510     | 0,182     | 391              | 470           |
| выше 510    | 0,231     | 475              | -             |

Молярная доля отгона при этих условиях  $e' = 0,25$ . Определить массовую долю отгона нефти.

#### Вариант № 4

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.-80 °С, 10 % - 90 °С, 20 % - 115 °С, 30 % - 130 °С, 40 % - 140 °С, 50 % - 142 °С, 60 % - 160 °С, 70 % - 169 °С, 80 % - 180 °С, 90 % - 200 °С, К.К. – 202 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 0,0093 Мпа

- Определить температуру верха отбензинивающей колонны, работающей под давлением 280 кПа. Данные для расчета следующие:

| Температурные пределы выкипания фракций, °С | $y'_i$ | $t_{cp}$ , °С |
|---|--------|---------------|
| Н.К.-85                                     | 0,520  | 63            |
| 85-140                                      | 0,314  | 110           |
| 140-180                                     | 0,166  | 158           |

#### Вариант № 5

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К-90 °С, 10 % - 98 °С, 20 % - 110 °С, 30 % - 130 °С, 40 % - 136 °С, 50 % - 138 °С, 60 % - 150 °С, 70 % - 160 °С, 80 % - 175 °С, 90 % - 186 °С, К.К. – 200 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 8700 Па

- Снизу ректификационной колонны выходит концентрат о-ксилола, характеристика которого следующая:

| Компонент                     | $x'_i$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------------------------|--------|--------------------------|
| м-Ксилол                      | 0,022  | 139,1                    |
| о-Ксилол                      | 0,950  | 144,4                    |
| Ароматические углеводороды C9 | 0,028  | 160,0                    |

Давление внизу колонны составляет 236 кПа. Определить температуру вывода продукта.

#### Вариант № 6

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К-120 °С, 10 % - 126 °С, 20 % - 132 °С, 30 % - 135 °С, 40 % - 145 °С, 50 % - 150 °С, 60 % - 155 °С, 70 % - 160 °С, 80 % - 175 °С, 90 % - 186 °С, К.К. – 208 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 1224 кгс/м<sup>2</sup>

- Нижний продукт одной из колонн вторичной перегонки бензина имеет следующий состав и средние температуры кипения:

| Температурные пределы выкипания фракций, °С | $x'_i$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|---|--------|--------------------------|
| 85-105                                      | 0,025  | 96                       |
| 105-140                                     | 0,071  | 122                      |
| 140-180                                     | 0,904  | 159                      |

Давление внизу колонны составляет 238 кПа. Определить температуру вывода продукта.

#### Вариант № 7

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К-150 °С, 10 % - 155 °С, 20 % - 168 °С, 30 % - 178 °С, 40 % - 179 °С, 50 % - 185 °С, 60 % - 192 °С, 70 % - 215 °С, 80 % - 224 °С, 90 % - 255 °С, К.К. – 260 °С



Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 0,0087 МПа

- Рассчитать молярный состав жидкой фазы нефти, нагретой до 290 °С при 213 кПа. Исходные данные для расчета:

| Компонент   | $x'_{oi}$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------|-----------|--------------------------|
| Н.К.-120 °С | 0,312     | 86                       |
| 120-230 °С  | 0,279     | 172                      |
| 230-350 °С  | 0,196     | 286                      |
| выше 350 °С | 0,213     | 420                      |

### Вариант № 8

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.-220 °С, 10 % - 226 °С, 20 % - 230 °С, 30 % - 238 °С, 40 % - 242 °С, 50 % - 255 °С, 60 % - 267 °С, 70 % - 280 °С, 80 % - 302 °С, 90 % - 312 °С, К.К. – 320 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 0,0075 МПа

- Даны состав и характеристики лугинецкой нефти газового конденсата:

| Пределы вы-<br>кипания, °С | $x'_{oi}$ | $M_i$ , кг/кмоль | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|----------------------------|-----------|------------------|--------------------------|
| Н.К.-85                    | 0,282     | 78               | 53                       |
| 85-120                     | 0,253     | 100              | 102                      |
| 120-180                    | 0,241     | 122              | 144                      |
| 180-250                    | 0,138     | 168              | 195                      |
| выше 250                   | 0,086     | 240              | 270                      |

Определить молярный состав паровой фазы конденсата, нагретого до 190 °С при 392 кПа. Молярная доля отгона равна 0,84.

