

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце: МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФИО: Арженовский Алексей Григорьевич
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕДЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячина

Дата подписания: 19.12.2025 16:02:22

Уникальный программный ключ:

3097683b58557fe8e27027e8e64c5f15ba3ab904

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕДЖДЕНИЕ 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. Горячина
Кафедра электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячина



А.Г. Арженовский

2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.39 ТЕПЛОТЕХНИКА

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Направленность: Электроснабжение

Курс 3

Семестр 6

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчики: Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«16» июня 2025 г.

Федоренко Е.А., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«16» июня 2025 г.

Рецензент: Андреев С.А., д.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«16» июня 2025 г.

Программа обсуждена на заседании кафедры электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко, протокол № 17 от «16» июня 2025 г.

И.о. зав. кафедрой Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«16» июня 2025 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической

комиссии института механики и энергетики

имени В.П. Горячина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Протокол № 5 от «20» июня 2025 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой «Электроснабжение и теплоэнергетика имени академика И.А. Будзко»

Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«16» июня 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

Михаил Сергеевич А. А.

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	11
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В 6 СЕМЕСТРЕ	11
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	11
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	15
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	20
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	23
6.1 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	23
6.1.1 Выполнение и защита лабораторных работ.....	23
6.1.2 Выполнение и защита практических работ.....	26
6.1.3 Выполнение и защита индивидуальных задач	28
6.1.4 Текущее тестирование	31
6.1.5 Расчетно-графическая работа (РГР)	35
6.1.5 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	38
6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания	41
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	43
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	43
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	43
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ	44
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	44
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	45
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	45
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	45
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	46
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	47
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	48
12.1 Методические рекомендации для чтения лекций	48
12.2 Методические указания для проведения лабораторных занятий	48
12.3 Методические указания для проведения практических занятий.....	49
12.4 Методические указания для проведения текущего тестирования	50

Аннотация

**рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.39 «Теплотехника» для подготовки бакалавров по направлению подготовки
13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника,
направленности Электроснабжение**

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих применение основ технической термодинамики и теории теплообмена, соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; определять параметры технологического оборудования с применением современных цифровых технологий и инструментов, официальных интернет-сайтов для выполнения технологической и эксплуатационной видов профессиональной деятельности.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, цикл Б1.О, дисциплина осваивается в 6 семестре.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): УК-1 (УК-1.2); ОПК-3 (ОПК-3.5).

Краткое содержание дисциплины: Основные понятия и определения технической термодинамики. Уравнение состояния идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Круговой процесс (цикл). Прямой и обратный циклы. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы ДВС, циклы Ренкина, Брайтона. Термодинамический анализ работы компрессоров. Реальные газы и пары. 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. Определяющие и определяемые критерии подобия. 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. Горячее водоснабжение. 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: 3 зачетные единицы (108 часов).

Итоговый контроль: зачет с оценкой, расчетно-графическая работа.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Теплотехника» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих применение основ технической термодинамики и теории теплообмена, соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; определять параметры технологического оборудования с применением современных цифровых технологий и инструментов, официальных интернет-сайтов для выполнения технологической и эксплуатационной видов профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Дисциплина «Теплотехника» дисциплина включена в обязательную часть учебного плана, блока Б1.О. Дисциплина «Теплотехника» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность «Электроснабжение».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теплотехника», являются: «Теоретическая механика» (2 курс, 3 семестр); «Основы электротехники» (2 курс, 3 семестр); «Автоматика» (2 курс, 4 семестр); «Теоретические основы электротехники» (2 курс, 4 семестр); «Монтаж электрооборудования» (2 курс, 4 семестр).

Дисциплина «Электротехника и электропривод» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Гидравлика» (3 курс, 5 семестр); «Общая энергетика» (3 курс, 5 семестр); «Электрические машины» (3 курс, 5 семестр).

Сопутствующими дисциплинами являются курсы: «Электрические измерения» (3 курс, 6 семестр); «Светотехника» (3 курс, 6 семестр); «Электропривод» (3 курс, 6 семестр).

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 компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-1	способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru	- механизмы и методики поиска, анализа и синтеза информации, включающие системный подход с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube; - методами постановки	- методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них с применением цифровых технологий с использованием информационных технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube; - механизмами поиска информации, в том числе с применением современных инфор-

					цели и способы её достижения, научное представление о результатах обработки информации с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube	мационных и коммуникационных технологий с применением цифровых технологий с использованием информационных технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube
2.	ОПК-3	способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального	ОПК-3.5 Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма	- основные физические явления и фундаментальные понятия с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифро-	- выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах профессиональной деятельности с использованием современных цифровых инструментов	- методами проведения физического эксперимента с применением цифровых технологий с использованием информационных технологий с помощью про-

		<p>исследования при решении профессиональных задач</p>	<p>вых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru;</p> <ul style="list-style-type: none"> - законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru 	<p>(Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube;</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать с приборами и оборудованием физической лаборатории с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных 	<p>граммных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube;</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками корректной оценки погрешностей физического эксперимента с применением цифровых технологий с использованием информационных технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Теле-
--	--	--	---	---	--

				<p>программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube;</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации 	<p>мост, Rutube</p>	Meanchart,
--	--	--	--	---	---------------------	------------

				тации информации про- граммные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Ян- декс Телемост, Rutube	
--	--	--	--	---	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 6 семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ в 6 семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 6 семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	семестр № 6
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	102,35	102,35
Аудиторная работа	102,35	102,35
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	34	34
практические занятия (ПЗ)	34	34
лабораторные работы (ЛР)	34	34
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35	0,35
2. Самостоятельная работа (СРС)	5,65	5,65
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	1	1
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям и т.д.)	3,65	3,65
Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)	1	1
Вид промежуточного контроля:	Зачёт с оценкой	

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	КРА	
Раздел 1 Техническая термодинамика	33	12	14	6		1
Раздел 2 Основы теории теплообмена	41	10	14	16		1
Раздел 3. Теплоэнергетические установки	12,65	4	2	6		0,65
Раздел 4. Применение теплоты в АПК	19	8	4	6		1
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	1					1
Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)	1					1
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35				0,35	
Всего за 6 семестр	108	34	34	34	0,35	5,65
Итого по дисциплине	108	34	34	34	0,35	5,65

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 мольными долями. Понятие парциального давления и парциального объёма компонента в смеси. Закон Дальтона. Каждущаяся 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. Ход политропного процесса в p - v и T - s координатах в зависимости от знака изменения внутренней энергии и теплоты.

Тема 2. Второй закон термодинамики. Эксергия

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

Тема 3. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания

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.

Тема 4. Термодинамический анализ работы компрессоров

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 5. Термодинамические свойства реальных газов

Уравнения состояния реальных газов. Влажный воздух: основные параметры и определения. H - d диаграмма влажного воздуха и изображение в ней основных процессов изменения параметров воздуха.

Тема 6. Циклы холодильных установок и тепловых насосов

Общая характеристика холодильных установок. Холодильные агенты. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Принципиальная схема и термодинамический цикл газокомпрессионной холодильной установки. Принципиальная схема и термодинамические циклы парокомпрессионной холодильной установки. Понятие об абсорбционной и пароэжекторной холодильных установках. Тепловые насосы. Сущность термотрансформации, коэффициент преобразования теплоты.

Раздел 2. Основы теории теплообмена

Тема 7. Основы положения теплообмена. Теплопроводность

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.

Тема 8. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи

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

Тема 9. Теплообмен излучением. Теплопередача.

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.

Тема 10. Теплообменные аппараты и основы их расчета

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 пластиинчатых теплообменных аппаратов.

Раздел 3. Теплоэнергетические установки

Тема 11. Нагреватели воды и воздуха

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

Раздел 4 Применение теплоты в АПК

Тема 12. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений

Микроклимат помещений. Общая характеристика систем вентиляции. Расчёт требуемого расхода воздуха. Вентиляторы и их выбор. Кондиционирование.

Тема 13. Отопление зданий и помещений

Тепловой баланс помещения. Тепловые потери помещения и тепловыделения в нём. Системы отопления. Отопительные приборы и их расчёт.

