

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Физика молнии и молниезащита**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00f

А.Г. Темников

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов О.Н.
	Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f

О.Н.
Кузнецов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тулский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н.
Тулский

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности
- ИД-1 Применяет типовые проектные решения
- ИД-5 Анализирует результаты расчетов и исследований

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3 (Контрольная работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	4	9	13
Физика молнии и ее характеристики				
Физика молнии и ее характеристики		+	+	+
Характеристики грозовой деятельности. Опасные воздействия молнии				
Характеристики грозовой деятельности. Опасные воздействия молнии		+	+	+
Молниеотводы. Защитное действие молниеотводов				
Молниеотводы. Защитное действие молниеотводов		+	+	+
Заземление молниеотводов				
Заземление молниеотводов		+	+	+
Молниезащита зданий и промышленных сооружений				
Молниезащита зданий и промышленных сооружений		+	+	+
Молниезащита воздушных линий электропередачи				

Молниезащита воздушных линий электропередачи	+	+	+
Молниезащита электрических станций и подстанций			
Молниезащита электрических станций и подстанций	+	+	+
Молниезащита транспортных средств			
Молниезащита транспортных средств	+	+	+
Молниезащита летательных аппаратов			
Молниезащита летательных аппаратов	+	+	+
Специальные вопросы молниезащиты			
Специальные вопросы молниезащиты	+	+	+
Вес КМ:	20	40	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1ПК-1 Типовые решения Применяет проектные	Знать: понятия и основные источники научно-технической информации по физике молнии, по воздействию молнии на поражаемые объекты, принципы действия и конструкции молниеотводов, действующую нормативную документацию в области молниезащиты энергетических объектов, промышленных зданий и транспорта, экспериментальные и расчетные методы определения эффективности молниезащиты электроэнергетических и других промышленных объектов, транспортных	Контрольная работа №1 (Контрольная работа) Контрольная работа №2 (Контрольная работа) Контрольная работа №3 (Контрольная работа)

		средств. Уметь: самостоятельно осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию в области физики молнии и молниезащиты наземных объектов и летательных аппаратов, выбирать необходимые конструкционные элементы молниезащиты, разбираться в нормативных методиках расчета молниезащиты и применять их для решения поставленной задачи;	
ПК-1	ИД-5 _{ПК-1} Анализирует результаты расчетов и исследований	Уметь: рассчитывать заземления молниеотводов, вероятности поражения объектов ударами молнии, эффективности молниезащиты энергетических объектов, промышленных и гражданских зданий и сооружений	Контрольная работа №2 (Контрольная работа) Контрольная работа №3 (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа №1

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Вариант задания выдается студентам в аудитории, либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать его на проверку преподавателю (в дистанционном формате: выслать фото-отчет или отсканированное решение почтой ОСЭП).

Краткое содержание задания:

Задания контрольной работы по параметрам молнии охватывают следующий раздел дисциплины:

Физика молнии и ее характеристики.

Задание представляет из себя две задачи: первая направлена на определение параметров молнии, вторая - на расчет электромагнитного поля, создаваемого на поверхности земли молнией.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: понятия и основные источники научно-технической информации по физике молнии, по воздействию молнии на поражаемые объекты, принципы действия и конструкции молниеотводов, действующую нормативную документацию в области молниезащиты энергетических объектов, промышленных зданий и транспорта, экспериментальные и расчетные методы определения эффективности молниезащиты электроэнергетических и других промышленных объектов, транспортных средств.	1. Лидер молнии спускается вертикально вниз из облака, находящегося на высоте 3 км, со скоростью 105 м/с. Погонный заряд канала лидера 420 мкКл/м. Радиус канала лидера 1,45 см. Средняя напряженность электрического поля в чехле лидера 11 кВ/см. А) Определить радиус зоны ионизации лидера молнии. Б) Построить зависимость изменения напряженности электрического поля на поверхности земли на расстоянии 0,2 км от места спуска лидера молнии от момента возникновения лидера молнии до момента достижения им поверхности земли.
Уметь: самостоятельно осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию в области физики молнии и молниезащиты наземных объектов и летательных аппаратов, выбирать необходимые конструктивные элементы молниезащиты, разбираться в нормативных методиках расчета	1. Два пункта системы «magnetic field direction finders» находятся на расстоянии 130 км друг от друга на одной широте. При ударе молнии ортогональные антенны первого пункта зарегистрировали следующий сигнал - петля Север-Юг: 30 мВ, петля Восток-Запад: 60 мВ. При ударе молнии ортогональные антенны второго пункта зарегистрировали следующий сигнал - петля Север-Юг: 55 мВ, петля Восток-Запад: 45 мВ. Угловая погрешность работы каждого пункта составляет 1 градус. Определить среднее расстояние от места удара

