

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Парлюк Екатерина Петровна
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Дата подписания: 17.07.2023 10:42:43
Уникальный программный ключ:
7823a3d3181287ca51a86c9985579344444



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора Института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина

Парлюк Е.П. Парлюк

“ 10 ” 11 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.12 «ТЕПЛОТЕХНИКА»

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 35.03. 06 «Агроинженерия»

Направленность: «Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»

Курс 3

Семестр 5

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022 г.

Москва, 2022

Разработчик: Осмонов О.М., д.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«14» 10 2022 г.

Рецензент: Стушкина Н.А., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«14» 10 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»

Программа обсуждена на заседании кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»

протокол № 3 от « 14 » 10 2022 г.

И.о. зав. кафедрой Кожевникова Наталья Георгиевна, к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)



«14» 10 2022 г.

Согласовано:

1 Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«18» 10 2022 г.

Заведующий выпускающей кафедрой «Сельскохозяйственных машин»

Алдошин Н.В., д.т.н., профессор

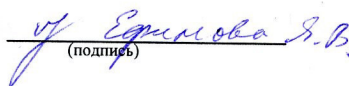
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«18» 10 2022 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

(подпись)



СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	9
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В 5 СЕМЕСТРЕ	9
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	13
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	21
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	27
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	30
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	30
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	30
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ	30
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	31
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	32
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	32
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	32
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	33
Виды и формы отработки пропущенных занятий	34
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	35

АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.12 «Теплотехника» для подготовки бакалавров по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия, направленности «Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов технической термодинамики и теории теплообмена, участвовать в проведении экспериментальных исследований с применением современных цифровых технологий и инструментов для выполнения производственно-технологической деятельности.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия, цикл Б1.О, дисциплина осваивается в 5 семестре.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2).

Краткое содержание дисциплины: Основные понятия и определения технической термодинамики. Уравнение состояния идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Исследование термодинамических процессов. Круговой процесс (цикл). Прямой и обратный циклы. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы ДВС. Термодинамический анализ работы компрессоров. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух.

Основные понятия и определения теории теплообмена. Теплопроводность. Уравнение теплопроводности Фурье. Конвективный теплообмен. Теплоотдача. Уравнение теплоотдачи Ньютона-Рихмана. Применение теории подобия для расчета конвективного теплообмена. Критериальные уравнения для случаев свободной и принудительной конвекции. Теплообмен излучением. Закон Стефана-Больцмана. Теплопередача. Уравнение теплопередачи. Теплообменные аппараты и основы их расчета. Применение теплоты в АПК. Отопление зданий и помещений. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Системы технологического теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение. Нетрадиционные источники энергии, вторичные энергоресурсы. Условия для разработки цифровых технологий в энергетике. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики

Общая трудоемкость дисциплины: 108 (3 зач. ед.)

Промежуточный контроль: экзамен

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Теплотехника» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов технической термодинамики и теории теплообмена, участвовать в проведении экспериментальных исследований с применением современных цифровых технологий и инструментов для выполнения производственно-технологической деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Дисциплина «Теплотехника» относится к базовой части блока Б1.О.12 учебного плана. Дисциплина «Теплотехника» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.03.06 – Агроинженерия, направленность «Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теплотехника», являются: математика (1 и 2 курс, 1, 2 и 3 семестры), физика (1 и 2 курс, 2, 3 и 4 семестры), химия (1 курс, 1 семестр), материаловедение и технология конструкционных материалов (1 и 2 курс, 2, 3 семестры), информатика и цифровые технологии (1 и 2 курс, 2, 3 семестры), начертательная геометрия и инженерная графика (1 курс, 1 и 2 семестры), сопротивление материалов (2 курс, 3 и 4 семестры).

Дисциплина «Теплотехника» является основополагающей изучения следующих дисциплин: «Электротехника и электроника», «Технология ремонта машин», «Эксплуатация машинно-тракторного парка» «Электропривод и электрооборудование», «Основы проектирования животноводческих предприятий».

Особенностью дисциплины является не только ее теоретическое, но и прикладное значение при подготовке бакалавров данного профиля.

Рабочая программа дисциплины «Теплотехника» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-2	способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач с применением современных цифровых технологий и инструментов.	- основные методы и приемы анализа проблем; - возможности Интернет-ресурсов и программных продуктов при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА LMS «Moodle»	ставить цель и определять выбор путей её достижения, применять полученные знания для определения, формулирования и решения теплотехнических задач при решении теплотехнических задач	- способностью систематизировать знания по технической термодинамике и теплообмену; - навыками поиска информации посредством электронных ресурсов Яндекс, Google; - навыками визуализации данных с применением Microsoft Power.
			УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений с применением современных цифровых технологий и инструментов.	- основные нормативные документы, применяемые при теплотехнических расчетах устройств, применяемых в отрасли; - возможности Интернет-ресурсов и программных продуктов при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА LMS «Moodle»	- использовать схемы и графики при решении теплотехнических задач, применять диаграммы водяного пара и влажного воздуха; - применять в коммуникационном процессе для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Z;oom, Битрикс24, Skype.	методикой выбора рабочих тел, методами анализа причин возникновения потерь при термодинамических процессах, методикой проведения типовых теплотехнических расчетов, методами интенсификации процессов теплообмена.
			УК-2.3 Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время с применением современных цифровых технологий и инструментов.	принципы действия и устройство теплоэнергетических установок и теплоиспользующих устройств	- выбирать основные теплотехнические устройства отрасли; - применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point.	- методикой выбора теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования; - навыками поиска информации посредством электронных ресурсов Яндекс, Google; - навыками визуализации данных с применением

			УК-2.4 Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта с применением современных цифровых технологий и инструментов.	способы использования компьютерных и информационных технологий в практической деятельности; технологии обработки, переработки и хранения различной информации (текста, электронных презентаций, электронных таблиц, баз данных).	обрабатывать текстовую графическую информацию, электронные таблицы, средства электронных презентаций, представлять информацию о результатах профессиональной деятельности в электронных документах и мультимедийных презентациях.	Microsoft Power. - приемами работы с офисным и другим программным обеспечением; - приемами работы со средствами компьютерной техники, основными методами информационных технологий и навыками представления информации различными способами для составления научных обзоров.
2.	ОПК-1	способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-1.1 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности	- основные законы термодинамики и теплообмена; - возможности Интернет-ресурсов и программных продуктов при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА LMS «Moodle»	- использовать основные законы термодинамики и тепломассообмена в расчетах; - применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point.	- навыками использования основных законов термодинамики и тепломассообмена в профессиональной деятельности; - навыками визуализации данных с применением Microsoft Power.
			ОПК-1.2 Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии с применением современных цифровых технологий и инструментов.	основы преобразования энергии, термодинамических процессов и циклов, свойств рабочих тел, используемых в сельскохозяйственном производстве.	- методы решения стандартных задач в агроинженерии; применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point.	- навыками проектирования технологических процессов с расчетом необходимого количества теплоты; - навыками визуализации данных с применением Microsoft Power.
			ОПК-1.3 Применяет информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач профессиональной деятельности с использованием современных цифровых технологий и инструментов.	обнаруживать необходимую для самостоятельного изучения научно-техническую и справочную литературу	использовать в качестве источников открытые информационные ресурсы, в том числе в сети Internet,	навыками работы с источниками информации; приемами поиска структурирования информации, в том числе и использованием компьютерных сетей
3.	ОПК-5	способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ОПК-5.1 Использует современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности с применением современных цифровых технологий и инструментов.	- методы, приемы, средства получения информации, методы и приемы систематизации информации; - возможности Интернет-ресурсов и программных продуктов при решении про-	- обобщать, анализировать и воспринимать информацию; - применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point.	- методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

