

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

Кафедра «Технология переработки нефти и полимеров»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин



«14» декабря 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Расчеты основных процессов и аппаратов  
нефтегазопереработки»

основной образовательной программы подготовки бакалавров  
по направлению 18.03.01 «Химическая технология»

профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных  
материалов»

Форма обучения Очная

Технология обучения Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2017

Автор рабочей программы  
старший преподаватель кафедры  
«Технология переработки нефти и  
полимеров»

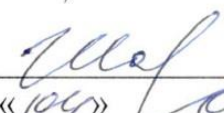
 Е.С.Бурдакова  
«04» 04 2017г.

СОГЛАСОВАНО

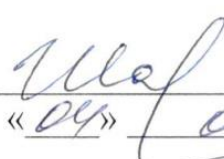
Директор библиотеки

 И.А. Романовская  
«04» 04 2017г.

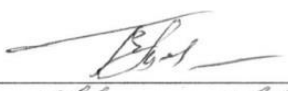
Заведующий кафедрой «Технология  
переработки нефти и полимеров»

 О.Г. Шакирова  
«04» 04 2017г.

Заведующий выпускающей кафедрой  
«Технология переработки нефти и  
полимеров»

 О.Г. Шакирова  
«04» 04 2017г.

Декан факультета экологии и  
химической технологии, к.х.н, доцент

 В.В. Телеш  
«04» 04 2017г.

Начальник УМУ

 Е.Е. Поздеева  
«04» 04 2017г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.08.2016 № 1005, и основных профессиональных образовательных программ подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология» (профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»).

Дисциплина является компонентом вариативной части обязательных дисциплин.

Содержание дисциплины осваивается обучающимися в течение восьмого семестра в традиционной форме с применением элементов интерактивных технологий. По дисциплине предполагается чтение лекции с применением мультимедийных технологий, проведение практических занятий, а также выполнение студентами курсовой работы. Основная задача дисциплины заключается в приобретении умений и навыков расчета оборудования и процессов с помощью программного обеспечения ПК.

### 1 Аннотация дисциплины

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                        |             |             |                         |        |                               |                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------------------|--------|-------------------------------|---------------------|
| Наименование дисциплины       | Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки                                                                                                                                                                                                                   |                        |             |             |                         |        |                               |                     |
| Цель дисциплины               | Формирование совокупности знаний о методах расчета основных технологических процессов переработки нефти и газа                                                                                                                                                                |                        |             |             |                         |        |                               |                     |
| Задачи дисциплины             | 1. Рассмотрение теоретических основ методов расчета технологических процессов переработки нефти и газа;<br>2. Приобретение навыков расчетной работы с использованием эмпирических методов расчета физико-химических свойств перерабатываемого нефтяного сырья и продуктов.    |                        |             |             |                         |        |                               |                     |
| Основные разделы дисциплины   | 1. Введение; 2. Процессы перемещения жидкостей; 3. Машины для сжатия газов; 4. Теплообменные процессы; 5. Трубчатые печи; 6. Ректификация; 7. Сепараторы; 8. Расчет реакционных устройств термических процессов; 9. Расчет реакторов и регенераторов каталитических процессов |                        |             |             |                         |        |                               |                     |
| Общая трудоемкость дисциплины | 4 зач ед/ 144 академических часа                                                                                                                                                                                                                                              |                        |             |             |                         |        |                               |                     |
|                               | Семестр                                                                                                                                                                                                                                                                       | Аудиторная нагрузка, ч |             |             |                         | СРС, ч | Промеж. уточная аттестация, ч | Всего за семестр, ч |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                               | Лекции                 | Пр. занятия | Лаб. работы | Курсовое проектирование |        |                               |                     |
|                               | 8 семестр                                                                                                                                                                                                                                                                     | 33                     | 33          | 0           | 0                       | 78     | 0                             | 144                 |
| ИТОГО:                        |                                                                                                                                                                                                                                                                               | 33                     | 33          | 0           | 0                       | 78     | 0                             | 144                 |

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

| Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Перечень знаний (с указанием шифра)                                                                                                                                                      | Перечень умений (с указанием шифра)                                                                                                                                                                                                                 | Перечень навыков (с указанием шифра)                                                                                                                                                                                |
| 8 семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>ПК-2</b> Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования | <b>З-1 (ПК-2-5)</b> Знать методы решения задач с использованием современных информационных технологий, прикладные программные средства сферы профессиональной деятельности, базы данных. | <b>У-1 (ПК-2-5)</b> Уметь применять аналитические и численные методы решения задач профессиональной деятельности, работать с прикладными программными средствами и пакетами прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования | <b>Н-8 (ПК-2-5)</b> Владеть навыками решения задач профессиональной деятельности, работать с прикладными программными средствами и пакетами прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>З-2 (ПК-2-5)</b> Знать информационные технологии, применяемые при разработке проектов и при выполнении научно-исследовательской деятельности                                          | <b>У-2 (ПК-2-5)</b> Уметь работать с научной информацией с применением современных информационных технологий                                                                                                                                        | <b>Н-2 (ПК-2-5)</b> Владеть навыками отбора и приемами систематизации научной информации средствами информационных технологий                                                                                       |

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

Дисциплина «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» изучается в восьмом семестре.

Дисциплина является вариативной, входит в состав обязательных

дисциплин.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения следующих дисциплин: «Физическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Химия природных энергоносителей и углеродных материалов», «Оборудование нефтегазопереработки». Перечисленные дисциплины являются основой для успешного прохождения дальнейшего обучения по программе.

Входной контроль не проводится.

**Входные** знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе изучения дисциплин, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Пререквизиты дисциплины

| Название дисциплины                                     | Знания, умения, навыки, необходимые для изучения дисциплины «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки»                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Физическая химия                                        | Знать основные закономерности протекания реакций;<br>Уметь пользоваться справочными материалами;<br>Иметь навыки расчета термодинамических параметров процесса                                                                                                                                                                                                            |
| Процессы и аппараты химической технологии               | Знать принципиальное устройство аппаратов основных технологических процессов;<br>Уметь выполнять расчеты основных процессов и аппаратов химической технологии;<br>Владеть практическими навыками выбора аппаратурного оформления.                                                                                                                                         |
| Химия природных энергоносителей и углеродных материалов | Знать группы соединений входящих в состав нефти и газа, а также закономерности изменения физико-химических свойств нефти и газа в зависимости от состава;<br>Уметь использовать количественные закономерности физико-химических свойств природных энергоносителей;<br>Иметь навыки проведения расчетов по определению физико-химических свойств природных энергоносителей |
| Оборудование нефтегазопереработки                       | Знать классификацию, назначение и принцип работы основного технологического оборудования нефтеперерабатывающих предприятий;<br>Уметь читать чертежи и определять тип используемого оборудования;<br>Владеть навыками работы с технической документацией по оборудованию.                                                                                                  |

Дисциплина «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» занимает завершающую позицию в основной образовательной программе «Химическая технология» и охватывает основные положения прикладной гидравлики, теплопередачи, массообмена,

общей химической технологии, технологии первичной и вторичной переработки нефти, переработки газа и др. Знание основ методов расчетов процессов и аппаратов нефтегазопереработки позволяет успешно осваивать принципы управления реальными технологическими процессами и оборудованием, используемым для их реализации.

**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 4 зачетных единицы, 144 академических часа.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

| Объем дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                        | Всего академических часов |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                         | Очная форма обучения      |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины в 8 семестре</b>                                                                                                                                                                                                                       | 144 (4 з.е.)              |
| <i>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</i>                                                                                                                                                                      | 66                        |
| В том числе:                                                                                                                                                                                                                                                            |                           |
| <i>занятия лекционного типа</i> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)                                                                                                             | 27                        |
| <i>занятия семинарского типа</i> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)                                                                                                                              | 36                        |
| <i>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</i> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза | 81                        |
| Промежуточная аттестация обучающихся                                                                                                                                                                                                                                    | зачёт с оценкой           |

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

Таблица 4 – Структура и содержание дисциплины

| Наименование разделов, тем и содержание материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Компонент учебного плана | Трудоемкость (в часах) | Форма проведения | Планируемые (контролируемые) результаты освоения |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                        |                  | Компетенции                                      | Знания, умения, навыки                                       |
| <b>Введение.</b> Классификация основных процессов нефтегазопереработки и общие принципы технологического расчета аппаратуры в программной среде MathCAD. Последовательность расчета аппаратов. Движущая сила процессов.                                                                                                                                                             | Лекция                   | 1                      | Традиционная     | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Процессы перемещения жидкостей.</b> Теория и последовательность расчета насосов в среде MathCAD и Microsoft Excel.                                                                                                                                                                                                                                                               | Лекция                   | 1                      | Интерактивная    | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Расчет насосов.</b> Режим движения потока. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. Уравнение Бернулли. Определение величины потери напора. Определение коэффициента трения. Определение значений коэффициентов местных сопротивлений. Выбор скорости потоков в трубопроводах и каналах. Мощность насоса и двигателя к нему. Выбор типа и подбор по каталогу марки насоса. | Практическое занятие     | 2                      | Традиционная     | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| <b>Машины для сжатия газов.</b> Вентиляторы. Нагнетатели (газодувки). Компрессоры. Расход энергии на сжатие газа, мощность на валу компрессора. Производительность компрессора. Полный напор компрессорной машины. . Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel.                                                                                         | Лекция                   | 1                      | Интерактивная    | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Расчет машин для сжатия газов.</b> Расчет газодувки. Расчет компрессора. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft                                                                                                                                                                                                                                         | Практическое занятие     | 2                      | Традиционная     | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |

| Наименование разделов, тем и содержание материала                                                                                                                                                                                                                                        | Компонент учебного плана | Трудоемкость (в часах) | Форма проведения | Планируемые (контролируемые) результаты освоения |                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                          |                        |                  | Компетенции                                      | Знания, умения, навыки                                       |
| Excel                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                          |                        |                  |                                                  |                                                              |
| <b>Теплообменные процессы.</b><br>Тепловой баланс.<br>Теплопроводность. Теплоотдача.<br>Средняя разность температур.<br>Влияние загрязнения теплообменной поверхности.                                                                                                                   | Лекция                   | 2                      | Интерактивная    | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Теплообменное оборудование.</b><br>Расчет и подбор теплообменного оборудования. Решение задач в среде MathCAD и Microsoft Excel                                                                                                                                                       | Практическое занятие     | 4                      | Традиционная     | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| <b>Трубчатые печи.</b><br>Характеристика огневого нагревателей. Проектирование трубчатых печей. Теплота сгорания топлива. Полезная тепловая нагрузка печи. КПД печи. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel                                               | Лекция                   | 2                      | Интерактивная    | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Расчет трубчатых печей.</b> Расчет радиантной секции печи. Расчет конвекционной секции печи. Решение в среде MathCAD и Microsoft Excel                                                                                                                                                | Практическое занятие     | 4                      | Традиционная     | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| <b>Ректификация.</b> Материальный и тепловые балансы колонн. Минимальное число тарелок. Флегмовое число. Способы орошения. Методы расчета числа теоретических тарелок. Простые и сложные колонны. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel                  | Лекция                   | 1                      | Традиционная     | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Ректификация.</b> Расчет ректификационной колонны. Метод ключевых компонентов. Метод температурной границы деления смеси. Аналитический расчет процесса ректификации многокомпонентной смеси в сложной колонне. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel | Практическое занятие     | 4                      | Традиционная     | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| <b>Сепараторы.</b> Основные соотношения для расчета                                                                                                                                                                                                                                      | Лекция                   | 4                      | Интерак          | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)                                                 |

