



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

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечения предприятий»

УТВЕРЖДАЮ:

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

Ю.В. Катаев
“ 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.08.02 ТЕПЛОТЕХНИКА**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
Направленность: Электроснабжение

Курс 2
Семестр 4

Форма обучения: очно-заочная

Год начала подготовки: 2018

Регистрационный номер _____

Москва, 2019

Разработчики: Бабичева Е.Л.,
(ФИО, ученая степень, ученое звание) _____ «20» 12 2019г.
Осмонов О.М., д.т.н.
(ФИО, ученая степень, ученое звание) _____ «20» 12 2019г.
Канатников Ю.А.
(ФИО, ученая степень, ученое звание) _____ «20» 12 2019г.

Рецензент: Стушкина Н. А., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание) _____ (подпись) _____
«21» 12 2019г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, по направлению подготовки: 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры ТГ и ЭОП
протокол № 4 от «24» 12 2019г.

Зав. кафедрой Кожевникова Н. Г., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание) _____ (подпись) _____
«24» 12 2019г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической
комиссии института механики и энергетики
имени В.П. Горячкина Парлюк Е. П., к.э.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание) _____ (подпись) _____
«21» 01 2019г.

Протокол № 9 от «21» 01 2019г.

Заведующий выпускающей кафедрой Электроснабжение и электротехника
Стушкина Н. А., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание) _____ (подпись) _____
«22» 12 2019г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ _____ (подпись) _____

Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных материалов получены:
Методический отдел УМУ

«__» _____ 2019г

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	7
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В 4 СЕМЕСТРЕ.....	7
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	11
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	14
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	14
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	19
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	21
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	22
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....	22
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	22
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	23
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	24
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	25
Виды и формы отработки пропущенных занятий	26
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	26

АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 «Теплотехника» для подготовки бакалавров по направлению подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленности Электроснабжение

Цель освоения дисциплины: приобретение студентами умений и навыков применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; принимать участие в проектировании объектов электроэнергетики; определять параметры оборудования объектов электроэнергетики.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в вариативную часть учебного плана – дисциплина по выбору по направлению подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, цикл Б1.В.ДВ, дисциплина осваивается в 4 семестре.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-2; ПК-3; ПК-5

Краткое содержание дисциплины: Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамический анализ работы компрессоров. Реальные газы и пары. Водяной пар. Влажный воздух. Циклы холодильных установок и тепловых насосов. Основные понятия и определения теории теплообмена. Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета. Нагреватели воды и воздуха. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение.

Общая трудоемкость дисциплины: 108 часа/3 зач. ед.

Промежуточный контроль: зачет с оценкой

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Теплотехника» приобретение студентами умений и навыков применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; принимать участие в проектировании объектов электроэнергетики; определять параметры оборудования объектов электроэнергетики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Дисциплина «Теплотехника» дисциплина включена в вариативную часть дисциплин по выбору учебного плана, блока Б1.В.ДВ. Дисциплина «Теплотехника» реализуется в соответствии с требований 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: математика (1 и 2 курс, 1, 2 и 3 семестры), физика (1 и 2 курс, 2, 3 и 4 семестры), химия (2 курс, 3 семестр), электротехнические материалы (1 курс, 1 семестр), информатика (1 курс, 1 семестр), начертательная геометрия и инженерная графика (1 и 2 курс, 1, 2 и 3 семестры), общая энергетика (2 курс, 3 семестр).

Дисциплина «Теплотехника» является основополагающей изучения следующих дисциплин: «Эксплуатация систем электроснабжения», «Электротехнология», «Электронагрев материалов», «Электроснабжение», «Электропривод», «Эксплуатация электрооборудования».

