

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович  
Должность: ректор ФГБОУ ВО Вавиловский университет  
Дата подписания: 22.01.2025 08:36:02  
Уникальный программный ключ:  
528682d78e671e566ab07f01fe1ba2172f735a12

Приложение 1



## МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 / Бакиров С. М./

« 28 » января 2022 г.

# ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Дисциплина	ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Направление подготовки	19.03.01 Биотехнология
Направленность (профиль)	Биотехнология
Квалификация выпускника	Бакалавр
Нормативный срок обучения	4 года
Форма обучения	Очная
Кафедра-разработчик	Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение
Ведущий преподаватель	Панкова Т. А., доцент

Разработчик: доцент, Панкова Т. А.

  
(подпись)

Саратов 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП.....	3
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	4
3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы ..	11
4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций ..	19

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП

В результате изучения дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» обучающиеся, в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 10.08.2021 г. №736, формируют следующие компетенции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

### Формирование компетенций в процессе изучения дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника»

Компетенция		Индикаторы достижения компетенций	Этапы формирования компетенции и в процессе освоения ОПОП (семестр)	Виды занятий для формирования компетенции	Оценочные средства для оценки уровня сформированности компетенции
Код	Наименование				
1	2	3	4	5	6
ОПК - 4	способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-4.2 - демонстрирует грамотное применение основных законов термодинамики и термодинамических соотношений, основных закономерностей теплообмена при решении конкретных задач разработки технологических процессов биотехнологических производств	6	лекции, лабораторные занятия	Устный опрос, устный отчет по лабораторным работам, доклад, зачет.

ПК-8	способен участвовать в разработке технологических проектов в составе авторского коллектива	ПК-8.3 - осуществляет выбор основного и вспомогательного оборудования для реализации технологического процесса на основании проведенных материальных расчетов	6	лекции, лабораторные занятия	Устный опрос, устный отчет по лабораторным работам, доклад, зачет.
------	--	---	---	------------------------------	--

Примечание:

Компетенция ОПК-4 – также формируется в ходе освоения дисциплин: «Электротехника и электроника», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», а также в ходе прохождения практик: «Технологическая практика», а также «Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

Компетенция ПК-8 – также формируется в ходе освоения дисциплин: «Технические основы проектирования биотехнологического оборудования», «Теоретические основы биотехнологии», «Общая биотехнология», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», а также «Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 2

### Перечень оценочных материалов

№ п/п	Наименование оценочного материала	Краткая характеристика оценочного материала	Представление оценочного средства в ОМ
1	устный опрос	средство контроля,	требования к ответу при устном

	(собеседование)	организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной и рассчитанной на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, и т.п. в ходе контактной работы	опросе, перечень вопросов к рубежным контролям
2	устный отчет по лабораторным работам	средство, направленное на изучение практического хода тех или иных процессов, исследование явления в рамках заданной темы с применением методов, освоенных на лекциях, сопоставление полученных результатов с теоретическими концепциями, осуществление интерпретации полученных результатов, оценивание применимости полученных результатов на практике	требования к устному отчету по лабораторным работам
3	доклад	продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое сообщение о полученных результатах теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	темы докладов
4	зачет	средство контроля, организованное как беседа педагогического работника с обучающимся на темы, изучаемой дисциплиной в ходе проведения выходного контроля	вопросы к зачету

