

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

О.Я. Солёная

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«28» мая 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Тепловые процессы в электрических машинах»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности/ специализации	Энергетические электрические машины
Форма обучения	очная
Год приема	2024

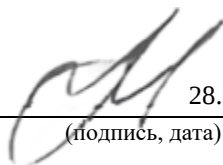
Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

И.Н. Железняк

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«28» мая 2026 г, протокол № 12

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Тепловые процессы в электрических машинах» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности/специализации «Энергетические электрические машины». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-5 «Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы объектов профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с тепловыми процессами, проходящими внутри электромеханических преобразователей энергии переменного и постоянного тока.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (7 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Теоретические знания в области аналитической теории теплопроводности как науке об энергетическом обмене и температурном (стационарном и нестационарном) поле произвольного объекта с внутренними источниками тепла и системой конвективных стоков. Прикладные знания в отношении строгой постановки задачи теплообмена в активной зоне электрических машин, а также структуры и реализации инженерных методов тепловых расчетов машин различных видов. Практические умения в отношении анализа тепловых процессов (стационарных и нестационарных), протекающих в активных частях при типичных эксплуатационных режимах работы электрической машины; первоначальные навыки по выбору подходящей системы охлаждения активных частей при заданном уровне электромагнитных нагрузок.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы объектов профессиональной деятельности	ПК-5.Д.1 анализирует зависимости между параметрами и характеристиками объектов профессиональной деятельности ПК-5.Д.2 анализирует характер протекания переходных процессов и устойчивость режимов объектов профессиональной деятельности

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Математика»,
- «Электротехника».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Электрический привод»,
- «Электромехатроника».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3

Общая трудоемкость дисциплины, 3Э/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Дифф. зач.	Дифф. зач.

4. Содержание дисциплины

- 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.
Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Введение в курс. Тема 1.1. Общие сведения о тепловых процессах в электрических машинах; Тема 1.2. Температурное поле; Тема 1.3. Условия однозначности при решении уравнения теплопроводности	4	0			8
Раздел 2. Подобие тепловых процессов; Тема 2.1. Конвективный теплообмен.	4	8			8
Раздел 3. Движение охлаждающих сред в каналах электрических машин; Тема 3.1. Математические модели стационарных температурных полей электрических машин; Тема 3.2. Тепловой расчет электрической машины в стационарном режиме.	4	9			11
Раздел 4. Теплообменники; Тема 4.1. Нестационарные тепловые процессы	5	0			11
Итого в семестре:	17	17			38
Итого	17	17	0	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

- 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.
Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Введение в курс. Общие сведения о тепловых процессах в электрических

	машинах. Тепловые процессы и жизнеспособность электрической машины. Учет тепловых требований при проектировании. Эволюция систем охлаждения – от естественной до криогенной. Количественные характеристики эффективности и экономичности системы охлаждения. Место расчета и опыта в исследовании теплового состояния электрической машины. Термические ограничения при работе электрической машины. Термохимическое и термофизическое перерождение изоляционных материалов. Правило Монтзингера. Нормирование предельных температур. Энергетический обмен в активном объеме электрической машины. Виды теплообмена. Теплоносители. Температурное поле. Распространение тепла в вещественной среде. Поле температуры. Закон Фурье. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его физический смысл. Условия однозначности при решении уравнения теплопроводности. Условия однозначности. Классификация. Виды граничных условий.
2	Подобие тепловых процессов. Определение подобия. Условия подобия физических процессов. Критерии подобия. Подобие процессов теплообмена в электрических машинах. Физическое моделирование. Конвективный теплообмен. Конвективный теплообмен. Коэффициент теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции различных сред.
3	Движение охлаждающих сред в каналах электрических машин. Природа сопротивления движущейся среды. Потери давления, обусловленные трением в пограничном слое. Потери давления при местных возмущениях потока. Нагнетательные элементы. Вентиляционная сеть электрической машины. Гидравлический расчет систем с протяженными каналами. Математические модели стационарных температурных полей электрических машин. Принципы математического моделирования температурного поля в активных частях электрических машин. Понятие элементарной расчетной области. Независимые и термически связанные области. Сосредоточенные и распределенные источники тепла. Плоская задача для анизотропной области с внутренним источником тепла. Плоская сопряженная задача. Внутренняя и внешняя задача теплообмена. Понятие термического сопротивления. Элементарные одномерные модели. Термические связи элементов конструкции в стационарном режиме. Тепловой расчет электрической машины в стационарном режиме. Упрощающие предпосылки при постановке задачи практического теплового расчета. Основные составляющие превышения температуры активного элемента. Универсальная одномерная модель. Температурный перепад в активном и пассивном слое. Геометрические идеализации. Тепловая нагрузка и температурный перепад на охлаждаемой поверхности. Подогрев среды в канале. Расширенное понятие термического сопротивления. Метод эквивалентных схем. Учет продольной теплопроводности в одномерных активных элементах различной протяженности. Протяженный канал с переменной тепловой нагрузкой. Пример теплового расчета статора с косвенным охлаждением обмотки методом эквивалентных схем. Тепловой расчет обмотки с непосредственным охлаждением.