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-2	способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	основные законы термодинамики и теплообмена, основы преобразования энергии, термодинамических процессов и циклов, свойств рабочих тел, используемых в сельскохозяйственном производстве, горения, способы теплообмена	использовать основные законы термодинамики и теплообмена в расчетах	способностью систематизировать базовые знания в области теплотехники и готовностью использовать основные законы термодинамики и теплообмена в профессиональной деятельности,
2.	ПК-3	способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные требования	основные нормативные документы, применяемые при теплотехнических расчетах устройств, применяемых в отрасли	использовать схемы и графики при решении теплотехнических задач, применять диаграммы водяного пара и влажного воздуха, анализировать	методикой выбора рабочих тел, методами анализа причин возникновения потерь при термодинамических процессах, методикой проведения типовых теплоэнергетических расчетов
3.	ПК-5	готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	принципы действия и устройство теплоэнергетических установок и теплоиспользующих устройств, применяемых в отрасли	выбирать аппараты и другие основные теплотехнические устройства отрасли	методикой выбора теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 4 семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ в 4 семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 4 семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	семестр
		№4
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	28,35	28,35
Аудиторная работа	28,35	28,35
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	8	8
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	10	10
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	10	10
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	0,35
2. Самостоятельная работа (СРС)	79,65	79,65
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	10	10
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям и т.д.)</i>	69,65	69,65
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	ПКР	
Раздел 1 Техническая термодинамика	37	4	6	2		25
1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания	17	2	4	2		11
2. Термодинамический анализ работы компрессоров. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	20	2	2	2		14
Раздел 2 Основы теории теплообмена	40	2	4	8		26

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
3. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	40	2	4	8		26
Раздел 3. Теплоэнергетические установки	6					6
4. Нагреватели воды и воздуха.	6					6
Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве	24,65	2				22,65
5. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение	24,65	2				22,65
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35				0,35	
Всего за 4 семестр	108	8	10	10	0,35	79,65
Итого по дисциплине	108	8	10	10	0,35	79,65

Раздел 1 Техническая термодинамика

Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания

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 объема компонента в смеси. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса и газовая постоянная смеси, формулы для их вычисления. Теплоемкость газовой смеси. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном объеме и постоянном давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкости.

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

Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Политропные процессы. Основные характеристики политропных процессов. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный,

изотермический и адиабатный как частные случаи политропного процесса. Ход политропного процесса в $p-v$ и $T-s$ координатах в зависимости от знака изменения внутренней энергии и теплоты.

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

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

Тема 2. Термодинамический анализ работы компрессоров. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.

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,

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

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

Раздел 2 Основы теории теплообмена.

Тема 3. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи.

Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета

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

Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Коэффициент тепло-

проводности. Стационарная теплопроводность в однослойной и многослойной плоской, цилиндрической и шаровой стенках.

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

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

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

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

Раздел 3 Теплоэнергетические установки

Тема 4. Нагреватели воды и воздуха

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

Раздел 4 Применение теплоты в сельском хозяйстве

Тема 5. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение

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

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.

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				12
	Тема 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания	Лекция № 1 Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Политропные процессы. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания	ОПК-2 ПК-3		2
		Практическая работа №1 Расчет политропных процессов	ОПК-2 ПК-3	решение и защита задач	2
		Практическая работа №2 Расчет идеальных циклов	ОПК-2 ПК-3	решение и защита задач	2
	Тема 2. Термодинамический анализ работы компрессоров. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Лекция № 4 Термодинамический анализ работы компрессоров. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	ОПК-2 ПК-3 ПК-5		2
		Лабораторная работа № 1 Исследование процессов во влажном воздухе	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	защита лабораторных работ	2
		Практическая работа №3 Работа с H-d диаграммой влажного воздуха	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	решение и защита задач	2
2	Раздел 2. Основы теории теплообмена				6
	Тема 3. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	Лекция № 3 Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	ОПК-2 ПК-3 ПК-5		2
		Лабораторная работа № 2 Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити.	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	защита лабораторных работ	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Практическая работа №4 Расчет конвективного теплообмена.	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	решение и защита задач	2
		Лабораторная работа № 3 Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	защита лабораторных работ	2
		Практическая работа №5 Расчет теплопередачи.	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	решение и защита задач	2
		Лабораторная работа № 4 Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	защита лабораторных работ	2
		Лабораторная работа № 5 Испытание пластинчатого теплообменника	ОПК-2 ПК-3 ПК-5	защита лабораторных работ	2
3	Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве				2
	Тема 5. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение	Лекция № 4 Кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Характеристика систем вентиляции. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение	ОПК-2 ПК-3 ПК-5		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. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания	<p>Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми, объемными и мольными долями. Понятие парциального давления и парциального объёма компонента в смеси. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса и газовая постоянная смеси, формулы для их вычисления. Формулы и таблицы для определения теплоемкости.</p> <p>p-v и T-s диаграммы. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Выражение первого закона термодинамики для потока применительно к различным термодинамическим устройствам.</p> <p>Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Ход политропного процесса в p-v и T-s координатах в зависимости от знака изменения внутренней энергии и теплоты.</p> <p>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</p>