### Вариант № 9

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.-210 °С, 10 % - 226 °С, 20 % - 240 °С, 30 % - 256 °С, 40 % - 268 °С, 50 % - 274 °С, 60 % - 295 °С, 70 % - 299 °С, 80 % - 319 °С, 90 % - 327 °С, К.К. – 330 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 948,3 кгс/м<sup>2</sup>.

- При давлении 189 кПа нефть подогревается до температуры 230 °С. Характеристика нефти приведена ниже:

| Фракции, °С | $x'_{O_i}$ | $M_i$ , кг/кмоль | $t_{cp}$ , °С |
|-------------|------------|------------------|---------------|
| Н.К-180     | 0,162      | 120              | 125           |
| 180-350     | 0,215      | 217              | 270           |
| 350-430     | 0,158      | 332              | 390           |
| 430-510     | 0,193      | 391              | 470           |
| выше 510    | 0,171      | 475              | -             |

Молярная доля отгона при этих условиях  $e' = 0,21$ . Определить массовую долю отгона нефти.

Вариант № 10

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К- 230 °С, 10 % - 265 °С, 20 % - 289 °С, 30 % - 301 °С, 40 % - 332 °С, 50 % - 340 °С, 60 % - 356 °С, 70 % - 361 °С, 80 % - 372 °С, 90 % - 390 °С, К.К. – 395 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 950 кгс/м<sup>2</sup>

- Отбензиненная нефть поступает в основную атмосферную колонну при 360 °С и 178 кПа. Массовый состав нефти, средние температуры кипения и молярные массы фракций следующие:

•

| Фракции, °С | $x'_{O_i}$ | $M_i$ , кг/кмоль | $t_{cp}$ , °С |
|-------------|------------|------------------|---------------|
| 105-180     | 0,137      | 128              | 142           |
| 180-340     | 0,296      | 208              | 260           |
| 340-430     | 0,198      | 280              | 385           |
| Выше 430    | 0,369      | 372              | 500           |

Определить молярную долю отгона нефти при заданных условиях

Вариант № 11

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К- 240 °С, 10 % - 252 °С, 20 % - 263 °С, 30 % - 274 °С, 40 % - 284 °С, 50 % - 296 °С, 60 % - 312 °С, 70 % - 326 °С, 80 % - 342 °С, 90 % - 360 °С, К.К. – 371 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 812 кгс/м<sup>2</sup>.

- Широкая бензиновая фракция состоит из следующих фракций-компонетов:

| Компонент   | $x'_{oi}$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------|-----------|--------------------------|
| Н.К.-85 °С  | 0,323     | 70                       |
| 85-120 °С   | 0,249     | 100                      |
| 120-140 °С  | 0,145     | 130                      |
| Выше 140 °С | 0,283     | 162                      |

При нагреве фракции до некоторой температуры молярная доля отгона составила 0,17 при давлении 335 кПа. Определить температуру нагрева.

### Вариант № 12

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К- 280 °С, 10 % - 304 °С, 20 % - 330 °С, 30 % - 350 °С, 40 % - 367 °С, 50 % - 390 °С, 60 % - 401 °С, 70 % - 410 °С, 80 % - 420 °С, 90 % - 426 °С, К.К. – 430 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 0,07648 кгс/см<sup>2</sup>

- Снизу ректификационной колонны выходит концентрат о-ксилола, характеристика которого следующая:

| Компонент                     | $x'_i$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------------------------|--------|--------------------------|
| м-Ксилол                      | 0,022  | 139,1                    |
| о-Ксилол                      | 0,950  | 144,4                    |
| Ароматические углеводороды С9 | 0,028  | 160,0                    |

Давление внизу колонны составляет 210 кПа. Определить температуру вывода продукта.