Тема 14. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение

Характеристика систем теплоснабжения и потребителей теплоты. Определение расхода теплоты по укрупнённым показателям. Расход теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды. Тепловая мощность котельной, выбор котлов. Графики потребления теплоты. Системы теплоснабжения.

Общие вопросы энергосбережения. Основные направления экономии энергоресурсов в агропромышленном комплексе. Повышение эффективности энергетического и энергоиспользующего оборудования. Энергосбережение на тепловых электростанциях. Повышение эффективности производства энергии путём применения мини-ТЭЦ. Энергосбережение в тепловых сетях, при отоплении и вентиляции зданий и сооружений, при сушке. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирования расхода энергоресурсов.

Основы цифровой трансформации тепловой энергетики. Контроль за техническим состоянием ТЭС посредством автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Основные компоненты АСУ ТП на примере тепловой сети.

4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Техническая термодинамика				32
	Тема 1 <i>Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах</i>	Лекция № 1 Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Политропные процессы	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
		Практическая работа № 1 Расчет политропных процессов (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 1 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	4
	Тема 2 <i>Второй закон термодинамики. Эксергия</i>	Лекция № 2 Второй закон термодинамики. Эксергия	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
	Тема 3 <i>Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания</i>	Лекция № 3 Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
		Практическая работа № 2 Расчет идеальных циклов (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 1 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	4
	Тема 4 <i>Термодинамический анализ работы компрессоров</i>	Лекция № 4 Термодинамический анализ работы компрессоров	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
		Практическая работа № 3 Термодинамический анализ работы компрессоров (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 3 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	2
	Тема 5 <i>Термодинами- </i>	Лекция № 5 Термодинамические свойства	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar,	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
Ческие свойства реальных газов		реальных газов		Moodle (sdo.timacad.ru)	
		Практическая работа № 4 Работа с H-d диаграммой влажного воздуха (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 4 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	4
		Лабораторная работа № 1 Исследование процессов во влажном воздухе (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 1 COUNT.EXE	6
	Тема 6 <i>Циклы холодильных установок и тепловых насосов</i>	Лекция № 6 Циклы холодильных установок и тепловых насосов	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
2.	Раздел 2. Основы теории теплообмена				40
Тема 7 <i>Основы положения теплообмена. Теплопроводность</i>		Лекция № 7 Основы положения теплообмена. Теплопроводность		УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)
		Лабораторная работа № 2 Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 2 COUNT.EXE	2
		Лабораторная работа № 3 Определение коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 3 COUNT.EXE	2
		Практическая работа № 5 Теплопроводность (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 5 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	2
Тема 8 <i>Основные положения теории подобия и ее применение</i>		Лекция № 8 Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи		УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)
		Практическая работа № 6			Защита практи-
					2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	для описания теплоотдачи	Расчет конвективного теплообмена (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		ческой работы № 6 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	
		Лабораторная работа № 4 Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 4 COUNT.EXE	2
		Лабораторная работа № 5 Определение коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 5 COUNT.EXE	2
	Тема 9 <i>Теплообмен излучением. Теплопередача</i>	Лекция № 9 Теплообмен излучением. Теплопередача	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
		Практическая работа № 7 Расчет теплопередачи (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 7 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru) Тестирование sdo.timacad.ru	8
		Лабораторная работа № 6 Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 6 COUNT.EXE	2
		Лабораторная работа № 7 Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 7 COUNT.EXE	2
	Тема 10 <i>Теплообменные аппараты и основы их расчета</i>	Лекция № 10 Классификация теплообменных аппаратов	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
		Лекция № 11 Основы расчета теплообменных аппаратов	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Практическая работа № 8 Расчет теплообменных аппаратов (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 8 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	2
		Лабораторная работа № 8 Испытание пластинчатого теплообменника (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 8 COUNT.EXE	2
		Лабораторная работа № 9 Испытание кожухотрубного теплообменника (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 9 COUNT.EXE	2
3.	Раздел 3. Теплоэнергетические установки				12
	Тема 11 Нагреватели воды и воздуха	Лекция № 12 Нагреватели воды и воздуха	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	4
		Лабораторная работа № 10 Испытание отопительно-вентиляционного агрегата СФО-20 (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 10 COUNT.EXE	6
		Практическая работа № 9 Выбор калорифера (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 9 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	2
4	Раздел 4. Применение теплоты				18
	Тема 12 Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений	Лекция № 13 Кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Характеристика систем вентиляции	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
		Лекция № 14 Расчёт требуемого расхода вентиляционного воздуха		Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2
		Лабораторная работа № 11 Расчет воздушных душей на базе тепловых завес (рабочая тетрадь MS Office: Word)		Защита лабораторной работы № 11 COUNT.EXE	6
		Практическая работа № 10 Расчет вентиляции в помеще-		Защита практической работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		ниях (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		№ 10 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru)	
	Тема 13 <i>Отопление зданий и помещений</i>	Лекция № 15 Отопление зданий и помещений Практическая работа № 11 Расчет систем отопления (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru) Защита практической работы № 11 (sdo.timacad.ru) Решение задач Office: Word, Excel (sdo.timacad.ru) Тестирование sdo.timacad.ru	2 2
	Тема 14 <i>Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики</i>	Лекция № 16 Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики	УК-1.2, ОПК-3.5	Mentimeter, Webinar, Moodle (sdo.timacad.ru)	2

Таблица 5

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. 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. Каждая молярная масса и газовая постоянная смеси, формулы для их вычисления. Формулы и таблицы для определения средней теплоемкости (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
2.	Тема 2. Второй закон термодинамики. Эксергия	Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах. Изменение энтропии в изолированной термодинамической системе (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
3.	Тема 6. Циклы холодильных	Сущность термотрансформации, коэффициент

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	установок и тепловых насосов	преобразования теплоты (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
Раздел 2 Основы теории теплообмена		
4.	Тема 7. Основы положения теплообмена. Теплопроводность	Условия однозначности. Стационарная теплопроводность в однослоиной и многослойной шаровой стенках (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
5.	Тема 8. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи	Критериальные уравнения (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
6.	Тема 9. Теплообмен излучением. Теплопередача	Излучение газов. Теплообмен излучением в топках и камерах сгорания. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
7.	Тема 10. Теплообменные аппараты и основы их расчета	Тепловой расчёт теплообменника смешения (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
Раздел 3. Теплоэнергетические установки		
9.	Тема 11. Нагреватели воды и воздуха	Мероприятия по защите окружающей среды (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))
Раздел 4. Применение теплоты		
10.	Тема 14. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики	Определение расхода теплоты по укрупнённым показателям. Расход теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды. Тепловая мощность котельной, выбор котлов. Графики потребления теплоты. Системы теплоснабжения. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирования расхода энергоресурсов. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики (УК-1 (УК-1.2) ОПК-3 (ОПК-3.5))

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	
1.	Тема 1 <i>Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
2.	Тема 2 <i>Второй закон термодинамики. Экспергия</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
3.	Тема 3 <i>Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
4.	Тема 4 <i>Термодинамический анализ работы компрессоров</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
5.	Тема 5 <i>Термодинамические свойства реальных газов</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
6.	Тема 6 <i>Циклы холодильных установок и тепловых насосов</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
7.	Тема 7 <i>Основы положения теплообмена. Теплопроводность</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
8.	Тема 8 <i>Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
9.	Тема 9 <i>Теплообмен излучением. Теплопередача</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
10.	Тема 10 <i>Теплообменные аппараты и основы их расчета</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
11.	Тема 11 <i>Нагреватели воды и воздуха</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
		программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))	
12.	Тема 12 <i>Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
13.	Тема 13 <i>Отопление зданий и помещений</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология
		ПЗ	Бригадно-практический метод (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
14.	Тема 14 <i>Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики</i>	Л	Проблемная технология. Информационно-коммуникационная технология

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 Выполнение и защита лабораторных работ

ЗАДАНИЕ: предоставить в рабочей тетради Microsoft Excel, Word, PowerPoint. на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 1 «Исследование процессов во влажном воздухе»

- 1.1. Перечислите основные параметры, определяющие состояние влажного воздуха.
- 1.2. Дайте определение абсолютной и относительной влажности воздуха, влагосодержания.
- 1.3. Объясните значение линий 12 и 23 на H, d – диаграмме.