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		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. (ОПК-2, ПК-3)
2.	Тема 2. Термодинамический анализ работы компрессоров. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	<p>Одноступенчатый компрессор с изотермическим, адиабатным и политропным сжатием. Изображение в $p-v$ и $T-s$ координатах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. Уравнения состояния реальных газов. $H-d$ диаграмма влажного воздуха и изображение в ней основных процессов изменения параметров воздуха.</p> <p>Понятие об абсорбционной и парожеторной холодильных установках. Тепловые насосы. Сущность термотрансформации, коэффициент преобразования теплоты. (ОПК-2, ПК-3, ПК-5)</p>
Раздел 2 Основы теории теплообмена		
3.	Тема 3. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	<p>Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Коэффициент теплопроводности. Стационарная теплопроводность в однослойной и многослойной плоской, цилиндрической и шаровой стенках.</p> <p>Определяемый и определяющие критерии подобия. Теплоотдача при свободном и вынужденном движении теплоносителя.</p> <p>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.</p> <p>Критический диаметр теплоизоляции цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции.</p> <p>Тепловой расчёт рекуперативного теплообменника. Тепловой расчёт теплообменника смешения. Интенсификация теплообмена. Современные конструкции трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов. (ОПК-2, ПК-3, ПК-5)</p>
Раздел 3. Теплоэнергетические установки		
4.	Тема 4. Нагреватели воды и воздуха.	Теплогенераторы и электрические нагреватели воды. Теплогенераторы – воздухоподогреватели. Паровые и водяные нагреватели и нагревательные установки воздуха. (ОПК-2, ПК-3, ПК-5)
Раздел 4. Применение теплоты в сельском хозяйстве		
5.	Тема 5. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение	<p>Расчёт требуемого расхода воздуха. Вентиляторы и их выбор. Кондиционирование.</p> <p>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.</p> <p>Энергосбережение на тепловых электростанциях. Энергосбережение в тепловых сетях, при отоплении и вентиляции зданий и сооружений. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирования расхода энергоресурсов. (ОПК-2, ПК-3, ПК-5)</p>

5. 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. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Второй закон термодинамики. Эксергия. Идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
2.	Тема 2. Термодинамический анализ работы компрессоров. Термодинамические свойства реальных газов. Циклы холодильных установок и тепловых насосов.	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ЛР	Работа в команде при выполнении лабораторных работ.
3.	Тема 3. Основы положения теплообмена. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций.
		ЛР	Работа в команде при выполнении лабораторных работ.
4.	Тема 5. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях зданий и сооружений. Системы теплоснабжения в сельском хозяйстве. Энергосбережение	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов

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

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

6.1.1. Расчетно-графическая работа (РГР)

Задание на расчетно-графическую работу включает в себя 6 разновариантных задач примерно одинакового уровня сложности. Формируемые при выполнении РГР компетенции: ОК-2, ПК-3, ПК-29. Контроль над выполнением расчетной работы осуществляется ее проверкой с индивидуальным опросом.

Перечень тем, рассматриваемых в расчетно-графической работе, следующий: Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов идеальных газов в закрытых системах. Второй закон термодинамики. Идеальные циклы тепловых машин. Теплопроводность. Основные положения теории подобия и ее применение для описания теплоотдачи. Теплопередача. Теплообменные аппараты и основы их расчета.

Пример условия одной из типовых задач расчетно-графической работы приведен ниже.

