



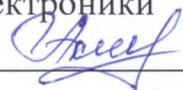
КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института электроэнергетики и  
электроники

  
Р.В.Ахметова

« 30 » мая 2023 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.01.02      Техника высоких напряжений

---

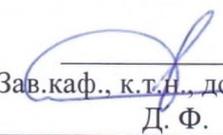
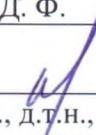
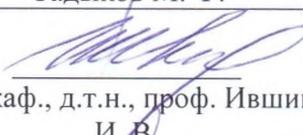
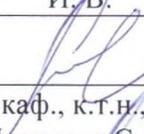
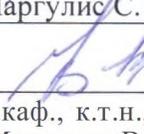
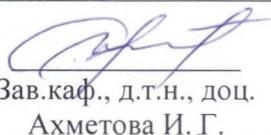
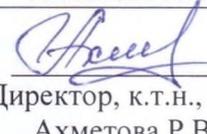
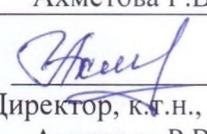
Направление подготовки      13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Квалификация      Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработали:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ЭС	д.ф.-м.н., профессор	Усачев А.Е.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ЭС	11.05.2023	№6/23	 Зав.каф., к.т.н., доц. Маргулис С.М.
Согласована	РЗА	18.05.2023	№23	 Зав.каф., к.т.н., доц. Губаев Д. Ф.
Согласована	ТОЭ	18.05.2023	№14	 Зав.каф., д.т.н., проф. Садыков М. Ф.
Согласована	ЭПП	17.05.2023	№28	 Зав.каф., д.т.н., проф. Ившин И. В.
Согласована	ЭС	19.05.2023	№6/23	 Зав.каф., к.т.н., доц. Маргулис С. М.
Согласована	ЭСиС	17.05.2023	№32	 Зав.каф., к.т.н., доц. Максимов В.В.
Согласована	ЭОП	25.05.2023	№13	 Зав.каф., д.т.н., доц. Ахметова И. Г.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	30.05.2023	№8	 Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	№9	 Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.

**Рецензия на рабочую программу и оценочные материалы по дисциплине «Б1.В.ДЭ.01.01.02 Техника высоких напряжений»**

Содержание РПД и ОМ соответствует требованиям федерального государственного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и учебному плану.

РПД и ОМ соответствуют требованиям, предъявляемым к структуре, содержанию РПД и ОМ по дисциплине, а именно:

1. Перечень формируемых компетенций, которыми должен овладеть обучающийся в результате освоения дисциплины, соответствует ФГОС ВО и профстандарту, будущей профессиональной деятельности выпускника.

2. Структура и содержание дисциплины соответствует учебному плану.

3. РПД содержит информацию об учебно-методическом, информационном и материально-техническом обеспечении дисциплины; об особенностях организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов и методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

4. Показатели и критерии оценивания компетенций в ОМ, а также шкалы оценивания обеспечивают возможность проведения всесторонней оценки результаты обучения, уровней сформированности компетенций.

5. Контрольные задания и иные материалы оценки результатов освоения разработаны на основе принципов оценивания: валидности, определённости, однозначности, надёжности, а также соответствуют требованиям к составу и взаимосвязи оценочных средств, полноте по количественному составу оценочных средств и позволяют объективно оценить результаты обучения, уровни сформированности компетенций.

6. Направленность РПД и ОМ по дисциплине соответствует целям ОП по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профстандартам.

**Заключение.** На основании проведенной экспертизы можно сделать заключение, что РПД и ОМ по дисциплине соответствует требованиям ФГОС ВО, профессионального стандарта, современным требованиям рынка труда и рекомендуются для использования в учебном процессе.

Рецензент

Первый заместитель генерального директора -  
исполнительный директор ИЦ «Энергопрогресс»

Стрелков Ю.М.

(Фамилия И.О., место работы, должность, ученая степень)

Дата 19.05.2023



## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целями освоения учебной дисциплины «Техника высоких напряжений» являются:

формирование знаний о строении и свойствах различных типов изоляции высоковольтного оборудования и электрофизических процессах в изоляции, о природе возникновения перенапряжений, механизмах развития грозových и внутренних перенапряжений в различных классах электрических сетей и способах защиты, о координации изоляции и её проектировании, о методах испытаний и контроля состояния изоляции.