| Наименование разделов, тем и содержание материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Компонент учебного плана | Трудоемкость (в часах) | Форма проведения | Планируемые (контролируемые) результаты освоения |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |                        |                  | Компетенции                                      | Знания, умения, навыки                                       |
| сепараторов. Технологический расчет сепараторов-очистителей при разделении суспензий. Технологический расчет сепараторов для разделения эмульсий. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel                                                                                                                                           |                          |                        | Тренинговая      |                                                  | З-1 (ПК-2-5)                                                 |
| <b>Сепараторы.</b> Расчет вертикального гравитационного сепаратора по газу и по жидкости. Расчет горизонтального гравитационного сепаратора. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel                                                                                                                                                | Практическое занятие     | 5                      | Традиционная     | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| <b>Основы расчета реакционных устройств термических процессов.</b> Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel                                                                                                                                                                                                                          | Лекция                   | 6                      | Традиционная     | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Расчет реакционных устройств термических процессов.</b> Расчет реакционных змеевика и камеры установок термического крекинга под давлением. Расчет реакционных аппаратов установок коксования нефтяных остатков. Расчет печей и реакторов установок пиролиза нефтяного и газового сырья. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel | Практическое занятие     | 8                      | Традиционная     | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| <b>Основы расчета реакторов и регенераторов каталитических процессов.</b> Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel                                                                                                                                                                                                                   | Лекция                   | 7                      | Интерактивная    | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)<br>З-1 (ПК-2-5)                                 |
| <b>Расчет реакторов каталитических процессов:</b> расчет аппаратов установок каталитического крекинга, каталитического риформинга, каталитической изомеризации, гидроочистки. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel                                                                                                               | Практическое занятие     | 8                      | Интерактивная    | ПК-2                                             | У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| <b>Самостоятельная работа.</b> Решение дополнительных задач.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Самостоятельная          | 81                     | -                | ПК-2                                             | З-1 (ПК-2-5)                                                 |

| Наименование разделов, тем и содержание материала                                                                            | Компонент учебного плана           | Трудоемкость (в часах) | Форма проведения | Планируемые (контролируемые) результаты освоения |                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                              |                                    |                        |                  | Компетенции                                      | Знания, умения, навыки                                                       |
| Выполнение и оформление курсовой работы с применением программных сред MathCAD и Microsoft Excel и численных методов расчета | тепловая работа обучающихся        |                        |                  |                                                  | З-1 (ПК-2-5)<br>У-1 (ПК-2-5)<br>Н-1 (ПК-2-5)<br>У-2 (ПК-2-5)<br>Н-2 (ПК-2-5) |
| ИТОГО по дисциплине                                                                                                          | Лекции                             | 27                     | -                | -                                                | -                                                                            |
|                                                                                                                              | Практические занятия               | 36                     | -                | -                                                | -                                                                            |
|                                                                                                                              | Самостоятельная работа обучающихся | 81                     | -                | -                                                | -                                                                            |
|                                                                                                                              | Зачёт с оценкой                    | 0                      | -                | -                                                | -                                                                            |
| ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 144 часа ,<br>в том числе с использованием активных методов обучения 29 часов (20 %)    |                                    |                        |                  |                                                  |                                                                              |

## 6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки», состоит из следующих компонентов: решение расчетных задач на практических занятиях и выполнение курсовой работы.

1. СТО7.5-17 Положение о самостоятельной работе студентов ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». –Введ. 2015-04-06. –Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2015. –24 с.

2. РД ФГБОУ ВО КНАГТУ013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления».–Введ. 2016-03-10. –Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. –56 с.

Также методические материалы для эффективной самостоятельной работы студентов размещены в системе личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу: <https://knastu.ru/students>.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 6.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на практических занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем дисциплины, так и проработку тем, осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся изучают научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Таблица 5 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов очной формы обучения при 11-недельном семестре (8 семестр)

| Вид самостоятельной работы | Часов в неделю |          |          |          |          |          |          |          |          | Итого по видам работ |
|----------------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
|                            | 1              | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        |                      |
| Решение расчетных задач    | 2              | 2        | 2        | 2        | 2        | 2        | 2        | 2        | 2        | 18                   |
| Выполнение курсовой работы | 7              | 7        | 7        | 7        | 7        | 7        | 7        | 7        | 7        | 63                   |
| <b>ИТОГО в 8 семестре</b>  | <b>9</b>       | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>9</b> | <b>81</b>            |

**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля  
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Таблица 6 – Паспорт фонда оценочных средств

| Контролируемые<br>разделы (темы)<br>дисциплины | Код<br>контролируемой<br>компетенции<br>(или ее части) | Наименование<br>оценочного<br>средства | Показатели оценки                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 семестр                                      |                                                        |                                        |                                                                                                                                                                                                                        |
| Все разделы                                    | ПК-2                                                   | Практические<br>расчетные задачи       | Наличие верно<br>решенных расчетных<br>задач                                                                                                                                                                           |
| Все разделы                                    | ПК-2                                                   | Вопросы<br>собеседования               | Собеседование по теме.<br>Оценивается владение<br>материалом и понимание.                                                                                                                                              |
| Все разделы                                    | ПК-2                                                   | Курсовая работа                        | Курсовая работа<br>выполняется в<br>соответствии с планом,<br>указанным<br>преподавателем.<br>Оценивается полнота и<br>объем проработанности<br>темы, а также владение<br>материалом по теме<br>курсовой при ее защите |

Аттестация в 8 семестре проводится в виде зачета с оценкой, на основании заработанных баллов за выполнение заданий отраженных в технологической карте.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 7).

Таблица 7 – Технологическая карта

|                                                    | Наименование<br>оценочного<br>средства | Сроки<br>выполнения | Шк<br>ала<br>оце<br>нив<br>ани<br>я | Критерии<br>оценивания                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 семестр                                          |                                        |                     |                                     |                                                                                                                                                                                             |
| <i>Текущая аттестация в форме зачета с оценкой</i> |                                        |                     |                                     |                                                                                                                                                                                             |
| 1                                                  | Расчетные<br>задачи (19 шт)            | В течение семестра  | 5<br>· 19<br>= 95<br>балл<br>ов     | 5 баллов – студент выполнил<br>задание полностью верно;<br>4 балла – студент произвел<br>расчет с замечаниями, или<br>имеется два небольших<br>недочета;<br>3 балла – студент сделал грубую |

|   | <b>Наименование<br/>оценочного<br/>средства</b> | <b>Сроки<br/>выполнения</b> | <b>Шкала<br/>оценивания</b> | <b>Критерии<br/>оценивания</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                 |                             |                             | <p>ошибку в расчетах, изза которой дальнейшее решение задания выполнено не верно, работа возвращена на доработку, после которой задача выполнена верно.</p> <p>2 балла – 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.</p> <p>1 балл – студент частично выполнил задание, но не дорешал его;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2 | Вопросы собеседования                           | Последняя неделя семестра   | 5 баллов                    | <p>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;</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>2 балла - при собеседовании студент знает менее половины</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Наименование<br>оценочного<br>средства | Сроки<br>выполнения                         | Шкала<br>оценивания | Критерии<br>оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                        |                                             |                     | <p>пройденного материала допускает неточности в определении понятий и формулировке основных положений; не умеет логически мыслить и/или формулировать свои мысли;</p> <p>1 балл – при собеседовании студент показывает незнание большей части изучаемой темы, множество ошибок в формулировке основных положений поставленного вопроса, искажает смысл, плохо понимает излагаемый материал.</p>                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Итого:                                 |                                             | 100                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b></p> <p>Результаты рейтинговой системы контроля служат основанием для оценки в ведомость на зачетной неделе.</p> <p>0 – 67 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);</p> <p>67 – 79 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);</p> <p>80 – 94 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);</p> <p>95 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p> |                                        |                                             |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Курсовая работа                        | В течение семестра, за две недели до сессии | 5                   | <p>«отлично» - выставляется студенту, если в работе содержится в полном объеме решаемая задача, отражены самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями по оформлению студенческих работ и в соответствии с рекомендуемой формой изложения, при защите студент проявляет отличное владение материалом, способен аргументированно отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</p> <p>«хорошо» - выставляется студенту, если в работе содержится в полном объеме решаемая задача, отражены самостоятельные выводы,</p> |

|  | Наименование<br>оценочного<br>средства | Сроки<br>выполнения | Шкала<br>оценивания | Критерии<br>оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|----------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                        |                     |                     | <p>достигнуты все результаты, указанные в задании, пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями по оформлению студенческих работ и в соответствии с рекомендуемой формой изложения, при защите студент проявляет хорошее владение материалом;</p> <p>«удовлетворительно» -<br/>выставляется студенту, если в работе содержится в полном объеме решаемая задача, отражены выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями по оформлению студенческих работ и в соответствии с рекомендуемой формой изложения, при защите студент проявляет удовлетворительное владение материалом, затрудняется ответить на некоторые поставленные вопросы, не способен к оценочному суждению;</p> <p>«неудовлетворительно» -<br/>выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме</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

##### *Введение*

1. Движущей силой МОП (массообменных процессов) является:
  - a) Разность давлений
  - b) Разность температур
  - c) Разность концентраций
  
2. Очистка водопроводной воды угольным фильтром - это:
  - a) Абсорбции
  - b) Адсорбция
  - c) Десорбция
  
3. Твердофазное экстрагирование проходит по схеме:
  - a)  $T \rightarrow Ж$
  - b)  $T \leftarrow Ж$
  - c)  $T = Ж$
  
4. Что не относится к МОП:
  - a) Экстракция
  - b) Фильтрование
  - c) Кристаллизация
  
7. Мольная доля соляной кислоты в смеси, приготовленной из 12 молей воды и 3 молей кислоты равна:
  - a) 0,2
  - b) 0,25
  - c) 0,4
  
8. Для чего создается вакуум в колонне:
  - a) Для уменьшения числа тарелок
  - b) Для понижения температуры кипения компонентов
  - c) Для уменьшения размеров колонны
  
9. Ректификация осуществляется:
  - a) Всегда периодически
  - b) Всегда непрерывно

с) Периодически или непрерывно

11. Ректификационная колонна называется простой, если:

- а) Из нее выходит две фракции
- б) В ней мало тарелок
- с) Она имеет небольшие размеры

12. С увеличением флегмового числа число тарелок в колонне:

- а) увеличивается
- б) уменьшается
- с) не меняется

14. Назвать нижнюю часть колонны:

- а) Укрепляющая
- б) Питающая :
- с) Исчерпывающая

15. Температура внутри колонны возрастает :

- а) Снизу вверх
- б) Сверху вниз
- с) Не изменяется

16. С увеличением температуры плотность:

- а) Увеличивается
- б) Уменьшается
- с) Не изменяется

17. Относительная массовая доля бензола в смеси, содержащей 50 г бензола и 200 г толуола равна:

- а) 0,25
- б) 0,40
- с) 0,50

18. С увеличением летучести компонента его парциальное давление:

- а) Уменьшается
- б) Увеличивается
- с) Не изменяется

19. Сколько простых колонн необходимо для разделения трехкомпонентной смеси:

- а) 1
- б) 2
- с) 3

20. Чему равно парциальное давление компонента в воздушной смеси при нормальных условиях, если его объемная доля 0,9:
- a) 684 мм.рт.ст.
  - b) 760 мм.рт.ст.
  - c) 76 мм.рт.ст.
21. Другие названия низкокипящего компонента:
- a) Дистиллятный, тяжелый
  - b) Остаточный, легкий
  - c) Дистиллятный, легкий
22. Определить мольную долю компонента в воздушной смеси при нормальных условиях, если его парциальное давление 152 мм.рт.ст.:
- a) 0,1
  - b) 0,2
  - c) 0,3
23. Чему равна плотность смеси двух газов, если их мольные доли одинаковы, а плотности равны соответственно  $1,2 \text{ кг/м}^3$  и  $1,6 \text{ кг/м}^3$ :
- a)  $1,3 \text{ кг/м}^3$
  - b)  $1,4 \text{ кг/м}^3$
  - c)  $1,5 \text{ кг/м}^3$
24. Отношение количества дистиллята, возвращаемого в колонну к количеству дистиллята, отобранного в виде готового продукта – это:
- a) Флегмовое число
  - b) Относительный расход дистиллята
  - c) Мольный расход дистиллята
25. Можно ли дистилляцией разделить смесь, состоящую из 4 компонентов:
- a) Да
  - b) Нет
26. Что такое массообменные процессы?
- a) Процесс, при котором одно или несколько веществ переходит из одной фазы в другую;
  - b) Процесс распределения нескольких компонентов в жидкой фазе;
  - c) Концентрирование распределяемого компонента в газовой фазе.
27. Движущая сила массообменных процессов?
- a) Разность парциальных давлений;
  - b) Разность температур;
  - c) Разность концентраций распределяемого компонента;
  - d) Разность общих давлений.

28. Что такое адсорбционный процесс?