Задача

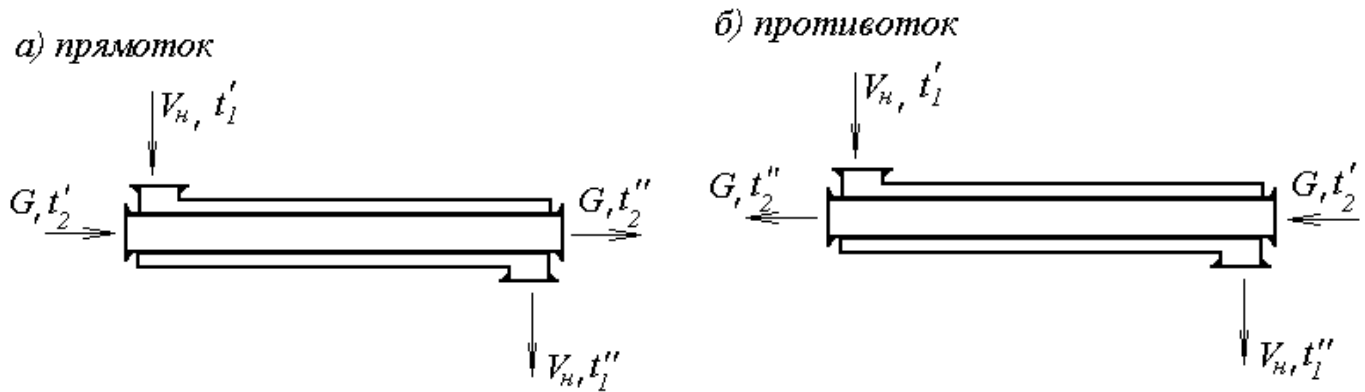


Рис. 1. Схема движения теплоносителей в теплообменном аппарате

Определите поверхность нагрева стального рекуперативного газозводно-го теплообменника (толщина стенок $\delta_c = 3$ 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' и t_2'' , теплоемкость топочных газов $c_2 = 1,15 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, 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.

6.1.3. Выполнение и защита лабораторных работ.

Лабораторные работы (ЛР) направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Теплотехника». В результате студент должен знать основные положения законов термодинамики и тепло-массообмена, составляющие основу расчета теплотехнических систем; устройство и принцип действия теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования; уметь применять средства измерения основных теплофизических параметров; использовать нормативные и справочные документы; применять полученные знания и навыки при изучении специальных дисциплин; владеть методами расчета и подбора систем теплоснабжения; навыками выполнения исследований, обработки и анализа их результатов. В курсе «Теплотехника» предполагается выполнение 5 лабораторных работ.

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

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

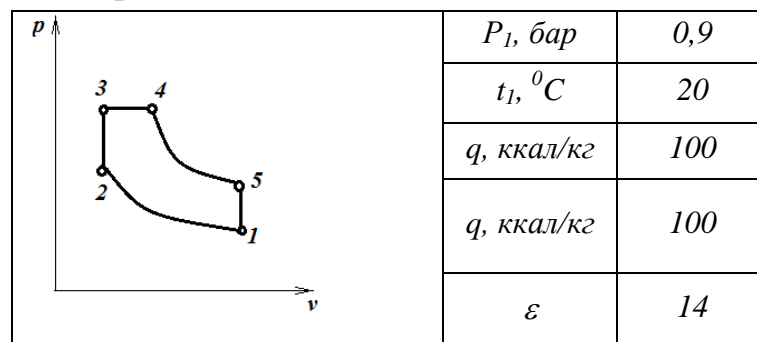
- 1 Перечислите основные параметры, определяющие состояние влажного воздуха.
- 2 Дайте определение абсолютной и относительной влажности воздуха, влажгосодержания.
- 3 Объясните значение линий 12 и 23 на H,d - диаграмме.
- 4 Какие параметры измеряются, и какие рассчитываются в данной лабораторной работе?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

6.1.3. Выполнение и защита индивидуальных задач

Индивидуальные задачи выполняются на практических занятиях и направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Теплотехника». Защита задач проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Формируемые компетенции: ОПК-2, ПК-3, ПК-5. Пример условия одной из типовых задач приведен ниже.

Задача

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



6.1.4. 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 энтальпия. Формулы для вычисления изменения внутренней энергии и энтальпии 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. h, d - диаграмма влажного воздуха. Температура точки росы и температура мокрого термометра. Изображение в h, d - диаграмме процессов нагрева, охлаждения воздуха, смешения двух потоков воздуха.
- 1.22. Принципиальная схема и термодинамический анализ работы газокompрессионной холодильной машины.
- 1.23. Холодильные агенты, применяемые в парокompрессионных холодильных машинах и их анализ.
- 1.24. Принципиальная схема и термодинамические циклы парокompрессионной 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 однослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление стенки.
- 2.5. Стационарная теплопроводность через многослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление стенки.
- 2.6. Стационарная теплопроводность через однослойную цилиндрическую, стенку. Линейная плотность теплового потока. Термическое сопротивление

- стенки.
- 2.7. Стационарная теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Линейная плотность теплового потока. Термическое сопротивление стенки.
 - 2.8. Конвективный теплообмен. Уравнение теплоотдачи Ньютона. Термическое сопротивление.
 - 2.9. Теплоотдача при свободном движении жидкости.
 - 2.10. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости.
 - 2.11. Основы теории подобия. Критериальные уравнения. Определяемый и определяющие критерии подобия.
 - 2.12. Тепловое излучение. Законы теплового излучения.
 - 2.13. Теплопередача через однослойную плоскую стенку. Общее термическое сопротивление.
 - 2.14. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Общее термическое сопротивление.
 - 2.15. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейное термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки.
 - 2.16. Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейное термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки.
 - 2.17. Критический диаметр теплоизоляции цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции.
 - 2.18. 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. Вентиляция жилых, коммунально-бытовых и производственных помещений.
- 4.2. Классификация систем вентиляции.
- 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 вентиляционного 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 H, d – диаграммы.
- 4.10. Общая характеристика систем вентиляции. Расчет 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.