				<p>фессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА LMS «Moodle».</p>		
			<p>ОПК-5.2 Под руководством специалиста более высокой квалификации участвует в проведении экспериментальных исследований процессов и испытаниях в профессиональной деятельности с применением современных цифровых технологий и инструментов.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - основные приемы обработки и представления результатов измерений; - возможности Интернет-ресурсов и программных продуктов при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА LMS «Moodle». 	<ul style="list-style-type: none"> - анализировать логику рассуждений и высказываний, проводить измерения теплофизических величин; - применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point. 	<ul style="list-style-type: none"> - методикой измерения теплофизических величин; - навыками поиска информации посредством электронных ресурсов Яндекс, Google; - навыками визуализации данных с применением Microsoft Power.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 5 семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ в 5 семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 5 семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час	семестр
		№5
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	52,4	52,4
Аудиторная работа	52,4	52,4
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	16	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	34	34
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	55,6	55,6
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	10	10
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям и т.д.)</i>	21	21
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6	24,6
Вид промежуточного контроля:	Экзамен	

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1 Техническая термодинамика	36	6		10		20
Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах	12,5	2		4		6,5
Тема 2. Термодинамические циклы. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров.	10,5	2		2		6,5
Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	13	2		4		7
Раздел 2 Основы теории теплообмена	33,6	4		16		13,6

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Тема 4. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи.	14,6	2		6		6,6
Тема 5. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	19	2		10		7
Раздел 3. Теплоэнергетические установки	12	2		2		8
Тема 6. Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки	12	2		2		8
Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве	24	4		6		14
Тема 7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.	24	4		6		14
Консультации перед экзаменом	2				2	
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
Всего за 5 семестр	108	16		34	2,4	55,6
Итого по дисциплине	108	16		34	2,4	55,6

Раздел 1 Техническая термодинамика

Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах.

Предмет технической термодинамики и ее методы. Термодинамическая система. Параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние. Уравнение состояния идеального газа. Теплота и работа как формы передачи энергии. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы (циклы). Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми, объемными и молярными долями. Понятие парциального давления и парциального объема компонента в смеси. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса и газовая постоянная смеси, формулы для их вычисления. Теплоемкость газовой смеси. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном объеме и постоянном давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкости.

Сущность первого закона термодинамики. Формулировка и аналитическое выражение первого закона термодинамики для закрытых систем. p - v и T - s диаграммы. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Выражение первого закона термодинамики для потока применительно к различным термодинамическим устройствам.

Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Политропные процессы. Основные характеристики политропных процессов. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный как частные случаи политропного процесса. Изображение этих процессов в $p-v$ и $T-s$ координатах. Ход политропного процесса в $p-v$ и $T-s$ координатах в зависимости от знака изменения внутренней энергии и теплоты.

Тема 2. Термодинамические циклы. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров.

Прямые и обратные круговые процессы (циклы). Термодинамические циклы тепловых и холодильных машин. Сущность и формулировки второго закона термодинамики применительно к тепловым и холодильным машинам. Термический КПД и холодильный коэффициент. Прямой и обратный обратимые циклы Карно и анализ их свойств. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе. Эксергия

Принцип действия поршневых ДВС. Допущения, принимаемые при формулировке понятие «идеальный цикл ДВС». Циклы с изохорным, изобарным и со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в $p-v$ и $T-s$ координатах. Энергетические характеристики и термические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС.

Определение компрессора. Классификация компрессоров и принцип их действия. Тепловые, динамические и объемные компрессоры. Одноступенчатый компрессор с изотермическим, адиабатным и политропным сжатием. Изображение в $p-v$ и $T-s$ координатах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. Мёртвое пространство и его влияние на работу компрессора. Многоступенчатый компрессор

Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов

Уравнения состояния реальных газов. Процесс парообразования: основные понятия и определения. Параметры состояния воды и водяного пара. $p-v$, $T-s$ и $h-s$ диаграммы водяного пара. Влажный воздух: основные параметры и определения. $H-d$ диаграмма влажного воздуха и изображение в ней основных процессов изменения параметров воздуха.

Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина на перегретом паре и его анализ. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в $p-v$, $T-s$ и $h-s$ диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикация. Теплофикационные циклы. Газопаровые и парогазовые циклы.

Общая характеристика холодильных установок. Холодильные агенты. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Принципиальная схема и термодинамический цикл газокompрессионной холодильной установки. Принципиальная схема и термодинамические циклы парокон-

прессионной холодильной установки. Понятие об абсорбционной и пароэжекторной холодильных установках. Тепловые насосы. Сущность термотрансформации, коэффициент преобразования теплоты.

Раздел 2 Основы теории теплообмена

Тема 4. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи

Формы распространения теплоты в пространстве. Основные понятия и определения теплообмена.

Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Коэффициент теплопроводности. Стационарная теплопроводность в однослойной и многослойной плоской, цилиндрической и шаровой стенках.

Основные положения теории подобия. Закон Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Критериальные уравнения. Определяемый и определяющие критерии подобия. Теплоотдача при свободном и вынужденном движении теплоносителя.

Тема 5. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета

Общие понятия и определения. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Защита от излучения. Излучение газов. Теплообмен излучением в топках и камерах сгорания.

Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Критический диаметр теплоизоляции цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции.

Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Средняя разность температур в рекуперативном теплообменнике. Тепловой расчёт рекуперативного теплообменника. Тепловой расчёт теплообменника смешения. Интенсификация теплообмена. Современные конструкции трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов.

Раздел 3 Теплоэнергетические установки

Тема 6. Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки

Теплогенераторы и электрические нагреватели воды. Теплогенераторы – воздухоподогреватели. Паровые и водяные нагреватели и нагревательные установки воздуха.