1.4. Какие параметры измеряются, и какие рассчитываются в данной лабораторной работе?

1.5. Как определить давление водяного пара p_n по H, d – диаграмме?

**Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 2
«Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити»**

2.1. Напишите уравнение теплопроводности Фурье;

2.2. От чего зависит коэффициент теплопроводности газов? Каков порядок его величины?

2.3. Поясните величины, входящие в расчетное уравнение коэффициент теплопроводности. Как оно выводится?

2.4. Поясните устройство и принцип действия экспериментальной установки;

2.5. Какие величины и с помощью каких средств измеряются в опытах?

2.6. Каким образом определяется температура нити?

2.7. Для чего строится зависимость $\Phi = f(t_n)$?

2.8. Как изменяется теплопроводность воздуха с температурой?

**Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 3
«Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре»**

3.1. Что такое конвективный теплообмен, теплоотдача, естественная конвекция?

3.2. Какие критерии являются определяющими в естественной конвекции?

3.3. Что такое "определяющая температура" и "определяющий" размер?

3.4. Каков физический смысл критерия Грасгофа?

3.5. Какая температура и какой геометрический размер берутся в качестве определяющих при расчете естественной конвекции?

3.6. Поясните схему экспериментальной установки. Какие величины измеряются в ходе эксперимента и с помощью каких приборов?

3.7. Какие величины рассчитываются по экспериментальным данным в данной лабораторной работе и с помощью каких формул?

3.8. Напишите уравнение теплоотдачи и поясните его.

3.9. Напишите общий вид критериального уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции и поясните, какие из входящих в него критериев являются определяющими и какие – определяемыми. Каков их физический смысл?

**Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 4
«Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твердого тела»**

4.1. Какие тела называют абсолютно черными?

4.2. Запишите и объясните закон Стефана-Больцмана.

4.3. Что такое коэффициент излучения абсолютно черного тела и серого тела?

4.4. Что такое степень черноты тела?

4.5. Опишите экспериментальную установку для определения коэффициента излучения и интегральной степени черноты тела.

4.6. Назовите измеряемые и подсчитываемые по формулам величины. Как они измеряются? Как подсчитываются?

Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 5 «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе»

5.1. Что такое коэффициент теплопередачи?

5.2. Что такое коэффициент теплоотдачи?

5.3. В каком случае теплопередача интенсивнее: у гладкой трубы или ребристой?

5.4. Со стороны какого теплоносителя обрашают поверхность при теплопередаче?

5.5. Какая разница между теплоотдачей и теплопередачей?

5.6. Объясните устройство и работу экспериментальной установки.

5.7. Какие величины измеряются в данной лабораторной работе и с помощью каких средств?

5.8. Какие величины рассчитываются в данной лабораторной работе и по каким формулам?

Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 6 «Испытание пластинчатого теплообменника»

6.1. Что такое рекуперативный теплообменник? Какие другие типы теплообменных аппаратов Вы знаете?

6.2. Нарисуйте схему пластинчатого теплообменника и расскажите принцип его действия.

6.3. Объясните, почему пластины пластинчатого теплообменника выполняют гофрированными.

6.4. Назовите достоинства и недостатки пластинчатых теплообменников.

6.5. Напишите уравнение теплопередачи для пластинчатого теплообменника и поясните, как рассчитывается средняя разность температур в нем.

6.6. Напишите тепловой баланс между теплоносителями для пластинчатого теплообменника.

6.7. Нарисуйте схему лабораторной установки и объясните ее. Какие параметры измеряются при проведении опыта?

6.8. Расскажите, какие параметры и по каким формулам рассчитывались по результатам измерений?

Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 7 «Испытание кожухотрубного теплообменника»

7.1. Расскажите конструкцию кожухотрубного теплообменного аппарата.

7.2. Какими достоинствами и недостатками обладает кожухотрубный теплообменник?

7.3. В какие пространства кожухотрубного теплообменника (трубное или межтрубное) направляют такие теплоносители, как насыщенный водяной пар, вода, воздух и какими соображениями при этом руководствуются?

7.4. Расскажите порядок выполнения данной лабораторной работы. Какие в ней осуществляются замеры?

7.5.Поясните как рассчитывалось количество теплоты, отдаваемое в теплообменнике горячим теплоносителем в единицу времени. На что затрачена эта теплота?

7.6.Как рассчитывается тепловой поток, передаваемый горячим теплоносителем холодному?

7.7.Каким способом можно увеличить коэффициент теплопередачи в испытуемом теплообменном аппарате?

Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 8 «Испытание отопительно-вентиляционного агрегата СФО-20»

8.1.Назначение и устройство отопительно-вентиляционных агрегатов?

8.2.Расскажите устройство экспериментальной установки и поясните, как она работает.

8.3.Какие меры безопасности при работе электрообогревателя СФО-20?

8.4.Как определяется тепловая мощность агрегата.

8.5.Как определяется скорость и температура воздуха.

8.6.Какие параметры измеряются в данной работе?

8.7.Какие параметры рассчитываются в данной работе?

8.8.Как в данной работе определяется расход воздуха?

6.1.2 Выполнение и защита практических работ

ЗАДАНИЕ: представить результаты в таблице Microsoft Excel, Word, PowerPoint на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 1 «Расчет политропных процессов»

1. Как связаны показатели политропного процесса с другими видами термодинамических процессов?

2. Что такое показатель политропы и от чего он зависит?

3. Как найти работу и теплоту при политропном процессе?

4. Сравните политропный процесс с изотермическим и адиабатным процессами.

5. Как изменится работа при изменении показателя политропы?

6. Какие значения может принимать показатель политропы?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 2 «Расчет идеальных циклов»

1. Что такое идеальный цикл?

2. Какие основные параметры используются для характеристики идеального цикла?

3. Что такое термодинамическая эффективность идеального цикла и как она рассчитывается?

4. Каковы основные преимущества использования идеальных циклов в термодинамических расчетах?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 3 «Термодинамический анализ работы компрессоров»

1. Определение принципа действия, расчетных параметров (производительность, давление, температура, потребляемая мощность) и энергоэффективности.

2. Понимание влияния режимов работы и внешних условий (температура, влажность) на характеристики компрессора.

3. Знание основных термодинамических циклов и их применимости.

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 4 «Работа с H-d диаграммой влажного воздуха»

1. Что такое i-d диаграмма влажного воздуха и какие параметры она связывает?

2. Что такое энталпия влажного воздуха и как она связана с его состоянием?

3. Что такое влагосодержание (или абсолютная влажность) и как его определить на диаграмме?

4. Относительная влажность, и как она отображается на i-d диаграмме?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 5 «Теплопроводность»

1. Что такое теплопроводность?

2. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности (λ)?

3. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?

4. Как тепло передается внутри материала в процессе теплопроводности?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 6 «Расчет конвективного теплообмена»

1. Что такое конвективный теплообмен?

2. Какие основные типы конвекции существуют?

3. Сформулируйте закон Ньютона-Рихмана.

4. Какие критерии подобия используются при расчете конвективного теплообмена?

5. Как режим течения жидкости (ламинарный, турбулентный) влияет на теплообмен?

6. В чем заключается принцип подобия в теплообмене?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 7 «Расчет теплопередачи»

1. Что такое теплопередача?

2. Каковы основные виды теплопередачи?

3. Как определяется коэффициент теплопроводности?

4. Что такое термическое сопротивление?

5. В чем отличие свободной и вынужденной конвекции?

6. Как определяется коэффициент теплоотдачи?

7. Какие критерии подобия используются при расчете конвективного теплообмена?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 8 «Расчет теплообменных аппаратов»

1. Общая характеристика теплообменника.

2. Какие существуют виды теплообменных аппаратов и в чем их принципиальные отличия?

3. Каковы основные требования к теплообменным аппаратам (высокий КПД, низкое сопротивление, компактность, надежность)?

4. В чем заключается сущность теплового расчета теплообменного аппарата?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 9 «Выбор калорифера»

1. Какие исходные данные необходимы для расчета мощности калорифера?

2. Как определяется производительность системы и конечная температура воздуха при расчете?

3. По каким формулам рассчитывается тепловая мощность калорифера?

