

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе

д.т.н. проф.

Драгунов В.К.

«14»

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**специальной дисциплины 2.4.1 Теоретическая и прикладная
электротехника. Профиль – Электротехнические материалы и изделия**

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы - минимум кандидатского экзамена по специальности 2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно- педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является уяснение связей и закономерностей в разработке, производстве, исследовании, эксплуатации и утилизации электрических и радиотехнических материалов, электрической изоляции, кабелей и проводов, электрических конденсаторов, объектов и устройств, являющихся неотъемлемой частью электроэнергетического, электротехнического и радиоэлектронного оборудования, изучение специальных разделов электротехники и энергетики, относящихся к обеспечению жизненного цикла электротехнических материалов и изделий.

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с классификацией, свойствами и применением электротехнических материалов в энергетике, электро- и радиотехники;
- изучение технологий производства электротехнических материалов и изделий;
- ознакомление с методами и средствами контроля свойств, обеспечения надёжности электротехнических материалов и изделий;
- научить создавать новые электротехнические материалы и изделия.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.)

Формула специальности

Теоретическая и прикладная электротехника – раздел технических наук, изучающий электромагнитные поля и процессы в электротехнических электроэнергетических и информационных, управляющих и биологических системах, физико-химические процессы в электротехнических и радиотехнических материалах в связи с их химическим составом, структурой и условиями эксплуатации, осуществляющая оптимизацию параметров электротехнических, радиотехнических материалов и изделий, технологии их

производства, эксплуатации и утилизации, параметров электротехнических, радиотехнических материалов и изделий, технологии их производства, эксплуатации и утилизации, повышение долговечности и надежности электротехнических и радиотехнических материалов и изделий на их основе. В круг объектов исследования входят новые электротехнические и радиотехнические материалы, а также изделия на их основе.

В процессе исследования используются физико-химические и механические методы исследования, методы математического моделирования и оптимизации.

Области исследований

1. Теоретические и экспериментальные исследования электромагнитных полей и процессов в электротехнических, электроэнергетических, информационных, управляющих и биологических системах.
2. Анализ, синтез, оптимизация и диагностика электромагнитных полей и электрических цепей.
3. Математическое моделирование неэлектрических явлений и процессов с использованием электромагнитных аналогов.
4. Теоретические и прикладные исследования электродинамических систем, интегрирующих объекты информационной и электротехнической природы.
5. Изучение на стадиях от разработки до утилизации физико-химических процессов, определяющих свойства электротехнических и радиотехнических материалов и изделий в связи с их химическим составом, структурой и внешними условиями эксплуатации.
6. Оптимизация параметров электротехнических, радиотехнических материалов и изделий, технологии их производства, эксплуатации и утилизации.
7. Моделирование процессов проектирования, исследования, производства, эксплуатации и утилизации электротехнических и радиотехнических материалов, изделий на их основе.
8. Повышение долговечности и надежности электротехнических и радиотехнических материалов и изделий на их основе.
9. Разработка научных основ, анализ и экспериментальные исследования процессов преобразования (выпрямления, инвертирования, импульсного, частотного и фазочастотного регулирования и т.п.) в устройствах силовой электроники, создания схем и устройств и моделей силовой электроники, исследование свойств и принципов функционирования элементов схем и устройств.

Отрасль науки

- технические науки.

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теоретические основы электротехники, основы электроизоляционной и кабельной техники, основы технологий производства электротехнических материалов и изделий, информационные технологии.

Электротехнические материалы, их применение в энергетике, электро-, радиотехнике

Классификация электротехнических материалов. Электротехнические материалы (природные и технологически синтезированные). Изоляционные, проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы. Задачи, решаемые в электроэнергетическом, электротехническом и радиоэлектронном оборудовании при использовании электротехнических материалов. Физические свойства электротехнических материалов, определяющие эффективность их использования по назначению. Электрические, магнитные, механические и теплофизические параметры электротехнических материалов, их устойчивость к внешним (атмосферным) воздействиям и времени эксплуатации. Особенности технологии производства электротехнических материалов и методов их утилизации.

