



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОП

(подпись)

Патрушева О.В.

(Ф.И.О.)



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента

(подпись)

Капустина А.А.

(Ф.И.О.)

« 20 » декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Процессы и аппараты химической технологии  
Направление подготовки 04.03.01 «Химия»  
Химия и химическая инженерия (совместно с АО НЗМУ)  
Форма подготовки очная

курс 3 семестр б  
лекции 24 час.  
практические занятия - час.  
лабораторные работы 36 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 60 час.  
самостоятельная работа 48 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.  
зачет не предусмотрен  
экзамен 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **04.03.01 «Химия»** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 17 июля 2017 г. № 671  
Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента химии и материалов Института наукоемких технологий и передовых материалов  
протокол № 2 от « 21 » октября 2021 г.

Директор Департамента  
химии и материалов Капустина А.А.

Составители: Стаценко В.Н., Патрушева О.В.

Владивосток  
2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_ А.А. Капустина  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_ А.А. Капустина  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_ А.А. Капустина  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_ А.А. Капустина  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## I. Цели и задачи освоения дисциплины:

**Цель:** формирование понимания сущности основных физических и химических процессов химической технологии, знакомства с наиболее распространенными конструкциями химической аппаратуры и методами их расчета.

### Задачи:

– формирование знаний о теоретических основах процессов химической технологии, механизмам типовых процессов, методах их математического описания и расчета.

– формирование знаний о конструкциях аппаратов для проведения химико-технологических процессов.

Для успешного изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений;

- способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач;

- способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Технологический	ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-3.1 Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий
		ПК-3.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач
		ПК-3.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач
		ПК-3.4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)</b>
<b>ПК-3.1</b> Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий	<b>Знает</b> типовые процессы химической технологии, последовательность осуществления современных типовых технологий, последовательность стадий технических испытаний
	<b>Умеет</b> правильно ставить задачи по выбранной тематике, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости
	<b>Владеет</b> навыками применения выбранных методов для выполнения расчетов в области типовых процессов химической технологии
<b>ПК-3.2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач	<b>Знает</b> правила оформления документации
	<b>Умеет</b> анализировать техническую документацию по выбору оборудования, технических средств и технологии
	<b>Владеет</b> навыками анализа технической документации для отдельных химико-технологических задач
<b>ПК-3.3</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач	<b>Знает</b> возможные технические средства и методы испытаний
	<b>Умеет</b> правильно выбирать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач
	<b>Владеет</b> методами определения технологических режимов работы оборудования
<b>ПК-3.4</b> Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции	<b>Знает</b> типовые процессы химической технологии, используемые аппараты и методы их расчета
	<b>Умеет</b> рассчитывать основные параметры проведения химико-технологических процессов, обосновывать выбор типа и принципиального устройства для конкретного химико-технологического процесса
	<b>Владеет</b> методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования

## **II. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

## Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Контроль	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Раздел 1. Техническая термодинамика	6	6	16	-	-	21	-	
2	Раздел 2. Теплообмен. Теплообменные аппараты.	6	6	14	-	-			
3	Раздел 3. Гидродинамические процессы	6	12	6	-	-			
	Итого:		24	36			21	27	экзамен

## III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (24 час.)

#### Раздел 1. Техническая термодинамика (6 час.)

##### Тема 1. Введение. Основные понятия и определения (1 час)

Основные термины и определения. Параметры состояния. Уравнение состояния и термодинамический процесс.

##### Тема 2. Первый и второй законы термодинамики (2 час.)

Теплота и работа. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газа. Универсальное уравнение состояния идеального газа. Смесь идеальных газов. Второй закон термодинамики. Основные положения. Энтропия. Цикл Карно.

##### Тема 4. Термодинамические процессы (1 час)

Метод исследования процессов. Изопроецессы идеального газа.

##### Тема 5. Свойства реальных газов (1 час)

Свойства реальных газов. Уравнения состояния реального газа. Понятия о водяном паре. Харак-теристика влажного воздуха.

##### Тема 6. Термодинамические циклы (1 час)

Циклы паротурбинных установок (ПТУ). Циклы двигателей внут-решнего сгорания (ДВС). Циклы газотурбинных установок (ГТУ).

#### Раздел 2. Теплообмен. Теплообменные аппараты. (6 час.)

## **Тема 1. Основы теории теплообмена. Конвективный теплообмен (2 час.)**

Основные понятия и определения. Теплопроводность. Температурное поле. Уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводность через плоскую стенку. Стационарная теплопроводность через цилиндрическую стенку.

Факторы, влияющие на конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана. Краткие сведения из теории подобия. Критериальные уравнения конвективного теплообмена. Расчетные формулы конвективного теплообмена.

## **Тема 3. Тепловое излучение. Теплопередача (2 час.)**

Общие сведения о тепловом излучении. Основные законы теплового излучения. Экранирование.