Таблица 3

**Программа оценивания контролируемой дисциплины**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы дисциплины)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4
1	<b>Вводная лекция. Основные газовые законы. Смеси идеальных газов.</b> Основные понятия и определения. Параметры состояния рабочего тела. Закон Бойля-Мариотта,	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы дисциплины)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4
	закон Гей-Люссака, закон Авогадро, уравнение идеального газа. Способы задания газовых смесей. Уравнения состояния газовых смесей.		
2	<b>Теплоемкость газов. Первый закон термодинамики. Основные термодинамические процессы.</b> Показатель адиабаты. Теплоемкость газовой смеси. Понятие об энергии, энтальпии, энтропии и теплоте. Изохорные, изобарные, изотермические, адиабатные и политропные термодинамические процессы.	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.
3	<b>Пары. Водяной пар. Влажный воздух. Истечение газов и паров. Дросселирование.</b> Сухой, влажный, перегретый пар. Основные паровые процессы. Анализ процесса парообразования в $p-v$ , $T-s$ и $h-s$ – диаграммах. Понятие влажного воздуха, его параметры и $h-d$ -диаграмма. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.
4	<b>Второй закон термодинамики.</b> Общая формулировка второго закона. Круговые процессы. Цикл Карно. Прямой цикл Карно. Обратный цикл Карно.	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.
5	<b>Термодинамическая эффективность циклов теплосиловых</b>	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы дисциплины)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4
	<b>установок.</b> Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных установок.		
6	<b>Термодинамическая эффективность циклов теплосиловых установок.</b> Циклы паротурбинных установок. Цикл Ренкина на перегретом паре. Общая характеристика холодильных установок. Цикл паровой компрессионной холодильной установки.	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.
7	<b>Основы теории теплообмена.</b> Теплопроводность. Закон Фурье. Основные понятия и определения: температурное поле, изотермическая поверхность, температурный градиент, тепловой поток. Способы распространения теплоты. Определение коэффициента теплоотдачи. Определение коэффициента теплопередачи. Определение коэффициента теплопроводности.	ОПК-4, ПК-8	Устный отчет по лабораторным работам, устный опрос, доклад, зачет.
8	<b>Конвективный теплообмен.</b> Общие понятия конвективного теплообмена. Закон Ньютона-Рихмана. Теория подобия для конвективного теплообмена.	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.
9	<b>Лучистый теплообмен.</b> Интенсивность интегрального излучения. Закон Планка. Закон смещения Вина. Закон Стефана-	ОПК-4, ПК-8	Устный опрос, доклад, зачет.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы дисциплины)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4
	Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта.		
10	<b>Теплопередача.</b> Теплопередача через плоские поверхности. Теплопередача через плоские поверхности (многослойная стенка). Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала	ОПК-4, ПК-8	Устный отчет по лабораторным работам, устный опрос, доклад, зачет.

Таблица 4

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код компетенции, этапы освоения компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Показатели и критерии оценивания результатов обучения			
		ниже порогового уровня (неудовлетворительно)	пороговый уровень (удовлетворительно)	продвинутый уровень (хорошо)	высокий уровень (отлично)
1	2	3	4	5	6
ОПК-4, 6 семестр	ОПК-4.2 - демонстрирует грамотное применение основных законов термодинамики и термодинамических соотношений, основных закономерностей теплообмена при решении конкретных задач разработки технологических процессов биотехнологических производств	обучающийся не знает теоретические основы технической термодинамики; основные термодинамические процессы идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; основные циклы тепловых машин и холодильных установок; устройство и принцип действия приборов для теплотехнических измерений, методы и средства	обучающийся не знает теоретические основы технической термодинамики; основные термодинамические процессы идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; основные циклы тепловых машин и холодильных установок; устройство и принцип действия приборов для	обучающийся демонстрирует знание теоретических основ технической термодинамики; основные термодинамические процессы идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; основные циклы тепловых машин и холодильных установок; устройство и принцип действия	обучающийся демонстрирует знание материала, теоретические основы технической термодинамики; основные термодинамические процессы идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; основные циклы тепловых машин и холодильных установок; устройство и принцип



		<p>производства теплоты, не может применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок; не может использовать уравнения состояния идеального газа и газовых смесей; затрудняется рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров, не владеет навыками проведения анализа и расчета термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха, допускает существенные ошибки</p>	<p>теплотехнических измерений, методы и средства производства теплоты, затрудняется применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок; допускает неточности при использовании уравнения состояния идеального газа и газовых смесей; нарушает последовательность при расчете процессов истечения и дросселирования газов и паров, нарушает последовательность при проведении расчета термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха</p>	<p>приборов для теплотехнических измерений, методы и средства производства теплоты, применяет первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок; использует уравнения состояния идеального газа и газовых смесей; рассчитывает процессы истечения и дросселирования газов и паров не допускает существенных неточностей</p>	<p>действия приборов для теплотехнических измерений, методы и средства производства теплоты, применяет первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок; использует уравнения состояния идеального газа и газовых смесей; рассчитывает процессы истечения и дросселирования газов и паров, исчерпывающе и последовательно, четко и логично излагает материал, хорошо ориентируется в материале, не затрудняется с ответом при видоизменении и заданий</p>
ПК-8, 6 семестр	ПК-8.3 - осуществляет выбор	обучающийся не знает законы переноса теплоты	обучающийся демонстрирует законы	обучающийся демонстрирует законы	обучающийся демонстрирует законы