Классификация котельных установок, основные определения. Принципиальная схема паровой котельной установки. Тепловой и эксергетический балансы, КПД котельной установки. Полный и удельный расход топлива. Современные схемы котельных установок. Вспомогательные поверхности нагрева котлов. Водоподготовка. Тягодутьевое оборудование. Мероприятия по защите окружающей среды.

Раздел 4 Применение теплоты в сельском хозяйстве

Тема 7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.

Микроклимат помещений. Общая характеристика систем вентиляции. Расчёт требуемого расхода воздуха. Вентиляторы и их выбор. Кондиционирование. Тепловой баланс помещения. Тепловые потери помещения и тепловыделения в нём. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.

4.3 Лекции/лабораторные занятия

Таблица 4

Содержание лекций/лабораторного практикума и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Техническая термодинамика				16
	Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах	Лекция № 1 Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Политропные процессы.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 1 Определение теплоёмкости воздуха при постоянном давлении. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	защита лабораторных работ Power Point	2
		Лабораторная работа № 2 Исследование политропных процессов. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	защита лабораторных работ Power Point	2
	Тема 2. Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров.	Лекция № 2 Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 3 Исследование идеальных циклов. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	защита лабораторных работ Power Point	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Лекция № 3 Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 4 Исследование процессов в водяном паре. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
		Лабораторная работа № 5 Исследование процессов во влажном воздухе. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
2	Раздел 2. Основы теории теплообмена				20
	Тема 4. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи	Лекция № 4 Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Теплоотдача	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 6 Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	3
		Лабораторная работа № 7 Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point, тестирование №1	3
	Тема 5. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	Лекция № 5 Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 8 Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твердого тела. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
		Лабораторная работа № 9	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2,	защита лабо-	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе. Представление результатов в виде презентации.	УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	рабочих работ Power Point	
		Лабораторная работа № 10 Испытание пластинчатого теплообменника. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	3
		Лабораторная работа № 11 Испытание кожухотрубного теплообменника. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	3
3	Раздел 3. Теплоэнергетические установки				4
	Тема 6. Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки	Лекция № 6 Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 12 Испытание отопительно-вентиляционного агрегата СФО-20. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
4	Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве				10
	Тема 7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.	Лекция № 7 Системы вентиляции в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лекция № 8 Расчет систем вентиляции.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 13 Расчет вентиляции. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	4
		Лабораторная работа № 14 Расчет воздушных душей на базе тепловых завес.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2,	защита лабораторных работ Power	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Представление результатов в виде презентации.	ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Point, тестирование №2	

Содержание лекций/лабораторного практикума и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Техническая термодинамика				16
	Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах	Лекция № 1 Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Политропные процессы.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 1 Определение теплоёмкости воздуха при постоянном давлении. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	защита лабораторных работ Power Point	2
		Лабораторная работа № 2 Исследование политропных процессов. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	защита лабораторных работ Power Point	2
	Тема 2. Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров.	Лекция № 2 Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 3 Исследование идеальных циклов. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	защита лабораторных работ Power Point	2
	Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Лекция № 3 Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 4 Исследование процессов в водяном паре. Представление результатов в виде пре-	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-	защита лабораторных работ Power Point	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		зентации.	5.1, ОПК-5.2)		
		Лабораторная работа № 5 Исследование процессов во влажном воздухе. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
2	Раздел 2. Основы теории теплообмена				20
	Тема 4. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи	Лекция № 4 Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Теплоотдача	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 6 Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	3
		Лабораторная работа № 7 Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point, тестирование №1	3
	Тема 5. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	Лекция № 5 Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 8 Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твердого тела. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
		Лабораторная работа № 9 Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
		Лабораторная работа № 10 Испытание пластинчатого теплообменника. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	3

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Лабораторная работа № 11 Испытание кожухотрубного теплообменника. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	3
3	Раздел 3. Теплоэнергетические установки				4
	Тема 6. Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки	Лекция № 6 Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 12 Испытание отопительно-вентиляционного агрегата СФО-20. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	2
4	Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве				10
	Тема 7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.	Лекция № 7 Системы вентиляции в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лекция № 8 Расчет систем вентиляции.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 13 Расчет вентиляции. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point	4
		Лабораторная работа № 14 Расчет воздушных душей на базе тепловых завес. Представление результатов в виде презентации.	УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	защита лабораторных работ Power Point, тестирование №2	2

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1 Техническая термодинамика		
1.	Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах	Единицы измерения. Соотношения между массовыми, объемными и мольными долями смеси. Кажущаяся молярная масса и газовая постоянная смеси, формулы для их вычисления. Формулы и таблицы для определения средней теплоемкости. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный как частные случаи политропного процесса. Изображение этих процессов в p - v и T - s координатах. УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)
2.	Тема 2. Термодинамические циклы. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров	Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе. Одноступенчатый компрессор с изотермическим, адиабатным и политропным сжатием. Изображение в p - v и T - s координатах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)
3.	Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикация. Теплофикационные циклы. Газопаровые и парогазовые циклы. Сущность термотрансформации, коэффициент преобразования теплоты. УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)
Раздел 2 Основы теории теплообмена		
4.	Тема 4. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Стационарная теплопроводность в однослойной и многослойной шаровой стенках. Основные положения теории подобия. Критериальные уравнения. УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)
5.	Тема 5. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	Общие понятия и определения. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Защита от излучения. Излучение газов. Теплообмен излучением в топках и камерах сгорания. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции. Тепловой расчёт теплообменника смешения. УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)
Раздел 3. Теплоэнергетические установки		
6.	Тема 6. Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки	Полный и удельный расход топлива. Современные схемы котельных установок. Вспомогательные поверхности нагрева котлов. Водоподготовка. Тягодутьевое оборудование. Мероприятия по защите окру-

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		жающей среды. УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)
Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве		
7.	Тема 7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.	Микроклимат помещений. Расчёт требуемого расхода воздуха. Вентиляторы и их выбор. Тепловой баланс помещения. Тепловые потери помещения и тепловыделения в нём. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики. УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В основном применяется объяснительно-иллюстративная технология обучения, в случае вынужденного перехода на онлайн обучение применяются дистанционные образовательные технологии.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)	
1.	Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах	Л	Проблемная технология.
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод
2.	Тема 2. Термодинамические циклы. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод
3.	Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы турбинных установок. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Л	Проблемная технология.
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод
4.	Тема 4. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи	Л	Проблемная технология.
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод
5.	Тема 5. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
		расчета	ЛР
6.	Тема 6. Нагреватели воды и воздуха. Котельные установки	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод
7.	Тема 7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод

6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

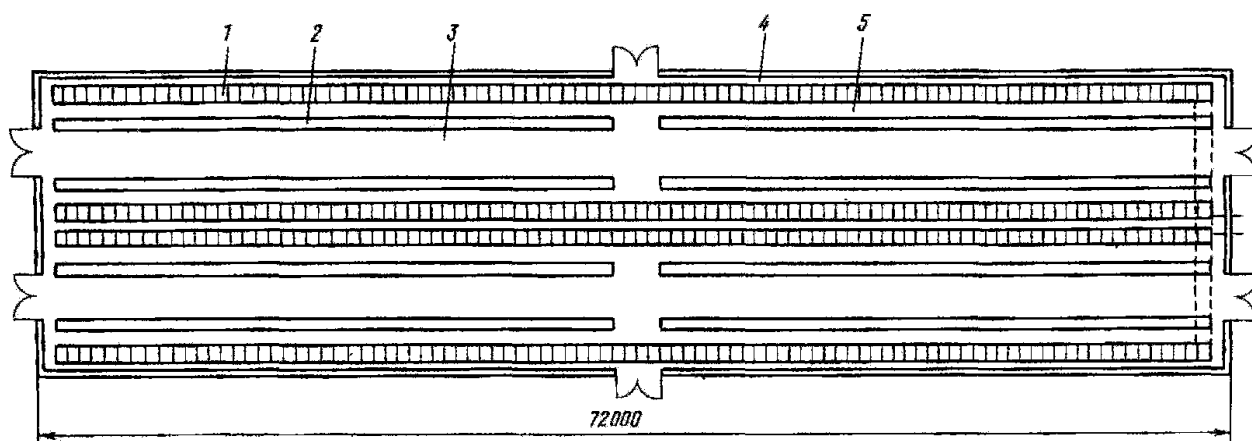
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

6.1.1. Расчетно-графическая работа (РГР)

Задание на расчетно-графическую работу выдаются на 2 - 3 неделях учебного семестра. Расчетно-графическая работа включает в себя расчёт калориферной установки, обеспечивающую поддержание требуемого микроклимата в заданном помещении. Формируемые при выполнении РГР компетенции: УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2). Контроль над выполнением расчетной работы осуществляется ее проверкой с индивидуальным опросом. Пример условия одного из типовых вариантов расчетно-графической работы приведен ниже.

РГР выполняется в следующей последовательности:

1. Расчет теплового баланса помещения.
2. Определение избыточной теплоты.
3. Определение общих влаговыделений в помещении.
4. Расчет углового коэффициента тепловлагообмена.
5. Определение температуры приточного воздуха с помощью H,d – диаграммы влажного воздуха.
6. Подбор калорифер по расходу воздуха и требуемой тепловой мощности.
7. Расчет гидравлического сопротивления системы вентиляции.
8. Выбор вентилятора



- 1 – чугунные решетки;
- 2 – кормушки;
- 3 – кормовой проход;
- 4 – навозный проход;
- 5 – стойла;
- 6 – вытяжная шахта;
- 7 – навозный канал;
- 8 – разделители стоек

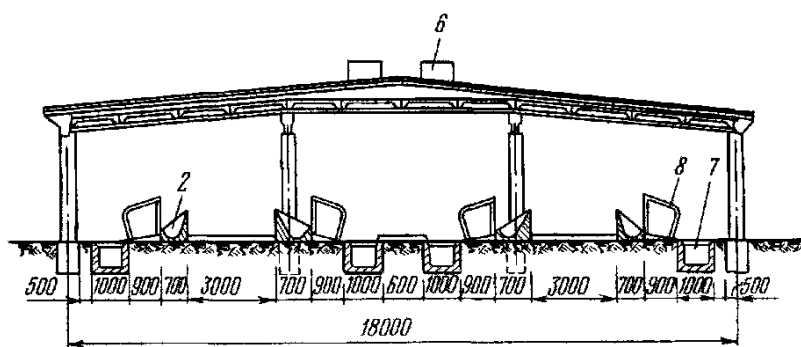


Рис. 1. Здание для откорма КРС на 320 голов.

Стены наружные: из керамзитобетона (0,36 м); штукатурка цементно-песчаная внутренняя и наружная (15 мм). Полы: асфальт (25 мм), керамзитобетон (0,08 м). Перекрытие: керамзитобетонные плиты (0,12 м); пароизоляция – слой рубероида (1,5 мм) на битумной мастике (4 мм); утеплитель - вата минеральная (0,09 м); выравнивающий слой цементно-песчаный раствор (0,02 м); сверху - покрытие из рубероида в два слоя толщиной (1,5 мм), причем каждый из слоев на битумной мастике (4 мм). На каждой из продольных стен расположено 50 окон размером 0.6x0.8 (двойные, металлический переплет), а на каждой из торцовых стен - по 2 воротам размером 2.4x2 (деревянные, двойные) и 2 окна размером 0.6x0.8 (двойные, металлический переплет). Уборка навоза - транспортерами. Поилки – ПА-1. Установленная мощность для привода электродвигателей $N_{уст} = 180$ кВт

6.1.2. Текущее тестирование.

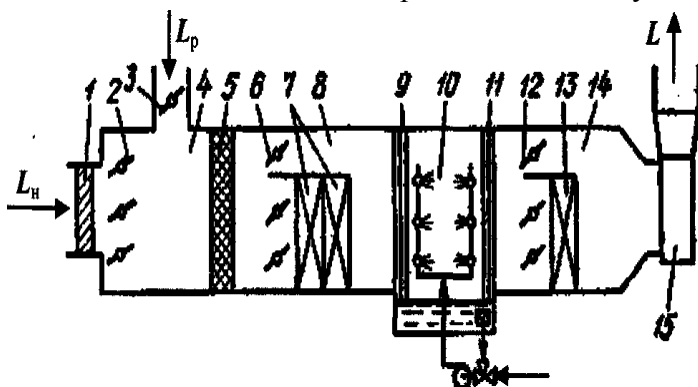
Необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала и предполагает проведение двух тестирований. Каждый тест состоит из 16 вопросов и содержит 25 вариантов. Тестирование производится письменно на 8 и 15 неделях учебного семестра. Выдержка из примерного билета тестового задания представлена ниже. Формируемые компетенции: УК-2 (УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4); ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2).

Техническая термодинамика Вариант №1

- 1.1. Температура влажного воздуха $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 20% . Определить парциальное давление водяного пара.
- 1.2. Как называется процесс протекающий при постоянной теплоемкости?
 1. адиабатный;
 2. изобарный;
 3. изотермический;
 4. изохорный;
 5. политропный

Основы теории теплообмена. Применение теплоты в сельском хозяйстве Вариант №1

- 2.1. Конвекция возможна:
 1. в жидкости;
 2. в газе;
 3. в твердом теле;
 4. в вакууме
- 2.2. Какие элементы кондиционера очищают воздух? Обведите номера элементов.



- 2.3. Чему равен коэффициент теплоотдачи, если коэффициент теплопроводности $0,03\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, число Нуссельта 200 , диаметр трубы, омываемой средой, 3 см ?

6.1.3. Выполнение и защита лабораторных работ.