4	Теплообменники Назначение и принцип действия теплообменного аппарата. Модель с противотоком. Показатели эффективности теплообменников. Нестационарные тепловые процессы Классическая теория нагрева однородного тела. Показатель термической инерции (постоянная времени нагрева). Двухемкостные модели. Типовые задачи нестационарной теплопроводности в активных элементах электрических машин в одномерной постановке. Границы допустимых экспресс-оценок показателей термической инерции. Нестационарные тепловые процессы в замкнутых контурах циркуляции теплоносителей.
---	--

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Математическая модель температурного поля для частных случаев постановки задачи теплопередачи	Расчетно-графическое задание	2	2	2
2	Определение теплового состояния при конвективном теплообмене	Расчетно-графическое задание	2	2	2
3	Определение теплового состояния при лучистом теплообмене	Расчетно-графическое задание	2	2	2
4	Гидравлический расчёт вентиляционного тракта	Расчетно-графическое задание	2	2	2
5	Тепловой расчёт ЭМ по методу эквивалентных схем	Расчетно-графическое задание	2	2	3
6	Расчёт теплообменника ЭМ	Расчетно-графическое задание	2	2	3
7	Нестационарный тепловой расчёт узла ЭМ	Расчетно-графическое задание	2	2	3
8	Тепловой расчёт активной части электрической машины с учётом тепломассопереноса	Расчетно-графическое задание	3	3	3
Всего			17	17	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	15	15
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	15	15
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
https://znanium.ru/catalog/document?id=431563	Теплопередача : учебное пособие : в 2 частях. Часть 1. Основы теории теплопередачи / В.С. Чередниченко, В.А. Синицын, А.И. Алиферов, Ю.И. Шаров ; под ред. В.С. Чередниченко. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 221 с. 2.	
https://znanium.ru/catalog/document?id=219791&ysclid=mq8exd9zyu359058242	Основы аэродинамических и тепловых расчетов в электромеханике / Бухгольц Ю.Г. : учеб. пособие / Ю.Г. Бухгольц, В.А.	

	Тюков, Т.В. Честюнина. – Новосибирск :Изд-во НГТУ, 2008. – 196 с	
--	--	--

7. Перечень электронных образовательных ресурсов
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения».

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru./), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП.
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
-------	---	-------------------------------------

1	Мультимедийная лекционная аудитория: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования (Интерактивный мультисенсорный дисплей на перекатной стойке FocusTouch Диагональ 70" – 1 шт., ПЭВМ – 1 шт.); Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	21-21 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
2	Лаборатория электрических машин: – специализированная мебель; Лабораторное оборудование: Электрическая машина постоянного тока с последовательным возбуждением, с параллельным возбуждением, с независимым возбуждением, Асинхронная электрическая машина с короткозамкнутым ротором, синхронная электрическая машина, однофазный трансформатор. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-02 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
3	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
4	Лаборатория привода: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ и проектор - 1 шт. Лабораторное оборудование: Мотор-колесо, линейный двигатель, вентильный двигатель, асинхронный двигатель. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-05 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий ^{**} .
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и, по существу, излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий ^{**} .
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу, излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий ^{**} .
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий ^{**} .