### Вариант № 13

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К-91 °С, 10 % - 97 °С, 20 % - 115 °С, 30 % - 126 °С, 40 % - 134 °С, 50 % - 138 °С, 60 % - 142 °С, 70 % - 160 °С, 80 % - 175 °С, 90 % - 192 °С, К.К. – 203 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 0,1122 кгс/см<sup>2</sup>

- Определить температуру верха отбензинивающей колонны, работающей под давлением 291 кПа. Данные для расчета следующие:

| Температурные пределы выкипания фракций, °С | $y'_i$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|---|--------|--------------------------|
| Н.К.-85                                     | 0,421  | 63                       |
| 85-140                                      | 0,401  | 110                      |
| 140-180                                     | 0,178  | 158                      |

#### Вариант № 14

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.- 272 °С, 10 % - 295 °С, 20 % - 311 °С, 30 % - 348 °С, 40 % - 367 °С, 50 % - 380 °С, 60 % - 401 °С, 70 % - 414 °С, 80 % - 419 °С, 90 % - 422 °С, К.К. – 430 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 0,1111 кгс/см<sup>2</sup>

- Жидкий остаток изо-бутановой колонны, работающей под давлением 0,71 МПа, имеет состав (в массовых долях): изо-бутан – 0,018, н-бутан – 0,901, изо-пентан – 0,081. Определите температуру внизу колонны

#### Вариант № 15

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К.-55 °С, 10 % - 95 °С, 20 % - 105 °С, 30 % - 130 °С, 40 % - 135 °С, 50 % - 139 °С, 60 % - 180 °С, 70 % - 189 °С, 80 % - 191 °С, 90 % - 200 °С, К.К. – 210 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 914 кгс/м<sup>2</sup>.

- Нижний продукт одной из колонн вторичной перегонки бензина имеет следующий состав и средние температуры кипения:

| Температурные пределы выкипания фракций, °С | $x'_i$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|---|--------|--------------------------|
| 85-105                                      | 0,030  | 96                       |
| 105-140                                     | 0,067  | 122                      |
| 140-180                                     | 0,903  | 159                      |

Давление внизу колонны составляет 238 кПа. Определить температуру вывода продукта.

Вариант № 16

- Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К- 300 °С, 10 % - 310 °С, 20 % - 315 °С, 30 % - 330 °С, 40 % - 342 °С, 50 % - 351 °С, 60 % - 362 °С, 70 % - 374 °С, 80 % - 400 °С, 90 % - 426 °С, К.К. – 430 °С

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 952 кгс/м<sup>2</sup>.

- Широкая бензиновая фракция состоит из следующих фракций-компонетов:

| Компонент   | $x'_{oi}$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------|-----------|--------------------------|
| Н.К.-85 °С  | 0,282     | 73                       |
| 85-120 °С   | 0,253     | 115                      |
| 120-140 °С  | 0,241     | 136                      |
| Выше 140 °С | 0,224     | 168                      |

При нагреве фракции до некоторой температуры молярная доля отгона составила 0,17 при давлении 335 кПа. Определить температуру нагрева.

Пример расчетно-графической работы

**Задание 1**

Построить линию ОИ фракции, имеющей следующий фракционный состав:

Н.К- 240 °С, 10 % - 252 °С, 20 % - 263 °С, 30 % - 274 °С, 40 % 284 °С, 50 % - 296 °С, 60 % - 312 °С, 70 % -326 °С, 80 % - 342 °С, 90 % - 360 °С, К.К. – 371 °С.

Определить температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении 812 кгс/м<sup>2</sup>.

**Решение:**

Для решения этой задачи построим линию ИТК по заданным значениям разгонки данной фракции.