- a) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
- b) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или жидкой смеси твердыми поглотителями;
- c) Процесс извлечения из твердого или жидкого вещества одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

29. Что такое абсорбционный процесс?

- a) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
- b) Процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора твердыми веществами;
- c) Процесс извлечения из твердого или жидкого вещества одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

30. Что такое экстракционный процесс?

- a) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
- b) Процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора твердыми телами;
- c) Процесс извлечения из твердой или жидкой смеси одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

31. Что такое процесс сушки?

- a) Удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла;
- b) Процесс разделения жидких неоднородных смесей на составляющие компоненты, основанной на различной летучести их;
- c) Процесс выделения твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или сплава

32. Что такое процесс перегонки?

- a) Удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла;
- b) Процесс разделения жидких неоднородных смесей на составляющие компоненты, основанной на различной их летучестей;
- c) Процессы выделения твердой фазы в кристаллическом виде их раствора или сплава

33. Чем обусловлена физическая адсорбция ?

- a) Взаимным притяжением молекул адсорбтива и адсорбента под действием сил Ван-дер-Ваальса;
- b) Сопровождается химическим взаимодействием;
- c) Проникновение молекул адсорбтива в поры адсорбента.

34. Чем обусловлена хемосорбция ?

- a) Взаимным притяжением молекул адсорбтива и адсорбента под действием сил Ван-дер-Ваальса;
- b) Сопровождается химическим взаимодействием;
- c) Проникновение молекул адсорбтива в поры адсорбента;

35. Что такое процесс ректификации ?

- a) Многократное испарение легколетучего компонента из жидкости с последующей их конденсацией;
- b) Однократное частичное испарение разделяемое смеси с последующей конденсации образующихся паров;
- c) Разделение бинарных смесей за счет подвода тепла;
- d) Получение чистых однородных жидкостей;

36. Сопоставьте тип расчета и его суть:

- |                              |                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a)<br>Технологический расчет | A) При его проведении определяются размеры рабочих сечений аппарата и перепады давления, обеспечивающие работу при полученных технологическом расчете материальных и энергетических потоках рабочих сред. |
| b)<br>Гидравлический расчет  | B) При его проведении обосновываются рабочие параметры процесса (давление, температура и т.п), определяются материальные и энергетические потоки и уточняются расходные нормы.                            |
| c)<br>Механический расчет    | C) При его проведении обосновываются выбор материалов, конструкции элементов аппарата, толщины стенок и т.п., обеспечивающие безопасную, надежную и длительную эксплуатацию аппарата.                     |

## Расчет насосов

Определить основные параметры центробежного насоса для подачи орошения из емкости А на верхнюю тарелку ректификационной колонны В.

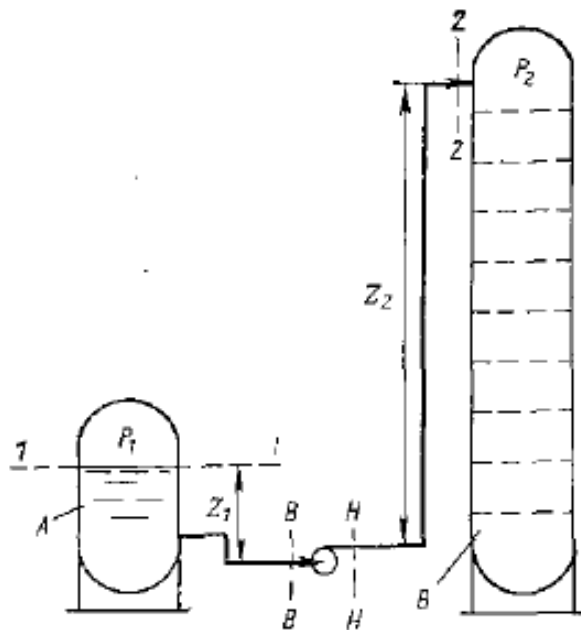


Схема перекачки

### Условие задачи по вариантам

| № варианта | Плотность орошения (при температуре перекачки, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> ) | Вязкость (при температуре перекачки), $\nu$ , сСт | Расход орошения $L$ , кг/ч | Длина всасывающего трубопровода, $l_{вс}$ , м | Длина нагнетательной линии, $l_n$ , м | Высота уровня продукта емкости А, м | Высота подачи орошения, м | Давление в емкости, $P_1$ , кПа | Давление наверху колонны, $P_2$ , кПа |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1          | 725                                                                         | 1,85                                              | 25000                      | 25                                            | 40                                    | 3                                   | 25                        | 101,3                           | 122,5                                 |
| 2          | 700                                                                         | 4,20                                              | 30000                      | 24                                            | 50                                    | 5                                   | 24                        | 101,3                           | 121,3                                 |
| 3          | 698                                                                         | 3,12                                              | 29000                      | 29                                            | 45                                    | 4                                   | 15                        | 101,3                           | 130,1                                 |
| 4          | 680                                                                         | 2,15                                              | 36521                      | 30                                            | 42                                    | 4                                   | 16                        | 101,3                           | 132,5                                 |
| 5          | 732                                                                         | 2,10                                              | 34125                      | 35                                            | 51                                    | 5                                   | 18                        | 101,3                           | 138,0                                 |
| 6          | 750                                                                         | 1,85                                              | 37500                      | 24                                            | 53                                    | 6                                   | 27                        | 101,3                           | 140,0                                 |
| 7          | 752                                                                         | 1,74                                              | 38400                      | 21                                            | 57                                    | 4                                   | 20                        | 101,3                           | 139,2                                 |
| 8          | 754                                                                         | 1,74                                              | 32100                      | 19                                            | 60                                    | 5                                   | 19                        | 101,3                           | 150,0                                 |
| 9          | 758                                                                         | 1,65                                              | 29800                      | 36                                            | 35                                    | 5                                   | 21                        | 101,3                           | 154,0                                 |
| 10         | 691                                                                         | 1,86                                              | 28700                      | 17                                            | 37                                    | 6                                   | 22                        | 101,3                           | 160,0                                 |
| 11         | 721                                                                         | 3,10                                              | 26400                      | 20                                            | 42                                    | 3                                   | 24                        | 101,3                           | 150,0                                 |
| 12         | 675                                                                         | 2,85                                              | 34050                      | 26                                            | 55                                    | 5                                   | 24                        | 101,3                           | 155,5                                 |

### Данные для расчета местных сопротивлений

| Вариант | Всасывающий трубопровод |          |         | Нагнетательный трубопровод |         |          |        |
|---------|-------------------------|----------|---------|----------------------------|---------|----------|--------|
|         | Прямоугольное колено    | задвижка | тройник | колесо                     | тройник | задвижка | клапан |
| 1       | 3                       | 1        | 1       | 4                          | 1       | 1        | 1      |
| 2       | 4                       | 2        | 2       | 3                          | 1       | 2        | 1      |
| 3       | 2                       | 1        | 1       | 4                          | 1       | 2        | 1      |
| 4       | 1                       | 3        | 1       | 3                          | 1       | 1        | 1      |
| 5       | 5                       | 1        | 2       | 4                          | 1       | 1        | 1      |
| 6       | 3                       | 2        | 1       | 2                          | 1       | 2        | 1      |
| 7       | 4                       | 1        | 1       | 3                          | 2       | 1        | 1      |
| 8       | 6                       | 2        | 1       | 2                          | 1       | 2        | 1      |
| 9       | 4                       | 4        | 1       | 3                          | 1       | 1        | 1      |
| 10      | 2                       | 2        | 2       | 4                          | 1       | 2        | 1      |
| 11      | 2                       | 1        | 1       | 2                          | 1       | 1        | 1      |
| 12      | 4                       | 2        | 2       | 3                          | 2       | 2        | 1      |

### Расчет машин для сжатия газов

#### Задание 1.

Газ в количестве  $V_0$  нм<sup>3</sup>/час, состава  $\text{CH}_4$  – а % (объемных),  $\text{C}_2\text{H}_6$  – б % и  $\text{C}_3\text{H}_8$  – в % сжимается компрессором от  $p_{\text{нач}}$  атм до  $p_{\text{кон}}$  ата (для тех кто не знал «ата» это технические атмосферы). Температура газа на приеме компрессора  $t_n$  °С: по выходе из компрессора газ необходимо охладить до  $t_k$  °С.

Определить: а) число необходимых ступеней сжатия; б) мощность, которую необходимо подать на вал компрессора; в) количество тепла, отнимаемые в холодильниках компрессора.

#### Условие задачи по вариантам

| № вар | $V_0$ | а  | б  | в  | $p_{\text{нач}}$ | $p_{\text{кон}}$ | $t_n$ | $t_k$ |
|-------|-------|----|----|----|------------------|------------------|-------|-------|
| 1     | 400   | 87 | 9  | 4  | 1                | 10               | 20    | 33    |
| 2     | 300   | 90 | 5  | 5  | 2                | 11               | 22    | 32    |
| 3     | 350   | 85 | 10 | 5  | 1                | 12               | 21    | 38    |
| 4     | 356   | 85 | 9  | 6  | 2                | 9                | 23    | 40    |
| 5     | 480   | 82 | 10 | 8  | 1                | 8                | 18    | 41    |
| 6     | 470   | 82 | 12 | 6  | 1                | 13               | 20    | 35    |
| 7     | 465   | 80 | 10 | 10 | 2                | 10               | 20    | 33    |
| 8     | 459   | 92 | 5  | 3  | 1                | 9                | 22    | 32    |
| 9     | 412   | 87 | 9  | 4  | 2                | 8                | 21    | 38    |
| 10    | 413   | 90 | 5  | 5  | 1,5              | 10               | 23    | 40    |
| 11    | 400   | 85 | 10 | 5  | 1                | 11               | 18    | 41    |
| 12    | 300   | 85 | 9  | 6  | 1,5              | 12               | 20    | 35    |
| 13    | 350   | 82 | 10 | 8  | 2                | 9                | 22    | 33    |
| 14    | 356   | 82 | 12 | 6  | 1,5              | 8                | 21    | 32    |

|    |     |    |    |    |     |    |    |    |
|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| 15 | 480 | 80 | 10 | 10 | 1   | 13 | 23 | 38 |
| 16 | 470 | 92 | 5  | 3  | 1,5 | 10 | 18 | 40 |
| 17 | 465 | 82 | 10 | 8  | 2   | 9  | 20 | 41 |
| 18 | 459 | 82 | 12 | 6  | 1   | 8  | 22 | 35 |
| 19 | 412 | 80 | 10 | 10 | 1,5 | 12 | 21 | 40 |
| 20 | 413 | 92 | 5  | 3  | 2   | 14 | 23 | 29 |

### *Теплообменное оборудование*

#### *Задание 1.*

Определить поверхность теплообмена ( $F, \text{м}^2$ ) в теплообменниках, в которых нагревается  $G_1$  (кг/ч) нефти плотностью  $d_4^{20}$  нефти за счет охлаждения  $G_2$  кг/ч мазута плотностью  $d_4^{20}$  мазута с  $t_1$  до  $t_2$  °С. Температура поступающей нефти  $t_3$  °С. Коэффициент теплопередачи  $K$  ( $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ ), КПД принять  $\eta$