	<p>основного и вспомогательного оборудования для реализации технологического процесса на основании проведенных материальных расчетов</p>	<p>и энергии; законы, определяющие теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение; способы расчета теплового потока теплопроводностью, излучением, не может проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей, холодильных установок, тепловых насосов с расчетом количественных характеристик этой эффективности; не умеет рассчитывать тепловые потоки через различные виды стенок теплообменных аппаратов, не умеет использовать основные закономерности теплообмена при решении конкретных задач при проведении расчета элементов теплоэнергетического оборудования, допускает существенные ошибки</p>	<p>переноса теплоты и энергии; законы, определяющие теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение; способы расчета теплового потока теплопроводностью, излучением, допускает неточности при проведении анализа эффективности и циклов тепловых двигателей, холодильных установок, тепловых насосов с расчетом количественных характеристик этой эффективности, допускает неточности при расчете тепловых потоков через различные виды стенок теплообменных аппаратов, нарушает логическую последовательность при использовании основных закономерностей теплообмена при решении конкретных</p>	<p>переноса теплоты и энергии; законы, определяющие теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение; способы расчета теплового потока теплопроводностью, излучением, не допускает существенных неточностей при анализе эффективности и циклов тепловых двигателей, холодильных установок, тепловых насосов с расчетом количественных характеристик этой эффективности, не допускает неточностей при расчете тепловых потоков через различные виды стенок теплообменных аппаратов, при использовании основных закономерностей теплообмена при решении конкретных задач при проведении расчета</p>	<p>переноса теплоты и энергии; законы, определяющие теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение; способы расчета теплового потока теплопроводностью, излучением, исчерпывающе и последовательно может проводить анализ эффективности и циклов тепловых двигателей, холодильных установок, тепловых насосов с расчетом количественных характеристик этой эффективности, четко и логично излагает материал, хорошо ориентируется в материале при расчете тепловых потоков через различные виды стенок теплообменных аппаратов, при использовании основных закономерностей</p>
--	--	---	--	--	---

			задач при проведении расчета элементов теплоэнергетического оборудования, допускает ошибки в изложении программного материала	элементов теплоэнергетического оборудования	теплообмена при решении конкретных задач при проведении расчета элементов теплоэнергетического оборудования, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий
--	--	--	---	---	--

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **3.1. Входной контроль**

##### **Примерный перечень вопросов**

1. Что называется идеальным газом.
2. Что называется реальным газом.
3. Что называется параметрами состояния газа.
4. Как обозначаются основные параметры состояния, укажите их размерность.
5. Чем отличается международная шкала температур от абсолютной шкалы.
6. Какое давление измеряют: манометром, барометром, вакуумметром.
7. Чему равен один Паскаль.
8. Чему равен 1 мм водяного столба, в Паскалях.
9. Чему равен 1 мм ртутного столба, в Паскалях.
10. Что называют температурой.
11. Что называют теплотой.
12. Что такое энергия.
13. Что такое мощность.
14. Что такое работа газа.

#### **3.2. Доклады**

Под докладом понимается устное сообщение о полученных результатах теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Подготовка доклада направлена на развитие и закрепление у обучающихся навыков самостоятельного глубокого, творческого и всестороннего анализа

научной (учебно-исследовательской) темы, на выработку навыков и умений грамотно и убедительно излагать материал, четко формулировать теоретические обобщения, выводы и практические рекомендации. Для этого обучающемуся предлагается рассмотреть и проработать одну предложенных тем докладов, или выбрать другую актуальную тему по своему выбору, с предварительным согласованием с педагогическим работником.

**Требования к выступлению с докладом:**

Выступление обучающегося с докладом, занимает не более 6-8 минут.

Рекомендуемая тематика докладов по дисциплине приведена в таблице 5.