Электротехнические материалы в эксплуатационных режимах работы

Структурные и физические процессы, сопровождающие взаимодействие электротехнических материалов с динамическими параметрами их применения. Аналитические и численные методы анализа и оценки устойчивости параметров электротехнических материалов к воздействиям электрических и магнитных полей, механических напряжений, температуры. Методы стабилизации параметров электротехнических материалов и оптимизации их рабочих режимов в изделиях.

Технология производства электротехнических материалов, полуфабрикатов и изделий

Характеристика физико-химических процессов, сопровождающих процесс изготовления электротехнических материалов, полуфабрикатов и изделий. Методики и математические модели управления параметрами электротехнических материалов в технологических процессах их производства. Основные технологические процессы, используемые в производстве электротехнических материалов, полуфабрикатов, изделий изоляционной, кабельной и конденсаторной техники.

Контроль свойств электротехнических материалов и изделий

Контролируемые параметры электротехнических материалов и изделий,

оптимальные для создания баз данных и прогнозирования рынка. Методы контроля параметров электротехнических материалов, особенности методов контроля изделий изоляционной, кабельной и конденсаторной техники. Виды контрольных (в том числе типовых) испытаний на соответствие параметров готовой продукции стандартам и техническим условиям. Методы регистрации параметров электротехнических материалов на стадии инженерных разработок материалов, тенденции в развитии методов регистрации и измерительных комплексов. Автоматизация процессов контроля и информационно-измерительные системы в электроизоляционной, кабельной и конденсаторной технике.

Надёжность и долговечность электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий

Методы исследования надёжности и долговечности технических материалов, кабельных и конденсаторных изделий. Типовые испытания на надёжность и долговечность изделий, особенности переноса результатов типовых испытаний на прогноз работоспособности изделий в эксплуатации и гарантийные обязательства. Анализ физических процессов, приводящих к ослаблению или полной утрате эксплуатационных параметров (отказу) электротехнических материалов, кабельных и конденсаторных изделий. Математические модели отказов. Количественные характеристики надёжности. Особенности получения количественных характеристик надёжности по статистическим данным, полученным в процессе эксплуатации и испытаний электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий. Предпочтительная область использования сведений о надёжности, полученных по результатам эксплуатации изделий.

Функциональные свойства и области применения электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий

Изоляционные, кабельные и конденсаторные изделия как составные части электроэнергетического, электротехнического и радиотехнического оборудования, их классификация по составу конструктивных элементов, материалам, назначению, области применения. Основные параметры, определяющие функциональную эффективность использования различных типов технических, кабельных и конденсаторных изделий, предельные и функционально оптимальные значения параметров. Технические, экономические, экологические и другие критерии оптимальности, используемые для оценки качества технических, кабельных и конденсаторных изделий. Научные и технические направления совершенствования свойств материалов, полуфабрикатов и изделий в электроизоляционной, кабельной и конденсаторной технике.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как классифицируются электротехнические материалы?
2. Какие виды электротехнических материалов Вы знаете?