#### Условие задачи по вариантам

| Номер<br>варианта | $G_1$ | $G_2$ | $d_4^{20}$ нефти | $d_4^{20}$ мазута | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $K$ | $\eta$ |
|-------------------|-------|-------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|-----|--------|
| 1                 | 50000 | 25124 | 0,878            | 0,925             | 320   | 200   | 110   | 142 | 0,95   |
| 2                 | 60000 | 24123 | 0,756            | 0,920             | 330   | 230   | 115   | 125 | 0,95   |
| 3                 | 55000 | 21023 | 0,748            | 0,956             | 340   | 215   | 120   | 136 | 0,95   |
| 4                 | 52000 | 25017 | 0,759            | 0,948             | 310   | 210   | 141   | 157 | 0,95   |
| 5                 | 45000 | 26128 | 0,892            | 0,974             | 350   | 210   | 125   | 164 | 0,95   |
| 6                 | 68000 | 29142 | 0,852            | 0,994             | 300   | 225   | 132   | 168 | 0,95   |
| 7                 | 56000 | 27548 | 0,854            | 0,952             | 340   | 240   | 110   | 169 | 0,95   |
| 8                 | 57212 | 26145 | 0,856            | 0,899             | 342   | 245   | 115   | 140 | 0,95   |
| 9                 | 54123 | 23145 | 0,874            | 0,956             | 320   | 247   | 120   | 142 | 0,95   |
| 10                | 65147 | 27145 | 0,892            | 0,984             | 315   | 250   | 141   | 125 | 0,95   |
| 11                | 62587 | 27698 | 0,841            | 0,952             | 315   | 230   | 125   | 136 | 0,95   |
| 12                | 61269 | 27469 | 0,741            | 0,961             | 320   | 280   | 132   | 157 | 0,95   |
| 13                | 60236 | 28456 | 0,785            | 0,974             | 330   | 200   | 110   | 164 | 0,95   |
| 14                | 54214 | 28789 | 0,769            | 0,952             | 340   | 230   | 115   | 168 | 0,95   |
| 15                | 57000 | 29841 | 0,712            | 0,984             | 310   | 215   | 120   | 169 | 0,95   |
| 16                | 52147 | 29156 | 0,899            | 0,965             | 350   | 210   | 141   | 140 | 0,95   |
| 17                | 41236 | 25149 | 0,847            | 0,923             | 300   | 210   | 125   | 142 | 0,95   |
| 18                | 45247 | 26147 | 0,887            | 0,974             | 340   | 225   | 132   | 125 | 0,95   |
| 19                | 46852 | 25136 | 0,857            | 0,899             | 342   | 240   | 110   | 136 | 0,95   |
| 20                | 49214 | 26357 | 0,864            | 0,956             | 320   | 245   | 115   | 157 | 0,95   |
| 21                | 47023 | 26325 | 0,898            | 0,984             | 315   | 247   | 120   | 164 | 0,95   |
| 22                | 48250 | 29036 | 0,847            | 0,952             | 320   | 250   | 141   | 168 | 0,95   |
| 23                | 52000 | 29041 | 0,854            | 0,961             | 315   | 245   | 125   | 169 | 0,95   |

### Задание 2.

Определить расход воды в конденсаторе-холодильнике, в который поступает  $G_1$  кг/ч нефтяных паров (плотностью  $d_4^{20}$ ) и  $G_2$  кг/ч нефтяных паров. Давление наверху колонны  $P$  мм.рт.ст., температура  $t_{\text{в.кол}}$  °С. Температура продукта на выходе из холодильника  $t_{\text{вых.х}}$  °С. Вода нагревается от  $t_1$  до  $t_2$  °С.

#### Условие задачи по вариантам

| Номер варианта | $G_1$ | $d_4^{20}$ | $G_2$ | $P$ | $t_{\text{в.кол}}$ | $t_{\text{вых.х}}$ | $t_1$ | $t_2$ |
|----------------|-------|------------|-------|-----|--------------------|--------------------|-------|-------|
| 1              | 35000 | 0,785      | 910   | 930 | 120                | 40                 | 25    | 37    |
| 2              | 30000 | 0,856      | 920   | 940 | 125                | 43                 | 24    | 40    |
| 3              | 28000 | 0,774      | 900   | 920 | 126                | 42                 | 24    | 39    |
| 4              | 38000 | 0,745      | 930   | 921 | 130                | 41                 | 26    | 38    |
| 5              | 25687 | 0,715      | 950   | 885 | 140                | 39                 | 26    | 36    |
| 6              | 34856 | 0,814      | 940   | 889 | 145                | 40                 | 25    | 37    |
| 7              | 40000 | 0,821      | 900   | 879 | 136                | 43                 | 24    | 40    |
| 8              | 41562 | 0,745      | 890   | 865 | 132                | 42                 | 24    | 39    |
| 9              | 45215 | 0,824      | 800   | 846 | 120                | 41                 | 26    | 38    |
| 10             | 23154 | 0,856      | 780   | 925 | 125                | 39                 | 26    | 36    |
| 11             | 36124 | 0,814      | 785   | 920 | 126                | 43                 | 25    | 40    |
| 12             | 36500 | 0,792      | 780   | 921 | 130                | 42                 | 24    | 39    |
| 13             | 34500 | 0,745      | 754   | 885 | 140                | 41                 | 24    | 38    |
| 14             | 38400 | 0,712      | 790   | 889 | 145                | 39                 | 26    | 36    |
| 15             | 37400 | 0,714      | 821   | 879 | 136                | 43                 | 26    | 40    |
| 16             | 3790  | 0,786      | 784   | 865 | 132                | 42                 | 25    | 39    |
| 17             | 36100 | 0,812      | 756   | 846 | 145                | 41                 | 24    | 38    |
| 18             | 35200 | 0,704      | 740   | 925 | 136                | 39                 | 24    | 36    |
| 19             | 34800 | 0,750      | 746   | 884 | 132                | 42                 | 26    | 39    |

### Расчет трубчатых печей

#### Задание 1.

Определить поверхность и тепловую напряженность радиантных труб атмосферной печи для нагрева  $G$  кг/ч нефти от температуры  $t_1$  °С до  $t_2$  °С. Полезное тепло, сообщаемое нефти в печи,  $Q_{\text{пол}}$  ккал/ч. Топливо: сухой газ с  $Q_p^H$  ккал/кг. Количество газов, образующихся при сгорании 1 кг топлива:  $\text{CO}_2 - x$  кг/кг;  $\text{H}_2\text{O} - y$  кг/кг;  $\text{N}_2 - z$  кг/кг;  $\text{O}_2 - k$  кг/кг. Коэффициент полезного действия печи  $\eta$ . Расход топлива  $B$  кг/ч. Коэффициент избытка воздуха  $\alpha=1,2$ . Плотность нефти  $d_4^{20}$

### Условие задачи по вариантам

| Но<br>мер<br>вар<br>иан<br>та | G кг/ч | t <sub>1</sub> , °C | t <sub>2</sub><br>°C | Q <sub>пол</sub> ккал/ч | Q <sub>p</sub> <sup>н</sup><br>ккал/к<br>г | x<br>кг/к<br>г | y<br>кг/к<br>г | z<br>кг/к<br>г | k<br>кг/к<br>г | η     | B<br>кг/ч | d <sub>4</sub> <sup>20</sup> |
|-------------------------------|--------|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|-----------|------------------------------|
| 1                             | 350000 | 240                 | 340                  | 33500800                | 12500                                      | 3,00           | 2,00           | 14,2           | 0,71           | 0,805 | 4100      | 0,870                        |
| 2                             | 341252 | 230                 | 330                  | 34300400                | 11350                                      | 2,50           | 2,60           | 13,9           | 0,75           | 0,825 | 3800      | 0,850                        |
| 3                             | 365241 | 220                 | 350                  | 35120250                | 11400                                      | 2,41           | 2,45           | 13,6           | 0,69           | 0,830 | 3680      | 0,835                        |
| 4                             | 368541 | 215                 | 340                  | 36500640                | 12600                                      | 2,55           | 2,65           | 12,5           | 0,65           | 0,850 | 3740      | 0,890                        |
| 5                             | 367500 | 210                 | 360                  | 37400230                | 15300                                      | 1,99           | 2,85           | 14,2           | 0,69           | 0,910 | 3900      | 0,921                        |
| 6                             | 369100 | 230                 | 321                  | 33500800                | 14500                                      | 2,88           | 2,45           | 14,7           | 0,45           | 0,900 | 4000      | 0,864                        |
| 7                             | 345000 | 255                 | 350                  | 34300400                | 13560                                      | 2,54           | 2,12           | 14,3           | 0,57           | 0,840 | 4200      | 0,912                        |
| 9                             | 345250 | 260                 | 380                  | 35120250                | 12500                                      | 2,65           | 2,47           | 14,1           | 0,85           | 0,851 | 3600      | 0,900                        |
| 10                            | 380700 | 245                 | 340                  | 36500640                | 11350                                      | 2,55           | 2,13           | 13,9           | 0,95           | 0,860 | 3840      | 0,875                        |
| 11                            | 390120 | 285                 | 360                  | 37400230                | 11400                                      | 2,84           | 2,00           | 13,7           | 0,87           | 0,805 | 3950      | 0,845                        |
| 12                            | 300500 | 246                 | 340                  | 33500800                | 12600                                      | 2,01           | 2,60           | 13,8           | 0,84           | 0,910 | 3680      | 0,899                        |
| 13                            | 310400 | 267                 | 345                  | 34300400                | 15300                                      | 2,50           | 2,45           | 13,9           | 0,84           | 0,900 | 3740      | 0,785                        |
| 14                            | 360500 | 246                 | 372                  | 35120250                | 14500                                      | 2,41           | 2,65           | 13,5           | 0,65           | 0,840 | 3900      | 0,835                        |
| 15                            | 360700 | 220                 | 351                  | 36500640                | 13560                                      | 2,55           | 2,85           | 13,6           | 0,95           | 0,851 | 4000      | 0,890                        |
| 16                            | 350500 | 215                 | 361                  | 37400230                | 12500                                      | 1,99           | 2,45           | 14,5           | 0,99           | 0,805 | 4200      | 0,921                        |
| 17                            | 340000 | 210                 | 354                  | 33500800                | 11350                                      | 2,88           | 2,12           | 14,8           | 1,12           | 0,825 | 3680      | 0,864                        |
| 18                            | 320230 | 230                 | 375                  | 34300400                | 15300                                      | 2,54           | 2,47           | 14,7           | 1,01           | 0,830 | 3740      | 0,912                        |
| 19                            | 330200 | 255                 | 350                  | 35120250                | 14500                                      | 2,65           | 2,13           | 14,9           | 1,13           | 0,850 | 3900      | 0,900                        |
| 20                            | 340200 | 251                 | 360                  | 36500640                | 13560                                      | 2,01           | 2,45           | 14,2           | 1,24           | 0,807 | 4000      | 0,855                        |

### Задание 2

Определить поверхность и тепловую напряженность конвекционных труб печи, если ее полезная тепловая нагрузка 38400500 ккал/ч. Остальные данные для расчета взять в предыдущем примере расчета поверхности радиантной камеры. Расход воздуха на сгорание 1 кг топлива представлен в таблице в соответствии с вариантом.

| №<br>варианта     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Расход<br>воздуха | 15,00 | 16,00 | 15,52 | 15,42 | 14,95 | 14,85 | 15,85 | 14,42 | 14,21 | 13,75 |

| №<br>варианта     | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Расход<br>воздуха | 14,10 | 13,85 | 13,75 | 13,62 | 14,00 | 13,42 | 16,01 | 17,23 | 16,85 | 14,85 |

### Ректификация

#### Вариант 1

Определить объемный расход паров в сечении колонны, через которое проходит 9,05 кг/с бензиновых паров (M=114 кг/кмоль) и 2,54 кг/с водяного пара. Температура в указанном сечении 118 °C, давление 0,182 МПа.

### *Вариант 2*

Через секцию отбора дизельной фракции проходит в парах 7,64 кг/с бензина ( $M=108$  кг/кмоль), 16,39 кг/с керосина ( $M=148$  кг/кмоль) и 2,30 кг/с водяного пара. Температура в секции 256 °С, давление 0,179 МПа. Найти объемный расход паров в данных условиях.

### *Вариант 3*

Определить секундный объем паров в сечении колонны, температура в котором равна 130 °С, давление 0,54 МПа. Через сечение проходит 12,29 кг/с паров фракции I ( $M=91$  кг/кмоль) и 4,95 кг/с паров фракции II ( $M=106$  кг/кмоль). Коэффициент сжимаемости принять равным 0,95.

### *Вариант 4*

Какова допустимая линейная скорость паров в колонне с клапанными тарелками и расстоянием между ними 0,6 м, если плотность жидкости равна 841 кг/м<sup>3</sup>, плотность паров 6,37 кг/м<sup>3</sup>.

### *Вариант 5*

Определить допустимую линейную скорость паров в вакуумной колонне, работающей с водяным паром, если  $p_{ж}=938$  кг/м<sup>3</sup> и  $p_{п}=4,47$  кг/м<sup>3</sup>. Расстояние между тарелками 0,6 м.

### *Вариант 6*

Найти диаметр колонны, объем паров в которой равен 14,6 м<sup>3</sup>/с, а допустимая скорость паров 1,12 м/с.