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов для дифф. зачета	Код индикатора
1	Опишите общие сведения о тепловых процессах, происходящих в электрических машинах, указав основные источники тепловыделения.	ПК-5.Д.1
2	Проанализируйте, какие факторы влияют на формирование температурного поля внутри электрической машины.	ПК-5.Д.1
3	Постройте схематическое изображение температурного поля для типичной асинхронной машины и отметьте зоны с максимальной температурой.	ПК-5.Д.1
4	Перечислите и поясните условия однозначности (начальные, граничные, геометрические, физические), необходимые для корректного решения уравнения теплопроводности.	ПК-5.Д.1
5	Решите упрощённое уравнение теплопроводности для цилиндрического элемента электрической машины при заданных граничных условиях.	ПК-5.Д.1
6	Объясните принципы подобия тепловых процессов и приведите примеры критериев подобия (например, чисел Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля) применительно к электрическим машинам.	ПК-5.Д.1
7	Сравните механизмы конвективного теплообмена в воздушных и жидкостных системах охлаждения электрических машин.	ПК-5.Д.1
8	Изобразите схему движения охлаждающего воздуха в каналах статора и ротора асинхронного двигателя, указав направления потоков и зоны турбулентности.	ПК-5.Д.1
9	Определите основные параметры движения охлаждающих сред (скорость, давление, расход) в каналах электрических машин и оцените их влияние на эффективность охлаждения.	ПК-5.Д.1
10	Разработайте упрощённую математическую модель стационарного температурного поля для обмотки статора, используя метод конечных элементов или метод эквивалентных тепловых схем.	ПК-5.Д.1
11	Рассчитайте стационарное температурное поле в активной части электрической машины с учётом тепловыделения в обмотках и магнитопроводе.	ПК-5.Д.2
12	Проведите тепловой расчёт электрической машины в стационарном режиме, определив превышение температуры над окружающей средой для ключевых компонентов (обмотки, сердечника, подшипников).	ПК-5.Д.2
13	Сравните различные типы теплообменников (воздушные, жидкостные, испарительные), используемых в системах охлаждения мощных электрических машин, по критериям эффективности, габаритов и стоимости.	ПК-5.Д.2
14	Опишите принцип работы и область применения теплообменника типа «жидкость–воздух» в системе охлаждения турбогенератора.	ПК-5.Д.2
15	Изучите особенности нестационарных тепловых процессов при пуске, остановке и изменении нагрузки электрической машины.	ПК-5.Д.2
16	Постройте график изменения температуры обмотки электрической машины во времени при пуске из холодного состояния до установившегося режима.	ПК-5.Д.2
17	Оцените тепловую постоянную времени для типичной	ПК-5.Д.2

	электрической машины средней мощности и объясните её значение для проектирования системы охлаждения.	
18	Разработайте рекомендации по оптимизации системы охлаждения электрической машины на основе анализа её теплового режима в различных эксплуатационных условиях.	ПК-5.Д.2
19	Проведите сравнительный анализ методов теплового моделирования (аналитических, численных, экспериментальных) для электрических машин и укажите их преимущества и недостатки.	ПК-5.Д.2
20	Предложите способы снижения локальных перегревов в электрических машинах за счёт изменения конструкции каналов охлаждения или применения материалов с повышенной теплопроводностью.	ПК-5.Д.2

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
<i>1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа</i> Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильный ответ		
1	Какой закон описывает перенос тепла посредством теплопроводности? а) Закон Ома б) Закон Фурье в) Закон Ньютона–Рихмана г) Закон Кирхгофа	ПК-5.Д.1
2	Что такое термическое сопротивление? а) Способность материала проводить электрический ток б) Способность материала сопротивляться тепловому расширению в) Величина, обратная коэффициенту теплопроводности г) Величина, характеризующая сопротивление материала тепловому потоку	ПК-5.Д.1
3	Какой тип охлаждения считается наиболее современным и эффективным для электрических машин? а) Естественное охлаждение б) Принудительное воздушное охлаждение в) Жидкостное охлаждение г) Криогенное охлаждение	ПК-5.Д.2
4	Что характеризует показатель термической инерции (постоянная времени нагрева)? а) Скорость изменения температуры окружающей среды б) Время, за которое температура тела достигает установившегося значения в) Скорость остывания электрической машины	ПК-5.Д.2