3. Охарактеризуйте области применения электротехнических материалов.
4. Перечислите группы физических свойств электротехнических материалов по видам материалов.
5. Как состав, структура, технологии производства электротехнических материалов влияют на их устойчивость к внешним воздействиям.
6. Перечислите основные технологии, применяемые при производстве электротехнических материалов.
7. Как осуществляется утилизация электротехнических материалов?
8. Какие структурные и физические процессы протекают в электротехнических материалах при изменении параметров внешней среды?
9. Как осуществляется анализ устойчивости параметров электротехнических материалов к воздействию электрических, магнитных полей?
10. Как осуществляется анализ устойчивости параметров электротехнических материалов к воздействию изменений температуры?
11. Как осуществляется анализ устойчивости параметров электротехнических материалов к воздействию механических воздействий.
12. Как осуществляется стабилизация параметров электротехнических материалов?
13. Как осуществляется оптимизация рабочих режимов электротехнических материалов и изделий?
14. Перечислите основные физико-химические процессы, протекающие при изготовлении электротехнических материалов, полуфабрикатов и изделий.
15. Как осуществляется управление технологическими процессами изготовления электротехнических материалов для получения их заданных параметров.
16. Перечислите основные технологические процессы, применяемые при производстве электротехнических материалов.
17. Перечислите основные технологические процессы, применяемые при производстве конденсаторов.
18. Перечислите основные технологические процессы, применяемые при производстве силовых кабелей.
19. Перечислите основные технологические процессы, применяемые при производстве оптоволоконных кабелей.
20. Приведите примеры влияния параметров технологических процессов производства на качество электротехнических материалов.
21. Перечислите меры, снижающие вредные воздействия технологических процессов производства электротехнических материалов на окружающую среду.
22. Перечислите параметры электротехнических материалов и изделий, подвергающиеся контролю в процессе производства.

23. Перечислите параметры электротехнических материалов и изделий, подвергающиеся контролю в процессе эксплуатации.
24. Перечислите методы контроля параметров электротехнических материалов.
25. Перечислите методы контроля параметров изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники.
26. Охарактеризуйте виды контрольных испытаний готовой продукции для электротехнических материалов и изделий.
27. Каким нормативным документам должны соответствовать контрольные испытания готовой продукции?
28. Охарактеризуйте возможности автоматизации производства материалов или изделий, связанных темой Ваших исследований.
29. Охарактеризуйте основные методы, применяемые при определении количественных параметров надежности электротехнических материалов, кабельных и конденсаторных изделий.
30. Как проводится количественное определение параметров долговечности электротехнических материалов, кабельных и конденсаторных изделий?
31. Что такое типовые испытания на надежность и долговечность?
32. Перечислите физические процессы, приводящие к отказам электротехнических материалов и изделий.
33. Перечислите количественные характеристики надежности. Как эти характеристики связаны между собой?
34. Перечислите условия проведения ускоренных испытаний.
35. Проведите классификацию электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий по составу конструктивных элементов, материалам, назначению, области применения с точки зрения применения в составе электроэнергетического, электротехнического и радиотехнического оборудования.
36. Перечислите основные параметры, определяющие функциональную эффективность использования различных типов электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий, предельные и функционально оптимальные значения параметров.
37. Перечислите критерии, используемые для оценки качества электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий.
38. Предложите пути совершенствования свойств материалов, полуфабрикатов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники в области Ваших исследований.
39. Классификация электротехнических материалов.
40. Виды электротехнических материалов
41. Электроизоляционные материалы (природные и технологически синтезированные).
42. Задачи, решаемые в электроэнергетическом, электротехническом и радиоэлектронном оборудовании использованием электротехнических материалов.

43. Физические свойства электротехнических материалов, определяющие эффективность их использования по назначению.

44. Электрические, магнитные, механические и теплофизические параметры электротехнических материалов, их устойчивость к внешним (атмосферным) воздействиям и времени эксплуатации. По видам материалов

45. Особенности технологии производства электротехнических материалов

46. Особенности утилизации электротехнических материалов.

47. Структурные и физические процессы, сопровождающие взаимодействие электротехнических материалов с динамическими параметрами их применения.

48. Методы анализа и оценки устойчивости параметров электротехнических материалов к воздействиям электрических и магнитных полей, механических напряжений, температуры, влажности по видам материалов.

49. Методы стабилизации параметров электротехнических материалов и оптимизации их рабочих режимов в изделиях.

50. Характеристика физико-химических процессов, сопровождающих процессы изготовления электротехнических материалов, полуфабрикатов и изделий.