### *Вариант 7*

Ректификационная колонна оборудована клапанными тарелками, расстояние между ними 0,5 м. Максимальный объемный расход паров в колонне равен 7,94 м<sup>3</sup>/с,  $p_{ж}=751$  кг/м<sup>3</sup>,  $p_{п}=3,72$  кг/м<sup>3</sup>. Определить диаметр колонны.

### *Вариант 8*

Допустимая линейная скорость паров в колонне равна 0,96 м/с. Через заданное сечение ( $t=320$  °С,  $p=0,195$  МПа) проходит 7,97 кг/с паров фракции I ( $M=119$  кг/кмоль), 12,86 кг/с паров фракции II ( $M=161$  кг/кмоль) 17,07 кг/с паров фракции III ( $M=216$  кг/кмоль) и 2,93 кг/с водяных паров. Найти диаметр колонны.

### *Вариант 9*

В концентрационной части ректификационной колонны установлены 18 двухпоточных клапанных тарелок, в отгонной - 6 тарелок. Диаметр колонны 5 м. Расстояние между тарелками 0,6 м. Вниз колонны поступает 160 кг/с отбензиненной нефти ( $\rho_4^{20} = 0,856$ ). Принять запас нефти внизу

колонны на 8 мин и определить общую высоту колонны

### Вариант 10

Рассчитать допустимую линейную скорость паров для колонны с провальными тарелками. Плотность жидкой фазы  $732 \text{ кг/м}^3$ , плотность паровой фазы  $5,24 \text{ кг/м}^3$ . Расстояние между тарелками  $0,4 \text{ м}$ .

## Сепараторы

### Задание 1.

При прохождении нефтегазовой смеси через штуцер в сепараторе образуются капли нефти диаметром  $d$  мкм. Смесь находится под давлением  $P$  МПа при  $T^\circ\text{К}$ . Найти скорость осаждения капель нефти и определить пропускную способность вертикального гравитационного сепаратора по газу, если его диаметр  $D$ . Известны плотность нефти, плотность газа и его вязкость, коэффициент сверхсжимаемости.

| Параметр                                               | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                        | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| Давление сепарации, МПа                                | 0,70     | 0,35 | 0,50 | 0,60 | 0,40 | 0,45 | 0,55 | 0,20 | 0,24 | 0,15 | 0,71 | 0,34 | 0,51 | 0,62 | 0,44 |
| Температура сепарации, $^\circ\text{C}$                | 25       | 30   | 20   | 22   | 32   | 40   | 24   | 28   | 18   | 26   | 20   | 21   | 35   | 33   | 22   |
| Диаметр сепаратора, м                                  | 2,2      | 1,4  | 1,2  | 1,6  | 1,0  | 2,0  | 2,6  | 3,0  | 1,6  | 1,8  | 2,2  | 1,4  | 1,2  | 1,6  | 1,0  |
| Диаметр капли нефти, мкм                               | 95       | 95   | 100  | 75   | 65   | 80   | 70   | 90   | 50   | 85   | 55   | 60   | 70   | 82   | 91   |
| Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$                       | 818      | 838  | 860  | 820  | 815  | 845  | 870  | 852  | 887  | 893  | 815  | 824  | 830  | 840  | 880  |
| Плотность газа при НУ, $\text{кг/м}^3$                 | 1,80     | 0,75 | 0,90 | 1,2  | 0,88 | 0,84 | 0,70 | 0,80 | 0,67 | 1,1  | 0,78 | 1,15 | 0,83 | 1,08 | 0,95 |
| Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ | 3        | 1,3  | 2    | 1,8  | 1,5  | 1,2  | 1,6  | 1,1  | 1,4  | 1,0  | 2,7  | 1,3  | 1,01 | 2,3  | 3    |
| Коэффициент сверхсжимаемости                           | 1        | 0,9  | 1    | 0,85 | 1    | 0,91 | 1    | 0,88 | 1    | 0,87 | 1    | 0,93 | 1    | 0,84 | 1    |
| Параметр                                               | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                        | 16       | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| Давление сепарации, МПа                                | 0,68     | 0,30 | 0,50 | 0,60 | 0,40 | 0,45 | 0,65 | 0,36 | 0,24 | 0,25 | 0,75 | 0,35 | 0,51 | 0,68 | 0,44 |
| Температура сепарации, $^\circ\text{C}$                | 25       | 30   | 27   | 19   | 30   | 36   | 24   | 28   | 20   | 26   | 20   | 21   | 31   | 33   | 22   |
| Диаметр сепаратора, м                                  | 2,0      | 1,5  | 1,2  | 1,6  | 1,0  | 2,0  | 2,4  | 3,0  | 1,6  | 1,8  | 2,5  | 1,3  | 1,2  | 1,5  | 1,0  |
| Диаметр капли нефти, мкм                               | 95       | 90   | 95   | 77   | 67   | 83   | 70   | 60   | 50   | 85   | 55   | 60   | 75   | 82   | 92   |
| Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$                       | 808      | 840  | 870  | 820  | 815  | 845  | 870  | 850  | 890  | 853  | 830  | 864  | 830  | 840  | 880  |
| Плотность газа при НУ, $\text{кг/м}^3$                 | 1,80     | 0,75 | 0,90 | 1,25 | 0,82 | 0,89 | 0,66 | 0,80 | 0,67 | 1,1  | 0,98 | 1,15 | 0,83 | 1,05 | 0,95 |
| Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ | 2,7      | 1,3  | 2    | 1,8  | 1,1  | 1,2  | 1,6  | 1,1  | 1,4  | 1,0  | 2,7  | 1,3  | 1,03 | 2,3  | 3    |
| Коэффициент сверхсжимаемости                           | 1        | 0,9  | 1    | 0,85 | 1    | 0,94 | 1    | 0,88 | 1    | 0,80 | 1    | 0,91 | 1    | 0,84 | 1    |

## Задание 2.

Известна пропускная способность по газу вертикального сепаратора, его диаметр, давление и температура в аппарате. Установить, будет ли происходить оседание капель нефти определенного диаметра и плотности в потоке газа известной плотности и вязкости.

| Параметр                                                            | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                     | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| Пропускная способность по газу, $\cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{сут}$ | 4        | 0,8  | 0,8  | 8    | 1    | 0,2  | 1    | 1,2  | 1,3  | 0,4  | 3,8  | 0,8  | 0,9  | 7,8  | 1    |
| Давление сепарации, МПа                                             | 0,70     | 0,35 | 0,50 | 0,60 | 0,40 | 0,45 | 0,55 | 0,20 | 0,24 | 0,15 | 0,7  | 0,34 | 0,45 | 0,57 | 0,44 |
| Температура сепарации, °С                                           | 25       | 30   | 20   | 22   | 32   | 40   | 24   | 28   | 18   | 26   | 24   | 29   | 21   | 22   | 35   |
| Диаметр сепаратора, м                                               | 2,2      | 1,4  | 1,2  | 1,6  | 1,0  | 2,0  | 2,6  | 3,0  | 1,6  | 1,8  | 2,1  | 1,3  | 1,2  | 1,5  | 1,1  |
| Диаметр капли нефти, мкм                                            | 75       | 40   | 120  | 100  | 90   | 65   | 80   | 75   | 65   | 115  | 78   | 38   | 115  | 95   | 89   |
| Плотность нефти, $\text{кг}/\text{м}^3$                             | 818      | 838  | 860  | 820  | 815  | 845  | 870  | 852  | 887  | 893  | 820  | 840  | 855  | 817  | 810  |
| Плотность газа при НУ, $\text{кг}/\text{м}^3$                       | 1,80     | 0,75 | 0,90 | 1,2  | 0,88 | 0,84 | 0,70 | 0,80 | 0,67 | 1,1  | 1,79 | 0,8  | 0,88 | 1,1  | 0,85 |
| Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$              | 3        | 1,3  | 2    | 1,8  | 1,5  | 1,2  | 1,6  | 1,1  | 1,4  | 1,0  | 3    | 1,3  | 1,8  | 1,7  | 1,6  |
| Коэффициент сверхсжимаемости                                        | 1        | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |

| Параметр                                                             | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                      | 16       | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| Пропускная способность по газу, *10 <sup>5</sup> м <sup>3</sup> /сут | 4        | 0,9  | 0,8  | 7,9  | 1    | 0,3  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 0,4  | 3,7  | 0,8  | 0,9  | 7,6  | 1    |
| Давление сепарации, МПа                                              | 0,72     | 0,33 | 0,55 | 0,60 | 0,40 | 0,45 | 0,55 | 0,22 | 0,24 | 0,17 | 0,7  | 0,34 | 0,50 | 0,58 | 0,43 |
| Температура сепарации, °С                                            | 25       | 30   | 20   | 21   | 31   | 39   | 23   | 28   | 19   | 26   | 24   | 30   | 21   | 22   | 35   |
| Диаметр сепаратора, м                                                | 2,0      | 1,4  | 1,3  | 1,6  | 0,9  | 2,0  | 2,6  | 3,0  | 1,6  | 1,9  | 2,0  | 1,3  | 1,2  | 1,5  | 1,1  |
| Диаметр капли нефти, мкм                                             | 75       | 45   | 118  | 100  | 90   | 66   | 80   | 72   | 65   | 115  | 78   | 40   | 110  | 94   | 88   |
| Плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>                                   | 816      | 848  | 850  | 825  | 813  | 845  | 868  | 852  | 890  | 893  | 822  | 840  | 855  | 817  | 810  |
| Плотность газа при НУ, кг/м <sup>3</sup>                             | 1,80     | 0,75 | 0,90 | 1,2  | 0,89 | 0,84 | 0,70 | 0,80 | 0,65 | 1,1  | 1,79 | 0,8  | 0,86 | 1,2  | 0,85 |
| Вязкость газа, *10 <sup>-5</sup> Па·с                                | 2,8      | 1,3  | 2    | 1,7  | 1,4  | 1,1  | 1,6  | 1,2  | 1,4  | 1,0  | 3    | 1,3  | 1,8  | 1,7  | 1,5  |
| Коэффициент сверхсжимаемости                                         | 1        | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |

### Задание 3

Через вертикальный сепаратор определенного диаметра проходит нефть с известной вязкостью и плотностью в количестве  $G$ . Определить скорость подъема уровня нефти в сепараторе (без учета времени, затрачиваемого на сброс) и диаметр пузырьков газа, которые поднимутся при этой скорости. В сепараторе поддерживается определенное давление, температура и известна плотность газа при условиях сепарации.

| Параметр                                    | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                             | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| Давление сепарации, МПа                     | 1,70     | 1,85 | 1,90 | 1,75 | 1,80 | 1,95 | 1,78 | 1,82 | 1,93 | 1,77 | 1,71 | 1,84 | 1,91 | 1,82 | 1,98 |
| Температура сепарации, °С                   | 25       | 30   | 20   | 22   | 32   | 30   | 27   | 28   | 28   | 26   | 29   | 31   | 35   | 33   | 22   |
| Диаметр сепаратора, м                       | 0,9      | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,0  | 1,2  | 0,9  | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,1  | 0,9  | 1,2  | 1,0  | 1,1  |
| Количество пропускаемой нефти, т/сут        | 200      | 205  | 210  | 190  | 200  | 195  | 215  | 198  | 211  | 204  | 197  | 205  | 195  | 200  | 194  |
| Плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>          | 818      | 838  | 860  | 820  | 815  | 845  | 870  | 852  | 887  | 893  | 815  | 824  | 830  | 840  | 880  |
| Плотность газа при Р и Т, кг/м <sup>3</sup> | 22,1     | 21,9 | 22,0 | 21,8 | 22,2 | 20,9 | 21,0 | 22,5 | 20,8 | 23,0 | 22,6 | 21,7 | 21,0 | 22,4 | 23,0 |
| Вязкость нефти, *10 <sup>-3</sup> Па·с      | 10       | 11   | 10,5 | 9,8  | 10,1 | 11   | 10,3 | 9,6  | 10,7 | 9,9  | 10   | 10,8 | 10   | 10,4 | 9,8  |

| Параметр                                    | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                             | 16       | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| Давление сепарации, МПа                     | 1,70     | 1,80 | 1,90 | 1,75 | 1,85 | 1,91 | 1,72 | 1,81 | 1,90 | 1,70 | 1,71 | 1,84 | 1,91 | 1,82 | 1,98 |
| Температура сепарации, °С                   | 35       | 30   | 25   | 26   | 32   | 30   | 29   | 28   | 28   | 26   | 30   | 31   | 34   | 33   | 27   |
| Диаметр сепаратора, м                       | 0,9      | 1,2  | 1,1  | 0,9  | 1,0  | 1,2  | 0,9  | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,1  | 0,9  | 1,2  | 1,0  | 1,1  |
| Количество пропускаемой нефти, т/сут        | 200      | 203  | 210  | 190  | 200  | 197  | 214  | 198  | 211  | 200  | 199  | 205  | 195  | 210  | 194  |
| Плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>          | 820      | 838  | 850  | 825  | 830  | 845  | 870  | 852  | 860  | 853  | 825  | 844  | 850  | 840  | 870  |
| Плотность газа при Р и Т, кг/м <sup>3</sup> | 22,1     | 21,8 | 22,0 | 21,7 | 22,2 | 20,7 | 21,0 | 22,1 | 20,8 | 23,0 | 22,6 | 21,7 | 21,0 | 22,3 | 23,0 |
| Вязкость нефти, *10 <sup>-3</sup> Па·с      | 10       | 11   | 10,5 | 9,8  | 10   | 11   | 10,3 | 9,7  | 10,7 | 9,9  | 10   | 10,4 | 10   | 10,2 | 9,8  |