4. Как плотность и теплоемкость воздуха влияют на выбор калорифера?

5. Какие существуют альтернативные методы для расчета мощности калорифера?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 10 «Расчет вентиляции в помещениях»

1. Какие формулы использовались для расчета требуемого воздухообмена?

2. Каким образом определялась производительность вытяжных и приточных установок для каждого помещения?

3. Как учитывались местные тепло- и газовыделения при расчете?

4. Как обеспечивается шумовые характеристики системы на соответствие нормативным требованиям?

5. Какие мероприятия предусмотрены для обслуживания и ремонта системы вентиляции?

Пример перечня вопросов при защите практической работы № 11 «Расчет систем отопления»

1. Какие основные задачи решает система отопления в жилом здании?

2. Каким образом определяются потребности в тепловой энергии для поддержания необходимой температуры?

3. Как подобрать диаметры трубопроводов для обеспечения равномерного распределения теплоносителя?

4. Как выбрать тип и мощность отопительного котла, соответствующего расходу тепловой энергии?

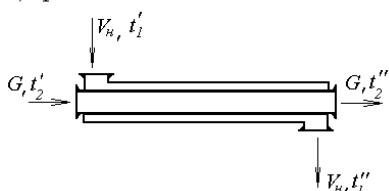
5. Как настроить терmostаты и регулирующую арматуру для поддержания заданных параметров микроклимата?

6.1.3 Выполнение и защита индивидуальных задач

ЗАДАНИЕ: представлено на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА
<https://sdo.timacad.ru/>

Задача 1.

a) прямоток



б) противоток

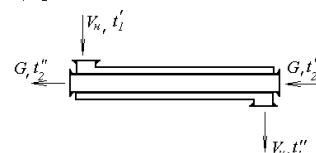


Рис. 1. Схема движения теплоносителей в теплообменном аппарате

Определите поверхность нагрева стального рекуперативного газовоздушного теплообменника (толщина стенок $\delta_c = 3 \text{ мм}$) при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей (рис. 4), если объемный расход топочных газов при нормальных условиях $V_n, \text{ м}^3/\text{ч}$, средний коэффициент теплоотдачи от воздуха к поверхности нагрева $\alpha_1, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, от поверхности нагрева к воде $\alpha_2 = 500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, коэффициент тепло-проводности материала стенки трубы (стали) $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, начальные и конечные температуры газа и воды равны соответственно $t_1', t_1'', t_2' \text{ и } t_2''$, теплоемкость топочных газов $c_g = 1,15 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, плотность $\rho = 1,23 \text{ кг}/\text{м}^3$. Определите также расход воды $G, \text{ кг}/\text{ч}$ через теплообменник. Изобразите график изменения температур теплоносителей для обеих схем.

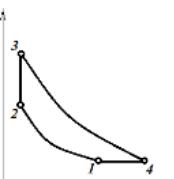
Задания для расчета политропных процессов

Задача 1.1. Воздух в компрессоре сжимается по политропе ($n = 1,25$) от 1 до 8 бар; начальная температура воздуха 5°C . После сжатия воздух проходит через холодильник, охлаждаемый холодной водой, начальная температура которой $t_1 = 10^\circ\text{C}$, а конечная равна $t_2 = 18^\circ\text{C}$. Определить часовой расход охлаждающей воды, если производительность компрессора $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при нормальных физических условиях, а воздух в холодильнике изобарно охлаждается до 30°C .

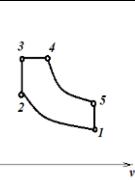
Задача 1.2. 2 м^3 воздуха при давлении $p_1 = 0,2 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 40^\circ\text{C}$ сжимаются до давления $p_2 = 1,1 \text{ МПа}$ и объема $V_2 = 0,5 \text{ м}^3$. Определить показатель политропы, работу сжатия и количество отведенной теплоты.

Задание для расчета идеальных циклов тепловых машин

Задача 1.3. Для данного цикла рассчитать основные термодинамические параметры состояния, функции термодинамических процессов, термический КПД. Построить цикл в $p-v$ и $T-s$ координатах.

	$P_1, \text{ атм}$	2
$P_2, \text{ атм}$	12	
$t_3, {}^\circ\text{C}$	300	
$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	0,45	
$1 - 2; 3 - 4$	адиабата	

Задача 1.4. Для данного цикла рассчитать основные термодинамические параметры состояния, функции термодинамических процессов, термический КПД. Построить цикл в $p-v$ и $T-s$ координатах.

	$P_1, \text{ бар}$	0,9
$t_1, {}^\circ\text{C}$	20	
$q, \text{ ккал}/\text{кг}$	100	
$q, \text{ ккал}/\text{кг}$	100	
ε	14	

Задания для работы с Н-д диаграммой влажного воздуха

Задача 1.5. Относительная влажность воздуха 50% , температура 40°C . Определить температуру мокрого термометра, температуру точки росы, парциальное давление пара и парциальное давление сухого воздуха, влагосодержание, энталпию.

Задача 1.6. Температура сухого термометра 30°C , температура мокрого 20°C . Определить относительную влажность воздуха.

Задания для расчета конвективного теплообмена

Задача 2.1. Определите коэффициент теплоотдачи для трубы, омываемой поперечным потоком воздуха (рис), если наружный диаметр трубы $d = 20$ мм, температура воздуха $t_{\infty} = 30^{\circ}\text{C}$, скорость $\omega = 5\text{ м/с}$ и угол атаки $\varphi = 60$ град.

Задача 2.2. Горизонтальная труба длиной $L = 1$ м и наружным диаметром $d = 0,06$ м расположена в помещении, температура воздуха в котором $t_e = 20^{\circ}\text{C}$. Средняя температура поверхности трубы $t_c = 180^{\circ}\text{C}$. Определите величину коэффициента теплоотдачи от трубы к воздуху, а также тепловой поток, теряемый трубой.

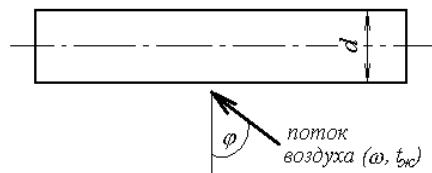


Рис. 1. Схема омывания трубы потоком воздуха

Задание для расчета теплопередачи

Задача 2.3. Стены здания состоят из кирпича толщиной $\delta_1 = 500$ мм, слоя утеплителя толщиной $\delta_2 = 70$ мм и двух слоев штукатурки толщиной $\delta_3 = 15$ мм каждый. Температура воздуха внутри помещения $t_b = 20^{\circ}\text{C}$, температура наружного воздуха $t_h = -20^{\circ}\text{C}$, суммарная площадь поверхности всех стен $F = 100\text{ м}^2$. Коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к стенкам $\alpha_b = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, коэффициент теплоотдачи со стороны наружной поверхности $\alpha_h = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, коэффициент теплопроводности кирпича $\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, коэффициент теплопроводности утеплителя $\lambda_2 = 0,06\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, коэффициент теплопроводности штукатурки $\lambda_3 = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_b = 60\%$. Найти теплопотери помещения через стены в окружающую среду и дать заключение о том, достаточно ли термическое сопротивление стены, чтобы не отсыревала внутренняя поверхность стены.

Задание для расчета теплообменного аппарата

Задача 2.4. В кожухотрубном теплообменном аппарате температура жидкости, проходящей по межтрубному пространству, равна $t_1 = 80^{\circ}\text{C}$. Температура наружного воздуха $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$. Теплообменник сделан из стали (толщина стальной стенки $\delta_{ct} = 5$ мм) и покрыт теплоизоляцией толщиной $\delta_{iz} = 50$ мм. Коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке аппарата $\alpha_1 = 250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху $\alpha_2 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda_{iz} = 0,065 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ct} = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, поверхность кожуха $A = 12 \text{ м}^2$. Определить тепловую мощность, теряемую теплообменником через кожух в окружающую среду и дать заключение о достаточности толщины теплоизоляции, если известно, что по санитарным нормам температура наружной поверхности теплоизоляции не должна превышать 60°C .