Задачи освоения дисциплины:

-формирование и развитие научных представлений в области техники высоких напряжений;

-воспитание научного мировоззрения, формирование научного мышления.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.3. Разбирается в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. \_\_\_\_

Теоритические основы электротехники,

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др Электрические станции и подстанции \_\_\_\_\_

## 3. 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			5		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	4	144	144		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*		64,8			
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,39	50	50		
Лекции	0,44	16	16		
Практические (семинарские) занятия	0,50	18	18		
Лабораторные работы	0,44	16	16		

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,61	94	94		
Проработка учебного материала	1,61	58	58		
Курсовой проект	0,00	0	0		
Курсовая работа	0,00	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	1,00	36	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			-		

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр		
			6		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	4	144	144		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*		38,7	38,7		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,50	18	18		
Лекции	0,22	8	8		
Практические (семинарские) занятия	0,17	6	6		
Лабораторные работы	0,11	4	0		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,50	126	126		
Проработка учебного материала	3,25	117	117		
Курсовой проект	0,00	0	0		
Курсовая работа	0,00	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9	9		
Промежуточная аттестация:			Э		
			-		

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лк	Пр	ЛР	Самос. работа	
1	Введение в ТВН. Внешняя изоляция	26	5	4	4	4	14	Решение типовых задач Решение задач повышенной сложности
2	Внутренняя изоляция и							Решение типовых

	методы её контроля. Изоляционные конструкции оборудования ВН.	26	5	4	4	4	14	задач Решение задач повышенной сложности
3	Молниезащита и грозовые перенапряжения.	30	5	4	6	4	16	Решение типовых задач Решение задач повышенной сложности
4	Внутренние перенапряжения и защита от них. Координация изоляции.	26	5	4	4	4	14	Решение типовых задач Решение задач повышенной сложности
5	Промежуточный контроль	36	5				58	Письменный экзамен
	Всего	144		16	18	16	58	

### 3. Тематический план лекционных занятий

#### 3.3. Содержание дисциплины

##### Раздел.1. Виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения

Внешняя изоляция высоковольтного электрооборудования электроэнергетических систем. Основные характеристики внешней изоляции. Электрическая прочность внешней изоляции. Способы увеличения электрической прочности внешней изоляции. Регулирование электрических полей, использование современных материалов для изоляторов.

Электрическая прочность газовых разрядных промежутков.

Разряд вдоль поверхности твердого диэлектрика. Изоляция воздушных линий электропередачи (ЛЭП) закрытых и открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций.

Изоляционные конструкции оборудования высокого напряжения. Виды подвесных изоляторов. Выбор числа изоляторов в гирляндах ЛЭП и ОРУ. Выбор изоляционных расстояний на ЛЭП и в ОРУ. Регулирование электрических полей, использование современных материалов для изоляторов.

##### Раздел 2. внутренняя изоляция и методы её контроля. изоляционные конструкции оборудования вн.

Основные виды и характеристики внутренней изоляции электроустановок. Изоляция электрооборудования электрических станций и подстанций – генераторов, трансформаторов, коммутационных аппаратов, измерительных трансформаторов, проходных изоляторов (вводов), конденсаторов. Применение элегазовой изоляции в выключателях и комплектных распределительных элегазовых устройствах (КРУЭ). Изоляция кабелей.

Кратковременная электрическая прочность изоляции. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Виды и общие закономерности старения внутренней изоляции, частичные разряды, увлажнение, тепловое старение и старение при механических нагрузках). Способы увеличения электрической прочности внутренней изоляции.

### **Раздел 3. Молниезащита и грозовые перенапряжения.**

Молния как источник грозовых перенапряжений. Развитие молнии, характеристики грозовой деятельности. Защита от прямых ударов молнии (ПУМ). Молниеотводы (зоны поражаемости и зоны защиты, конструктивное выполнение). Заземления в электроустановках высокого напряжения (требования к заземлению, искусственные и естественные заземлители, импульсное сопротивление заземляющих устройств).

Молниезащита воздушных линий электропередачи. Защита от прямых ударов молнии (ПУМ) ЛЭП различных номинальных напряжений. Расчет грозоупорности ЛЭП с тросами и без тросов. Применение трубчатых разрядников для защиты мест с ослабленной изоляцией.

Защита ОРУ от прямых ударов молнии и от волн грозовых перенапряжений, набегающих с ЛЭП. Защита электрических станций и подстанций от ПУМ.

Защита подстанций от набегающих волн. Принципы защиты подстанций от набегающих волн. Защитные аппараты и устройства. Вентильные разрядники (РВ). Ограничители перенапряжений (ОПН). Зависимость максимальных значений перенапряжений на изоляции подстанций от крутизны набегающих волн и от расстояния между защищаемой изоляцией и защитным аппаратом. Особенности защиты трансформаторов и автотрансформаторов от набегающих волн. Определение длины защищенного подхода к подстанции.

### **Раздел 4. Внутренние перенапряжения и защита от них. Координация изоляции**

Основные виды внутренних перенапряжений и их характеристики. Защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений.

Перенапряжения переходного процесса при коммутациях. Перенапряжения при включении ненагруженной линии. Перенапряжения при отключении ненагруженной линии или конденсатора. Перенапряжения в цикле автоматического повторного включения (АПВ). Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов и реакторов.

Перенапряжения установившегося режима (резонансные). Повышения напряжения в конце разомкнутой длинной линии. Феррорезонансные перенапряжения.