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

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

6.2.1. Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ

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

Защита отчета по лабораторной работе проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя по традиционной системе оценки системы. В случае получения при защите лабораторной работы неудовлетворительной оценки, работа подлежит повторной защите.

Таблица 8

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

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

Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания материала лабораторной работы; допускает существенные ошибки в изложении материала; не умеет выделить главное и сделать выводы.
---	--

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

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

Таблица 9

Критерии оценивания расчетно-графической работы

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

6.2.3. Критерии оценивания индивидуальных задач

Выполнение индивидуальных задач является обязательным элементом, влияющим на допуск, к сдаче зачета с оценкой по дисциплине. При получении неудовлетворительной оценки по задачам они подлежат исправлению и повторной сдаче.

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.

6.2.4. Критерии оценивания промежуточного контроля

К зачету с оценкой допускается студент, полностью выполнивший все виды учебной и самостоятельной работы и сдавший отчетные материалы.

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

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

Таблица 11

Критерии оценивания результатов промежуточного контроля

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; правильно формулирует основные законы теплотехники; знает и применяет основные формулы и расчетные зависимости; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы..
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.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания дисциплины без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности и затрудняется в теоретических выводах, однако умеет применять знания и умения в практических работах, владеет навыками работы со справочной и учебной литературой, умеет пользоваться нормативными документами.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Рудобашта С.П. Теплотехника. – М.: Издательство «Перо», 2015. 665 с
2. Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. Учебник. – М.: Высшая школа. 1975. 496 с.

7.2 Дополнительная литература

1. Александров А. А., Орлов К. А., Очков В. Ф. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник. – М.: Изд-во МЭИ, 2009, – 224 с.
2. Андрианова, Т.Н. Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 356 с.
3. Бахшиева, Л.Т., Кондауров, Б.П., Захарова, А.А., Салтыкова, В.С. Техническая термодинамика и теплотехника. Под ред. профессора А.А. Захаровой. 2-изд., исправ. – М.: Изд. центр «Академия». 2008. – 272 с.
4. Германович, В., Турилин, А. Альтернативные источники энергии: практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – С.-Петербург: Наука и Техника, 2011. – 317 с.
5. Данилов, О.Л., Гаряев, А.Б., Яковлев И.В. и др. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Под ред. А.В. Клименко. – М.: Изд. дом МЭИ, 2010. – 423 с.
6. Малин, Н.И. Энергосбережение. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2011. – 112 с.
7. Михеев, М. А., Михеева, М. А. Основы теплопередачи. Изд. 3-е, репринтное. – М.: Изд-во «Бастет». 2010. – 342 с.
8. Рудобашта, С.П., Бабичева, Е.Л. Теплотехника (основы теплообмена). Учебное издание. – М.: РГАУ-ТСХА, 2016. – 21 с
9. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. Справочник / Под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: «Книга по Требованию», 2012. 460 с.
10. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 2.–Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001. – 988 с.

7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

1. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Дата актуализации: 01.01.2019.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
3. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. – М.: 2019.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. – М.: 2019.
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 «Испытание пластинчатого теплообменника» (Рудобашта С.П.).
7. Методические указания для студентов при изучении учебной дисциплины (Рудобашта С.П., Бабичева Е.Л.)