#### Задание 4.

Определить производительность горизонтального сепаратора по газу, если известны: диаметр и длина сепаратора, расстояние от верхней образующей до уровня нефти. Капельки нефти, оседающие в потоке газа, имеют определенный диаметр, а также известны: относительная плотность газа по воздуху, вязкость газа, плотность нефти. Общие параметры для всех вариантов: плотность воздуха при С.У. -  $1,205 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент сжимаемости газа – 0,95, рабочее давление в сепараторе - 0,1 МПа, температура в сепараторе –  $300^\circ\text{K}$

| Параметр                                               | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                        | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| Диаметр сепаратора, м                                  | 0,9      | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,0  | 1,2  | 0,9  | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,1  | 0,9  | 1,2  | 1,0  | 1,1  |
| Длина сепаратора, м                                    | 4,5      | 4,0  | 4,2  | 4,4  | 4,0  | 4,5  | 4,3  | 4,6  | 4,0  | 4,1  | 4,2  | 4,5  | 4,4  | 4,3  | 4,0  |
| Расстояние от верхней образующей до уровня нефти, м    | 0,50     | 0,45 | 0,51 | 0,46 | 0,52 | 0,47 | 0,50 | 0,44 | 0,45 | 0,51 | 0,52 | 0,45 | 0,50 | 0,46 | 0,41 |
| Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$                       | 800      | 780  | 785  | 790  | 800  | 784  | 791  | 788  | 793  | 800  | 779  | 780  | 786  | 791  | 800  |
| Относительная плотность газа при С.У.                  | 0,90     | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,90 | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,90 | 0,91 | 0,92 |
| Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ | 1,0      | 1,1  | 1,05 | 0,99 | 1,01 | 1,1  | 1,03 | 0,96 | 1,07 | 0,98 | 1,0  | 1,08 | 0,97 | 1,04 | 0,98 |
| Диаметр капелек нефти, мкм                             | 20       | 25   | 21   | 24   | 22   | 23   | 20   | 25   | 21   | 24   | 22   | 23   | 20   | 25   | 21   |
| Параметр                                               | Варианты |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                        | 16       | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| Диаметр сепаратора, м                                  | 0,9      | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 0,9  | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,1  | 0,9  | 1,2  | 1,0  | 0,9  |
| Длина сепаратора, м                                    | 4,5      | 4,0  | 4,3  | 4,2  | 4,0  | 4,5  | 4,3  | 4,4  | 4,0  | 4,1  | 4,2  | 4,5  | 4,4  | 4,3  | 4,0  |
| Расстояние от верхней образующей до уровня нефти, м    | 0,45     | 0,50 | 0,48 | 0,47 | 0,51 | 0,45 | 0,50 | 0,44 | 0,49 | 0,46 | 0,52 | 0,45 | 0,50 | 0,46 | 0,41 |
| Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$                       | 805      | 800  | 780  | 790  | 785  | 777  | 795  | 798  | 791  | 800  | 775  | 785  | 778  | 805  | 800  |
| Относительная плотность газа при С.У.                  | 0,90     | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,90 | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,90 | 0,91 | 0,92 |
| Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ | 1,0      | 1,1  | 1,05 | 0,99 | 1,01 | 1,1  | 1,02 | 0,95 | 1,07 | 0,97 | 1,1  | 1,07 | 0,99 | 1,03 | 1,01 |
| Диаметр капелек нефти, мкм                             | 21       | 25   | 20   | 24   | 22   | 23   | 20   | 25   | 21   | 24   | 22   | 23   | 20   | 25   | 21   |

## Расчет реакционных устройств термических процессов

### Задание 1

Продолжительность термического крекинга гудрона  $t_1 = 425$  °С и выходе бензина  $\varphi = 6,2$  % масс. составляет  $\tau_1 = 2$  мин. Определить продолжительность крекинга  $\tau_2$  при  $t_2 = 480$  °С той же глубине разложения.

| № варианта | $t_1$ | $\varphi$ | $\tau_1$ | $t_2$ |
|------------|-------|-----------|----------|-------|
| 1          | 425   | 6,2       | 8        | 480   |
| 2          | 430   | 7,0       | 4        | 490   |
| 3          | 450   | 8,5       | 5        | 500   |
| 4          | 440   | 7,5       | 5        | 500   |
| 5          | 435   | 6,5       | 6        | 485   |
| 6          | 445   | 8,0       | 7        | 470   |
| 7          | 460   | 9,0       | 8        | 490   |
| 8          | 465   | 9,5       | 5        | 500   |
| 9          | 470   | 10,0      | 6        | 500   |
| 10         | 430   | 6,5       | 4        | 480   |
| 11         | 450   | 8,3       | 9        | 490   |
| 12         | 440   | 7,4       | 10       | 470   |
| 13         | 435   | 6,5       | 11       | 470   |
| 14         | 445   | 8,0       | 12       | 480   |
| 15         | 440   | 7,5       | 15       | 490   |
| 16         | 435   | 6,6       | 13       | 485   |

### Задание 2

Определить длину  $L$  реакционного змеевика в трубчатой печи легкого крекинга полугудрона плотностью  $\rho$  кг/м<sup>3</sup>, если известно: выход бензина за однократный пропуск сырья  $X$  %; температура и давление на выходе из печи составляет  $t$  °С и  $p$  МПа соответственно; загрузка печи  $G_c$  кг/ч.

| Номер варианта | $\rho$ | $X$ | $t$ | $p$  | $G_c$ |
|----------------|--------|-----|-----|------|-------|
| 1              | 950    | 4,5 | 450 | 1,60 | 60000 |
| 2              | 952    | 5,0 | 460 | 1,65 | 55000 |
| 3              | 953    | 10  | 470 | 1,70 | 56000 |
| 4              | 954    | 11  | 480 | 1,90 | 54600 |
| 5              | 956    | 6,0 | 490 | 2,12 | 61200 |
| 6              | 970    | 6,5 | 450 | 2,15 | 63200 |
| 7              | 975    | 7,0 | 460 | 2,16 | 64000 |
| 8              | 980    | 4,5 | 450 | 2,50 | 62850 |
| 9              | 985    | 6,0 | 460 | 2,60 | 61540 |

|    |      |      |     |      |       |
|----|------|------|-----|------|-------|
| 10 | 990  | 8,1  | 470 | 2,30 | 55600 |
| 11 | 995  | 7,5  | 480 | 2,60 | 56000 |
| 12 | 982  | 9,5  | 450 | 2,80 | 54600 |
| 13 | 990  | 10,3 | 460 | 3,02 | 61200 |
| 14 | 995  | 11,0 | 450 | 3,20 | 63200 |
| 15 | 1000 | 14,0 | 460 | 2,22 | 64000 |
| 16 | 1010 | 9,0  | 470 | 2,45 | 54200 |

### Задание 3

Определить высоту (H) и диаметр (D) реакционной камеры установки термического крекинга мазута, если известно, что: углубление крекинга  $\Delta X$  % по бензину; давление в камере  $p$  МПа; Температура продуктов на входе в камеру  $t_1$  °C; средняя удельная теплоемкость продуктов  $C = 2,51$  кДж/(кг К); скорость реакции крекинга  $X_1$  % масс. бензина в 1 мин при  $t$  °C; критические параметры и молекулярные массы продуктов:

газа

$$T_{кр} = 370 \text{ К} \quad P_{кр} = 4,21 \text{ МПа} \quad M=44$$

бензина

$$T_{кр} = 558 \text{ К} \quad P_{кр} = 2,98 \text{ МПа} \quad M=110,4$$

Легкого  
газойля

$$T_{кр} = 721 \text{ К} \quad P_{кр} = 1,94 \text{ МПа} \quad M=218$$

Тяжелого  
газойля

$$T_{кр} = 905 \text{ К} \quad P_{кр} = 1,33 \text{ МПа} \quad M=400$$

В реакционную камеру входит:  $G_r$  кг/ч газа,  $G_b$  кг/ч бензина,  $G_{лг}$  кг/ч легкого газойля,  $G_{тг}$  кг/ч тяжелого газойля и  $G_{ост}$  кг/ч остатка.

| №<br>варианта | $\Delta X$ | $p$  | $t_1$ | $t$ | $X_1$ | $G_r$ | $G_b$ | $G_{лг}$ | $G_{тг}$ | $G_{ост}$ |
|---------------|------------|------|-------|-----|-------|-------|-------|----------|----------|-----------|
| 1             | 16         | 1,60 | 500   | 450 | 0,15  | 5700  | 20500 | 50400    | 37500    | 54650     |
| 2             | 18         | 1,65 | 510   | 460 | 0,20  | 5800  | 20300 | 49600    | 36800    | 52410     |
| 3             | 20         | 1,70 | 505   | 470 | 0,25  | 5850  | 20360 | 49800    | 36900    | 56785     |
| 4             | 21         | 1,90 | 495   | 480 | 0,22  | 5940  | 21400 | 49750    | 37450    | 52120     |
| 5             | 22         | 2,12 | 510   | 490 | 0,20  | 5640  | 22302 | 45120    | 37410    | 51240     |
| 6             | 23         | 2,15 | 505   | 450 | 0,18  | 5623  | 25400 | 46230    | 36950    | 49560     |
| 7             | 24         | 2,16 | 502   | 460 | 0,17  | 4950  | 21600 | 50100    | 34500    | 57850     |
| 8             | 25         | 2,50 | 500   | 450 | 0,16  | 460   | 25100 | 51200    | 35480    | 58460     |
| 9             | 20         | 2,60 | 510   | 460 | 0,22  | 4100  | 21800 | 47500    | 35680    | 59854     |

|    |    |      |     |     |      |      |       |       |       |       |
|----|----|------|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 21 | 2,30 | 505 | 470 | 0,20 | 4102 | 20300 | 46560 | 36851 | 56420 |
| 11 | 19 | 2,60 | 495 | 480 | 0,18 | 5660 | 20360 | 48570 | 37841 | 57840 |
| 12 | 22 | 2,80 | 500 | 450 | 0,17 | 5640 | 21400 | 45120 | 39845 | 56980 |
| 13 | 23 | 3,02 | 510 | 460 | 0,16 | 6100 | 22302 | 46230 | 34562 | 51240 |
| 14 | 26 | 3,20 | 505 | 450 | 0,20 | 6200 | 25400 | 50100 | 31245 | 49560 |
| 15 | 25 | 2,22 | 495 | 460 | 0,25 | 6300 | 21600 | 51200 | 37410 | 57850 |
| 16 | 23 | 2,45 | 510 | 470 | 0,22 | 6400 | 24850 | 50400 | 36950 | 58950 |