51. Методики управления параметрами электротехнических материалов в процессе их производства.

52. Основные технологические процессы, используемые в производстве электротехнических материалов, полуфабрикатов, изделий изоляционной, кабельной и конденсаторной техники.

53. Контролируемые параметры электротехнических материалов и изделий, оптимальные для создания баз данных и прогнозирования рынка.

54. Методы контроля параметров электротехнических материалов, особенности методов контроля изделий изоляционной, кабельной и конденсаторной техники.

55. Виды контрольных (в том числе типовых) испытаний на соответствие параметров готовой продукции стандартам и техническим условиям.

56. Методы регистрации параметров электротехнических материалов на стадии инженерных разработок материалов, тенденции в развитии методов регистрации и измерительных комплексов.

57. Автоматизация процессов контроля и информационно-измерительные системы в электроизоляционной, кабельной и конденсаторной технике.

58. Методы исследования надёжности и долговечности электротехнических материалов, кабельных и конденсаторных изделий.

59. Типовые испытания на надёжность и долговечность электротехнических материалов и изделий

60. Прогноз работоспособности изделий при эксплуатации.

61. Анализ физических процессов, приводящих к ослаблению или полной утрате эксплуатационных параметров (отказам) электротехнических материалов, кабельных и конденсаторных изделий.

62. Математические модели отказов.

63. Оценка количественных характеристик надежности по статистическим данным, полученным из эксплуатации электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий.

64. Области использования сведений о надежности, полученных по результатам эксплуатации изделий.

65. Ускоренные испытания на надежность. Условия их проведения.

66. Электроизоляционные, кабельные и конденсаторные изделия как составные части электроэнергетического, электротехнического и радиотехнического оборудования.

67. Классификация электротехнических материалов и изделий по составу конструктивных элементов, материалам, назначению, области применения в составе электроэнергетического, электротехнического и радиотехнического оборудования.

68. Технические, экономические, экологические и другие критерии оптимальности, используемые для оценки качества электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий.

69. Научные и технические направления совершенствования свойств материалов, полуфабрикатов и изделий в электроизоляционной, кабельной и конденсаторной технике.

Вопросы, включенные в билеты для проведения экзамена:

1. Перечислите основные технологии, применяемые при производстве электротехнических материалов. Особенности используемых технологий с точки зрения энергоэффективности, экологии, экономичности.

2. Оценка количественных характеристик надежности по статистическим данным, полученным из эксплуатации электротехнических, кабельных и конденсаторных изделий.

3. Анализ физических процессов, приводящих к ослаблению или полной утрате эксплуатационных параметров (отказам) электротехнических материалов, кабельных и конденсаторных изделий.

4. Охарактеризуйте группы физических свойств электротехнических материалов по видам материалов.

5. Перечислите и охарактеризуйте условия проведения ускоренных испытаний.

6. Методы измерения электрофизических параметров электротехнических материалов.

7. Научные и технические направления совершенствования свойств материалов, полуфабрикатов и изделий в электроизоляционной, кабельной и конденсаторной технике.

8. Анализ физических процессов, приводящих к ослаблению или полной утрате эксплуатационных параметров (отказам) электротехнических материалов, кабельных и конденсаторных изделий.

9. Перечислите меры, снижающие вредные воздействия технологических процессов производства электротехнических материалов на окружающую среду.

10. Методы определения теплопроводности и теплоемкости электротехнических материалов

11. Методы расчета и анализа электрических и тепловых полей в электротехнических изделиях.

12. Методы и средства повышения пожаробезопасности электротехнических материалов и изделий.

13. Применение нанотехнологий в производстве электротехнических материалов и изделий.

14. Автоматизация производства электротехнических материалов и изделий.

15. Математические модели отказов электротехнических изделий.

16. Типовые испытания на надежность и долговечность электротехнических материалов и изделий.