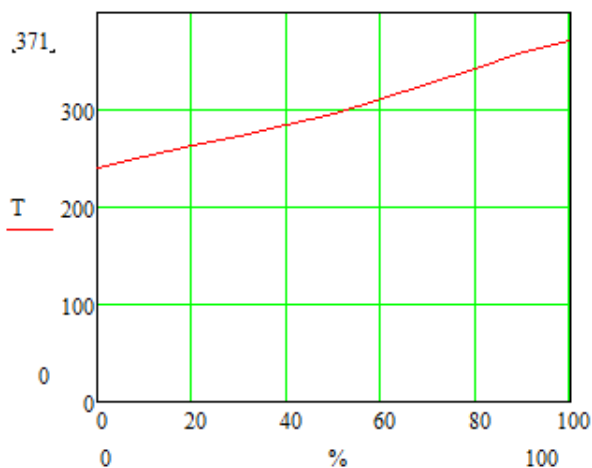


Рисунок 1 – Линия ИТК

Найдем  $tg_{\angle ИТК}$  фракции 240-371 °С:

$$tg_{\angle ИТК} = \frac{t_{70} - t_{10}}{70 - 10} = \frac{326 - 252}{70 - 10} = 1,23.$$

Температура 50%-ного отгона равна 296 °С. По графику Обрядчикова и Смидович (см. рис. 2), используя полученные данные ( $tg_{\angle ИТК} = 1,23$  и  $t_{50} = 296^{\circ}\text{C}$ ), получим на оси ординат две точки – одна соответствует 29% отгона по кривой ИТК (0% отгона по ОИ), вторая – 61,5% отгона по ИТК (100% отгона по ОИ). Откладываем эти точки на рисунке и соединяем прямой (рисунок 3).