#### Задание 4.

Определить температуру входа гудрона ( $d_4^{20}$ ) в реактор установки коксования в кипящем слое коксового теплоносителя, если известно производительность установки по сырью  $G_c \cdot 10^3$  кг/ч; в реактор подают:  $G_{цк} \cdot 10^3$  кг/ч циркулирующего кокса с температурой  $t_{цк}$  °C,  $G_{вп} \cdot 10^3$  кг/ч водяного пара с температурой  $t_{вп}$  °C и давлением  $p_{вп}$  МПа и  $G_{цг} \cdot 10^3$  кг/ч циркулирующего газойля ( $d_4^{20} = 0,925$ ) с температурой  $t_{цг} = 450$  °C; выходы продуктов коксования (кг/ч): газа ( $M=34$ )  $W_g \cdot 10^3$ ; бензина с к.к. 205 °C ( $d_4^{20} = 0,760$ )  $W_{бенз} \cdot 10^3$ , газойля ( $d_4^{20} = 0,900$ )  $W_{газойля} \cdot 10^3$ , кокса  $W_{кокса} \cdot 10^3$ ; в реакторе поддерживается температура 530 °C, тепловой эффект процесса  $q_p = 209$  кДж/кг сырья.

| № варианта | $d_4^{20}$ | $G_c$ | $G_{цк}$ | $t_{цк}$ | $G_{вп}$ | $t_{вп}$ | $p_{вп}$ | $G_{цг}$ | $W_g$ | $W_{бенз}$ | $W_{газойля}$ | $W_{кокса}$ |
|------------|------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|------------|---------------|-------------|
| 1          | 0,950      | 80    | 560      | 605      | 20,2     | 400      | 0,3      | 17       | 17,7  | 14,8       | 27,1          | 20,3        |
| 2          | 0,955      | 79    | 569      | 602      | 19,5     | 410      | 0,3      | 16       | 18,1  | 14,7       | 26,5          | 20,1        |
| 3          | 0,960      | 78    | 570      | 599      | 18,9     | 420      | 0,3      | 15       | 17,6  | 15,0       | 26,6          | 19,5        |
| 4          | 0,970      | 75    | 580      | 580      | 19,8     | 400      | 0,3      | 17       | 16,8  | 15,6       | 26,8          | 18,9        |
| 5          | 0,980      | 74    | 590      | 595      | 20,1     | 415      | 0,3      | 18       | 16,9  | 15,9       | 24,5          | 17,6        |
| 6          | 0,990      | 89    | 600      | 610      | 20,6     | 410      | 0,3      | 17       | 17,4  | 16,0       | 23,6          | 16,5        |
| 7          | 1,000      | 90    | 620      | 605      | 17,2     | 390      | 0,3      | 18       | 16,8  | 14,3       | 21,3          | 18,4        |
| 8          | 1,030      | 91    | 640      | 602      | 20,2     | 400      | 0,3      | 19       | 15,9  | 13,5       | 25,8          | 17,7        |
| 9          | 1,020      | 92    | 650      | 599      | 19,5     | 410      | 0,3      | 16       | 17,7  | 13,2       | 29,5          | 16,9        |
| 10         | 0,955      | 95    | 520      | 580      | 18,9     | 420      | 0,3      | 15       | 18,1  | 14,1       | 24,5          | 19,5        |
| 11         | 0,960      | 94    | 490      | 595      | 19,8     | 400      | 0,3      | 14       | 17,6  | 12,5       | 26,7          | 18,6        |
| 12         | 0,970      | 86    | 480      | 610      | 20,1     | 415      | 0,3      | 17       | 16,8  | 12,6       | 28,5          | 17,8        |
| 13         | 0,980      | 84    | 496      | 605      | 20,6     | 410      | 0,3      | 16       | 16,9  | 13,5       | 23,6          | 14,8        |
| 14         | 0,990      | 82    | 500      | 602      | 17,2     | 390      | 0,3      | 15       | 17,4  | 18,4       | 21,3          | 16,5        |
| 15         | 1,000      | 74    | 560      | 599      | 20,2     | 420      | 0,3      | 15       | 16,8  | 17,4       | 25,8          | 18,4        |
| 16         | 0,956      | 76    | 580      | 580      | 19,5     | 400      | 0,3      | 16       | 15,9  | 16,5       | 29,5          | 17,7        |

#### Задание 5

Определить полезную тепловую нагрузку ( $Q$ ) печи трубчатой установки пиролиза н-бутана, если известно: производительность установки по сырью  $G$  кг/ч; температура сырья на входе и выходе продуктов пиролиза на выходе из печи соответственно  $t_1$  и  $t_2$  °C; к сырью добавляют водяного пара  $X$  % масс.; параметры водяного пара – температура 179 °C, давление

0,30 МПа; теплота реакции  $q_p=1255$  кДж/кг сырья

| № варианта | G     | $t_1$ | $t_2$ | X  |
|------------|-------|-------|-------|----|
| 1          | 10000 | 300   | 800   | 15 |
| 2          | 10202 | 320   | 750   | 10 |
| 3          | 11500 | 310   | 790   | 13 |
| 4          | 13600 | 330   | 800   | 18 |
| 5          | 14000 | 320   | 760   | 13 |
| 6          | 14500 | 300   | 795   | 19 |
| 7          | 15500 | 320   | 800   | 20 |
| 8          | 14560 | 310   | 750   | 21 |
| 9          | 15000 | 330   | 790   | 22 |
| 10         | 16100 | 320   | 800   | 24 |
| 11         | 10202 | 300   | 760   | 25 |
| 12         | 11500 | 320   | 795   | 16 |
| 13         | 13600 | 310   | 800   | 14 |
| 14         | 10000 | 330   | 750   | 17 |
| 15         | 10202 | 320   | 790   | 18 |
| 16         | 11300 | 300   | 800   | 19 |

### *Расчет реакторов каталитических процессов*

#### *Задание 1*

Рассчитать процесс каталитического риформинга

Исходные данные для расчета:

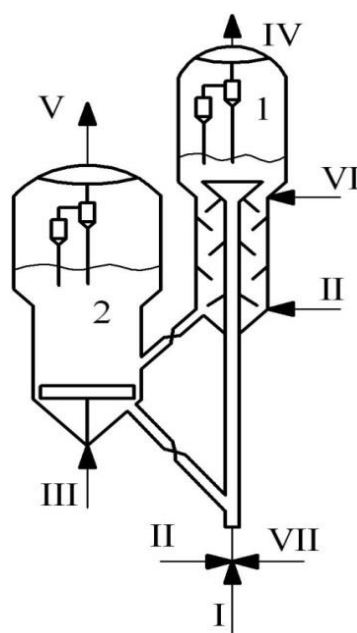
- время работы установки  $\tau_p = 340$  дней;
- кратность циркуляции катализатора  $K_c = 4,11$ ;
- условное время контакта сырья с катализатором  $\tau = 4$  с;
- количество циркулирующего газойля  $x_{цг} = 20$  %;
- температура в реакторе  $t_1 = 520$  °С;
- давление в реакторе  $P_{рк} = 0,19$  МПа;
- давление в регенераторе  $P_{рг} = 0,25$  МПа.

Характеристика вакуумного газойля

| Показатель                             | Значение |
|----------------------------------------|----------|
| Относительная плотность, $\rho_4^{20}$ | 0,899    |
| Средняя молекулярная масса, кг/кмоль   | 353      |
| Коксуемость, % масс.                   | 0,064    |

## Характеристика катализатора DSE-860P

| Показатель                                                         | Значение |
|--------------------------------------------------------------------|----------|
| Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>                              | 0,91     |
| Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г                            | 259      |
| Средний эквивалентный диаметр, мкм                                 | 73       |
| Конверсия, % масс.                                                 | 75,8     |
| Средний удельный расход катализатора, кг/т                         | 0,25     |
| Кажущаяся плотность катализатора ( $\gamma_k$ ), кг/м <sup>3</sup> | 1350     |



1 – реактор; 2 – регенератор; I – сырье; II – водяной пар; III – воздух; IV – продукты крекинга; V – дымовые газы; VI – илам; VII – рециркулят

Схема реакторного блока установки каталитического крекинга лифт-реакторного типа (Г-43-107)

### Задания по вариантам

| Вариант | Нефть | Производительность, тыс. т/год | Начальная температура процесса, °С | Кратность циркуляции ВСГ к сырью, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> | Давление в реакторе, МПа |
|---------|-------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1       | 1     | 620                            | 482                                | 1500                                                             | 2,3                      |
| 2       | 2     | 650                            | 490                                | 1600                                                             | 3,2                      |
| 3       | 3     | 670                            | 490                                | 1600                                                             | 3,1                      |
| 4       | 4     | 300                            | 490                                | 1500                                                             | 3,0                      |
| 5       | 5     | 600                            | 480                                | 1500                                                             | 2,0                      |
| 6       | 6     | 1000                           | 500                                | 1700                                                             | 4,0                      |
| 7       | 1     | 710                            | 483                                | 1600                                                             | 2,6                      |
| 8       | 2     | 782                            | 485                                | 1580                                                             | 2,5                      |

|    |   |     |     |      |     |
|----|---|-----|-----|------|-----|
| 9  | 3 | 590 | 495 | 1700 | 3,6 |
| 10 | 4 | 630 | 488 | 1580 | 2,7 |
| 11 | 5 | 300 | 480 | 1500 | 2,1 |
| 12 | 6 | 850 | 498 | 1700 | 3,8 |
| 13 | 1 | 700 | 484 | 1550 | 2,5 |
| 14 | 2 | 300 | 486 | 1570 | 2,7 |
| 15 | 3 | 620 | 500 | 1700 | 3,9 |
| 16 | 4 | 100 | 492 | 1700 | 3,5 |

В качестве сырья применяются бензиновые фракции 85 – 180°С .

В таблице представлены основные показатели качества бензиновых фракций следующих нефтей:

- 1- киркукской;
- 2- ромашкинской;
- 3- ухтинской;
- 4- самотлорской;
- 5- нижевартовской;
- 6- смеси шаимской и грозненской.

Показатели качества сырья процесса каталитического риформинга

| Показатель                           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Плотность, кг/м <sup>3</sup>         | 744 | 742 | 742 | 751 | 753 | 746 |
| Фракционный состав<br>(объёмный), °С |     |     |     |     |     |     |
| 10 %                                 | 115 | 109 | 102 | 115 | 112 | 103 |
| 50 %                                 | 133 | 128 | 124 | 131 | 133 | 116 |
| 90 %                                 | 160 | 155 | 158 | 158 | 166 | 153 |
| Углеводородный<br>состав, %масс.     |     |     |     |     |     |     |
| ароматические                        | 14  | 12  | 9   | 13  | 11  | 11  |
| нафтеновые                           | 20  | 28  | 31  | 28  | 35  | 38  |
| парафиновые                          | 66  | 60  | 60  | 59  | 54  | 51  |

## Задание 2.

Рассчитать реактор гидроочистки

Исходные данные:

- плотность бензиновой фракции  $\rho_0 = 760 \text{ кг/м}^3$ ;
- содержание серы в сырье  $S = 0,078 \text{ \% масс.}$ , в том числе меркаптановой  $S_m = 0,0039 \text{ \% масс.}$ , сульфидной  $S_c = 0,039 \text{ \% масс.}$ , дисульфидной  $S_d = 0,0078 \text{ \% масс.}$ , и тиофеновой  $S_t = 0,0273 \text{ \% масс.}$ , содержание непредельных углеводородов  $2 \text{ \% масс.}$  на сырье;

- остаточное содержание серы в очищенной бензиновой фракции  $S_6=0,0001$  % масс., то есть степень или глубина гидрообессеривания должна быть 99,87 % масс.;

- температура газо-сырьевой смеси на входе в реактор  $340^0$  С.

Составы ВСГ и ЦВСГ представлены в таблицах.

Состав ВСГ с установки Л-35/6

| Компонент                 | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | Бензин | Плотность<br>$\rho$ , кг/м <sup>3</sup> |
|---------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------------------------------|
| Объемная<br>доля, % об.   | 84,45          | 8,79            | 4,21                          | 1,4                           | 0,21                           | 0,23                             | 0,06   | 0,277                                   |
| Массовая<br>доля, % масс. | 29             | 23,98           | 21,5                          | 10,76                         | 2,11                           | 2,27                             | 9,63   |                                         |

Состав ЦВСГ

| Компонент                                        | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> |
|--------------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Объемная доля $y$ , % об.                        | 80,14          | 14,3            | 4,18                          | 0,96                          | 0,21                           | 0,21                             |
| Мольная доля $y'$ , % мольн.                     | 80,16          | 14,26           | 4,19                          | 0,96                          | 0,22                           | 0,22                             |
| Массовая доля $y$ , % масс.                      | 27,57          | 39,24           | 21,6                          | 7,26                          | 2,15                           | 2,15                             |
| Молекулярная масса $M$ , г/моль                  | 2              | 16              | 30                            | 44                            | 58                             | 58                               |
| Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>             | 0,089          | 0,71            | 1,34                          | 1,96                          | 2,59                           | 2,59                             |
| Константа фазового равновесия,<br>К <sub>р</sub> | 30,0           | 4,5             | 1,35                          | 5,22                          | 0,27                           | 0,195                            |
| Удельная теплоемкость, $C_p$ , кДж<br>/ кг · К   | 14,57          | 3,35            | 3,29                          | 3,23                          | 3,18                           | 3,18                             |

В процессе гидроочистки используем катализатор АКМ, характеристика которого приведена ниже

Характеристика катализатора АКМ.

| Показатель                                | АКМ  |
|-------------------------------------------|------|
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>     | 680  |
| Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г   | 120  |
| Содержание, % масс:                       |      |
| CoO, не менее                             | 4    |
| NiO, не менее                             | 0    |
| MoO <sub>3</sub> , не менее               | 12   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более | 0,16 |
| Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более | 0,08 |

|                                                            |                                |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Носитель                                                   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| Диаметр гранул, мм                                         | 4...5                          |
| Индекс прочности, кг/мм                                    | 1,1                            |
| Относительная активность по обессериванию, усл. ед., более | 95                             |
| Межрегенерационный период, мес.                            | 11                             |
| Общий срок службы, мес.                                    | 36                             |

#### Задания по вариантам

| Вариант | Производительность, тыс. т/год | Объемная скорость подачи сырья, нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> | Кратность циркуляции ВСГ к сырью, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> | Средняя температура в реакторе, °С | Давление в реакторе, МПа |
|---------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1       | 800                            | 2,3                                                             | 200                                                              | 300                                | 3,1                      |
| 2       | 820                            | 2,1                                                             | 240                                                              | 290                                | 3,0                      |
| 3       | 900                            | 2,2                                                             | 250                                                              | 295                                | 2,9                      |
| 4       | 700                            | 2,4                                                             | 270                                                              | 305                                | 4,0                      |
| 5       | 830                            | 2,0                                                             | 280                                                              | 285                                | 3,5                      |
| 6       | 720                            | 2,1                                                             | 290                                                              | 295                                | 3,6                      |
| 7       | 770                            | 2,2                                                             | 300                                                              | 310                                | 4,1                      |
| 8       | 890                            | 2,3                                                             | 340                                                              | 305                                | 2,8                      |
| 9       | 834                            | 2,4                                                             | 350                                                              | 300                                | 3,3                      |
| 10      | 717                            | 2,5                                                             | 400                                                              | 290                                | 3,4                      |
| 11      | 788                            | 2,0                                                             | 420                                                              | 295                                | 3,7                      |
| 12      | 844                            | 2,1                                                             | 460                                                              | 305                                | 4,0                      |
| 13      | 850                            | 2,2                                                             | 470                                                              | 285                                | 3,2                      |
| 14      | 750                            | 2,3                                                             | 410                                                              | 295                                | 3,9                      |
| 15      | 600                            | 2,3                                                             | 420                                                              | 310                                | 3,0                      |
| 16      | 660                            | 2,4                                                             | 430                                                              | 305                                | 3,1                      |

## 2. Собеседование по темам разделов

В течение семестра проводится контроль усвоения теоретического и практического курса дисциплины посредством проведения собеседований по темам разделов. Вопросы строго соответствуют темам, указанным в таблице 5 настоящей рабочей программы. Вопросы также могут включать в себя элементы расчетов или объяснение уже сделанных расчетов студентом в самостоятельной работе.

### Примеры вопросов для собеседования

1. Что является движущей силой процесса ректификации (других процессов)?
2. Что такое движущая сила?
3. Расскажите последовательность расчета насоса (другого оборудования).
4. Принципы технологического расчета оборудования
5. Что является абсолютным и избыточным давлением?
6. Что такое смоченный периметр?
7. Что такое расход?
8. Что такое местные сопротивления на трубопроводе?
9. Как построить кривую однократного испарения?
10. Что такое мощность и производительность оборудования?
11. Что такое кавитация?
12. Теплообменники, конденсаторы, холодильники, кипятильники, испарители: принцип работы, устройство, последовательность расчета, основные характеристики, отличия.
13. Что такое тепловой расчет?
14. Что такое тепловая нагрузка?
15. Что такое поверхность теплообмена?
16. Что такое коэффициент теплопередачи?
17. Последовательность расчета трубчатой печи. Особенности расчета радиантной секции. Особенности расчета конвекционной секции.
18. Что такое теплонапряженность поверхности нагрева?
19. Что такое коэффициент полезного действия?

### **3. Курсовая работа – выполнение обязательно**

Курсовая работа – самостоятельная учебно-методическая работа студента университетов, выполняемая под руководством преподавателя по общенаучным и специальным дисциплинам учебного плана.

Расчетная часть к курсовой работе должна быть выполнена в программном обеспечении на выбор студента и оформлена в виде автоматизированного расчета. Студентом должны использоваться современные математические методы решения аналитических задач в инженерных расчетах.

Курсовая работа имеет цель развития у студентов навыков самостоятельной творческой работы, овладения методами современных научных исследований, углубленное изучение какого-либо вопроса, раздела учебной дисциплины (включая изучение литературы и источников).

Выполнение курсовой работы осуществляется в соответствии с требованиями СТО У.003-2017 и РД 012-2012 ФГБОУ ВО «КнАГУ».

Курсовая работа, выполняемая студентами в рамках изучения дисциплины «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки», ориентирована на самостоятельное глубокое изучение рассматриваемого процесса, выданного каждому студенту индивидуально.

Примерная структура курсовой работы:

- Титульный лист;
- Задание на курсовую работу;
- Содержание;
- Введение – отражает цель работы и значение исследуемого объекта в нефтеперерабатывающей промышленности;
- Литературный обзор – отражает суть рассматриваемого процесса или аппарата, область и цель его применения, возможные варианты осуществления процесса, с учетом информации полученной в ходе патентного поиска, особенности эксплуатации оборудования и т.д;
- Инженерная часть – производятся расчеты в соответствии с поставленной целью и заданием преподавателя;
- Заключение;
- Список использованных источников.

Этапы выполнения курсовой работы представлены в СТО У.003-2017 (п. 7.5-7.10).

Аттестация курсовой работы осуществляется следующим образом. Законченная и полностью оформленная в соответствии с РД 012-2012 работа и ее электронная версия представляется руководителю для проверки и предварительной оценки.

Работа, не отвечающая установленным требованиям, возвращается для доработки с учетом сделанных замечаний и повторно предъявляется в срок, указанный руководителем, но до начала экзаменационной сессии. Основания для возвращения указаны в СТО У.003-2017 (п. 8.2.8).

Защита курсовой работы является обязательной, проводится в виде собеседования на учебных занятиях.

Студенты, не защитившие курсовую работу, считаются имеющими академическую задолженность и не допускаются к сдаче экзамена по данной дисциплине.

#### *Перечень примерных тем:*

1. Расчет печи висбрекинга
2. Расчет абсорбера для очистки углеводородного газа от меркаптанов
3. Расчет реактора алкилирования изобутана олефинами
4. Подбор и расчет газогенератора установки газификации твердого топлива
5. Расчет экстрактора для процесса регенерации серной кислоты с установки сернокислотного алкилирования
6. Расчет реактора гидроочистки дизельного топлива

7. Расчет реактора изомеризации парафиновых углеводородов для получения высокооктановых компонентов бензиновых топлив
8. Расчет реактора пиролиза легкой бензиновой фракции НК-62 °С
9. Расчет абсорбера очистки газа от кислых компонентов растворами алканолламинов
10. Расчет реакторного блока установки каталитического риформинга
11. Расчет реакторного блока технологии изомеризации углеводородов присутствии катализаторов на основе ионных жидкостей
12. Расчет реакторного блока риформинга
13. Расчет реакторного блока гидроочистки и депарафинизации
14. Расчет факельной системы для установки гидрокрекинга
15. Проектирование и расчет резервуаров
16. Расчет блока аминовой очистки ВСГ гидроочистки
17. Расчет колонны стабилизации для газофракционирующей установки
18. Расчет реакторного блока окислительного пиролиза метана

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

1. Поникаров, С.И. Конструирование и расчет элементов химического оборудования: учебник / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров. - М.: Альфа-М, 2010. - 382 с.: ил.; 60х90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-98281-174-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/184786>
2. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: Учебник / И.И. Поникаров, М.Г. Гайнуллин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-М, 2006. - 608 с.: 60х90 1/16. (переплет) ISBN 5-98281-059-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/106863>
3. Поникаров, И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): Учебное пособие / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.В. Рачковский. - М.: Альфа-М, 2008. - 720 с.: ил.; 60х90 1/16. (п) ISBN 978-5-98281-132-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/135286>
4. 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.
5. Зимняков, В. М. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств [Электронный ресурс] : учебник / Зимняков В.М., Курочкин А.А., Спицын И.А. и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 360 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

6. 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»

7. Белявский, О.Г. Изучение процессов и аппаратов нефтехимической отрасли с применением учебных динамических компьютерных моделей [Электронный ресурс] : практикум / О. Г. Белявский, А. М. Калашников, А. В. Третьяков. — Электрон. текстовые данные. — Омск: Омский государственный технический университет, 2015. — 151 с. — 978-5-8149-1950-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58089.html>

8. Агабеков, В. Е. Нефть и газ. Технологии и продукты переработки [Электронный ресурс] : монография / В. Е. Агабеков, В. К. Косяков. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2011. — 459 с. — 978-985-08-1359-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10108.html>

9. Назаров, А.А. Аппараты нефтегазовых технологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Назаров, С. И. Поникаров, С. А. Вилохин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. — 215 с. — 978-5-7882-1393-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62154.html>

10. Зиновьева Л.М. Сбор, транспорт и хранение нефти на промыслах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зиновьева Л.М., Коновалова Л.Н., Верисокин А.Б.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2017.— 230 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75593.html>.— ЭБС «IPRbooks»

## **8.2 Дополнительная литература**

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 8-е изд., перераб. - М.: Химия, 1991. - 789с. - 15 экз

2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 ч. Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - 384с. -20 экз

3. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 ч. Ч.1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - 416с. - 18 экз

4. Романков, П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 544 с. — 978-5-93808-290-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67350.html>

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Химический портал <http://www.xumuk.ru>, Режим доступа свободный
2. Химический портал <http://chem21.info>, Режим доступа свободный
3. Википедия <http://ru.wikipedia.org>, Режим доступа свободный
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] <http://elibrary.ru>, Режим доступа свободный.
5. Естественнонаучный образовательный портал [Электронный ресурс] <http://en.edu.ru>, Режим доступа: свободный.

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

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. Моисеев, А.В. Расчет моделей химических реакторов : методические указания к лабораторным работам по курсу «Расчеты химических процессов и реакторов» / А.В. Моисеев, Г.М. Гринфельд. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 15 с.
4. Моисеев, А.В. Аналитическое решение прямой задачи химической кинетики: методические указания к лабораторным работам по курсу «Расчеты химических процессов и реакторов» / сост.: А.В. Моисеев, Г.М. Гринфельд. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО "КнАГТ", 2013. – 36.
5. Моисеев, А.В. Термодинамический анализ химических реакций: методические указания к лабораторной работе по курсу «Расчеты химических процессов и реакторов» / сост.: А.В. Моисеев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО "КнАГТУ", 2013. – 36.
6. Методики расчетов по дисциплине «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» представлены /<https://knastu.ru/students/личный кабинет>.

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Освоение дисциплины «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем: Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian, Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian, Браузер Mozilla Firefox или Браузер Google Chrome. С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения контрольных работ.

### **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации программы дисциплины «Технология первичной переработки нефти и газа» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Аудитория | Наименование аудитории (лаборатории)               | Используемое оборудование                                                                                                                                                                                                                                       | Назначение оборудования                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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, | Преподаватель имеет возможность проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с |

|  |  |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>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.</p> | <p>использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.</p> |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|