	г) Время достижения половины установившейся температуры при нагреве									
2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответов Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильные варианты ответа										
5	Какие виды теплообмена участвуют в процессе охлаждения электрической машины? Выберите все верные варианты. а) Теплопроводность б) Конвекция в) Излучение г) Диффузия	ПК-5.Д.1								
6	Какие факторы влияют на коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции? Выберите все верные варианты. а) Температура поверхности б) Свойства охлаждающей среды в) Геометрия охлаждаемой поверхности г) Скорость движения среды	ПК-5.Д.1								
7	Какие параметры учитываются при нормировании предельных температур в электрических машинах? Выберите все верные варианты. а) Класс изоляции б) Тип охлаждающей среды в) Режим работы машины г) Материал корпуса	ПК-5.Д.2								
8	Какие критерии подобия используются при моделировании тепловых процессов в электрических машинах? Выберите все верные варианты. а) Критерий Рейнольдса б) Критерий Нуссельта в) Критерий Прандтля г) Критерий Фурье	ПК-5.Д.2								
3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце										
9	Установите соответствие между видом теплообмена и его характеристикой: <table><tr><td>Вид теплообмена</td><td>Характеристика</td></tr><tr><td>1. Теплопроводность</td><td>А. Перенос тепла за счёт движения макроскопических объёмов среды</td></tr><tr><td>2. Конвекция</td><td>Б. Перенос тепла через электромагнитное излучение</td></tr><tr><td>3. Излучение</td><td>В. Перенос тепла через непосредственный контакт частиц вещества</td></tr></table>	Вид теплообмена	Характеристика	1. Теплопроводность	А. Перенос тепла за счёт движения макроскопических объёмов среды	2. Конвекция	Б. Перенос тепла через электромагнитное излучение	3. Излучение	В. Перенос тепла через непосредственный контакт частиц вещества	ПК-5.Д.1
Вид теплообмена	Характеристика									
1. Теплопроводность	А. Перенос тепла за счёт движения макроскопических объёмов среды									
2. Конвекция	Б. Перенос тепла через электромагнитное излучение									
3. Излучение	В. Перенос тепла через непосредственный контакт частиц вещества									
10	Установите соответствие между типом системы охлаждения и её особенностью: <table><tr><td>Тип системы охлаждения</td><td>Особенность</td></tr><tr><td>1. Естественное охлаждение</td><td>А. Используется вентилятор или насос для принудительной циркуляции теплоносителя</td></tr><tr><td>2. Принудительное</td><td>Б. Охлаждение происходит за счёт</td></tr></table>	Тип системы охлаждения	Особенность	1. Естественное охлаждение	А. Используется вентилятор или насос для принудительной циркуляции теплоносителя	2. Принудительное	Б. Охлаждение происходит за счёт	ПК-5.Д.1		
Тип системы охлаждения	Особенность									
1. Естественное охлаждение	А. Используется вентилятор или насос для принудительной циркуляции теплоносителя									
2. Принудительное	Б. Охлаждение происходит за счёт									

	охлаждение	естественной конвекции и излучения	
	3. Криогенное охлаждение	В. Используются сверхнизкие температуры для повышения эффективности охлаждения	
11	Установите соответствие между критерием подобия и его физическим смыслом:		ПК-5.Д.2
	Критерий подобия	Физический смысл	
	1. Критерий Нуссельта	А. Характеризует соотношение сил инерции и вязкости	
	2. Критерий Рейнольдса	Б. Характеризует интенсивность конвективного теплообмена	
	3. Критерий Прандтля	В. Характеризует соотношение молекулярного переноса импульса и тепла	
12	Установите соответствие между этапом теплового расчёта и его задачей:		ПК-5.Д.2
	Этап расчёта	Задача	
	1. Постановка задачи	А. Определение температурных полей и перепадов	
	2. Выбор модели	Б. Формулировка упрощающих предположений и граничных условий	
	3. Решение уравнений	В. Выбор подходящей математической модели (одномерной, плоской и т.д.)	
4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо			
13	Установите правильную последовательность этапов теплового расчёта электрической машины в стационарном режиме: А. Определение тепловых нагрузок Б. Формулировка граничных условий В. Выбор математической модели Г. Расчёт температурных полей		ПК-5.Д.1
14	Установите последовательность процессов при конвективном охлаждении электрической машины: А. Передача тепла от нагретой поверхности к охлаждающей среде Б. Движение охлаждающей среды в каналах В. Отвод тепла от нагретых элементов конструкции Г. Нагрев охлаждающей среды		ПК-5.Д.1
15	Установите последовательность этапов при моделировании нестационарных тепловых процессов: А. Расчёт постоянной времени нагрева Б. Постановка задачи с учётом начальных условий В. Решение уравнения теплопроводности Г. Анализ результатов и построение графиков нагрева/остывания		ПК-5.Д.2
16	Установите последовательность шагов при гидравлическом расчёте системы охлаждения: А. Определение потерь давления в каналах Б. Расчёт скорости движения охлаждающей среды В. Подбор нагнетательных элементов Г. Составление схемы вентиляционной сети		ПК-5.Д.2