Теплопередача через плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи для плоской, многослойной, цилиндрической и оребренной стенки. Критический диаметр цилиндрической стенки. Принцип выбора и расчета тепловой изоляции. Типы теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов.

## **Тема 4. Основы массообмена. (2 час.)**

Тепломассообменные устройства.

## **Раздел 3. Гидродинамические процессы (12 час.)**

### **Тема 1. Основные физические свойства жидкостей и газов (2 час.)**

Основные физические свойства жидкостей и газов. Силы, действующие в жидкости. Гидростатическое давление и его свойства. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Уравнения состояния газа. Закон Архимеда.

### **Тема 2. Основы кинематики жидкости (2 час.)**

Основы кинематики жидкости. Основные понятия кинематики жидкости. Поле скоростей. Установившееся и неустановившееся напорное и безнапорное движение. Линия тока и элементарная струйка. Понятие о расходе жидкости. Уравнение неразрывности в обычной и дифференциальной форме для сжимаемой и несжимаемой жидкости.

### **Тема 3. Законы и уравнения динамики жидкости (2 час.)**

Законы и уравнения динамики жидкости. Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости Эйлера и их интегрирование. Уравнения Навье-Стокса. Интеграл Бернулли вдоль линии тока элементарной струйки для потенциального движения. Гидравлическое сопротивление при течении жидкостей.

### **Тема 4. Элементы газодинамики (2 час.)**

Элементы газодинамики. Одномерное стационарное течение газа по трубе переменного сечения при дозвуковом и сверхзвуковом течении. Уравнение Гюгонио. Число Маха. Режимы движения и потери энергии при движении жидкости в трубах. Равномерное и неравномерное движение. Основное уравнение равномерного движения. Гидравлический радиус. Два режима движения жидкости. Число Рейнольдса.

#### **Тема 5. Движение жидкости (2 час.)**

Ламинарное равномерное движение жидкости. Основные характеристики турбулентного движения. Мгновенная местная скорость, осредненная местная скорость, пульсационная скорость. Основы гидравлического моделирования. Общие положения. Понятие о механическом подобии гидравлических явлений. Метод анализа размерностей. Критерии динамического подобия.

#### **Тема 6. Наносные аппараты (2 час.)**

Насосы. Расчет напора и потребляемой мощности. Компрессорные машины и вакуум-насосы. Вращательное движение жидкости. Распределение давления во вращающейся жидкости. Принцип действия центробежных насосов, циклонов и гидроциклонов, центрифуг.

### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **Лабораторные работы (36 часов).**

##### **Лабораторная работа 1. Параметры состояния. (2 час)**

##### **Самостоятельная работа (1 час.)**

Расчет параметров.

##### **Лабораторная работа 2. Газовые смеси (2 час.)**

##### **Самостоятельная работа (1 час.)**

Расчеты по уравнениям, описывающих состояния идеального газа.

##### **Лабораторная работа 3. Теплоемкость газов. (2 час.)**

##### **Самостоятельная работа (1 час.)**

Расчеты по уравнениям, описывающих теплоемкость идеального газа.

##### **Лабораторная работа 4. Первый закон термодинамики. Теплота и работа. (2 час.)**

##### **Самостоятельная работа (1 час.)**

Расчеты теплоты и работы для аппаратов.

##### **Лабораторная работа 5. Изменение состояния идеального газа. (2 час.)**

##### **Самостоятельная работа (1 час.)**

Выполнение практической работы.

**Лабораторная работа 6. Характеристика водяного пара. (2 час.)**

**Самостоятельная работа (1 час.)**

Состояния реального газа. Водяной пар.

**Лабораторная работа 7-8. Характеристика влажного воздуха. (4 час.)**

**Самостоятельная работа (2 час.)**

Абсолютная и относительная влажность, плотность влажного воздуха.  
Расчет основных параметров влажного воздуха.

**Лабораторная работа 9. Теплопроводность через плоскую стенку (2 час).**

**Самостоятельная работа (2 час.)**

Оборудование и устройства для тепло- и массопереноса: мешалки, сушильные аппараты, реакторы. Аппаратура для гравитационного осаждения. Принципы подбора аппаратов для пылеулавливания. Принципы подбора аппаратов для измельчения твердых тел.

**Лабораторная работа 10-11. Конвективный теплообмен. (4 час.)**

**Самостоятельная работа (2 час.)**

Расчет критериев подобия. Расчет параметров конвективного теплообмена.

**Лабораторная работа 12. Тепловое излучение. (2 час.)**

**Самостоятельная работа (1 час.)**

Выполнение практической работы.

**Лабораторная работа 13-14. Теплопередача через плоскую стенку (4 час.)**

**Самостоятельная работа (3 час.)**

Расчет теплообменного аппарата.

**Лабораторная работа 15. Тепломассообменные устройства. (2 час.)**

**Самостоятельная работа (2 час.)**

Расчет массообмена в устройстве.