Таблица 5

**Темы докладов, рекомендуемые к написанию при изучении дисциплины  
«Техническая термодинамика и теплотехника»**

№ п/п	Темы докладов
1	2
1	Применение энергии водяного пара.
2	Применение тепловой энергии в сельскохозяйственном производстве.
3	Холодильные установки и их применение в промышленности и сельскохозяйственном производстве.
4	Компрессоры и их применение в промышленности и сельскохозяйственном производстве.
5	Тепловые насосы.
6	История формирования науки «Техническая термодинамика» и «Теплотехника»
7	Молекулярно-кинетическая теория в термодинамике
8	Энтальпия и энтропия термодинамической системы
9	Первый и второй закон термодинамики: основная сущность, применение
10	Изохорный термодинамический процесс: анализ, диаграмма, формулы
11	Изобарный термодинамический процесс: анализ, диаграмма, формулы
12	Изотермический термодинамический процесс: анализ, диаграмма, формулы
13	Адиабатный термодинамический процесс: анализ, диаграмма, формулы
14	Политропный термодинамический процесс: анализ, диаграмма, формулы
15	Термодинамические свойства воды и водяного пара
16	Особенности дросселирования газа и пара
17	Практическое применение процесса дросселирования
18	Расчет мощности и КПД компрессоров
19	Газотурбинные установки и их применение
20	Двигатели внутреннего сгорания: их достоинства и недостатки, применение

Кроме предложенных тем, представленных в таблице 5, обучающийся по своему усмотрению может предложить другую тему по тематике курса, если данная тема ему интересна, имеет практическую ценность и научную новизну.

**3.3 Устный отчет по лабораторным работам**

Лабораторные занятия играют важную роль в выработке у обучающихся навыков применения полученных знаний для проведения лабораторных работ. Лабораторные занятия развивают научное мышление у обучающихся, позволяют проверить их знания усвоенного материала.

Тематика лабораторных занятий устанавливается на основании

теоретического курса изучаемой дисциплины и представлена в программе дисциплины и методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

Вариативность заданий на лабораторных работах зависит от исходного материала и представлена в Методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

#### **Требования к устному отчету по лабораторным работам:**

1. Знание основных понятий по теме лабораторного занятия.
2. Владение терминами и использование их при ответе.
3. Умение объяснить суть проведения опыта, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы.
4. Владение монологической речью, логичность и последовательность ответа, умение отвечать на поставленные вопросы.

### **3.4 Рубежный контроль**

Рубежный контроль проводится по итогам изучения нескольких разделов дисциплины в соответствии с рабочей программой дисциплины (модуля). Рубежный контроль проводится в форме устного опроса.

#### **Требования к ответу при устном опросе:**

1. Глубина и полнота раскрытия вопроса.
2. Владение терминами и использование их при ответе.
3. Умение объяснить суть явлений, событий, процессов и т.п., делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы.
4. Умение отвечать на сопутствующие вопросы, выражать свое мнение по обсуждаемой теме.
5. Владение монологической речью.

### **Вопросы рубежного контроля № 1**

#### *Вопросы, рассматриваемые на аудиторных занятиях*

1. Что изучает техническая термодинамика и теплотехника. Понятие термодинамической системы. Понятие изолированной и теплоизолированной термодинамической системы.
2. Понятие рабочего тела и его параметры состояния.
3. Давление как параметр состояния рабочего тела – понятие, единицы измерения, средства измерения.
4. Температура как параметр состояния рабочего тела – понятие, единицы измерения, средства измерения.
5. Плотность как параметр состояния рабочего тела – понятие, единицы измерения.
6. Основные газовые законы.
7. Смеси идеальных газов.
8. Теплоемкость. Виды удельной теплоемкости, связь между ними.
9. Понятия истинной и средней теплоемкости.
10. Первый закон термодинамики: формулировки, математическое описание.

11. Понятие внутренней энергии. Единицы измерения. Внутренняя энергия как функция параметров состояния рабочего тела. Определение  $\Delta U$  в термодинамических процессах.

12. Понятие энтальпии. Единицы измерения. Энтальпия как функция параметров состояния рабочего тела. Определение  $\Delta H$  в термодинамических процессах.

13. Понятие работы в технической термодинамике. Единицы измерения.

14. Основные термодинамические процессы

15. Состояния пара: сухой, влажный, перегретый.

16. Связь энтальпии и энтропии сухого пара кипящей жидкости.

17. Энтальпия и энтропия влажного пара.

18. Энтальпия и энтропия перегретого пара.

19. Основные паровые процессы и их исследование по таблицам водяного пара.

20. Исследование паровых процессов по  $h_s$ -диаграмме водяного пара.

*Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Политропные процессы, расчет и анализ в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  – координатах.

2. Схема распределения теплоты (варианты).