Лабораторные работы (ЛР) направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Теплотехника». В результате студент должен знать основные положения законов термодинамики и тепло-массообмена, составляющие основу расчета теплотехнических систем; устройство и принцип действия теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования; уметь применять средства измерения основных теплофизических параметров; использовать нормативные и справочные документы; применять полученные знания и навыки при изучении специальных дисциплин; владеть методами расчета и подбора систем теплоснабжения; навыками выполнения исследований, обработки и анализа их результатов. В курсе «Теплотехника» предполагается выполнение 14 лабораторных работ.

Для допуска к лабораторной работе студент должен представить составленный им в тетради краткий конспект лабораторной работы. Текущий контроль лабораторных отчетов и материалов изучаемой дисциплины осуществляется в виде защиты лабораторных работ. Отчет по лабораторной работе представляется с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 5 «Исследование процессов во влажном воздухе»

- 1 Перечислите основные параметры, определяющие состояние влажного воздуха.
- 2 Дайте определение абсолютной и относительной влажности воздуха, влажгосодержания.
- 3 Объясните значение линий 12 и 23 на H, d - диаграмме.
- 4 Какие параметры измеряются, и какие рассчитываются в данной лабораторной работе?
- 5 Как определить давление водяного пара p_n по H, d - диаграмме?

6.1.4. Перечень вопросов к экзамену по дисциплине

Раздел 1. Техническая термодинамика:

- 1.1. Основные понятия и определения технической термодинамики. Параметры состояния.
- 1.2. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева и его анализ.
- 1.3. Теплоемкость. Теплоемкость газов. Массовая, объемная и молярная теплоемкость; взаимосвязь между ними.
- 1.4. Внутренняя энергия и энтальпия. Формулы для вычисления изменения внутренней энергии и энтальпии идеального газа.
- 1.5. Газовые смеси. Способы задания состава смеси. Расчет основных параметров.
- 1.6. Теплоемкость газовой смеси, заданной массовыми, объемными или мольными долями.
- 1.7. Формулировка и математическое выражение 1-го закона термодинамики для закрытых систем.
- 1.8. Исследование изохорного термодинамического процесса.
- 1.9. Исследование изобарного термодинамического процесса.
- 1.10. Исследование изотермического процесса.
- 1.11. Исследование адиабатного процесса.
- 1.12. Политропный термодинамический процесс. Теплоемкость газа в политропном процессе.
- 1.13. Анализ политропных процессов в зависимости от знаков q и ΔU .
- 1.14. Прямой и обратный термодинамические циклы. Термический КПД. Холодильный коэффициент.

- 1.15. Физическая сущность 2-го закона термодинамики на примере тепловых и холодильных машин.
- 1.16. Понятие энтропии. Формулы для вычисления изменения энтропии.
- 1.17. Прямой и обратный обратимые циклы Карно.
- 1.18. Идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $V = \text{const}$.
- 1.19. Идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $P = \text{const}$.
- 1.20. Идеальный цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
- 1.21. Графоаналитическое сравнение идеальных циклов ДВС.
- 1.22. Термодинамический анализ работы компрессора. Работа компрессора при изотермическом, адиабатном и политропном сжатии.
- 1.23. Мёртвое пространство и его влияние на работу компрессора. Многоступенчатый компрессор.
- 1.24. Реальные газы и пары. Уравнения состояния реальных газов.
- 1.25. Водяной пар и его состояния. Тройная точка. P - v , T - s и h - s диаграммы водяного пара.
- 1.26. Формулы для вычисления параметров состояния воды, влажного, насыщенного и перегретого водяного пара.
- 1.27. Паросиловая установка. Термодинамический анализ работы ПСУ, работающей по циклу Карно и циклам Ренкина на насыщенном и перегретом паре.
- 1.28. Влажный воздух: основные понятия и определения. Взаимосвязь между относительной влажностью и влагосодержанием влажного воздуха.
- 1.29. h , d - диаграмма влажного воздуха. Температура точки росы и температура мокрого термометра. Изображение в h , d - диаграмме процессов нагрева, охлаждения воздуха, смешения двух потоков воздуха.
- 1.30. Принципиальная схема и термодинамический анализ работы газокompрессионной холодильной машины.
- 1.31. Холодильные агенты, применяемые в парокompрессионных холодильных машинах и их анализ.
- 1.32. Принципиальная схема и термодинамические циклы парокompрессионной холодильной установки.
- 1.33. Абсорбционные холодильные установки.
- 1.34. Пароэжекторные холодильные установки.
- 1.35. Тепловые насосы. Коэффициент преобразования теплоты.

Раздел 2. Основы теории теплообмена:

- 2.1. Основные понятия и определения теплообмена.
- 2.2. Способы распространения теплоты в пространстве.
- 2.3. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность в газах, жидкостях, твердых телах.
- 2.4. Стационарная теплопроводность через однослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление стенки.
- 2.5. Стационарная теплопроводность через многослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление стенки.
- 2.6. Стационарная теплопроводность через однослойную цилиндрическую, стенку. Линейная плотность теплового потока. Термическое сопротивление

- ние стенки.
- 2.7. Стационарная теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Линейная плотность теплового потока. Термическое сопротивление стенки.
 - 2.8. Конвективный теплообмен. Уравнение теплоотдачи Ньютона. Термическое сопротивление.
 - 2.9. Теплоотдача при свободном движении жидкости.
 - 2.10. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости.
 - 2.11. Основы теории подобия. Критериальные уравнения. Определяемый и определяющие критерии подобия.
 - 2.12. Тепловое излучение. Законы теплового излучения.
 - 2.13. Теплопередача через однослойную плоскую стенку. Общее термическое сопротивление.
 - 2.14. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Общее термическое сопротивление.
 - 2.15. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейное термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки.
 - 2.16. Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейное термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки.
 - 2.17. Критический диаметр теплоизоляции цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции.
 - 2.18. Классификация теплообменных аппаратов.
 - 2.19. Рекуперативные теплообменные аппараты. Принцип действия. Конструкции. Область применения.
 - 2.20. Регенеративные теплообменные аппараты. Принцип действия. Конструкции. Область применения.
 - 2.21. Смесительные теплообменные аппараты. Принцип действия. Конструкции. Область применения.
 - 2.22. Тепловой расчёт рекуперативного теплообменника.
 - 2.23. Тепловая изоляция теплообменных аппаратов
 - 2.24. Средняя разность температур рекуперативного теплообменного аппарата при прямотоке, противотоке и перекрестном токе. Преимущества и недостатки противотока и прямотока.
 - 2.25. Способы интенсификации теплообмена в теплообменном аппарате.

Раздел 3. Теплоэнергетические установки

- 3.1. Классификация нагревателей воздуха.
- 3.2. Классификация нагревателей воды.
- 3.3. Классификация теплоносителей.
- 3.4. Котельные установки. Классификация и устройство паровых и водогрейных котлов. Основы теплового расчета котельных агрегатов.
- 3.5. Меры по повышению эффективности использования тепловой энергии в котельных установках.
- 3.6. Деаэраторы.

3.7. Тепловой баланс и КПД котельного агрегата. Теплоносители. Расход топлива, удельный расход топлива. Мероприятия по защите окружающей среды при эксплуатации котельных установок.

Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве

- 4.1. Вентиляция жилых, коммунально-бытовых и производственных помещений. Классификация.
- 4.2. Нормативная литература для расчета систем вентиляции.
- 4.3. Тепловой баланс административного помещения (точный расчет).
- 4.4. Тепловой баланс животноводческого помещения (точный расчет).
- 4.5. Определение расхода приточного воздуха по удалению избыточной влаги.
- 4.6. Определение расхода приточного воздуха по удалению вредных веществ из помещения (углекислого газа).
- 4.7. Сравнительный анализ естественной и механической вентиляции.
- 4.8. Определение расхода приточного воздуха по удалению избыточной теплоты.
- 4.9. Определение расхода приточного воздуха по нормативным данным.
- 4.10. Определение тепловых потерь по нормативным данным.
- 4.11. Особенности расчета тепловых потерь полов на грунте.
- 4.12. Вентиляторы. Классификация. Устройство. Область применения.
- 4.13. Выбор калорифера для нагрева приточного воздуха.
- 4.14. Расчет и выбор вентиляционного оборудования.
- 4.15. Характеристика вредных выделений (теплоты, влаги, газов, пыли и др.). Аналитический расчет воздухообмена.
- 4.16. Расчет и выбор температуры приточного воздуха с использованием N, d – диаграммы.
- 4.17. Общая характеристика систем вентиляции. Расчет требуемого расхода воздуха.
- 4.18. Кондиционирование. Принцип работы и классификация кондиционеров.
- 4.19. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценка текущей работы и промежуточный контроль студентов осуществляется на основе традиционной системы контроля и оценки успеваемости. Традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов представлена критериями выставления оценок по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

6.2.1. Критерии оценки выполнения тестов:

Текущее тестирование (письменное) производится на 8 и 15 неделях учебного семестра. Каждый тест состоит из 16 вопросов и содержит 25 вариантов. Критерии оценивания:

- правильные ответы на 7 и менее заданий – «неудовлетворительно»,
- правильные ответы на 8 – 10 заданий – «удовлетворительно»,
- правильные ответы на 11 – 13 заданий – «хорошо»,

➤ правильные ответы на 14 – 16 заданий – «отлично».

Основаниями для снижения оценки на 1 балл являются: отсутствие обоснования выбранного ответа, неполный ответ; небрежное выполнение, ошибки в обозначениях и т.п.

6.2.2. Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ:

К защите лабораторной работы представляется отчет с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимых расчетных формул, обозначений и т.п.; отсутствия необходимого графического материала; некорректной обработки результатов измерений.

В случае получения при защите лабораторной работы неудовлетворительной оценки, работа подлежит повторной защите.

Таблица 7

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; правильно формулирует основные законы теплотехники; знает и применяет основные формулы и расчетные зависимости по теме лабораторной работы.
Средний уровень «4» (хорошо)	«хорошо» – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или опiski, что в целом не вызывает сомнений в освоении темы лабораторной работы.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания темы работы без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности, однако умеет применять знания и умения по теме работы
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания материала лабораторной работы; допускает существенные ошибки в изложении материала; не умеет выделить главное и сделать выводы.

6.2.3. Критерии оценки выполнения расчетно-графической работы (РГР)

Студенты самостоятельно выполняют РГР и представляют ее в печатном виде на листах формата А4. Расчетно-графическая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимого графического материала или отсутствие в графическом материале необходимых обозначений (теплового потока, температуры, расстояния, площади и т.д.), используемых в расчете; некорректной обработки результатов расчетов. Выполнение РГР является обязательным элементом, влияющим на допуск, к сдаче экзамена по дисциплине. При получении неудовлетворительной оценки по расчетно-графической работе она подлежит исправлению и повторной сдаче.

Критерии оценивания расчетно-графической работы

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5»	«отлично» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи.
Средний уровень «4»	«хорошо» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи, но в решении имеются незначительные ошибки и неточности.
Пороговый уровень «3»	«удовлетворительно» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; однако в решении имеются ошибки и неточности, отсутствует пояснения методики решения, небрежное оформление работы.
Минимальный уровень «2»	«неудовлетворительно» – студент не выполнил РГР.

6.2.4. Критерии оценивания промежуточного контроля

К экзамену допускается студент, полностью выполнивший все виды учебной и самостоятельной работы.

Экзамен проводится в устной форме в виде доклада студента по каждому экзаменационному вопросу с представлением на листе ответа: уравнений, формул, расчетных схем, графиков и т.п. и ответов (если потребуется) на дополнительные вопросы преподавателя.

Качество освоения дисциплины, уровень сформированности заявленных общекультурных и профессиональных компетенций, знания и умения студента оцениваются в соответствии с традиционной технологией:

Критерии оценивания результатов промежуточного контроля

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; правильно формулирует основные законы теплотехники; знает и применяет основные формулы и расчетные зависимости; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий
Средний уровень «4» (хорошо)	«хорошо» – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или описки, что в целом не вызывает сомнений в освоении дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания дисциплины без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности и затрудняется в теоретических выводах, однако умеет

	<p>применять знания и умения в практических работах, владеет навыками работы со справочной и учебной литературой, умеет пользоваться нормативными документами.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</p>
<p>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</p>	<p>«неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания дисциплины; допускает существенные ошибки в изложении материала; практические навыки не сформированы; не умеет выделить главное и сделать выводы.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Рудобашта С.П. Теплотехника. – М.: Издательство «Перо», 2015. 665 с
2. Рудобашта, С.П., Бабичева, Е.Л., Канатников, Ю.А. Теплотехника. Практикум.— Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 114 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo313.pdf>.

7.2 Дополнительная литература

1. Александров А.А., Григорьев, Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. — М.: МЭИ. 1999. - 164 с.
2. Андрианова, Т.Н. Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 356 с.
3. Бабичева, Е.Л., Канатников, Ю.А. Техническая термодинамика. Задания для контрольной работы. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 64 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo310.pdf>.
4. Малин, Н. И.. Энергосбережение в теплотехнологиях АПК: учебно-методическое пособие / Н. И. Малин; М.: РГАУ-ТСХА.— Москва: Росинформагротех, 2018 — 123 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/t0156.pdf>.
5. Осмонов, О. М. Нетрадиционные возобновляемые источники.— Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015 — 102 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/185.pdf>.
6. Рудобашта, С.П., Бабичева, Е.Л. Основы теплообмена. Учебное издание. – М.: РГАУ-ТСХА, 2016. – 43 с.
7. Рудобашта, С.П., Бабичева, Е.Л. Теплоснабжение животноводческих помещений: учебное пособие. Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019 — 150 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo386.pdf>.
8. Рудобашта, С.П., Бабичева, Е.Л. Термодинамический расчет идеальных циклов тепловых машин: методические указания;— Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 48 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo111.pdf>

9. Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену [Текст] : учебное пособие / Ф. Ф. Цветков, Р.В. Керимов Р.В., В.И. Величко - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Изд. дом МЭИ, 2008. - 195 с.

7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Дата актуализации: 01.01.2019.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
3. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. – М.: 2019.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. – М.: 2012.
5. СП 60.13330.2016. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: 2017.
6. СП 106.13330.2012. Свод правил. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения. – М.: 2014.

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Методические указания к лабораторной работе «Определение теплоёмкости воздуха при постоянном давлении» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.).
2. Методические указания к лабораторной работе «Определение показателя адиабаты для воздуха» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.).
3. Методические указания к лабораторной работе «Исследование процессов во влажном воздухе» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.).
4. Методические указания к расчёту идеальных циклов тепловых машин (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л.).
5. Методические указания к лабораторной работе «Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.).
6. Методические указания к лабораторной работе «Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.)
7. Методические указания к лабораторной работе «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе» (Рудобашта С.П., Канатников Ю.А.)
8. Методические указания к лабораторной работе «Испытание пластинчатого теплообменника» (Рудобашта С.П.).
9. Методические указания к лабораторной работе «Испытание кожухотрубного теплообменника» (Рудобашта С.П.).
10. Методические указания к лабораторной работе «Испытание отопительно-вентиляционного агрегата СФО-20» (Ильяхин М.С., Бабичева Е.Л.)
11. Методические указания для студентов при изучении учебной дисциплины (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л.)

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. <http://regomet.ru/> ОАО "Глазовский завод Металлист" производитель калориферов КСк (открытый доступ).
2. <http://www.topclimat.ru> ОАО "Мовен" производитель радиальных вентиляторов ВР 86-77 (открытый доступ).
3. <http://voztech.ru> ОАО «Воздухотехника» производитель радиальных вентиляторов (открытый доступ).
4. <http://rucont.ru> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).
5. <http://www2.viniti.ru> Базы данных ВИНТИ РАН (открытый доступ).
6. <http://www.techgidravlika.ru> Информационно-справочная система (открытый доступ).
7. <http://znanium.com/> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).
8. <http://e.lanbook.com/> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).

9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Таблица 10

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Разделы 1-4	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021

10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Таблица 11

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы, № аудитории	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Учебный корпус № 24, аудитории 201, 214, 314	1 Доска аудиторная 3-х элементная (Инв.№ 210136000003573) 2 Экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938) 3 Комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка, проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798) 4 Компьютер "Абакус" (Инв.№ 410134000001484)
Учебный корпус № 24, аудитории 201, 214, 314	1 Доска школьная (Инв.№ 210136000004868) 2 Экран настенный Projecta SlimScreen (Инв.№ 210134000002855) 3 Лабораторная установка для исследования тепло-

	емкости (Инв.№ 210134000002081) 4 Лабораторная установка для определения .теплоемкостей (Инв.№ 210134000002082) 5 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001548) 6 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001549) 7 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001550) Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001551) Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001552)
Учебный корпус № 24, аудитории 201, 214, 314	1 Тепловая завеса КЕН-37В (Инв.№ 210134000002255) 2 Теплообменник (Инв.№ 410134000001780) 3 Измеритель температуры ИТ-4503 (Инв.№ 410134000002535) 4 Электроводонагреватель (Инв.№ 410134600002726) 5 Водонагреватель проточ.-накоп. Etalon МК 15 комби (Инв.№ 210136000006685) 6 Теплогенератор ТГ-1,5 (Инв.№ 410134000001866) 7 Котел Д-900-14 (Инв.№ 410134000001421) 8 Компрессор BRAVO 402 М (Инв.№ 210134000002505) 9 Калорифер (Инв.№ 210136000003596) 10 Доска школьная (Инв.№ 210136000004869) 11 Вентилятор ВЦ 14-46-3,15 ПрО (1,5*1500) (Инв.№ 210134000002586) 12 Бак расширительный отопления (Инв.№ 210136000004732)
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова. Читальные залы библиотеки	
Общежитие № 4,5,8,11. Комнаты для самоподготовки	

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Содержание изучаемого материала дисциплины приведены в рабочей учебной программе. Для успешного изучения студентам рекомендуется пользоваться учебниками и учебно-методическими пособиями из библиотечного фонда университета, а также методическими пособиями по выполнению лабораторных работ, хранящимися на кафедре.

Студентам необходимо:

- ❖ внимательно ознакомиться с содержанием тематического плана, вывешиваемого на кафедре, приводимом в нём списком рекомендуемой литературы, приобрести в библиотеке университета требующиеся учебники и учебные пособия;
- ❖ получить консультацию у преподавателей кафедры, ведущих дисциплину «Теплотехника», по всем возникающим учебно-методическим вопросам;
- ❖ используя методические пособия, строго по темам дисциплины приступить к изучению рекомендуемой литературы;
- ❖ прорабатывать каждую тему сразу после её прочтения на лекции;
- ❖ РГР выполнять после изложения соответствующих тем;

- ❖ при РГР ответить на предлагаемые преподавателем вопросы по теме контрольной работы;
- ❖ перед выполнением лабораторных работ ознакомиться с методическими указаниями по их выполнению;
- ❖ для допуска к экзамену студенту необходимо выполнить все лабораторные работы, а также выполнить весь объем самостоятельной индивидуальной работы, защитить выполненные РГР, при подготовке к экзамену руководствоваться вопросами, приведенными в разделе 6.2 данной рабочей программы.

В конспекте лекций следует избегать подробной записи. Конспект не должен превращаться в единственный источник информации, а должен подводить студента к самостоятельному обдумыванию материала, к работе с учебной книгой. Независимо от того, есть учебник или нет, лекции записывать необходимо.

Последующая работа над лекцией заключается в повторении ее содержания по конспекту (а еще лучше с привлечением дополнительных источников) вскоре после ее прослушивания, т.к. забывание материала, воспринятого любым способом идет особенно интенсивно сразу же после восприятия.

Оформление лабораторных работ должно быть максимально приближено к уровню, на котором ведется экспериментальная научно-исследовательская работа в конкретной предметной области.