**Лабораторная работа 16. Расчет гидравлического сопротивления. (2 час.)**

**Самостоятельная работа (3 час.)**

Коэффициент гидравлического сопротивления. Местные сопротивления.

**Лабораторная работа 17-18. Расчет трубопроводов. (4 час.)**

**Самостоятельная работа (3 час.)**

Расчет сопротивления трубопровода и мощности насоса.



## V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-18 неделя	Подготовка к лабораторным занятиям	12 часов	(УО-1) Устный опрос
2	9-10 неделя	Выполнение расчетной работы	3 часа	
3	13-4 неделя	Выполнение расчетно-графической работы	3 часа	(П(УО-1) Устный опрос
4	15-16 неделя	Выполнение расчетно-графической работы	3 часа	(ПР-6) Отчет
5		Подготовка к экзамену	27 часов	экзамен

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратит внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

### Задание на дом для подготовки к лабораторным занятиям

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие и подготовить ответы на предложенные вопросы

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Все самостоятельные внеаудиторные работы представляются на студентом, после выполнения работы производится ее защита студентом.

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

- 1) уровень освоения студентом учебного материала;

- 2) умение использовать теоретические знания при выполнении конкретной практической задачи;
- 3) обоснованность и четкость изложения ответа;
- 4) оформление материала в соответствии с требованиями;
- 5) уровень самостоятельности студента при выполнении СР.

## VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Техническая термодинамика	ПК-3.1 Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий	Знает	(УО-1) Устный опрос	Вопросы к экзамену
			Умеет	(ПР-6) Лабораторная работа Контрольная работа (ПР-2) Тест (ПР-1)	
			Владеет		
2	Раздел 2. Теплообмен. Теплообменные аппараты. Раздел 3. Гидродинамические процессы	ПК-3.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач	Знает	(ПР-6) Лабораторная работа	Вопросы к экзамену
			Умеет		
			Владеет		
		ПК-3.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач	Знает	(УО-1) Устный опрос  Лабораторная работа (ПР-6) Решение РГР (ПР-12) Контрольная работа (ПР-2) Тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену
			Умеет		
			Владеет		
		ПК-3.4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции	Знает	УО-1) Устный опрос  Лабораторная работа (ПР-6) Решение РГР (ПР-12)	Вопросы к экзамену
			Умеет		
			Владеет		

## VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для химико-технологических специальностей вузов / А. Г. Касаткин. – М. : Альянс, 2014. – 750 с. (22 экз.)  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776753&theme=FEFU>

2. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для химико-технологических специальностей вузов : в 2 кн. / Ю. И. Дытнерский. – Изд. 3-е. – М. : Альянс, 2015. – Кн. 1-2. (17 экз.)  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776771&theme=FEFU>,  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:777122&theme=FEFU>

3. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. - Электрон. дан.col. - Москва : Юрайт, 2023. - 308 с. - (Высшее образование). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-01738-0  
URL: <https://urait.ru/bcode/511615>

4. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. - Электрон. дан.col. - Москва : Юрайт, 2023. - 199 с. - (Высшее образование). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-01850-9 - URL: <https://urait.ru/bcode/512573>

5. Ерофеев, В. Л. Теплотехника. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. - Электрон. дан.col. - Москва : Юрайт, 2023. - 395 с. - (Высшее образование). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9916-6992-4  
URL: <https://urait.ru/bcode/511746>

6. Стаценко, В. Н. Техническая термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для бакалавров образовательных программ 240100.62 "Химические технологии" и 241000.62 "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / В. Н. Стаценко ;

Дальневосточный федеральный университет. - Электронные текстовые данные.  
- Владивосток : [б. и.], 2013. - 33 с.

URL: <https://library.dvfu.ru/elib/document/3147998/>

<https://library.dvfu.ru/viewer/?doc=3147998#4>

7. Гидравлика / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов ; под редакцией В. А. Кудинова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 386 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10336-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/442515>

### Дополнительная литература

1. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / Н. И. Гельперин. — М. : Химия, 1981. — 384 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:679834&theme=FEFU>

2. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии : учебник для вузов : изд. 3-е, испр. и доп. / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. — М. : Химия, 1987. — 496 с.  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:246468&theme=FEFU/>

3. Закгейм, А. Ю. Общая химическая технология : введение в моделирование химико-технологических процессов : учеб. пособие / А. Ю. Закгейм - Москва : Логос, 2017. - 304 с. - ISBN 978-5-98704-497-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987044971.html>

4. Лапшев, Н. Н. Гидравлика : учебник для вузов / Н. Н. Лапшев. - 4-е изд., стер. - Москва : Академия, 2012. - 268, [1] с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр. : с. 265. - ISBN 9785769587450

<https://library.dvfu.ru/lib/document/EK/135DED3D-299A-4C16-B3B1-71CE45317960/>

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.chem.msu.su/rus/weldept.html> — Сайт Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова;
2. <http://www.pxyty.ru/> — Сайт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева;
3. [http://www.unn.ru/chem/ism/library-edu\\_lit.php](http://www.unn.ru/chem/ism/library-edu_lit.php) — Библиотека «Учебные материалы» НГУ.
4. <http://e.lanbook.com/> — Электронно-библиотечная система;
5. <http://www.studentlibrary.ru/> — Студенческая электронная библиотека;

6. <http://znanium.com/> – Электронно-библиотечная система;
7. <http://www.nelbook.ru/> – Электронная библиотека.

**Перечень информационных технологий и программного обеспечения**  
Пакет программного обеспечения Microsoft Office (Word, Outlook, Power Point, Excel)

## **VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины**

Время, отведённое на самостоятельную работу, должно быть использовано обучающимся планомерно в течение семестра.

Для организации учебной деятельности эффективным вариантом является использование средств, напоминающих о стоящих перед вами задачах, и их последовательности выполнения. В роли таких средств могут быть IT-технологии (смартфоны, планшеты, компьютеры и т.п.), имеющие приложения/программы по организации распорядка дня/месяца/года и сигнализирующих о важных событиях, например, о выполнении заданий по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии».

Регулярность – первое условие поисков более эффективных способов работы. Рекомендуется выбрать день/дни недели для регулярной подготовки по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии», это позволит морально настроиться на выполнение поставленных задач, подготовиться к ним и выработать правила выполнения для них, например, сначала проработка материала лекций, чтение первоисточников, затем выделение и фиксирование основных идей. Рекомендуемое среднее время два часа на одно занятие.

### **Описание последовательности действий, обучающихся при изучении дисциплины**

В соответствии с целями и задачами дисциплины студент изучает на занятиях и дома разделы учебного курса, готовится к практическим занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие разные формы проверки усвоения материала (собеседование, контрольная работа и др.).

Освоение дисциплины включает несколько составных элементов учебной деятельности:

1. Внимательное чтение рабочей программы дисциплины (помогает целостно увидеть структуру изучаемых вопросов). В ней содержится перечень

контрольных испытаний для всех разделов и тем, включая экзамен; указаны сроки сдачи заданий, предусмотренных учебной программой курса дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии».

2. Неотъемлемой составной частью освоения курса является самостоятельная работа. Глубокому освоению учебного материала способствует предварительная подготовка, включающая работу с учебниками.

### **Рекомендации по работе с литературой**

Изучение дисциплины следует начинать с проработки тематического плана лекций, уделяя особое внимание структуре и содержанию темы и основных понятий. Изучение «сложных» тем следует начинать с составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между ними. Целесообразно прибегнуть к классификации материала, в частности при изучении тем, в которых присутствует большое количество незнакомых понятий, категорий, теорий, концепций, либо насыщенных информацией типологического характера.

При работе с литературой обязательно выписывать все выходные данные по каждому источнику. Можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц). Ищите аргументы «за» или «против» идеи автора.

При работе с литературой можно использовать основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

### **Подготовка к лабораторным занятиям**

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется пользоваться материалами лекций, рекомендованной литературой, базами данных и ресурсами официальных сайтов интернет. Вопросы, которые вызывают затруднение при подготовке, должны быть заранее сформулированы и озвучены во время занятий в аудитории для дополнительного разъяснения

преподавателем. Ответы, выносимые на обсуждение, должны быть тщательно подготовлены и по ним составлена схема (план), которой студент пользуется на занятии. При ответе надо логически грамотно выражать и обосновывать свою точку зрения, свободно оперировать понятиями и категориями. При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса.

## IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 569</p> <p>Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30)</p> <p>Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.</p>	<p>- Win EDU E3 Per User AAD Microsoft 365 Apps for enterprise EDU</p>
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, ауд. А1017 (аудитория для самостоятельной работы)</p>	<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт.</p> <p>Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт.</p> <p>Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт. Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями</p>	<p>Win EDU E3 Per User AAD Microsoft 365 Apps for enterprise EDU</p>

	здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками	
--	--	--

## X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Техническая термодинамика	ПК-3.1 Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий	Знает	(УО-1) Устный опрос	Вопросы к экзамену
			Умеет	(ПР-6) Лабораторная работа Контрольная работа (ПР-2) Тест (ПР-1)	
			Владеет		
2	Раздел 2. Теплообмен. Теплообменные аппараты. Раздел 3. Гидродинамические процессы	ПК-3.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач	Знает	(ПР-6) Лабораторная работа	Вопросы к экзамену
			Умеет		
			Владеет		
		ПК-3.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач	Знает	(УО-1) Устный опрос  Лабораторная работа (ПР-6) Решение РГР (ПР-12) Контрольная работа (ПР-2) Тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену
			Умеет		
			Владеет		
		ПК-3.4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции	Знает	УО-1) Устный опрос  Лабораторная работа (ПР-6) Решение РГР (ПР-12)	Вопросы к экзамену
			Умеет		
			Владеет		



Для дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Устный опрос (УО-1)

Письменные работы:

1. Тестирование (ПР-1)
2. Контрольная работа (ПР-2)
3. Расчетно-графическая работа (ПР-12)
4. Лабораторная работа (ПР-6)

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

#### **Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

#### **Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Тестирование (ПР-1) - - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Контрольная работа (ПР-2) - система стандартизированных заданий, позволяющая определить уровень знаний и умений обучающегося по решению задач профессиональной области.

Расчетно-графическая работа (ПР-12) – средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для выполнения расчетно-графических заданий по дисциплине.

Лабораторная работа (ПР-6) - средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике.

## Вопросы к экзамену

### Раздел 1. Термодинамика

1. Основные понятия термодинамики. Термодинамическая система, рабочее тело,
2. Параметры состояния системы (давление, температура и т.д.).
3. Температурные шкалы.
4. Внесистемные единицы давления. Барометрическое, избыточное, вакуумметрическое и абсолютное давления.
5. Уравнение состояния идеального и реального газов (уравнения Клайперона, Менделеева, Ван-дер-Ваальса).
6. Теплоемкость газа, виды теплоемкостей.
7. Первый закон термодинамики (теплота, работа, внутренняя энергия).
8. Второй закон термодинамики (4 формулировки), понятие энтропии.
9. Цикл и теоремы Карно.
10. Изохорный процесс (Шарля).
11. Изобарный процесс (Гей-Люссака).
12. Изотермический процесс (Бойля-Мариотта).
13. Адиабатный процесс.
14. Свойства реальных газов.
15. Водяной пар виды состояния, диаграмма, пограничные кривые, теплота парообразования, таблицы).
16. Влажный воздух (виды состояния, абсолютная и относительная влажность, максимальное влагосодержание, диаграмма).

### Раздел 2. Теплообмен

1. Способы передачи теплоты. Количественные характеристики переноса теплоты.
2. Теплопроводность, общие понятия, основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность плоской однослойной стенки.
4. Теплопроводность плоской многослойной стенки.
5. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки.
6. Теплопроводность цилиндрической многослойной стенки.
7. Упрощенная расчетная формула теплопроводности через цилиндрическую однослойную стенку.
8. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана.
9. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Влияние факторов.
10. Основы теории подобия. Критерии подобия.
11. Теплоотдача при принудительной конвекции вдоль плоской пластины. Критериальные уравнения.

12. Теплоотдача при естественной конвекции. Критериальные уравнения.
13. Описание процесса лучистого теплообмена, основные определения и понятия.
14. Основные законы лучистого теплообмена. Степень черноты.
15. Теплообмен излучением двух тел. Приведенная степень черноты.
16. Теплопередача через плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи.
17. Типы теплообменных аппаратов.
18. Прямоточное, противоточное и перекрестное течение сред в теплообменном аппарате.

### **Раздел 3. Гидродинамические процессы**

1. Основные физические свойства жидкостей и газов. Уравнения состояния газа.
2. Силы, действующие в жидкости.
3. Абсолютное и манометрическое давление, вакуум. Изменение давления.
4. Поле скоростей. Установившееся и неустановившееся напорное и безнапорное движение.
5. Линия тока. Уравнение неразрывности.
6. Законы и уравнения динамики жидкости.
7. Дифференциальные уравнения Эйлера и их интегрирование.
8. Уравнение Бернулли вдоль линии тока
9. Равномерное и неравномерное движение. Основное уравнение равномерного движения.
10. Гидравлический радиус. Два режима движения жидкости.
11. Число Рейнольдса. Одномерное неустановившееся движение.

### **Критерии оценки вопросов к экзамену**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Глубокое и прочное усвоение материала, все предоставленные задания выполняются правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Знание только основного материала, но не деталей.

2. Допущены ошибки и неточности в ответах.

3. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, имеет нарушения логической последовательности.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части учебного материала.

2. Не выполнена значительная часть задания, имеются существенные ошибки.

### Шкала оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и формулировка компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ПК-3.1 Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий	Знает типовые процессы химической технологии, последовательность осуществления современных типовых технологий, последовательность стадий технических испытаний	Не знает основные законы и уравнения описывающие процессы химических производств	Фрагментарно знает основные законы и уравнения описывающие процессы химических производств	Общие, но не структурированные знания основных законов и уравнений описывающих процессы химических производств	Сформированные систематические знания основных законов и уравнений описывающих процессы химических производств
	Умеет правильно ставить задачи по выбранной тематике, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости	Не умеет производить расчеты и оценку их результатов для определения параметров процессов химических производств	В целом успешное, но не систематическое умение производить расчеты и оценку их результатов для определения параметров процессов химических производств	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение производить расчеты и оценку их результатов для определения параметров процессов химических производств	Успешное и систематическое умение производить расчеты и оценку их результатов для определения параметров процессов химических производств

	Владеет навыками применения выбранных методов для выполнения расчетов в области типовых процессов химической технологии	Не владеет методикой технологического расчета аппаратуры для проведения типовых химико-технологических процессов	Частичное владение методиками основных технологических расчетов для проведения типовых химико-технологических процессов	Способность производить основные технологические расчеты для проведения типовых химико-технологических процессов	Сформированные навыки расчетов в области для проведения типовых химико-технологических процессов
ПК-3.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач	Знает правила оформления документации	Не знает нормативные документы по оформлению технической документации	Фрагментарно знает основные нормативные документы и правила оформления технической документации	Общие, но не структурированные знания нормативных документов и правил оформления технической документации	Систематические знания нормативных документов и правил оформления технической документации
	Умеет анализировать техническую документацию по выбору оборудования, технических средств и технологии	Не умеет анализировать технологические схемы и чертежи основных аппаратов	В целом успешно, но не систематическое умение анализировать технологические схемы и чертежи основных аппаратов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать технологические схемы и чертежи основных аппаратов	Успешное и систематическое умение анализировать технологические схемы и чертежи основных аппаратов
	Владеет навыками анализа технической документации и для отдельных химико-технологических задач	Не владеет навыками анализа схем основных аппаратов	В целом успешно, но не систематическое владение навыками анализа схем основных аппаратов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение навыками анализа схем основных аппаратов	Успешное и систематическое владение навыками анализа схем основных аппаратов
ПК-3.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения	Знает возможные технические средства и методы испытаний	Не знает способов проведения и аппаратурного оформления процессов химической технологии	Фрагментарное знание способов проведения и аппаратурного оформления процессов химической	Общие, но не структурированные знания способов проведения и аппаратурного оформления процессов	Сформированные систематические знания способов проведения и аппаратурного оформления процессов

поставленных задач			технологии, основных конструкций аппаратов и их особенностей.	химической технологии, основных конструкций аппаратов и их особенностей	химической технологии, основных конструкций аппаратов и их особенностей
	Умеет правильно выбирать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач	Не умеет сравнивать и анализировать конструктивные решения, для и осуществления процессов химической технологии	В целом успешно, но не систематическое умение сравнивать и анализировать конструктивные решения для испытания и осуществления процессов химической технологии	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение сравнивать и анализировать конструктивные решения при выборе химико-технологической аппаратуры	Успешное и систематическое умение сравнивать и анализировать конструктивные решения при выборе химико-технологической аппаратуры и методов испытаний
	Владеет методами определения технологических режимов работы оборудования	Не владеет навыками выбора необходимой аппаратуры для проведения типовых химико-технологических процессов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками выбора аппаратуры для осуществления конкретных процессов химической технологии	В целом успешная, но содержащая отдельные пробелы способность рассчитать и оценить параметры химико-технологических процессов и аппаратуры для их осуществления	Успешная и систематическая способность рассчитать и оценить параметры химико-технологических процессов и аппаратуры для их осуществления
ПК-3.4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции	Знает типовые процессы химической технологии, используемые аппараты и методы их расчета	Не знает способов осуществления химико-технологических процессов, их основных характеристик	Фрагментарное знание способов осуществления химико-технологических процессов, их основных характеристик, в том числе определяющих эффективность и интенсивность работы; теоретических основ расчета	Общие, но не структурированные знания способов осуществления химико-технологических процессов, их основных характеристик, в том числе определяющих эффективность и интенсивность работы; теоретических основ расчета	Сформированные систематические знания способов осуществления химико-технологических процессов, их основных характеристик, в том числе определяющих эффективность и интенсивность работы; теоретических основ расчета

			процессов, аппаратов химических производств	основ расчета процессов, аппаратов химических производств	процессов, аппаратов химических производств
	Умеет рассчитывать основные параметры проведения химико-технологических процессов, обосновывать выбор типа и принципиального устройства для конкретного химико-технологического процесса	Не умеет рассчитывать параметры для проведения процесса, сравнивать и анализировать конструктивные решения аппаратов	В целом успешно, но не систематическое умение использовать методы расчета основных параметров процесса, сравнивать и анализировать конструктивные решения аппаратов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение использовать методы расчета основных параметров процессов, сравнивать и анализировать конструктивные решения при выборе химико-технологической аппаратуры	Успешное и систематическое умение использовать методы расчета основных параметров процессов, сравнивать и анализировать конструктивные решения при выборе химико-технологической аппаратуры
	Владеет методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования	Не владеет навыками расчетов аппаратуры для проведения типовых химико-технологических процессов	В целом успешно, но не систематическое владение навыками расчетов аппаратуры	В целом успешная, но содержащая отдельные пробелы способность провести расчет аппаратуры технологического производства	Успешная и систематическая способность провести расчет технологического производства

### Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (устных опросов, практических работ, контрольных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по

аттестуемой дисциплине);

- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

## **1. Вопросы к устному опросу**

### **раздел «Термодинамика»**

1. Основные понятия термодинамики.
2. Параметры состояния.
3. Температурные шкалы.
4. Внесистемные единицы давления. Барометрическое, избыточное, вакуумметрическое и абсолютное давления.
5. Уравнение состояния идеального газа.
6. Теплоемкость газа, виды теплоемкостей.
7. Смесь идеальных газов.
8. Формы передачи энергии (теплота и работа).
9. Внутренняя энергия, энтальпия и энтропия.
10. Первый закон термодинамики, вечный двигатель первого рода.
11. Второй закон термодинамики, вечный двигатель второго рода.
12. Цикл и теоремы Карно.
13. Изохорный процесс (Шарля).
14. Изобарный процесс (Гей-Люссака).
15. Изотермический процесс (Бойля-Мариотта).
16. Адиабатный процесс.
17. Свойства реальных газов.
18. Водяной пар.
19. Влажный воздух.

### **раздел «Теплообмен»**

1. Способы передачи теплоты. Количественные характеристики переноса теплоты.
2. Теплопроводность, общие понятия, основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность плоской однослойной стенки.
4. Теплопроводность плоской многослойной стенки.
5. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки.
6. Теплопроводность цилиндрической многослойной стенки.
7. Упрощенная расчетная формула теплопроводности через цилиндрическую однослойную стенку.



8. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана.
9. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Влияние факторов.
10. Основы теории подобия. Критерии подобия.
11. Теплоотдача при принудительной конвекции вдоль плоской пластины. Критериальные уравнения.
12. Теплоотдача при естественной конвекции. Критериальные уравнения.
13. Описание процесса лучистого теплообмена, основные определения и понятия.
14. Основные законы лучистого теплообмена. Степень черноты.
15. Теплообмен излучением двух тел. Приведенная степень черноты.
16. Теплопередача через плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи.
17. Типы теплообменных аппаратов.
18. Прямоточное, противоточное и перекрестное течение сред в теплообменном аппарате.

### **Критерии оценки устного опроса**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Дан полный и правильный ответ на основе изученных теорий.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3, 4 – аналогично отметке "Отлично".
5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию учителя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки (например, неумение применять законы и теории к объяснению новых фактов).
2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.
2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

## 2. Примеры контрольных задач

1. Определить общую силу, которая сжимает вакуумную камеру с размерами: диаметр  $d = 0,5$  м и высотой  $h = 0,6$  м, если в ней необходимо поддерживать абсолютное давление  $P_{аб} = (10 + 5 \cdot n)$  кПа, а барометрическое давление составляет

- а) 725 мм рт.ст.;                      б) 810 мм рт.ст.;                      в) 760 мм рт.ст.

2. Рассчитать вакуумметрическое давление (которое необходимо откачать из сосуда), если сосуд находится в горах на высоте  $h$ , а абсолютное давление в нем необходимо поддерживать  $P_{аб} = (0,1 + 0,05 \cdot n)$ ;

- а)  $h = 1,5$  км;                      б)  $h = 1,2$  км;                      в)  $h = 1,8$  км.

Результаты расчетов привести в различных размерностях: ат (кГ/см<sup>2</sup>), кПа (МПа), бар.

3. Определить абсолютное давление в сосуде, если показание присоединенного к нему водного манометра равно 66,7 кПа (500 мм.рт.ст), а атмосферное давление составляет по ртутному барометру 120 МПа.

4. Присоединенный к газоходу парового котла тягометр показывает разрежение, равное 780 Па (80 мм водного столба). Определить абсолютное давление дымовых газов, если показание барометра  $B = 102\,658$  Па (770 мм.рт.ст).

5. Масса пустого баллона для кислорода емкостью  $0,05$  м<sup>3</sup> равна 80 кг. Определить массу баллона после заполнения его кислородом при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  до давления 10 МПа.

### Критерии оценки задач

#### *Отметка "Отлично"*

1. В решении и объяснении нет ошибок.
2. Ход решения рациональный.
3. Если необходимо, решение произведено несколькими способами.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

#### *Отметка "Хорошо"*

1. Существенных ошибок нет.
2. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение, или использование 1 способа при заданных нескольких.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Допущено не более одной существенной ошибки, записи неполны, неточности.

2. Решение выполнено с ошибками в математических расчетах.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Решения нет или допущены существенные ошибки.
3. Решение и объяснение построены не верно.

### 3. Примеры тестовых заданий

1. Два тела находятся в тепловом равновесии между собой. Какие физические параметры их одинаковы?

- А. Только температура.
- Б. Только давление.
- В. Только средний квадрат скорости теплового движения молекул.
- Г. Температура и средний квадрат скорости молекул.
- Д. Температура и давление.
- Е. Температура, давление и средний квадрат скорости молекул.

3. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при уменьшении абсолютной температуры в 4 раза?

- А. Уменьшится в 2 раза.
- Б. Уменьшится в 4 раза.
- В. Уменьшится в 16 раз.
- Г. Увеличится в 2 раза.
- Д. Увеличится в -1 раза.
- Е. Увеличится в 16 раз.