Задание для расчета систем вентиляции

Задача 3.1. Определить кратность вентиляции и подобрать калориферную установку для калориферов КФБ для свинарника на 270 голов со средней массой 240 кг. Объем помещения для животных V_m^3 . Расчетные параметры наружного воз-

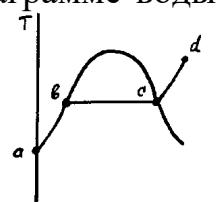
духа: температура $t_i^\delta = -28^\circ\text{C}$, относительная влажность $\varphi_h = 78 \%$. Параметры внутреннего воздуха: $t_b = 16^\circ\text{C}$, $\varphi_b = 75 \%$. Допустимое содержание CO_2 в помещении $2,5 \text{ л}/\text{м}^3$. Коэффициент, учитывающий испарение влаги с мокрых поверхностей $\xi = 1,12$. Расчетная температура наружного воздуха при проектировании вентиляции $t_h^b = -23^\circ\text{C}$. Концентрация углекислоты в наружном воздухе $0,4 \text{ л}/\text{м}^3$. Температура нагретого воздуха на выходе из калорифера $t_k = 10^\circ\text{C}$. Теплоноситель: перегретая вода, горячая с $t_r = 150^\circ\text{C}$ и обратная $t_o = 70^\circ\text{C}$. Массовую скорость воздуха для калориферов принять равной $7 - 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Задача 3.2. Температура внутреннего воздуха 18°C , относительная влажность 80% . Температура наружного воздуха 0°C , относительная влажность 80% . Луч процесса равен 3200 . Определить температуру приточного воздуха.

Задача 3.3. Площадь первой зоны пола 20 м^2 , пол состоит из двух слоев: толщина первого 20 см , теплопроводность $1,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; толщина второго 10 см , теплопроводность $1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Температура наружного воздуха -25°C , внутреннего 15°C . Определить тепловые потери в Вт .

6.1.4 Текущее тестирование

ЗАДАНИЕ: выполняется на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА
<https://sdo.timacad.ru/>

- 1.1. Чему равна степень сухости в точке b на данной диаграмме воды и водяного пара?
 1. 0;
 2. >0 ;
 3. <0
 4. 1;
 5. >1
- 1.2. Какая из указанных величин остается неизменной при нагревании влажного воздуха в калорифере идеальной сушилки?
 1. абсолютная влажность;
 2. энталпия;
 3. относительная влажность;
 4. влагосодержание;
 5. температура.
- 1.3. Температура влажного воздуха 45°C , относительная влажность 20% . Определить парциальное давление водяного пара.
- 1.4. Парообразование во всем объеме жидкости называется:
 1. кипением;
 2. испарением;
 3. конденсированием
 4. нет правильного ответа.

- 1.5. Какие величины являются основными параметрами состояния?
1. u, h, s ;
 2. T, v, P ;
 3. T, v, P, u, h, s ;
 4. l, q ;
 5. v, u, s, h .
- 1.6. При изотермическом расширении воздуха от объема равного 2 л до объема 4 л затрачено 1400 кДж теплоты. Чему равна работа расширения газа (в кДж)
- 1.7. Как называется процесс, протекающий при постоянной теплоемкости?
1. адиабатный;
 2. изобарный;
 3. изотермический;
 4. изохорный;
 5. политропный
- 1.8. Как обозначается массовая теплоемкость?
1. C'
 2. C
 3. μC
 4. C_v
 5. C_p
 6. C_n .
- 1.9. Для нагрева 2 кг воды затрачено 25140 Дж теплоты. До какой температуры (в $^{\circ}\text{C}$) нагрелась вода от $10\ ^{\circ}\text{C}$, если ее теплоемкость $4,19\ \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$? (2б)
- 1.10 Можно ли подведенную в цикле теплоту полностью преобразовать в работу?
1. нельзя;
 2. можно, совершая обратимый цикл Карно;
 3. можно, совершая обратимый изотермический процесс;
 4. можно, совершая обратимый изобарный процесс;
 5. можно, совершая обратимый политропный процесс.
- 1.11 Максимальная абсолютная влажность воздуха равна $14.5\ \text{г}/\text{м}^3$. Если в комнате при данной температуре находится воздух, содержащий 348 г водяного пара, и при этом относительная влажность воздуха равна 60%, то объем комнаты равен...
- 1.12 Температура пара $800\ \text{K}$, давление $0,5\ \text{МПа}$. Определить теплоту на перегрев пара.
- 1.13 Показания манометра $100\ \text{мм.рт. ст.}$, показания барометра $740\ \text{мм. рт. ст.}$. Определить абсолютное давление.

1.14 Какие величины измеряются в Дж/(кг·К)?

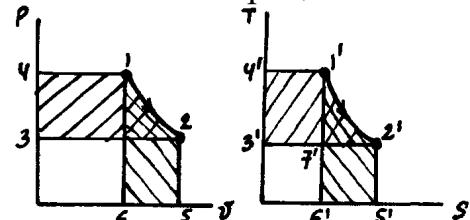
1. внутренняя энергия;
2. газовая постоянная;
3. работа;
4. теплота;
5. теплоемкость
6. энтропия;
7. энталпия

1.15 Как выглядит первый закон термодинамики для адиабатного процесса?

1. $\Delta u = -l$
2. $q = \Delta u + l$
3. $q = \Delta u$
4. $q = l$

1.16 Какая из приведенных площадей представляет тепло за процесс?

1. 1-2-3-4-1;
2. 1-2-5-6-1;
3. 1'-2'-3'-4'-1';
4. 1'-2'-5'-6'-1';
5. 1'-2'-7'-1'.



Тест по разделу 2 «Основы теории теплообмена», разделу 3 «Теплоэнергетические установки» и разделу 4 «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. Молекулярный процесс передачи теплоты называется

1. теплопередачей;
2. теплопроводностью;
3. конвекцией;
4. конвективным теплообменом.

2.3. Чему равна плотность теплового потока, если коэффициент теплоотдачи от среды к стенке 35 Вт/(м²·К), температура среды 21 °C, температура стенки 20°C?

2.4. Чему равен коэффициент теплоотдачи, если коэффициент теплопроводности 0,03 Вт/(м·К), число Нуссельта 200, диаметр трубы, омываемой средой, 3 см?

2.5. Начальная температура горячего теплоносителя 200 °C, конечная температура 100 °C, начальная температура холодного теплоносителя 10 °C, конечная температура 90 °C. Определить среднюю логарифмическую температуру (в °C) в случае противотока.

- 2.6. Чему равна теплопроводность стенки толщиной 20 мм, если температура на внутренней поверхности стенки 30°C , на внешней 29°C , тепловые потери $50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
- 2.7. Чему равна плотность теплового потока ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в случае теплопередачи через плоскую стенку (коэффициент теплоотдачи от горячей среды с температурой 50°C к стенке $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, коэффициент теплоотдачи от стенки к холодной среде с температурой 0°C $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, толщина стенки 20 см, λ —коэффициент теплопроводности стенки $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$)?
- 2.8. Чему равна плотность теплового потока через плоскую стенку в случае теплопередачи, если термическое сопротивление теплопередаче $0,1 (\text{м}\cdot\text{К})/\text{Вт}$, температура горячей среды 20°C , температура холодной среды 10°C .
- 2.9. Какая из указанных величин остается неизменной при нагревании влажного воздуха в калорифере идеальной сушилки?
1. абсолютная влажность;
 2. энталпия;
 3. относительная влажность;
 4. влагосодержание;
 5. температура.
- 2.10. Укажите составные части теплового баланса помещения в летний период (помещение с окнами, температура воздуха внутри помещения 16°C , температура наружного воздуха 20°C):
1. Теплопотери через ограждения;
 2. Теплопотери от инфильтрации;
 3. Теплопоступления от радиации;
 4. Теплопоступления от технологического оборудования;
 5. Теплопоступления от освещения;
 6. Теплопоступления от людей, животных, птицы.
- 2.11. Тепловая мощность одного калорифера 20 кВт . В помещении смонтированы три вентиляционные установки с двумя параллельными ветвями калориферов, последовательно установлено по три калорифера. Определить мощность системы отопления (в kВт).
- 2.12. Площадь первой зоны пола 10 м^2 , пол состоит из двух слоев: толщина первого 20 см, теплопроводность $1,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; толщина второго 2,5 см, теплопроводность $0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Температура наружного воздуха -24°C , внутреннего 20°C . Определить тепловые потери в Вт .
- 2.13. В помещении 20 окон размером $1\text{м} \times 1\text{м}$, теплопоступления от радиации $13 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Установленная мощность светильников приборов 300 Вт , одновременно работают 80% светильников с кпд 0,6. Определить составляющую теплового баланса помещения от освещения.