При подготовке к лабораторной работе студент должен изучить рекомендованный к данной теме материал по учебнику и лабораторному практикуму, подготовить отчет, который должен содержать наименование работы, цель работы, схемы рассматриваемой установки с указанием контрольно-измерительных приборов, расчетных формул, таблицы для записи опытных данных. На лабораторных занятиях студент обязан обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты.

Более подробно методические рекомендации рассмотрены в методических указаниях для студентов (п. 7.4)

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему (раздел), предоставить преподавателю конспект пропущенной лекции и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме лекции.

Пропущенные лабораторные работы должны быть выполнены, время выполнения назначается преподавателем. Перед отработкой лабораторной работы студент самостоятельно изучает теоретический материал по теме работы, порядок ее проведения и методику обработки опытных данных. Данные полученные при выполнении пропущенной лабораторной работы заносит в заранее подготовленный отчет. После обработки опытных данных оформленный должным образом отчет о выполнении лабораторной работы предоставляется ведущему преподавателю для защиты.

12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

12.1. Методические рекомендации для чтения лекций

Наилучшей формой организации обучения дисциплине «Теплотехника» представляется такая, при которой все виды учебных занятий (лекция, лабораторные занятия, расчетно-графические работы) образуют единый взаимосвязанный учебный процесс. Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.

Объем читаемых лекций определяется рабочей программой дисциплины. При условии своевременного закрепления лекционного материала на групповых занятиях и в процессе выполнения домашних заданий студенты являются на очередные лекции достаточно подготовленными для их прослушивания и усвоения.

Во время лекций демонстрация слайдов или презентаций является предпочтительнее. Применение слайдов и презентаций требует тщательной работы, по методическому обеспечению таких занятий: отбор необходимых фрагментов фильмов и слайдов, подбор иллюстраций и чертежей, проверка качества их демонстрации, затрачиваемого времени и т.д. Планируемый к изложению в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируется техническими средствами обучения. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

12.2. Методические указания для проведения лабораторных занятий

Лабораторные работы имеют целью обучить студентов методам экспериментальных исследований, привить навыки анализа и обработки полученных данных при работе с лабораторным оборудованием, вычислительной техники. На лабораторных работах закрепляется теоретический материал, полученный при изучении основных вопросов данной дисциплины.

В начале лабораторной работы преподаватель должен определить его цель, указать взаимосвязь занятия с разделами основного содержания дисциплины, проверить готовность студентов для выполнения данной работы. При подготовке к лабораторной работе студент должен изучить рекомендованный к данной теме материал по учебнику и лабораторному практикуму, подготовить отчет, который должен содержать наименование работы, цель работы, схемы рассматриваемой электрической цепи с указанием контрольно-измерительных приборов, расчетных формул, таблицы для записи опытных данных.

При достаточной технической оснащенности учебной лаборатории кафедры студенты выполняют лабораторную работу, предварительно разбившись по «бригадам», включающим в себя по 4 – 5 студентов. Если же нет такой технической возможности, то лабораторная работа выполняется сразу всей под-

группой или $\frac{1}{2}$ подгруппы. При этом преподаватель распределяет между студентами обязанности по выполнению лабораторной работы, стараясь задействовать в работе как можно больше студентов.

Перед проведением лабораторной работы преподаватель или ассистирующий ему инженер (лаборант) учебной лаборатории проводит инструктаж по технике безопасности.

Преподаватель обязан следить за ходом ее выполнения на каждом рабочем месте, за соблюдением правил техники безопасности, консультировать студентов по возникающим у них вопросам, помогать, в выполнении работы.

По окончании лабораторного занятия преподаватель должен познакомиться с результатами, полученными в ходе выполнения студентами работы.

Все лабораторные работы должны быть оформлены в отдельном «Журнале для лабораторных работ». Это может быть отдельная тетрадь, в которой студент на основе методических рекомендаций для проведения лабораторной работы, разработанных кафедрой, готовит свой персональный конспект, либо отдельный разработанный и изданный кафедрой макет конспекта лабораторной работы.

После снятия опытных данных студенты обрабатывают результаты эксперимента, строят графики (если они предусмотрены в работе), делают выводы по работе.

Окончательно оформленные отчеты по лабораторным работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя. Это позволяет студентам еще раз повторить и осмыслить пройденный материал, а преподавателю оценить степень усвоения пройденного студентами материала.

12.3. Методические указания для проведения текущего тестирования

Текущее тестирование целесообразно проводить 2 раза в течение семестра. С его помощью проверяется усвоение студентами материала, пройденного за 6-8 недель. Эта проверка должна быть достаточно глубокой с тем, чтобы одновременно служить подготовкой к предстоящему экзамену.

Должно быть разработано несколько вариантов тестовых заданий с тем, чтобы близко сидящие студенты имели разные варианты.

Неудовлетворительно написанное тестирование переписываются студентами повторно по другому варианту. Важным методическим требованием при проведении тестирования является своевременное ознакомление студентов с допущенными в нем ошибками.

Программу разработал:

Осмонов О.М., д.т.н., профессор _____
(подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.13 «Теплотехника»
ОПОП ВО по направлению 35.03.06 «Агроинженерия»,
направленность «Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» (квалификация выпускника – бакалавр)

Стушкиной Наталией Алексеевной, зав. кафедрой Электроснабжение и электротехника имени академика И.А.Будзко ФГБОУ ВО г. Москвы «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Теплотехника» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 – «Агроинженерия», направленность «Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий (разработчик – Осмонов Орозмамат Мамасалиевич, д.т.н., профессор кафедры ТГ и ЭОП).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Теплотехника» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 35.03.06 – «Агроинженерия». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.О.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 35.03.06 – «Агроинженерия»

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Теплотехника» закреплены 3 **компетенции**. Дисциплина «Теплотехника» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Теплотехника» составляет 3 зачётных единицы (108 часов/из них практическая подготовка 0).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Теплотехника» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.03.06 – «Агроинженерия» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Теплотехника» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 35.03.06 – «Агроинженерия».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (выполнение и защита лабораторных работ, опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления, участие в тестировании, выполнение расчетно-графической работы и аудиторных заданиях - работа с технической литературой), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины

ны обязательной части учебного цикла – Б1.О ФГОС ВО направления **35.03.06 – «Агроинженерия»**.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 9 наименований, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 8 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **35.03.06 – «Агроинженерия»**.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины **«Теплотехника»** и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине **«Теплотехника»**.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины **«Теплотехника»** ОПОП ВО по направлению **35.03.06 – «Агроинженерия»**, направленность **«Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»** (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Осмоновым О.М., д.т.н., профессором кафедры ТГ и ЭОП соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций (индикаторов достижения компетенции).

Рецензент: Стушкина Наталия Алексеевна, зав. кафедрой Электроснабжение и электротехника имени академика И.А.Будзко ФГБОУ ВО г. Москвы «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат технических наук _____ «14» _____ 2021 г.
(подпись)