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

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

9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Таблица 12

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Разделы 1-4	<i>V-TEST</i>	контролирующая	ФГБОУ ВПО МГАУ	2004
2	Разделы 1-4	Microsoft Office Word Microsoft Office Excel Microsoft Office PowerPoint	Офисный пакет	Microsoft	2013

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

Таблица 13

**Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, ка-
бинетами, лабораториями**

Наименование специальных* помеще- ний и помещений для самостоятель- ной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и по- мещений для самостоятельной работы**
1	2
Корпус кафедры ТГ и ЭОП, 16 аудитория	1 Доска аудиторная 3-х элементная (Инв.№ 210136000003573) 2 Экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938) 3 Комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка. проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798) 4 Компьютер "Абакус" (Инв.№ 410134000001484)
Корпус кафедры ТГ и ЭОП, 6 аудитория	1 Доска школьная (Инв.№ 210136000004868) 2 Экран настенный Projecta SlimScreen (Инв.№ 210134000002855) 3 Лабораторная установка для исследования теплоемкости (Инв.№ 210134000002081) 4 Лабораторная установка для определения отношения теплоемкостей (Инв.№ 210134000002082) 5 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001548) 6 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001549) 7 Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001550) Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001551) Лабораторная установка (Инв.№ 410134000001552)
Корпус кафедры ТГ и ЭОП, 2 аудитория	1 Тепловая завеса КЕН-37В (Инв.№ 210134000002255) 2 Теплообменник (Инв.№ 410134000001780) 3 Измеритель температуры ИТ-4503 (Инв.№ 410134000002535) 4 Электроводонагреватель (Инв.№ 410134600002726) 5 Водонагреватель проточ.-накоп. Etalon МК 15 комби (Инв.№ 210136000006685) 6 Теплогенератор ТГ-1,5 (Инв.№ 410134000001866) 7 Котел Д-900-14 (Инв.№ 410134000001421) 8 Компрессор BRAVO 402 М (Инв.№ 210134000002505) 9 Калорифер (Инв.№ 210136000003596) 10 Доска школьная (Инв.№ 210136000004869) 11 Вентилятор ВЦ 14-46-3,15 ПрО (1,5*1500) (Инв.№ 210134000002586) 12 Бак расширительный отопления (Инв.№ 210136000004732)
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова. Читальные залы библиотеки	
Общежитие № 4,5,8,11. Комнаты для само-подготовки	

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 списке 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;
- ❖ 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. Данные полученные при выполнении пропущенной лабораторной работы заносит в заранее подготовленный отчет. После обработки опытных данных оформленный должным образом отчет о выполнении лабораторной работы предоставляется ведущему преподавателю для защиты.

12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

12.1. Методические рекомендации для чтения лекций

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

Объем читаемых лекций определяется 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 слу-

чаях 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 ассистирующий ему инженер (лаборант) учебной лаборатории проводит инструктаж по технике безопасности.

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

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

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

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

После выполнения лабораторной работы целесообразно проводить ее «защиту». Окончательно оформленные отчеты по лабораторным работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавате-

ля. 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 практического занятия 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.

Программу разработали:

Бабичева Е.Л., _____
(подпись)

Осмонов О.М., д.т.н. _____
(подпись)

Канатников Ю.А. _____
(подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 «Теплотехника»
ОПОП ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
направленность «Электроснабжение»
(квалификация выпускника – бакалавр)

Стушкиной Наталией Алексеевной, зав. кафедрой Электроснабжение и электротехника имени академика И.А.Будзко ФГБОУ ВО г. Москвы «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Теплотехника» ОПОП ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность «Электроснабжение» разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий (разработчики – Бабичева Елена Леонидовна, ст. преподаватель кафедры ТГ и ЭОП, Осмонов Орозмамат Мамасалиевич, д.т.н., профессор кафедры ТГ и ЭОП и Канатников Юрий Александрович, ст. преподаватель кафедры ТГ и ЭОП).

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

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Теплотехника» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 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 вариативной части учебного цикла, дисциплина по выбору – Б1.В.ДВ

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 3 компетенции. Дисциплина «Теплотехника» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Теплотехника» составляет 3 зачётных единицы (108 часов).

7. 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.

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

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

10. 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».

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (выполнение и защита лабораторных работ, опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления, выполнение расчетно-графической работы и аудиторных заданий - 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 по выбору вариативной части учебного цикла – Б1.В.ДВ ФГОС ВО направления **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**.

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

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 10 наименований, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 8 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**.

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

15. 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 Бабичевой Е.Л., ст. преподавателем кафедры ТГ и ЭОП, Осмоновым О.М., д.т.н., профессором кафедры ТГ и ЭОП и Канатниковым Ю. А., ст. преподавателем кафедры ТГ и ЭОП соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Стушкина Наталия Алексеевна, зав. кафедрой Электроснабжение и электротехника имени академика И.А.Будзко ФГБОУ ВО г. Москвы «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат технических наук _____ «_22» _12_____ 2018 г.