- 2.14. Теплопроводность слоев пола указана ниже. Какие из этих слоев являются утепляющими?
1. $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
 2. $1,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
 3. $0,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
 4. $1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
 5. $1,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
 6. $0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- 2.15. Температура внутреннего воздуха 16°C , относительная влажность 80 %. Температура наружного воздуха -20°C , относительная влажность 60 %. Луч процесса равен 4000. Определить температуру приточного воздуха.
- 2.16. Что относится к вспомогательным механизмам и устройствам котельной установки?
1. топка;
 2. система топливоподачи;
 3. пароперегреватель;
 4. экономайзер;
 5. воздухоподогреватель;
 6. контрольно-измерительные приборы и автоматы;
 7. система водоподготовки;
 8. трубная система с барабанами.

6.1.5 Расчетно-графическая работа (РГР)

ЗАДАНИЕ: представлено на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА
<https://sdo.timacad.ru/>

Пример условия одного из типовых вариантов расчетно-графической работы приведен ниже.

1. Теплоснабжение здания для откорма КРС на 320 голов.
2. Теплоснабжение здания для откорма КРС на 250 голов.
3. Теплоснабжение здания для откорма КРС на 270 голов.
4. Теплоснабжение здания для откорма КРС на 300 голов.
5. Теплоснабжение здания для откорма КРС на 1240 голов.
6. Теплоснабжение здания для откорма КРС на 2800 голов.

Задание

Для данного здания рассчитать калориферную установку, обеспечивающую поддержание требуемого микроклимата в расчетном помещении.

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.

Варианты расчетно-графического задания

Вариант задания состоит из рисунка расчетного помещения (рис. 2 – рис. 7.) и его характеристики, выбираемой из таблицы 6 в соответствии с вариантом.

Таблица 7

Исходные данные к расчетно-графической работе № 2

	№ Варианта			
	1	2	3	4
Наружные стены	трехслойная, общей толщиной 210 мм - железобетон с минераловатным наполнителем (120 мм)	керамзитобетон (360 мм), штукатурка цементно-песчаная внутренняя (15 мм) и наружная (15 мм)	шлакобетон (500 мм), штукатурка цементно-песчаная внутренняя (20 мм) и наружная (20 мм)	керамзитобетон (360 мм), штукатурка цементно-песчаная внутренняя (15 мм) и наружная (15 мм)
Полы	цемент (25 мм), бетон (80 мм)	асфальт (25 мм), керамзитобетон (80 мм)	асфальт (25 мм), бетон (80 мм)	деревянные щиты (25 мм), бетон (80 мм)
Перекрытие	перлибетонные плиты (120 мм), слой рубероида (1.5 мм) на битумной мастике (4 мм), минераловатные плиты на битумном связующем (120 мм), известково-песчаный раствор (20 мм), сверху – рубероид (1,5 мм) на битумной мастике (4 мм)	керамзитобетонные плиты (120 мм), слой рубероида (1.5 мм) на битумной мастике (4 мм), вата минеральная (90 мм), цементно-песчаный раствор (20 мм), сверху – рубероид (1.5 мм) на битумной мастике (4 мм)	пенобетонные плиты (130 мм), слой рубероида (1.5 мм) на битумной мастике (4 мм), минераловатные плиты (60 мм), сложный раствор (20 мм), сверху – рубероид (1.5 мм) на битумной мастике (4 мм)	железобетонные плиты (150), слой рубероида (1.5 мм) на битумной мастике (4 мм), войлок строительный (70 мм), цементно-песчаный раствор (20 мм), сверху – рубероид (1.5 мм) на битумной мастике (4 мм)
Окна	0,6x0,8, одинарные, металлический переплет	0,6x0,8, двойные, металлический переплет	0,6x0,8, одинарные, деревянный переплет	0,6x0,8, двойные, деревянный переплет
Двери	деревянные, двойные 0,8x2	деревянные, одинарные 0,9x2	деревянные, одинарные 0,8x2	деревянные, двойные 0,9x2
Ворота	деревянные, 2,4x2	деревянные, двойные 2,4x2	деревянные, одинарные 2,4x2	деревянные, одинарные 2,4x2
Район	Саратовская область	Томская область	Воронежская область	Смоленская область
Масса животного, кг	500	800	400	600

Рисунки к расчетно-графической работе № 2

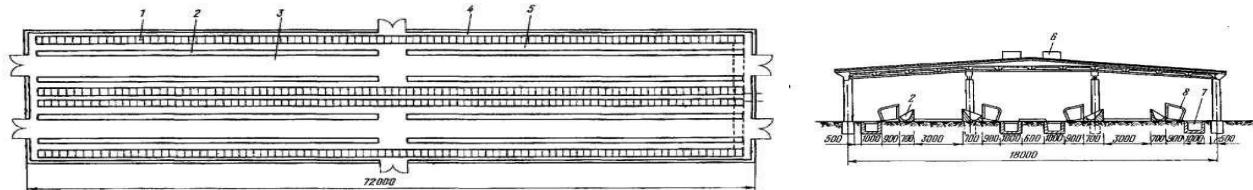


Рис. 2. Здание для откорма КРС на 320 голов: 1 – чугунные решетки; 2 – кормушки; 3 – кормовой проход; 4 – навозный проход; 5 – стойла; 6 – вытяжная шахта; 7 – навозный канал; 8 – разделители стойл

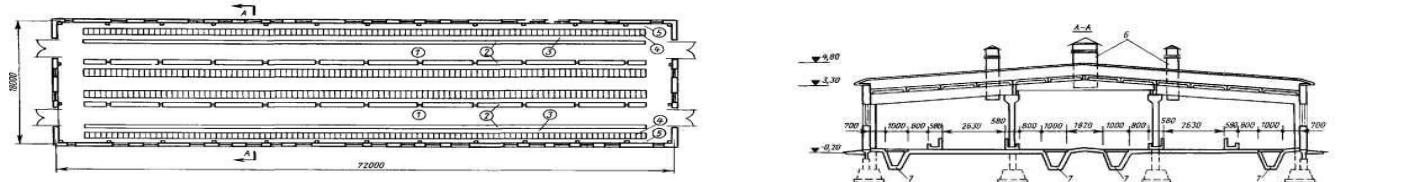


Рис. 3. Здание для откорма КРС на 250 голов: 1 – кормовой проход; 2 – кормушка; 3 – стойло; 4 – решетка; 5 – навозный проход; 6 – вытяжная шахта; 7 – навозный канал

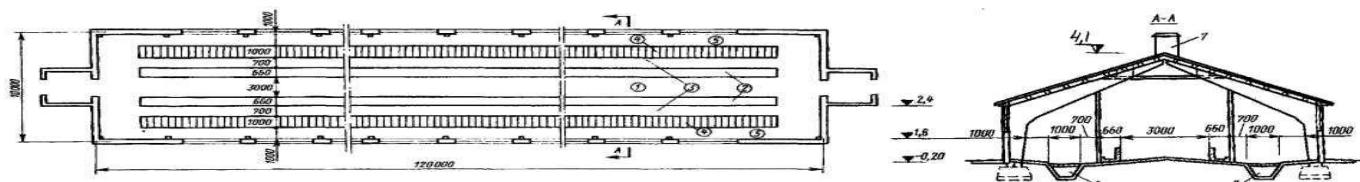


Рис. 4. Здание для откорма КРС на 270 голов: 1 – кормовой проход; 2 – кормушка; 3 – стойло; 4 – решетчатый пол; 5 – навозный проход; 6 – навозный канал; 7 – вытяжная шахта

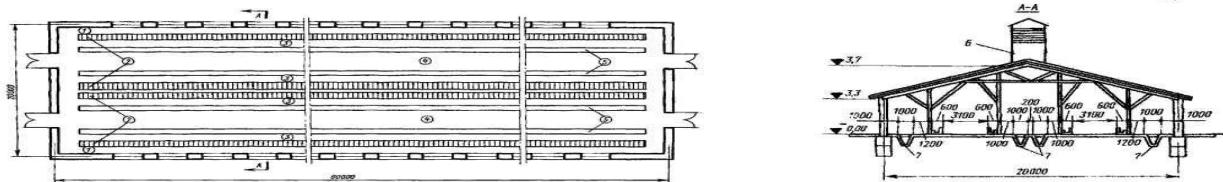


Рис. 5. Здание для откорма КРС на 300 голов: 1 – навозный проход; 2 – решетчатый пол; 3 – стойло; 4 – кормовой проход; 5 – кормушка; 6 – вытяжная шахта; 7 – навозный канал

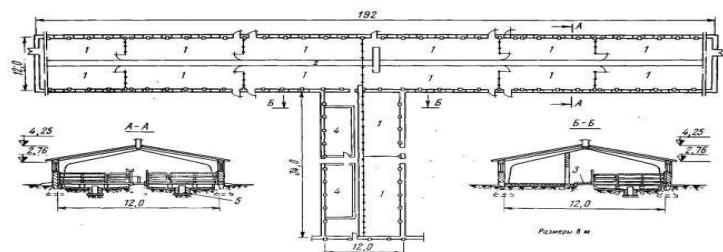


Рис. 6. Здание для откорма КРС на 1240 голов: 1 – секция; 2 – стол раздачи; 3 – транспортер кормораздачи; 4 – венткамера; 5 – продольный канал для удаления навоза

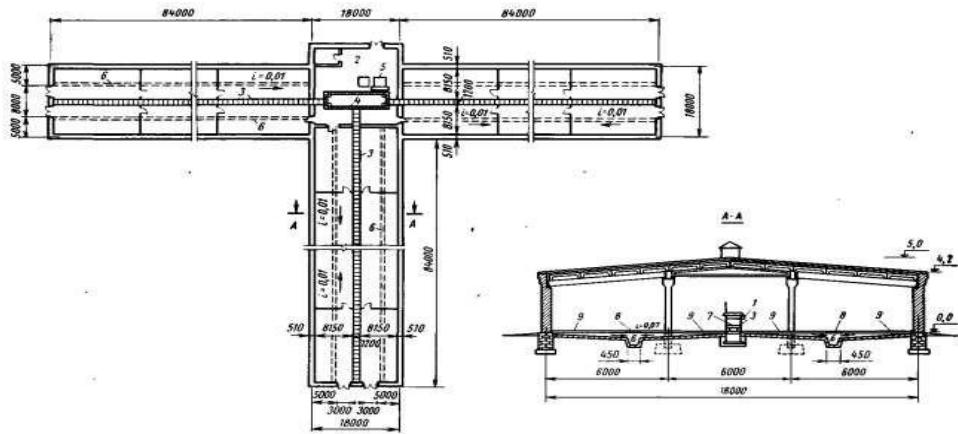


Рис. 7. Здание для беспривязного содержания КРС на 2800 голов: 1 – труба для смыва навоза \varnothing 100 мм; 2 – кормоприемочная; 3 – раздаточный скребковый транспортер; 4 – кольцевой раздаточный транспортер; 5 – бункер - дозатор; 6 – навозный канал; 7 – эстакада для обслуживания; 8 – чугунная решетка; 9 – щелевой деревянный пол

6.1.5 Перечень вопросов к зачету с оценкой 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 энталпия. Формулы для вычисления изменения внутренней энергии и энталпии идеального газа.
- 1.5. Теплоемкость газовой смеси, заданной массовыми, объемными или мольными долями.
- 1.6. Формулировка и математическое выражение 1-го закона термодинамики для закрытых систем.
- 1.7. Политропный термодинамический процесс. Теплоемкость газа в политропном процессе.
- 1.8. Анализ политропных процессов в зависимости от знаков q и ΔU .
- 1.9. Прямой и обратный термодинамические циклы. Термический КПД. Холодильный коэффициент.
- 1.10. Физическая сущность 2-го закона термодинамики на примере тепловых и холодильных машин.
- 1.11. Понятие энтропии. Формулы для вычисления изменения энтропии.
- 1.12. Прямой и обратный обратимые циклы Карно.
- 1.13. Идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $V = \text{const}$.
- 1.14. Идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $P = \text{const}$.
- 1.15. Идеальный цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
- 1.16. Графоаналитическое сравнение идеальных циклов ДВС.

- 1.17. Термодинамический анализ работы компрессора. Работа компрессора при изотермическом, адиабатном и политропном сжатии.
- 1.18. Мёртвое пространство и его влияние на работу компрессора. Многоступенчатый компрессор.
- 1.19. Реальные газы и пары. Уравнения состояния реальных газов.
- 1.20. Влажный воздух: основные понятия и определения. Взаимосвязь между относительной влажностью и влагосодержанием влажного воздуха.
- 1.21. Н, d - диаграмма влажного воздуха. Температура точки росы и температура мокрого термометра. Изображение в Н, d - диаграмме процессов нагрева, охлаждения воздуха, смешения двух потоков воздуха.
- 1.22. Принципиальная схема и термодинамический анализ работы газокомпрессионной холодильной машины.
- 1.23. Холодильные агенты, применяемые в парокомпрессионных холодильных машинах и их анализ.
- 1.24. Принципиальная схема и термодинамические циклы парокомпрессионной холодильной установки.
- 1.25. Абсорбционные холодильные установки.
- 1.26. Пароэжекторные холодильные установки.
- 1.27. 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 однослоиную плоскую стенку. Термическое сопротивление стенки.
- 2.5. Стационарная теплопроводность через многослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление стенки.
- 2.6. Стационарная теплопроводность через однослоиную цилиндрическую, стенку. Линейная плотность теплового потока. Термическое сопротивление 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 однослоиную 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. Термовая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции.

2.18. Типы теплообменных аппаратов.

2.19. Тепловой расчёт рекуперативного теплообменника.

2.20. Средняя разность температур рекуперативного теплообменного аппарата при прямотоке, противотоке и перекрестном токе. Преимущества и недостатки противотока и прямотока.

2.21. Способы интенсификации теплообмена в теплообменном аппарате.

Раздел 3. Теплоэнергетические установки

3.1. Принцип действия, конструкция нагревателей воздуха

3.2. Классификация нагревателей воздуха.

3.3. Принцип действия, конструкция и классификация нагревателей воды.

3.4. Классификация нагревателей воды.

Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве

4.1. Отопление и вентиляция жилых, коммунально-бытовых и производственных помещений.

4.2. Классификация систем отопления.

4.3. Тепловой баланс помещения (точный расчет).

4.4. Определение тепловых потерь по нормативным данным.

4.5. Тепловая мощность котельной, выбор котлов. Графики потребления теплоты.

4.6. Расчет и выбор отопительного оборудования.

4.7. Теплоснабжение предприятий отрасли.

4.8. Характеристика вредных выделений (теплоты, влаги, газов, пыли и др.). Аналитический расчет воздухообмена.

4.9. Расчет и выбор температуры приточного воздуха с использованием Н, d – диаграммы.

4.10. Общая характеристика систем вентиляции. Расчёт требуемого расхода воздуха. Вентиляторы и их выбор.

4.11. Кондиционирование. Принцип работы и классификация кондиционеров.

4.12. Основные направления экономии энергоресурсов в народном хозяйстве.

4.13. Повышение эффективности энергетического и энергоиспользующего оборудования.

4.14. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирования расхода энергоресурсов.

4.15. Основы цифровой трансформации тепловой энергетики.