молниезащиты и применять их для решения поставленной задачи;	молнии до каждого из измерительных пунктов. 2. Два пункта системы «magnetic field direction finders» находятся на расстоянии 100 км друг от друга на одной долготе. При ударе молнии ортогональные антенны первого пункта зарегистрировали следующий сигнал - петля Север-Юг: 130 мВ, петля Восток-Запад: 50 мВ. При ударе молнии ортогональные антенны второго пункта зарегистрировали следующий сигнал - петля Север-Юг: 45 мВ, петля Восток-Запад: 55 мВ. Определить площадь поверхности места возможного удара молнии в землю. Определить амплитуду тока разряда молнии, если измеренная максимальная напряженность электрического поля в месте нахождения второго измерительного пункта составила 50 В/м.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если решения всех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если решения одной из двух задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам, а при решении второй задачи допущены неточности в расчетах и не принципиальные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если решения одной из двух задач выполнено в целом без принципиальных ошибок, но выводы по полученным расчетным результатам слабо аргументированы, а вторая задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "2" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-2. Контрольная работа №2

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Вариант задания выдается студентам в аудитории, либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать его на проверку преподавателю (в дистанционном формате: выслать фото-отчет или отсканированное решение почтой ОСЭП).

Краткое содержание задания:

Задания второй контрольной работы охватывают следующие разделы дисциплины:

1. Характеристики грозовой деятельности. Опасные воздействия молнии;
2. Молниеотводы. Защитное действие молниеотводов
3. Заземление молниеотводов

Задание представляет из себя три задачи направленных на определение опасных воздействий молнии, поражаемость наземных объектов молнией, расчет заземлителя молниеотводов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: понятия и основные источники научно-технической информации по физике молнии, по воздействию молнии на поражаемые объекты, принципы действия и конструкции молниеотводов, действующую нормативную документацию в области молниезащиты энергетических объектов, промышленных зданий и транспорта, экспериментальные и расчетные методы определения эффективности молниезащиты электроэнергетических и других промышленных объектов, транспортных средств.	1.Определить: проводники из какого материала (медь, алюминий, сталь) сечением 18 мм² не допустят превышения температуры проводника выше 110 0С при протекании по нему тока молнии с удельной энергией на уровне: А) 2 % вероятности; Б) 5 % вероятности; В) 8 % вероятности. Нормальная температура: 15 0С.
Уметь: самостоятельно осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию в области физики молнии и молниезащиты наземных объектов и летательных аппаратов, выбирать необходимые конструкционные элементы молниезащиты, разбираться в нормативных методиках расчета молниезащиты и применять их для решения поставленной задачи;	1.Определить число ударов молнии за год в систему из четырех отдельно стоящих разнорысоких стержневых молниеотводов: два молниеотвода высотой 30 м, два молниеотвода высотой 22 м. Плотность ударов молнии в районе их расположения составляет 5,5 удар/км²/год.
Уметь: рассчитывать заземления молниеотводов, вероятности поражения объектов ударами молнии, эффективности молниезащиты энергетических объектов, промышленных и гражданских зданий и сооружений	1.Определить стационарное и импульсное сопротивление заземляющего контура подстанции, который включает в себя искусственный заземлитель (в виде сетки: $S = 80 \times 50$ м; $l_{\text{верт}} = 6$ м) и естественные заземлители: (1) системы «трос - заземления опор» - от подстанции отходят две линии ($l_{\text{прол}} = 280$ м, трос марки С-70, $R_{\text{оп}} = 14$ Ом); (2) оболочка двух из трех кабелей, проходящих через территорию подстанции. Ток молнии 80 кА. Расчетное удельное сопротивление грунта 350 Ом м.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если решения всех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если решения двух из трех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам, а при решении третьей задачи допущены неточности в расчетах и не принципиальные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если решения двух из трех задач выполнены в целом без принципиальных ошибок, но выводы по полученным расчетным результатам слабо аргументированы, а третья задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "2" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-3. Контрольная работа №3