5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом		
Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
17	Сформулируйте закон Фурье и объясните его физический смысл. Приведите математическую запись закона.	ПК-5.Д.1
18	Объясните, что такое правило Монтзингера и как оно применяется при оценке срока службы изоляционных материалов.	ПК-5.Д.1
19	Опишите, какие упрощающие предпосылки обычно принимаются при постановке задачи практического теплового расчёта электрической машины.	ПК-5.Д.2
20	Напишите пропущенное слово: «Процесс переноса тепла от жидкости к стенке или от стенки к жидкости называется _____».	ПК-5.Д.2

Примечание: Система оценивания тестовых заданий.

1-й тип. Задание закрытого типа с выбором одного верного ответа считается верным, если правильно указана цифра ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание закрытого типа с выбором нескольких вариантов ответа считается верным, если правильно указаны цифры ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- постановка задачи;
- основные сведения по теме лекции;
- результаты и выводы.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах
Учебным планом не предусмотрено

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Структурными элементами практического занятия являются: вводная часть, основная часть, заключительная часть.

Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению заданий работы.

В ее состав входят:

- формулировка темы, целей и задач занятия;
- обоснование значимости темы для профессиональной подготовки;
- связь с другими разделами курса;
- изложение теоретических основ;
- разъяснение методов и приёмов выполнения заданий;
- требования к результату работы;
- инструктаж по технике безопасности;
- проверка готовности студентов;
- пробное выполнение заданий;
- указания по самоконтролю.

Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Она может сопровождаться:

- дополнительные разъяснения по ходу работы;
- устранение затруднений;
- текущий контроль и оценка результатов;
- поддержка работоспособности технических средств;
- ответы на вопросы студентов.

Заключительная часть содержит:

- подведение итогов занятия (анализ успехов и недочётов);
- оценка работы отдельных студентов;
- ответы на вопросы;
- рекомендации по устранению пробелов в знаниях и навыках;
- сбор отчётов для проверки;
- информация о подготовке к следующему занятию (включая список литературы).

Вводная и заключительная части практического занятия проводятся фронтально. Основная часть выполняется каждым студентом индивидуально.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Основными методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются источники из перечня печатных и электронных учебных изданий, указанных в таблице 8. Кроме этого, обучающийся может пользоваться электронными ресурсами, указанными в таблицах 9 и 11.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости;
- устный опрос по материалам лекций;
- устный опрос по практическим занятиям;
- письменное выполнение заданий лабораторных работ с защитой отчетов;
- письменный опрос в форме тестирования.

В течение семестра обучающиеся загружают в ЭИОС ГУАП отчётные материалы, в соответствии с установленными НПР требованиями и методами проведения ТКУ, а НПР оценивают загруженные материалы. Оценка, сделанная НПР, зарегистрированным под своим логином и паролем, является оценкой результатов ТКУ.

Для текущего контроля успеваемости используются комплекты тестовых заданий по темам. Тест состоит из 20 вопросов. Время выполнения 40 минут. Тест считается сданным, если выполнено не менее 60% заданий. Результаты текущего контроля сообщаются студентам непосредственно на следующем занятии.

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются при проведении промежуточной аттестации. При непрохождении текущего контроля студенту ставится оценка «неудовлетворительно».

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости и проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в смешанной форме по вопросам, представленным в таблице 15, в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа. Время на подготовку ответа - 90 минут.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой