Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»**

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

*«Б1.Д.В.Э.2.1 Тепловые и вентиляционные расчеты электрических машин»*

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки
*13.04.02 Электроэнергетика и электротехника*
(код и наименование направления подготовки)

*Электромеханические комплексы и их исследование*
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
*Магистр*

Форма обучения
*Очная*

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины *«Б1.Д.В.Э.2.1 Тепловые и вентиляционные расчеты электрических машин»* рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
*наименование кафедры*

протокол № 5 от "23" января 2026 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
*наименование кафедры* *подпись* А.С. Безгин *расшифровка подписи*

*Исполнители:*
Доцент *подпись* А.С. Падеев
*должность* *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
*код наименование* *личная подпись* Э.Л. Греков *расшифровка подписи*

Научный руководитель магистерской программы *личная подпись* Э.Л. Греков *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
*личная подпись* С.А. Биктимирова *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству Института энергетики, электроники и связи
*личная подпись* С.А. Сильвашко *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Падеев А.С., 2026
© ОГУ, 2026

**1 Цели и задачи освоения дисциплины**

**Цель освоения дисциплины**: - подготовить обучающегося к самостоятельному решению задач, связанных с расчётом перегрева отдельных частей электрических машин и трансформаторов при их проектировании и исследованиях.

**Задачи:**

- ознакомиться с физическими свойствами охлаждающих агентов (жидкостей и газов), используемых в электромеханических преобразователях энергии;
- освоить основы теории теплопередачи;
- освоить основы вентиляционных расчётов;
- приобрести практические навыки по выполнению тепловых и вентиляционных расчётов основных типов электрических машин, оценке получаемых результатов и принятию решений.

*).*

**2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.8 Специальные главы математики*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

**3 Требования к результатам обучения по дисциплине**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПК*-3 Способен применять соответствующий математический аппарат при решении профессиональных задач | ПК*-3-В-3 Применяет современные методы и средства для оптимизации проектных решений<br>ПК*-3-В-5 Применяет методы численного и аналитического решения математических моделей электромеханических устройств<br>ПК*-3-В-6 Применяет методы оптимизации для решения задач безусловной и условной оптимизации при проектировании электромеханических преобразователей энергии | **Знать:**<br>- цели и задачи тепловых и вентиляционных расчётов при проектировании электромеханических преобразователей энергии;<br>- основные понятия и законы аэродинамики и гидравлики.<br>**Уметь:**<br>- выбирать метод решения задачи тепловых и вентиляционных расчётов;<br>- выбирать критерии оценки проектных решений.<br>**Владеть:**<br>- практическими |

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| | | навыками оценки и представления результатов тепловых и вентиляционных расчётов. |
| ПК*-6 Способен участвовать в разработке систем автоматического проектирования электромеханических преобразователей | ПК*-6-В-4 Демонстрирует понимание алгоритмов и математических моделей процедур проектирования электрических машин и трансформаторов | **Знать:**<br>- состояние и перспективы развития тепловых и вентиляционных расчётов электрических машин и трансформаторов.<br>**Уметь:**<br>- осознанно применять на практике современные теоретические знания при создании электромеханических преобразователей энергии.<br>**Владеть:**<br>- практическими навыками оценки результатов научных исследований. |

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 академических часа).

| Вид работы | Трудоемкость, академических часов | | |
|---|---|---|---|
| | 2 семестр | 3 семестр | всего |
| **Общая трудоёмкость** | **144** | **108** | **252** |
| **Контактная работа:** | **32,25** | **22,25** | **54,5** |
| Лекции (Л) | 12 | 10 | 22 |
| Практические занятия (ПЗ) | 12 | 8 | 20 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 8 | 4 | 12 |
| Промежуточная аттестация (зачет, экзамен) | 0,25 | 0,25 | 0,5 |
| **Самостоятельная работа:**<br>*- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;*<br>*- изучение разделов курса в системе электронного обучения;*<br>*- изучение разделов массового открытого онлайн-курса « »;*<br>*- подготовка к лабораторным занятиям;* | **111,75** | **85,75** | **197,5** |

| Вид работы | Трудоемкость, академических часов | | |
|---|---|---|---|
| | 2 семестр | 3 семестр | всего |
| *- подготовка к практическим занятиям;*<br>*- подготовка к коллоквиумам;*<br>*- подготовка к рубежному контролю и т.п.)* | | | |
| **Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)** | **диф. зач.** | **зачет** | |

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

| № раздела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | аудиторная работа | | | внеауд. работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 1 | Общие вопросы | 20 | 2 | 2 | - | 16 |
| 2 | Основные понятия и законы аэродинамики и гидравлики | 60 | 4 | 4 | 4 | 48 |
| 3 | Гидравлические сопротивления | 64 | 6 | 6 | 4 | 48 |
| | Итого: | 144 | 12 | 12 | 8 | 112 |

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

| № раздела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | аудиторная работа | | | внеауд. работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 4 | Основы теории теплопередачи | 36 | 4 | 2 | - | 30 |
| 5 | Тепловые расчёты электрических машин | 36 | 2 | 4 | 2 | 28 |
| 6 | Вентиляторы электрических машин и вентиляционные расчёты | 36 | 4 | 2 | 2 | 28 |
| | Итого: | 108 | 10 | 8 | 4 | 86 |
| | Всего: | 252 | 22 | 20 | 12 | 198 |

**4.2 Содержание разделов дисциплины**

**Раздел 1 Общие вопросы**

1.1 Введение. Цели и задачи тепловых, гидродинамических и вентиляционных расчётов в электрических машинах.

1.2 Общая характеристика физических процессов тепловыделения и теплопередачи в электрических машинах (ЭМ).

1.3 Влияние эффективности системы охлаждения на технико-экономические показатели ЭМ.

1.4 Основные типы систем охлаждения, их связь с мощностью машин, условиями эксплуатации, степенью защиты.

**Раздел 2 Основные понятия и законы аэродинамики и гидравлики**

2.1 Физические свойства жидкостей.

2.2 Основные понятия гидростатики.

2.3 Основные понятия гидродинамики.

2.4 Режимы течения жидкостей.

**Раздел 3 Гидравлические сопротивления**

3.1 Сопротивление трения по длине канала.

3.2 Местные гидравлические сопротивления.
3.3 Гидравлические сопротивления вращающихся каналов.

**Раздел 4 Основы теории теплопередачи**

4.1 Основные процессы передачи тепла.
4.2 Закон теплопроводности Фурье. Коэффициенты теплопроводности.
4.3 Дифференциальное уравнение теплопроводности.
4.4 Формула Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
4.5 Начальные и граничные условия при решении краевых задач теплопроводности.
4.6 Классификация краевых задач.
4.7 Упрощение общей задачи теплопроводности.
4.8 Фундаментальное решение уравнения теплопроводности и его физический смысл.
4.9 Простейшие задачи теплопроводности (самостоятельно).
4.10 Теоремы подобия.
4.11 Критерии гидродинамического подобия.
4.12 Тепловое подобие процессов.
4.13 Конвективный теплоперенос (самостоятельно).
4.14 Уравнение пограничного слоя.
4.15 Теплоотдача при вынужденной конвекции.
4.16 Теплообмен излучением (физическая сущность теплового излучения, законы теплового излучения).
4.17 Результирующий коэффициент теплоотдачи при совместном действии конвекции и излучения в электрической машине (самостоятельно).

**Раздел 5 Тепловые расчёты электрических машин**

5.1 Задачи тепловых расчётов электрических машин.
5.2 Режимы работы электрических машин (самостоятельно).
5.3 Температура и превышение температуры в элементах конструкции электрических машин.
5.4 Эквивалентные тепловые схемы (самостоятельно).
5.5 Тепловой расчёт электрических машин и трансформаторов с помощью тепловых схем замещения (самостоятельно).
5.6 Тепловой расчёт нестационарных процессов (самостоятельно).
5.7 Тепловые расчёты при оптимальном проектировании и в САПР ЭМ.

**Раздел 6 Вентиляторы электрических машин и вентиляционные расчёты**

6.1 Схемы вентиляции электрических машин.
6.2 Задачи вентиляционного расчёта.
6.3 Графическое решение уравнения равновесия (самостоятельно).
6.4 Проектирование центробежных нагнетателей.
6.5 Проектирование осевых вентиляторов.
6.6 Расчёт аэродинамического сопротивления системы вентиляции методом уравнения потерь напора (самостоятельно).
6.7 Графическое решение схем вентиляции (самостоятельно).

**4.3 Лабораторные работы**

| ЛР | № раздела | Наименование лабораторных работ | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 5 | Тепловой расчёт на ЭВМ асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. | 2 |
| 2 | 5 | Тепловой расчёт на ЭВМ асинхронного двигателя с фазным ротором. | 2 |

| ЛР | № раздела | Наименование лабораторных работ | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 3-4 | 5 | Тепловой расчёт на ЭВМ двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. | 4 |
| | | | |
| 5-7 | 5 | Тепловой расчёт трёхфазных сухих трансформаторов | 4 |
| | | Итого: | 12 |

### 4.4 Практические занятия

| № занятия | № раздела | Тема | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1-2 | 1 | Характеристика физических процессов тепловыделения и теплопередачи в электрических машинах. | 4 |
| | | | |
| 3-6 | 4 | Простейшие задачи теплопроводности. Тепловые сопротивления. | 8 |
| 7-10 | 5 | Тепловая схема замещения трансформатора малой мощности. Расчёт тепловых сопротивлений. | 8 |
| | | Итого: | 20 |

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1) Филиппов, И.Ф. Теплообмен в электрических машинах [Текст] : учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Филиппов. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 255 с.

2) Проектирование электрических машин [Текст] : учеб. для вузов / под ред. И.П.Копылова. – 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Высш. шк. 2005. - 767с.

### 5.2 Дополнительная литература

1) Борисенко, А.И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах [Текст] / А.И. Борисенко, В.Г. Данько, А.И. Яковлев. – М.: Энергия, 1974. – 560 с.

2) Виноградов, В.И. Вентиляторы электрических машин [Текст] / В.И. Виноградов. – Л.; Энергоиздат, 1981. – 200 с.

3) Сипайлов, Г.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчёты в электрических машинах [Текст]: Учеб. для вузов по спец. «Электромеханика» / Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан. – М.: Высш. шк., 1989. – 239 с.

### 5.3 Периодические издания

Электричество : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

Известия высших учебных заведений. Электромеханика : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

Электротехника : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

Известия РАН. Энергетика : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.

### 5.4 Интернет-ресурсы

http://www.rsl.ru/: Российская государственная библиотека.

http://window.edu.ru/window/catalog: Единое окно доступа к образовательным ресурсам

http://www.electrolibrary.info/history/ - электронная электротехническая библиотека
http://electricalschool.info/ - школа для электрика
http://electrik.info/ - электрик инфо

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Open Office/LibreOffice - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.
3. Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0
4. Lazarus- открытая среда разработки программного обеспечения на языке Object Pascal для компилятора Free Pascal.
5 Система решения математических, инженерно-технических и научных задач Smath Studio. Доступна бесплатно. Разработчик: Андрей Ивашов. Режим доступа https://ru.smath.com .

## 6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий используется аудитория 8112, вмещающая более 20 слушателей. Аудитория оснащена комплектами ученической мебели (столы, стулья), техническими средствами обучения (компьютеры и проекторы), служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных и практических занятий предназначен специализированный компьютерный класс (ауд. 8111). Выполнение всех расчётных работ по дисциплине «*Системы автоматизированного проектирования электрических машин*» производится на ЭВМ. Число рабочих мест в аудитории 8111 более 20.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 8111) оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.