6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 8

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

Оценка	Критерии оценивания
лабораторная работа «зачтена»	лабораторная работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, выполнены все задания практическая работы. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты в тексте в формате Word, шрифт TimesNewRoman 14, листы формат А4
лабораторная работа «незачтена»	Лабораторная работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, но в ее оформлении содержатся грубые ошибки. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты в тексте в формате Word, шрифт TimesNewRoman 14, листы формат А4

Таблица 9

Критерии оценивания защиты практических работ

Оценка	Критерии оценивания
практическая работа «зачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; практическая работа оформлена, выполнены все задания практическая работы. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты в тексте в формате Word, шрифт TimesNewRoman 14, листы формат А4
практическая работа «незачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; практическая работа оформлена, но в ее оформлении содержатся грубые ошибки. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты в тексте в формате Word, шрифт TimesNewRoman 14, листы формат А4

Таблица 10

Критерии оценивания индивидуальных задач

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

Таблица 11

Критерии оценивания письменного и устного опроса

Оценка	Критерии оценивания
«зачтено»	- заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad
«незачтено»	- заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad

Таблица 12

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, отсутствуют пояснения методики решения, небрежное оформление работы.
Минимальный уровень «2»	«неудовлетворительно» – студент не выполнил РГР.

Таблица 13

Критерии оценивания результатов итогового контроля (зачет с оценкой)

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, закрепленные 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.

Оценка	Критерии оценивания
	Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	<p>«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 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>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	<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: 01.01.2021.

2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

3. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. – М.: 2021.

4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. – М.: 2012.

5. СП 60.13330.2016. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: 2017.

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Методические указания к лабораторной работе «Исследование процессов во влажном воздухе» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.).

2. Методические указания к расчёту идеальных циклов тепловых машин (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л.).

3. Методические указания к лабораторной работе «Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.).

4. Методические указания к лабораторной работе «Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.).

5. Методические указания к лабораторной работе «Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела» (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А.)

6. Методические указания к лабораторной работе «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе» (Рудобашта С.П., Канатников Ю.А.)

7. Методические указания к лабораторной работе «Испытание пластиначатого теплообменника» (Рудобашта С.П.).

8. Методические указания к лабораторной работе «Испытание кожухотрубного теплообменника» (Рудобашта С.П.).

9. Методические указания к лабораторной работе «Испытание отопительно-вентиляционного агрегата СФО-20» (Ильюхин М.С., Бабичева Е.Л.)

10. 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 «Воздухохолодильника» производитель радиальных вентиляторов (открытый доступ).
4. <http://rucont.ru> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).
5. <http://www2.viniti.ru> Базы данных ВИНИТИ 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 14

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 15

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
Учебный корпус № 24, аудитории 201, 214, 314	1 Доска аудиторная з-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 теплоемкости

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
	<p>(Инв.№ 210134000002081)</p> <p>4 Лабораторная установка для определения отношения теплоемкостей (Инв.№ 210134000002082)</p> <p>5 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001548)</p> <p>6 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001549)</p> <p>7 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001550) Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001551) Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001552)</p>
Учебный корпус № 24, аудитории 201, 214, 314	<p>1 Тепловая завеса КЕН-37В (Инв.№ 210134000002255)</p> <p>2 Теплообменник (Инв.№ 410134000001780)</p> <p>3 Измеритель температуры ИТ-4503 (Инв.№ 410134000002535)</p> <p>4 Электроводонагреватель (Инв.№ 410134600002726)</p> <p>5 Водонагреватель проточ.-накоп.Etalon MK 15 комби (Инв.№ 210136000006685)</p> <p>6 Теплогенератор ТГ-1,5 (Инв.№ 410134000001866)</p> <p>7 Котел Д-900-14 (Инв.№ 410134000001421)</p> <p>8 Компрессор BRAVO 402 M (Инв.№ 210134000002505)</p> <p>9 Калорифер (Инв.№ 210136000003596)</p> <p>10 Доска школьная (Инв.№ 210136000004869)</p> <p>11 Вентилятор ВЦ 14-46-3,15 ПрО (1,5*1500) (Инв.№ 210134000002586)</p> <p>12 Бак расширительный отопления (Инв.№ 210136000004732)</p>

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 и график их изучения приведены в рабочей учебной программе. Для успешного выполнения графика 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 зачету студенту необходимо выполнить и успешно сдать отчеты по всем лабораторным работам, а также выполнить весь объем самостоятельной индивидуальной работы, защитить выполненные РГР, в период зачетной сессии пройти тестирование;
- ❖ при подготовке к зачёту 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 лабораторному занятию 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 лабораторно-практических занятиях студент обязан обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты.

Окончательно оформленные отчеты по лабораторным работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя в день выполнения лабораторной работы или ближайшее время.

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. Даные 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, практические работы, 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 графиком изучения 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. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. 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 занятия имеют целью обучить студентов методам экспериментальных исследований, привить навыки анализа и обработки полученных данных при работе с лабораторным оборудованием, вычислительной техники. На лабораторных занятиях закрепляется теоретический материал, полученный при изучении основных вопросов данной дисциплины.

В начале лабораторного занятия преподаватель должен определить его цель, указать взаимосвязь занятия с разделами основного содержания дисциплины, проверить готовность студентов для выполнения данной работы. При подготовке к лабораторному занятию 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 подгруппой 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 ассирирующий 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.

После выполнения лабораторной работы целесообразно проводить ее «защиту». 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 практических занятий

Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретического материала, изложенного на лекциях, а также для развития у студентов навыков практического решения единых учебно-инженерных задач.

Практические занятия рекомендуется делить на три части: вводную, основную и заключительную.

Во вводной части преподаватель должен назвать тему занятия, определить ее цель и сформулировать вопросы, отражающие содержание занятия. Преподаватель должен указать взаимосвязь практического занятия с предыдущими занятиями по данной дисциплине, при необходимости пояснить инженерную направленность темы и ее связь с другими дисциплинами.

Основная часть практической работы должна быть посвящена закреплению теоретических положений, изложенных в лекциях, путем решения практических задач. Преподаватель должен разобрать со студентами методику решения типовых примеров, указав при этом, какие материалы теоретического курса используются при этом.

Часть времени преподаватель должен отвести для объяснения студентам содержания, этапов решения заданий при выполнении самостоятельной работы.

В заключительной части практического занятия преподаватель должен сформулировать краткие выводы по содержанию вопросов, рассмотренных на занятии, обратив внимание студентов на тот объем материала, который рекомендуется для самостоятельного изучения. Подробно остановиться на литературе, рекомендованной для самостоятельной работы.

12.4 Методические указания для проведения текущего тестирования

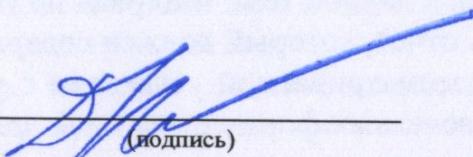
Текущее тестирование целесообразно проводить 2 раза в течение семестра. С его помощью проверяется усвоение студентами материала, пройденного за 6-8 недель. Эта проверка должна быть достаточно глубокой с тем, чтобы одновременно служить подготовкой к предстоящему зачету с оценкой.

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 разработали:

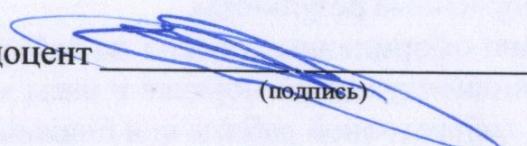
Нормов Д.А., д.т.н., профессор



(подпись)

«16» июня 2025 г.

Федоренко Е.А., к.т.н., доцент



(подпись)

«16» июня 2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ
на рабочую программу дисциплины Б1.О.39 «Теплотехника»
ОПОП ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
направленность «Электроснабжение» (квалификация выпускника – бакалавр)

Андреевым Сергеем Андреевичем, доцентом кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Теплотехника» ОПОП ВО по направлению **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**, направленность «Электроснабжение» (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко (разработчики – Нормов Дмитрий Александрович, профессор кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко» и Федоренко Евгений Александрович доцент, кандидат технических наук кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко»).

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 **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**. 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 **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Теплотехника» закреплено 2 компетенции (УК-1 (УК-1.2); ОПК-3 (ОПК-3.5)). 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).

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 **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»** 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 **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**.

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 зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1.0 ФГОС ВО направления **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**.

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 **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**.

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 **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**, направленность **«Электроснабжение»** (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная профессором кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко», доктором технических наук Норзовым Д.А. и доцентом кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко», кандидатом технических наук, Федоренко Е.А. соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций (индикаторов достижения компетенции).

Рецензент: Андреев С.А., доцент кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доцент, доктор технических наук

(подпись)

«16» июня 2025 г.