3. Влажный воздух. Определение ненасыщенного и перенасыщенного влажного воздуха. Точка росы.

4. Удельное и относительное влагосодержание. Абсолютная и относительная влажность.

5.  $h$ - $d$  диаграмма влажного воздуха и определение его параметров.

6. Дросселирование. Сущность процесса. Эффект Джоуля-Томсона.

7. Методы оценки Эффекта Джоуля-Томсона (дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты). Температура инверсии. Кривая инверсии.

## **Вопросы рубежного контроля №2**

*Вопросы, рассматриваемые на аудиторных занятиях*

1. Изображение изохорного процесса на  $h_s$ -диаграмме.

2. Изображение изобарного процесса на  $h_s$ -диаграмме.

3. Изображение изотермического процесса на  $h_s$ -диаграмме.

4. Изображение адиабатного процесса на  $h_s$ -диаграмме.

5. Основные характеристики влажного воздуха: абсолютная и относительная влажность, влагосодержание.

6. Истечения газов и паров.

7. Изображение процесса дросселирования пара на  $h_s$ -диаграмме.

8. Второй закон термодинамики.

9. Изображение изобарного и изохорного процессов на  $TS$ -диаграмме.

10. Понятие круговых процессов при переходе тепла в работу в тепловых двигателях.

11. Цикл Карно, понятие, графическое представление цикла. Прямой обратимый цикл Карно в  $PV$ -координатах.

12. Прямой обратимый цикл Карно в  $TS$ -координатах.

13.  $PV$ -диаграмма цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме.

14. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.

15. Циклы газотурбинных установок.
16. Теоретический паросиловой цикл: основные понятия, изображение процесса расширения пара в паровом двигателе на  $h_s$ -диаграмме.
17. Цикл Ренкина на перегретом паре в  $p, v$ - диаграмме.
18. Цикл Ренкина на перегретом паре в  $T, s$ -диаграмме.
19. Цикл Ренкина в  $h, s$ -диаграмме.
20. Общая характеристика холодильных установок.
21. Цикл паровой компрессионной холодильной установки.
22. Диаграмма  $T-s$  процесса дросселирования.

*Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Тепловой насос. Схема, принцип действия.
2. Рабочие тела тепловых насосов.
3. Классификация тепловых насосов.
4. Цикл теплового насоса в  $T-S$ -диаграмме и показатели его эффективности.
5. Расчет коэффициента преобразования теплоты теплового насоса.

### **Вопросы рубежного контроля №3**

*Вопросы, рассматриваемые на аудиторных занятиях*

1. Понятие теплообмена. Виды теплообмена.
2. Понятие температурное поле. Виды температурных полей.
3. Понятие температурного градиента.
4. Понятие тепловой поток, удельный тепловой поток. Их обозначение, размерность, направление.
5. Способы распространения теплоты.
6. Понятие теплопроводность. Механизм переноса теплоты теплопроводностью.
7. Физическая сущность закона Фурье. Аналитическое выражение, анализ составляющих.
8. Коэффициент теплопроводности: физический смысл, от каких факторов зависит. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей, диэлектриков, металлов.
9. Понятие конвективного теплообмена.
10. Понятие о критериях подобия и число подобия для конвективного теплообмена.
11. Физическая сущность закона Ньютона-Рихмана. Аналитическое выражение, составляющие закона.
12. Физическая сущность коэффициента теплоотдачи и от каких факторов он зависит.
13. Сущность теории подобия. Теоремы подобия.
14. Понятие теплообмен излучением. Интенсивность интегрального излучения.
15. Закон Планка для определения интенсивности излучения тела.
16. Закон Стефана – Больцмана для определения плотности интенсивности излучения абсолютного черного тела.
17. Закон Кирхгофа и Закон Ламберта.

18. Понятие теплопередача, коэффициент теплопередачи и полное термического сопротивления теплопередачи.

19. Схема теплопередачи через плоскую однослойную стенку.

20. Схема теплопередачи через плоскую многослойную стенку.

*Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Определение теплового потока и температур на поверхности стенки и в плоскости соприкосновения слоев при теплопередаче через многослойную цилиндрическую стенку.

2. Как получают расчетное выражение для определения теплового потока при теплопередаче через ребренную стенку.

3. Пути интенсификации теплопередачи.

4. Дайте понятие критического диаметра изоляции. Как подобрать теплоизоляционный материал для покрытия цилиндрической поверхности.

### **3.5 Промежуточная аттестация (зачет – 6 семестр)**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология – зачет – 6 семестр.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного опроса.

#### **3.5.1 Промежуточная аттестация (зачет)**

##### **Вопросы, выносимые на зачет**

1. Что изучает техническая термодинамика и теплотехника. Понятие термодинамической системы. Понятие изолированной и теплоизолированной термодинамической системы.

2. Понятие рабочего тела и его параметры состояния.

3. Давление как параметр состояния рабочего тела – понятие, единицы измерения, средства измерения.

4. Температура как параметр состояния рабочего тела – понятие, единицы измерения, средства измерения.

5. Плотность как параметр состояния рабочего тела – понятие, единицы измерения.

6. Основные газовые законы.

7. Смеси идеальных газов.

8. Теплоемкость. Виды удельной теплоемкости, связь между ними.

9. Понятия истинной и средней теплоемкости.

10. Первый закон термодинамики: формулировки, математическое описание.

11. Понятие внутренней энергии. Единицы измерения. Внутренняя энергия как функция параметров состояния рабочего тела. Определение  $\Delta U$  в термодинамических процессах.

12. Понятие энтальпии. Единицы измерения. Энтальпия как функция параметров состояния рабочего тела. Определение  $\Delta H$  в термодинамических процессах.



13. Понятие работы в технической термодинамике. Единицы измерения.
14. Основные термодинамические процессы
15. Состояния пара: сухой, влажный, перегретый.
16. Связь энтальпии и энтропии сухого пара кипящей жидкости.
17. Энтальпия и энтропия влажного пара.
18. Энтальпия и энтропия перегретого пара.
19. Основные паровые процессы и их исследование по таблицам водяного пара.
20. Исследование паровых процессов по  $h_s$ -диаграмме водяного пара.
21. Политропные процессы, расчет и анализ в  $p-v$  и  $T-s$  – координатах.
22. Схема распределения теплоты (варианты).
23. Влажный воздух. Определение ненасыщенного и перенасыщенного влажного воздуха. Точка росы.
24. Удельное и относительное влагосодержание. Абсолютная и относительная влажность.
25.  $h-d$  диаграмма влажного воздуха и определение его параметров.
26. Дросселирование. Сущность процесса. Эффект Джоуля-Томсона.
27. Методы оценки Эффекта Джоуля-Томсона (дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты). Температура инверсии. Кривая инверсии.
28. Изображение изохорного процесса на  $h_s$ -диаграмме.
29. Изображение изобарного процесса на  $h_s$ -диаграмме.
30. Изображение изотермического процесса на  $h_s$ -диаграмме.
31. Изображение адиабатного процесса на  $h_s$ -диаграмме.
32. Основные характеристики влажного воздуха: абсолютная и относительная влажность, влагосодержание.
33. Истечения газов и паров.
34. Изображение процесса дросселирования пара на  $h_s$ -диаграмме.
35. Второй закон термодинамики.
36. Изображение изобарного и изохорного процессов на  $TS$ -диаграмме.
37. Понятие круговых процессов при переходе тепла в работу в тепловых двигателях.
38. Цикл Карно, понятие, графическое представление цикла. Прямой обратимый цикл Карно в  $PV$ -координатах.
39. Прямой обратимый цикл Карно в  $TS$ -координатах.
40.  $PV$ -диаграмма цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме.
41. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
42. Циклы газотурбинных установок.
43. Теоретический паросиловой цикл: основные понятия, изображение процесса расширения пара в паровом двигателе на  $h_s$ -диаграмме.
44. Цикл Ренкина на перегретом паре в  $p,v$ - диаграмме.
45. Цикл Ренкина на перегретом паре в  $T,s$ -диаграмме.
46. Цикл Ренкина в  $h,s$ -диаграмме.
47. Общая характеристика холодильных установок.
48. Цикл паровой компрессионной холодильной установки.
49. Диаграмма  $T-s$  процесса дросселирования.
50. Тепловой насос. Схема, принцип действия.