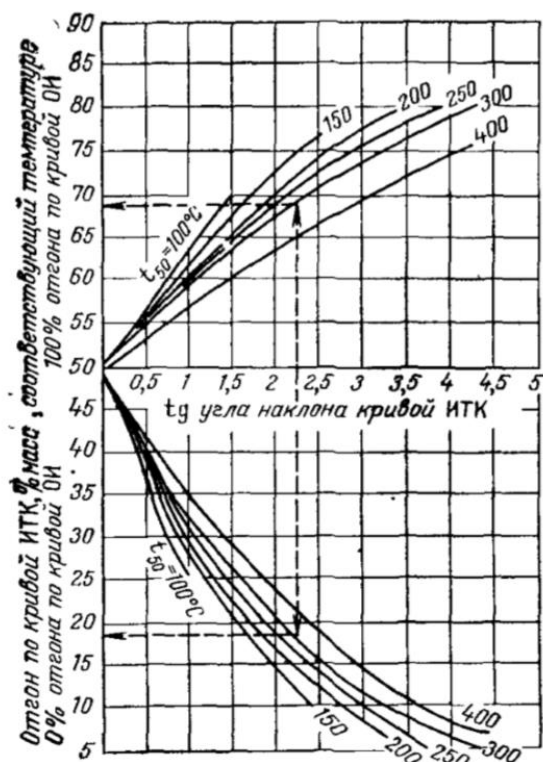


Рисунок 2 – График Обрядчикова и Смидович

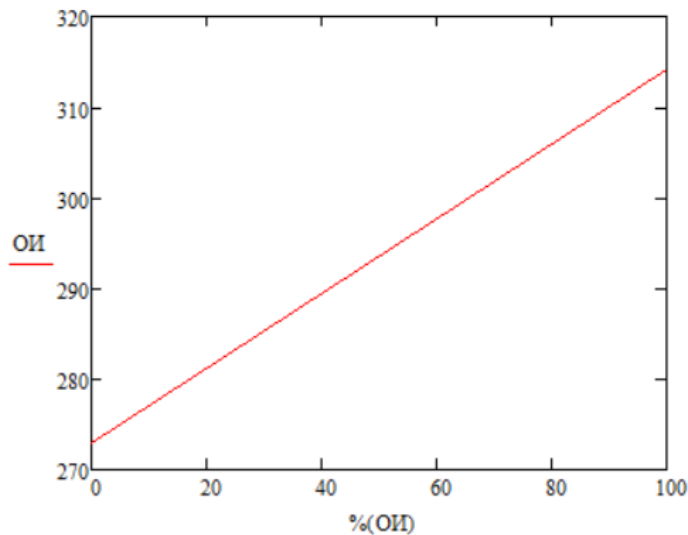


Рисунок 3 – Линия ОИ

Существует также другой метод определения ОИ - метод Нельсона. Нельсон и Харви предложили следующий метод построения линии однократного испарения фракции при атмосферном давлении:

- 1) Определяют  $tg \angle ИТК$ ; по графику (рисунок 4).
- 2) Определяют наклон линии ОИ.  $tg \angle ОИ = 0,7$ .
- 3) По кривой 3 (рисунок 4) определяют  $\Delta t$  – разность между 50%-ными точками на линиях ИТК и ОИ. Из  $tg \angle ОИ = 0,7$  следует, что  $\Delta t = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Так как

$$\Delta t = t_{50}^{ИТК} - t_{50}^{ОИ},$$

то

$$t_{50}^{ОИ} = t_{50}^{ИТК} - \Delta t,$$

Подставив числовые значения, получим:

$$t_{50}^{ОИ} = 296 - 7 = 289 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Зная температуру, отвечающую 50%-ному отгону по ИТК (50%-ная точка по ИТК), можно вычислить температуры начала и конца ОИ (в  $^\circ\text{C}$ )

$$\begin{aligned} t_0^{ОИ} &= t_{50}^{ОИ} - 50tg \angle ОИ, \\ t_{100}^{ОИ} &= t_{50}^{ОИ} + 50tg \angle ОИ. \end{aligned}$$

Получим

$$\begin{aligned} t_0^{ОИ} &= 289 - 50 * 0,7 = 261^\circ\text{C}, \\ t_{100}^{ОИ} &= 289 + 50 * 0,7 = 331^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Через полученные точки начала и конца ОИ проводят прямую.

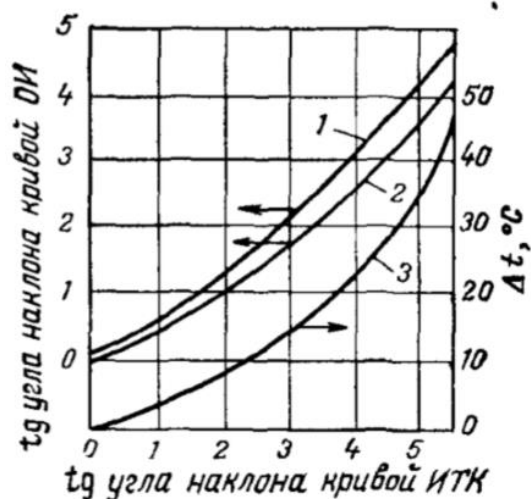


Рисунок 4 – График для построения кривых ОИ нефтяных фракций  $\Delta t$  – разность между температурами выкипания 50% по ИТК и ОИ; 1 – кривая для определения  $tg$  угла наклона кривой ОИ при помощи разгонки по ГОСТ; 2 – то же при помощи разгонки по ИТК; 3 – кривая разности температур выкипания 50% по кривым ИТК и ОИ

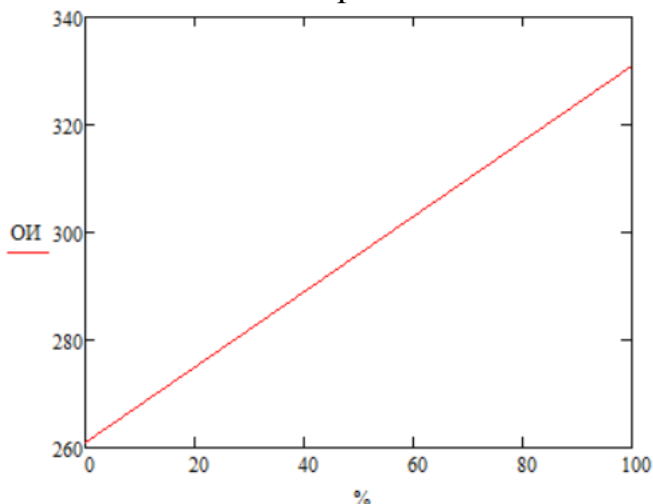


Рисунок 5 – Линия ОИ по методу Нельсона и Харви

Далее определим температуру выхода жидкой фракции из колонны при парциальном давлении  $812 \text{ кгс/м}^2$ . Для этого нам понадобится номограмма (график Кокса) для определения давления насыщенных паров углеводородов и воды при различных температурах (рисунок 6).

Для этого найдем точку пересечения температуры, соответствующей 100%-ому выходу по линии ОИ и давления, при котором была определена ОИ. Затем спустимся по кривой, на которой лежит определенная нами точка, до прямой заданного давления. Снимаем показания температуры, она соответствует температуре выхода жидкой фракции из колонны при заданном давлении.



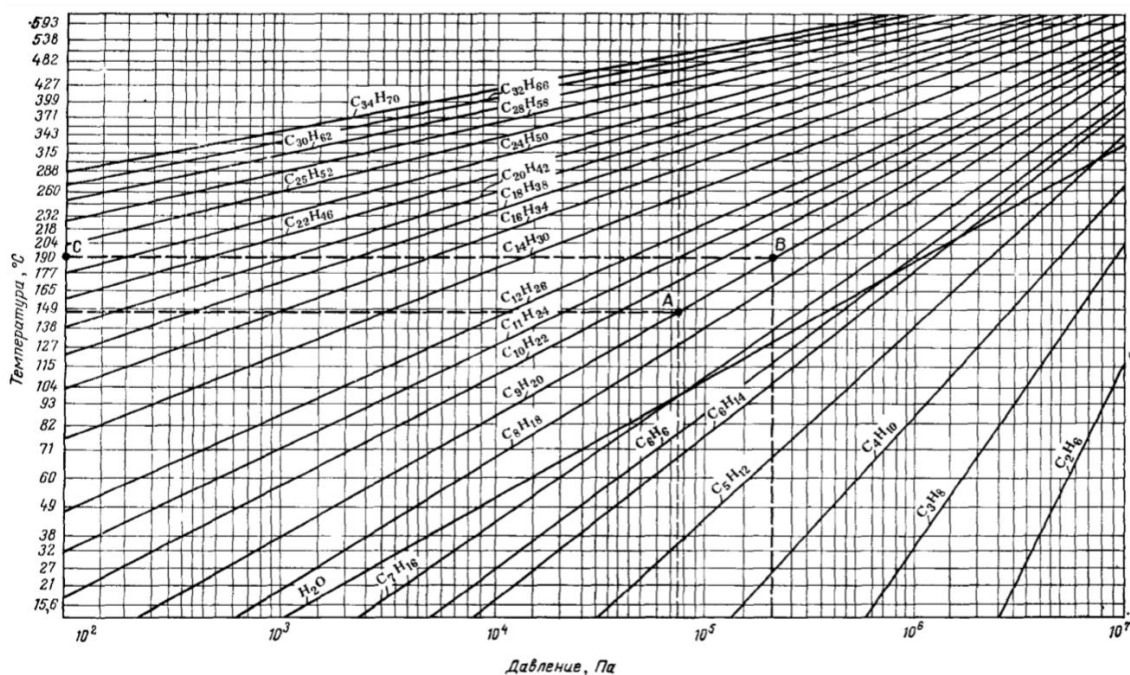


Рисунок 6 – Номограмма (график Кокса) для определения давления насыщенных паров углеводородов и воды при различных температурах.

Переведем заданное давление в Па, умножив парциальное давление на переводный коэффициент:

$$812 * 9,80665 = 7963 \text{ Па}$$

Данное давление соответствует температуре выхода жидкой фракции равной 295 °С.

## Задание 2

Широкая бензиновая фракция состоит из следующих фракций-компонетов:

| Компонент   | $x'_{oi}$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------|-----------|--------------------------|
| Н.К.-85 °С  | 0,323     | 70                       |
| 85-120 °С   | 0,249     | 100                      |
| 120-140 °С  | 0,145     | 130                      |
| Выше 140 °С | 0,283     | 162                      |

При нагреве фракции до некоторой температуры молярная доля отгона составила 0,17 при давлении 335 кПа. Определить температуру нагрева.

## Решение:

Температуры потоков рассчитываются путем последовательного приближения до тех пор, пока не будут выполняться следующие равенства для парожидкостного потока с заданной молярной долей отгона  $e'$ :

$$\sum \frac{k_i x'_{oi}}{1 + e'(k_i - 1)} = 1,$$

где  $x'_{oi}$  – молярная доля  $i$ -го компонента в сырье.

Хотя температура не входит в явном виде в выражения изотерм, ее изменение влияет на константу фазового равновесия  $k_i$ , точнее, на давление насыщенных паров  $p_{hi}$  компонентов ( $k_i = p_{hi}/p$ ).

Давление насыщенных паров каждой фракции определим по формуле Ашворта:

$$\lg(\rho_{hi} - 3158) = 7,6715 - \frac{2,68f(T)}{f(T_0)},$$

где  $\rho_{hi}$  – давление насыщенных паров при температуре  $T$ , Па;

$T_0$  – средняя температура кипения фракции при атмосферном давлении, К.

Выразим  $p_{hi}$  из уравнения и получим:

$$p_{hi} = 10^{7,6715 - \frac{2,68f(T)}{f(T_0)}} + 3158.$$

Функция температур  $f(T)$  и  $f(T_0)$  выражается уравнением

$$f(T) = \frac{1250}{\sqrt{T^2 + 108000} - 307,6} - 1,$$

$$f(T_0) = \frac{1250}{\sqrt{T_0^2 + 108000} - 307,6} - 1$$

От температуры зависит и доля отгона  $e'$ . По уравнению можно либо по заданной доле отгона находить температуру, либо, наоборот, по заданной температуре определять долю отгона.

Путем подстановки  $T$  в уравнения подберем искомую температуру нагрева, при которой требуемое равенство  $\sum \frac{k_i x'_{oi}}{1 + e'(k_i - 1)} = 1$  будет верно. Значения функций, переменных и коэффициентов приведены в таблице.

| Компонент   | $x'_{oi}$ | $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ | $f(T_0)$ | $f(T)$ | $p_{hi}, \text{Па}$ | $k_i$ | $\frac{k_i x'_{oi}}{1 + e'(k_i - 1)}$ |
|-------------|-----------|--------------------------|----------|--------|---------------------|-------|---------------------------------------|
| Н.К.-85 °С  | 0,323     | 70                       | 6,466    | 4,413  | $6,985 \cdot 10^5$  | 2,085 | 0,569                                 |
| 85-120 °С   | 0,249     | 100                      | 5,596    |        | $3,643 \cdot 10^5$  | 1,087 | 0,267                                 |
| 120-140 °С  | 0,145     | 130                      | 4,885    |        | $1,81 \cdot 10^5$   | 0,54  | 0,085                                 |
| Выше 140 °С | 0,283     | 162                      | 4,261    |        | $8,183 \cdot 10^5$  | 0,244 | 0,079                                 |
| Всего:      | 1         |                          |          |        |                     |       | 1                                     |

Данные значения были получены при температуре  $T=153,6$  °С.

### 3. Собеседование по темам разделов

В течение семестра проводится контроль усвоения теоретического курса дисциплины посредством проведения собеседований по темам разделов.