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Вариант задания выдается студентам в аудитории, либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать его на проверку преподавателю (в дистанционном формате: выслать фото-отчет или отсканированное решение почтой ОСЭП).

Краткое содержание задания:

Задания третьей контрольной работы охватывают следующие разделы дисциплины:

1. Молниезащита зданий и промышленных сооружений
2. Молниезащита воздушных линий электропередачи
3. Молниезащита электрических станций и подстанций
4. Молниезащита транспортных средств
5. Молниезащита летательных аппаратов
6. Специальные вопросы молниезащиты

Задание представляет из себя три задачи направленных на расчет особенностей молниезащиты взрывоопасных объектов молниезащиты энергетических объектов, молниезащиты летательных аппаратов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: понятия и основные источники научно-технической информации по физике молнии, по воздействию молнии на поражаемые объекты, принципы действия и конструкции	1. Толщина стенки стального резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов составляет 0,32 см. Определить вероятность того, что при ударе молнии в такой резервуар в нем может образоваться отверстие площадью 3,4 мм ² .
--	--

молниеотводов, действующую нормативную документацию в области молниезащиты энергетических объектов, промышленных зданий и транспорта, экспериментальные и расчетные методы определения эффективности молниезащиты электроэнергетических и других промышленных объектов, транспортных средств.	
Уметь: самостоятельно осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию в области физики молнии и молниезащиты наземных объектов и летательных аппаратов, выбирать необходимые конструкционные элементы молниезащиты, разбираться в нормативных методиках расчета молниезащиты и применять их для решения поставленной задачи;	1.Определить среднегодовое число ударов молнии в самолет, совершающий межконтинентальные рейсы. Трасса проходит на широте 55 градусов. Высота полета 9-10 км. Максимальная длина самолета 56 м. Время взлета и посадки составляет не более 18 % общего времени в пути. Среднее число грозовых дней на трассе 70 гр.дн./год. Коэффициент использования самолета 0,3.
Уметь: рассчитывать заземления молниеотводов, вероятности поражения объектов ударами молнии, эффективности молниезащиты энергетических объектов, промышленных и гражданских зданий и сооружений	1.Рассчитать число грозовых отключений ВЛ 150 кВ на деревянных опорах. Расположение фаз горизонтальное. Длина гирлянды изоляторов 160 см. Длина участка деревянной траверсы между точками крепления гирлянд изоляторов 5,4 м. 50% разрядное напряжение для гирлянды изоляторов 820 кВ. Средняя разрядная напряженность для поверхности деревянной траверсы 0,7 кВ/см. Волновое сопротивление провода с учетом короны 330 Ом. Коэффициент электромагнитной связи между проводами 0,18. Длина ВЛ 110 км. Грозовая активность 54 дня в год.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если решения всех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если решения двух из трех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам, а при решении третьей задачи допущены неточности в расчетах и не принципиальные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если решения двух из трех задач выполнены в целом без принципиальных ошибок, но выводы по полученным расчетным результатам слабо аргументированы, а третья задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "2" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Классификация линейных молний. Феноменология развития нисходящей отрицательной молнии.
2. Молниезащита летательных аппаратов.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 45 минут.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Применяет типовые проектные решения