51. Рабочие тела тепловых насосов.
52. Классификация тепловых насосов.
53. Цикл теплового насоса в T-S-диаграмме и показатели его эффективности.
54. Расчет коэффициента преобразования теплоты теплового насоса.
55. Понятие теплообмена. Виды теплообмена.
56. Понятие температурное поле. Виды температурных полей.
57. Понятие температурного градиента.
58. Понятие тепловой поток, удельный тепловой поток. Их обозначение, размерность, направление.
59. Понятие теплопроводность. Механизм переноса теплоты теплопроводностью.
60. Физическая сущность закона Фурье. Аналитическое выражение, анализ составляющих.
61. Коэффициент теплопроводности: физический смысл, от каких факторов зависит. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей, диэлектриков, металлов.
62. Понятие конвективного теплообмена.
63. Понятие о критериях подобия и число подобия для конвективного теплообмена.
64. Физическая сущность закона Ньютона-Рихмана. Аналитическое выражение, составляющие закона.
65. Физическая сущность коэффициента теплоотдачи и от каких факторов он зависит.
66. Сущность теории подобия. Теоремы подобия.
67. Понятие теплообмен излучением и **интенсивность интегрального излучения**.
68. Закон Планка для определения интенсивности излучения тела.
69. Закон Стефана – Больцмана для определения плотности интенсивности излучения абсолютного черного тела.
70. Закон Кирхгофа и Закон Ламберта.
71. Понятие теплопередача, коэффициент теплопередачи и полное термического сопротивления теплопередачи.
72. Схема теплопередачи через плоскую однослойную стенку.
73. Схема теплопередачи через плоскую многослойную стенку.
74. Определение теплового потока и температур на поверхности стенки и в плоскости соприкосновения слоев при теплопередаче через многослойную цилиндрическую стенку.
75. Как получают расчетное выражение для определения теплового потока при теплопередаче через ребренную стенку.
76. Пути интенсификации теплопередачи.
77. Дайте понятие критического диаметра изоляции. Как подобрать теплоизоляционный материал для покрытия цилиндрической поверхности.

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

##### 4.1 Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Контроль результатов обучения обучающихся, этапов и уровня формирования компетенций по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» осуществляется через проведение входного, текущего, рубежных, выходного контролей и контроля самостоятельной работы.

Формы текущего, промежуточного и итогового контроля и контрольные задания для текущего контроля разрабатываются кафедрой исходя из специфики дисциплины, и утверждаются на заседании кафедры.

##### 4.2 Критерии оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Описание шкалы оценивания достижения компетенций по дисциплине приведено в таблице 6.

Таблица 6

Уровень освоения компетенции	Отметка (промежуточная аттестация)	Описание
<i>высокий</i>	«зачтено»	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, обучающийся проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании материала
<i>базовый</i>	«зачтено»	Обучающийся обнаружил полное знание учебного материала, успешно выполняет предусмотренные в программе задания, усвоил основную литературу, рекомендованную в программе
<i>пороговый</i>	«зачтено»	Обучающийся обнаружил знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляется с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя
–	«не зачтено»	Обучающийся обнаружил пробелы в знаниях основного учебного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий, не может продолжить обучение или приступить к

Уровень освоения компетенции	Отметка (промежуточная аттестация)	Описание
		профессиональной деятельности по окончании образовательной организации без дополнительных занятий

#### 4.2.1. Критерии оценки устного ответа при промежуточной аттестации

При ответе на вопрос обучающийся демонстрирует:

**знания:** теоретических основ технической термодинамики; основные термодинамические процессы идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; основные циклы тепловых машин и холодильных установок; устройство и принцип действия приборов для теплотехнических измерений, методы и средства производства теплоты; законы переноса теплоты и энергии; законы, определяющие теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение; способы расчета теплового потока теплопроводностью, излучением.

**умения:** применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок; использовать уравнения состояния идеального газа и газовых смесей; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей, холодильных установок, тепловых насосов с расчетом количественных характеристик этой эффективности; рассчитывать тепловые потоки через различные виды стенок теплообменных аппаратов.

**владение навыками:** проведения анализа и расчета термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; использования основных закономерностей теплообмена при решении конкретных задач при проведении расчета элементов теплоэнергетического оборудования.