4. Какое значение температуры по шкале Цельсия соответствует температуре 100 К по абсолютной шкале?

- А. 4-373,15 °С.
- Б. —373,15 °С
- В. +273,15 °С.
- Г. —273,15 °С.
- Д. + 173,15 °С.
- Е. —173,15 °С.

5. Какая из нижеприведенных формул является уравнением состояния идеального газа?

А.  $v = \frac{V}{N_A}$ . Б.  $E = \frac{3}{2} kT$ . В.  $pV = \frac{m}{M} RT$ . Г.  $p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2$ . Д.  $M = m \cdot N_A$

6. Как изменилось давление идеального газа, если в данном объеме скорость каждой молекулы газа удвоилась, а концентрация молекул осталась без изменения?

- А. Увеличилось в 4 раза.
- Б. Увеличилось в 2 раза.
- В. Осталось неизменным.
- Г. Уменьшилось в 4 раза.
- Д. Уменьшилось в 2 раза

7. В сосуде объемом 8,3 м<sup>3</sup> находится 0,02 кг водорода при температуре 270С. Определите его давление.

- А. 3 Па    Б. 6 Па    В. 540 Па    Г. 3 кПа    Д. 6 кПа

8. При осуществлении какого изопроцесса увеличение абсолютной температуры идеального газа в 2 раза приводит к увеличению давления газа тоже в 2 раза?

- А. Изобарного.
- Б. Изохорного.

- В. Изотермического.
- Г. Адиабатного.
- Д. Это может быть получено при осуществлении любого процесса.

9. В одном закрытом сосуде находятся насыщенный пар и вода, в другом— только ненасыщенный пар. Температура сосудов повысилась одинаково (на  $\Delta T$ ). Какие соотношения справедливы для изменения давления паров в первом  $\Delta p_1$  и во втором  $\Delta p_2$  сосудах?

- А.  $\Delta p_1 = 0, \Delta p_2 > 0$ .
- Б.  $\Delta p_1 > 0, \Delta p_2 = 0$ .
- В.  $\Delta p_1 = \Delta p_2 > 0$ .
- Г.  $\Delta p_1 > \Delta p_2 > 0$ .
- Д.  $\Delta p_2 = \Delta p_1 > 0$ .

10. Сравните значения температуры кипения воды в открытом сосуде у основания горы ( $T_1$ ) и на вершине ее ( $T_2$ ).

- А.  $T_2 > T_1$
- Б.  $T_2 < T_1$
- В.  $T_2 = T_1$
- Г. На вершине горы вода кипеть не может.

11. Выделите простейшие способы передачи теплоты.

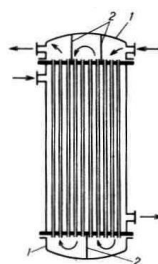
- А. Теплопроводность
- Б. Конвекция
- В. Теплоотдача
- Г. Теплопередача
- Д. Выпаривание

12. Назовите движущую силу теплопередачи:

- А. разность между средними температурами горячего и холодного теплоносителей;
- Б. разность между температурами теплоносителя на входе и выходе из аппарата;
- В. разность между температурами стенок со стороны горячего и холодного теплоносителей;
- Г. разность между температурой стенки и теплоносителя.
- Д. разность плотностей жидкости (газа) в различных точках системы;
- Е. разность давлений (напора) в различных точках жидкости или газа.

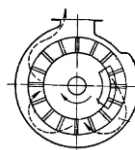
12. На рисунке изображен теплообменник

- А. Двухтрубчатый
- Б. Пластинчатый
- В. Спиральный
- Г. Змеевиковый



13. Какого типа насос изображен на рисунке

- А. Центробежный
- Б. Вихревой
- В. Поршневой
- Г. Шестеренчатый



## Критерии оценки тестирования

*Отметка "Отлично"*

По результатам работы набрано 100- 86 баллов.

*Отметка "Хорошо"*

По результатам работы набрано 85-76 баллов.

*Отметка "Удовлетворительно"*

По результатам работы набрано 75-61 баллов.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

По результатам работы набрано менее 61 балла.

### 4.Примеры заданий расчетно-графического работы

2. Расчет массообмена в устройстве.
3. Расчет теплообмена в устройстве.
4. Расчет сопротивления трубопровода и мощности насоса.
5. Гидравлический расчет простого трубопровода.

### Критерии оценки расчетно-графического работы

*Отметка "Отлично"*

1. В решении и объяснении нет ошибок.
2. Ход решения рациональный.
3. Если необходимо, решение произведено несколькими способами.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

*Отметка "Хорошо"*

1. Существенных ошибок нет.
2. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение, или использование 1 способа при заданных нескольких.

*Отметка "Удовлетворительно"*

1. Допущено не более одной существенной ошибки, записи неполны, неточности.
2. Решение выполнено с ошибками в математических расчетах.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Решения нет или допущены существенные ошибки.
3. Решение и объяснение построены не верно.