Вопросы, задания

1. Типы молниеотводов. Конструктивные элементы молниеотводов и требования к ним. Защитное действие молниеотводов.
2. Эмпирическое определение зон защиты молниеотводов.
3. Электрогеометрический метод расчета зон защиты молниеотводов.
4. Вероятностный метод определения зон защиты молниеотводов.
5. Допустимые расстояния между молниеотводом и защищаемым объектом.
6. Молниезащита зданий и сооружений I и II категории.
7. Молниезащита зданий и сооружений III категории. Особенности молниезащиты сельскохозяйственных объектов.
8. Критерии грозоупорности и основные средства молниезащиты ВЛ.
9. Защита электрических станций и подстанций от прямых ударов молнии.
10. Защита оборудования подстанций от волн импульсов грозовых перенапряжений, набегающих с линии.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие материалы из перечисленных могут быть использованы для заземлителей молниеотводов?

Ответы:

- 1 - алюминий
- 2 - композит
- 3 - сталь
- 4 - медь

Верный ответ: 3,4

2. Какой из методов определения зон защиты молниеотводов используется в российских нормативных документах?

Ответы:

- 1 - электрогеометрический
- 2 - вероятностный
- 3 - эмпирический

4 - экспериментальный

Верный ответ: 2,3

3.Какой из элементов не относится к конструктивным элементам молниеотвода?

Ответы:

1 - молниеприемник

2 - конденсатор

3 - токоотвод

4 - заземлитель

Верный ответ: 2

4.Минимально допустимое расстояние по воздуху между отдельно стоящим молниеотводом и защищаемым электроэнергетическим объектом?

Ответы:

1 - 1 м

2 - 3 м

3 - 5 м

4 - 7 м

Верный ответ: 3

5.Минимально допустимое расстояние в земле между отдельно стоящим молниеотводом и защищаемым электроэнергетическим объектом?

Ответы:

1 - 1 м

2 - 3 м

3 - 5 м

4 - 7 м

Верный ответ: 2

2. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-1} Анализирует результаты расчетов и исследований

Вопросы, задания

1.Методы определения места удара молнии и его параметров. Электрические характеристики молнии.

2.Характеристики грозовой деятельности. Опасные воздействия молнии.

3.Виды молний. Шаровая молния.

4.Классификация линейных молний. Феноменология развития нисходящей отрицательной молнии.

5.Функции заземления. Естественные и искусственные заземлители. Стационарное и импульсное заземление. Роль и характеристики удельного сопротивления грунта.

6.Грозовые отключения ВЛ, оборудованных тросовой защитой.

7.Грозовые отключения ВЛ без тросовой защиты.

8.Особенности молниезащиты ВЛ 110-220 кВ на деревянных опорах. Отключения ВЛ при индуцированных грозовых перенапряжениях.

9.Молниезащита транспортных средств. Защита контактной сети и электрооборудования подвижного состава электрифицированных железных дорог.

10.Молниезащита наземного и морского транспорта.

11.Молниезащита летательных аппаратов.

12.Персональная защита от молнии.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Каков порядок амплитуд тока молнии

Ответы:

1 - мкА

2 - мА

3 - А

4 - кА

Верный ответ: 4

2. В какую часть самолета чаще ударяет молния?

Ответы:

1 - фюзеляж

2 - носовой обтекатель

3 - киль

4 - крылья

Верный ответ: 2,4

3. Выберите из списка средства молниезащиты ВЛ?

Ответы:

1 - ограничитель перенапряжений нелинейный

2 - электростатический экран

3 - грозозащитный трос

4 - устройства для плавки гололеда

Верный ответ: 1,3

4. К какой категории по степени опасности поражений молнией относится резервуарный парк для хранения нефтепродуктов?

Ответы:

1 - I

2 - II

3 - III

Верный ответ: 2

5. Какие из перечисленных ВЛ могут не защищаться тросами по всей длине?

Ответы:

1 - ВЛ 110 кВ на металлических опорах

2 - ВЛ 220 кВ на деревянных опорах

3 - ВЛ 500 кВ на железобетонных опорах

Верный ответ: 2

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы зачетного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не-принципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы зачетного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам при ответах на дополнительные вопросы.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Используется только промежуточная аттестация