#### Критерии оценки устного ответа при промежуточной аттестации

<b>отлично</b>	обучающийся демонстрирует: – прочные знания, умения и навыки, отличающиеся глубиной и полнотой раскрытия темы, дает аргументированные ответы, приводит примеры из практики, не допускает неточностей, исчерпывающе и последовательно, четко и логично излагает материал, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий;
<b>хорошо</b>	обучающийся демонстрирует: – знания, умения и навыки, отличающиеся глубиной и полнотой раскрытия темы, дает аргументированные ответы, приводит примеры из практики, не допускает неточностей, исчерпывающе и последовательно, четко и логично излагает материал, но затрудняется с ответом при видоизменении заданий
<b>удовлетворительно</b>	обучающийся демонстрирует: – знания, умения и навыки, отличающиеся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа, недостаточным умением давать аргументированные ответы, допускает несколько ошибок в содержании ответа
<b>неудовлетворительно</b>	обучающийся демонстрирует:

	- незнание или поверхностное раскрытие темы, несформированные навыки анализа, неумение давать аргументированные ответы, допускает серьезные ошибки в содержании ответа
--	--

#### 4.2.2. Критерии оценки ответа при устном отчете по лабораторным работам

При устном отчете по лабораторным работам обучающийся демонстрирует:  
**знания:** устройство и принцип действия приборов для теплотехнических измерений, законы, определяющие теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение; способы расчета теплового потока теплопроводностью, излучением.

**умения:** проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей, холодильных установок, тепловых насосов с расчетом количественных характеристик этой эффективности; рассчитывать тепловые потоки через различные виды стенок теплообменных аппаратов.

**владение навыками:** проведения анализа и расчета термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; использования основных закономерностей теплообмена при решении конкретных задач при проведении расчета элементов теплоэнергетического оборудования.

#### Критерии оценки ответа при устном отчете по лабораторным работам

<b>отлично</b>	обучающийся демонстрирует: - знание основных понятий по теме занятия; владение терминами и использование их при ответе; умение объяснить сущность проведения опыта, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы на поставленные вопросы
<b>хорошо</b>	обучающийся демонстрирует: - знание основных понятий по теме занятия; владение терминами и использование их при ответе; умение объяснить сущность проведения опыта, но затрудняется делать выводы и обобщения, дает поверхностные ответы на поставленные вопросы
<b>удовлетворительно</b>	обучающийся демонстрирует: - знание основных понятий по теме занятия; владение терминами, но имеет затруднения с использованием их при ответе; умение объяснить сущность проведения опыта, но затрудняется делать выводы и обобщения, ошибается в некоторых ответах на поставленные вопросы
<b>неудовлетворительно</b>	обучающийся: - не знает основных понятий по теме занятия; плохо владеет терминами, и имеет затруднения с использованием их при ответе; не умеет объяснить сущность проведения опыта, и затрудняется делать выводы и обобщения, не правильно отвечает на поставленные вопросы

#### 4.2.3. Критерии оценки доклада

При подготовке доклада обучающийся демонстрирует:

**знания:** теоретических основ технической термодинамики; основные термодинамические процессы идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; основные циклы тепловых машин и холодильных установок; устройство и принцип действия приборов для теплотехнических измерений, методы и средства

производства теплоты; законы переноса теплоты и энергии; законы, определяющие теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение.

**умения:** проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей, холодильных установок, тепловых насосов с расчетом количественных характеристик этой эффективности.

**владение навыками:** проведения анализа и расчета термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; использования основных закономерностей теплообмена при решении конкретных задач при проведении расчета элементов теплоэнергетического оборудования.

### Критерии оценки доклада

<b>отлично</b>	обучающийся демонстрирует: – хорошее раскрытие выбранной темы доклада, где четко обозначает цели и задачи, представляет своё мнение по поводу поставленной задачи, предлагает возможные пути решения проблемы.
<b>хорошо</b>	обучающийся демонстрирует: – хорошее раскрытие выбранной темы доклада, где четко обозначает цели и задачи, но поверхностно раскрывает свое мнение по поводу поставленной задачи, предлагает некоторые пути решения проблемы
<b>удовлетворительно</b>	обучающийся демонстрирует: – поверхностное раскрытие выбранной темы доклада, где частично формулирует цели и задачи, не раскрывает свое мнение по поводу поставленной задачи, предлагает общеизвестные пути решения проблемы.
<b>неудовлетворительно</b>	обучающийся: – не раскрывает выбранной темы доклада, ошибается в постановке целей и задач, не формулирует свое мнение по поводу поставленной задачи, не предлагает пути решения проблемы

*Разработчик: доцент, Панкова Т. А.*

  
(подпись)