17. Классификации проводов и кабельных изделий.

18. Методики управления параметрами электротехнических материалов в процессе их производства..

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Требования и критерии оценивания ответов экзамена

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета
- б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Евтушенко Ю.М., Крушевский Г.А., Лебедев В.И., Муракина О.С., Перлов Д.В., Симонов Д.В. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. Книга 1., под ред. В.Г. Огонькова, С.В. Серебрянникова. М.: Издательский дом МЭИ, 2012, – 272 с.
2. Серебрянников С.В., Огоньков В.Г., Сяков В.Г., Ященко С.А. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. Книга 2., под ред. В.Г. Огонькова, С.В. Серебрянникова. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 304 с.
3. Холодный С. Д., Серебрянников С.В., Боев М.А. Методы испытаний и диагностики в электроизоляционной и кабельной технике.– М: «Издательский дом МЭИ», 2009 г., 232 с.
4. Дмитриев А.С., Михайлова И.А. Физико-химия наноструктур: учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 240 с.
5. Бородулин В.Н. Физика диэлектриков. Избранные вопросы теории, эксперимент и методы расчетов. – М: «Издательский дом МЭИ», 2010 г., 120 с.
6. Пак В. М., Трубачев С. Г. Новые материалы и системы изоляции высоковольтных электрических машин. М.: изд-во «Энергоатомиздат», 2007 г, 312 с.
7. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы. – М.: изд-во Маршрут, 2005. –280 с.

Дополнительная литература:

1. Электротехническое материаловедение: Сборник лабораторных работ: методическое пособие / В.Н. Бородулин, М.К. Дамбис, Ю.В. Зайцев и др. — М.: Издательский дом МЭИ, 2012. — 64 с.

2. Теория надежности сложных систем : учебное пособие для вузов по направлениям "Управление качеством", "Безопасность жизнедеятельности" и специальностям "Информационные системы и технологии", "Автоматизированные системы обработки информации и управления", "Прикладная математика", "Управление качеством" / В. А. Каштанов, А. И. Медведев . – 2-е изд., перераб . – М. : Физматлит, 2010 . – 608 с.

3. Методы расчета электрических полей в примерах и задачах: учебное пособие по курсу "Методы расчета электрических и магнитных полей" по специальности "Высоковольтные электроэнергетика и электротехника" / А. А. Белогловский и др.; под ред. И.П.Верещагина. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007, 84 с.

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: *(программное обеспечение, на которое кафедра или МЭИ имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение)*

1. WinPython. Свободно распространяемый дистрибутив экосистемы Python

2. Elcut. Пакет конечно-элементного моделирования. Пакет установлен на 15 рабочих мест компьютерного класса кафедры ФТЭМК, Е-310.

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ»
<https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ
<https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
<https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ
<http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»
<https://openedu.ru>

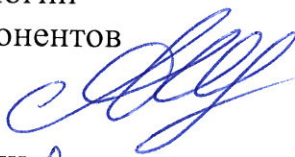
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ"
<https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

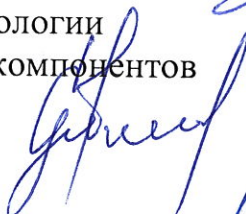
ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Заведующий кафедрой Физики и технологии
электротехнических материалов и компонентов
д.т.н., доцент



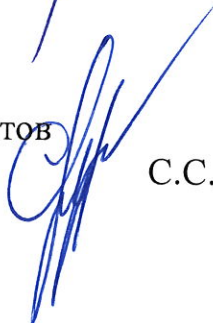
А.З. Славинсий

профессор кафедры Физики и технологии
электротехнических материалов и компонентов
д.т.н., профессор



С.В. Серебрянников

доцент кафедры Физики и технологии
электротехнических материалов и компонентов
к.т.н.



С.С. Серебрянников

Директор ИЭТЭ
к.т.н., доцент



М.Я. Погребисский