Координация изоляции по уровню грозовых и внутренних перенапряжений. Основные принципы ограничения внутренних перенапряжений. Защитные аппараты для ограничения коммутационных перенапряжений. Способы ограничения резонансных перенапряжений.

### 3.4. Тематический план практических занятий

№ п/п	Тема практических (семинарских) занятий	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1.	Внешняя изоляция электроустановок: разряды вдоль поверхности (сухой, влажной, загрязнённой) изоляции, выбор числа изоляторов в гирлянде.	5	1	2
2.	Разряды в воздухе: длина свободного пробега, энергия ионизации, условия существования самостоятельного разряда в газе, стримерный и лидерный разряд..	5	1	2
3	Частичные разряды в изоляции: типы, условия возникновения, характеристики.	5	2	2
4	Методы диагностики внутренней изоляции.	5	2	2
5	Молниезащита: расчёт грозоупорности ЛЭП..	5	3	2
6	Расчёт зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов.	5	3	2
7	Расчёт молниезащиты по методам катящейся сферы и защитного угла	5	3	2
8	Расчёт перенапряжений при коммутации ненагруженной линии.	5	4	2
9	Однофазные замыкания в сетях с изолированной нейтралью, влияние установки активных сопротивлений и дугогасящего реактора в цепь заземления нейтрали	5	4	2
	Итого:	–	–	18

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Семестр	Номер раздела лекционного курса	<i>Продолжительность</i> (часов)
1	Разряды вдоль поверхности диэлектрика	5	1	4
2	Измерение пробивного напряжения трансформаторного масла и сопротивления изоляции.	5	2	4
3	Молниезащита открытого распределительного устройства.	5	3	4
4	Резонансные перенапряжения.	5	4	4
	Итого			16

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.3	Знать				
		знает и разбирается в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		уметь:				
		Умеет разбираться в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки

		сетей и энергосистем		полном объеме, но некоторые с недочетами	полном объеме	
владеть:						
		Владеет способностью разбираться в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами	Не продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, имеют место грубые ошибки.

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Чернов К. П. Молниезащита. Под. Ред. Т. В. Лопуховой. – Казань.: Казан. гос. энерг. ун-т, 2009.

2. Лопухова Т.В. Усачев А.Е, Чернов К.П. Техника высоких напряжений : изоляция и перенапряжения // Учебное пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014

#### **5.1.2 Дополнительная литература:**

1. Техника высоких напряжений. Под общей ред. Д.В. Разевига. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1976, 488с.
2. Базуткин В.В. и др. Техника высоких напряжений; Изоляция и перенапряжения в электрических системах. Под общ. ред. В.П.Ларионова. Изд.3-е, перераб. и доп.. М.: Энергоатомиздат, 1986, 464с.
3. Лопухова Т.В. Изоляция электрооборудования высокого напряжения. Учеб. пособие. Казань: КГЭУ, 2006.
4. Аронов М.А., Лопухова Т.В. Элегазовое оборудование высокого напряжения: Учеб. пособие / М.А. Аронов, Т.В. Лопухова - Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010.



## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Дистанционный курс "Техника высоких напряжений" на образовательной площадке LMS MOODLE <https://lms.kgeu.ru/enrol/index.php?id=1546>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>
2. Российская национальная библиотека <http://nlr.ru/>
3. «Консультант плюс» <http://www.consultant.ru/>

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Windows 7 Профессиональная (Pro) Пользовательская операционная система; ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно;
2. Браузер Chrome Система поиска информации в сети интернет; Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно;
3. LMS Moodle ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента; Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно.



## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия

Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная аудитория для лабораторных занятий 19 посадочных мест, парта двухместная (14 шт), стол преподавательский, стул ученический (26 шт), шкаф для бумаг (2 шт), шкаф для бумаг, доска меловая трехэлементная, трансформатор 110 В (2шт.), установка АИМ	80, источник напряжения ВИП, высоковольтный делитель напряжения, сушильный электрический лабораторный шкаф, измерительный трансформатор напряжения НОМ (4шт.), конденсатор воздушный образцовый (3шт.), изолятор (2шт.), блок управления, клещи токоизмерительные (2шт.), пирометр Fluke62, указатель УВН 80
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на

него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ П/П	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к программе практики*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**по дисциплине**

Б1.В.ДЭ.01.01.02 Техника высоких напряжений

---

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине «Техника высоких напряжений» предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

## 1. Технологическая карта

Семестр 5 Семестр \_\_\_\_\_

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
<b>Раздел 1. Виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения</b>	<b>ТК1</b>	<b>15</b>	<b>0-15</b>					<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Тест		15							
Опрос по разделам (темам)			0-10						
Реферат (Рфр)			0-5						
<b>Раздел 2. внутренняя изоляция и методы её контроля. изоляционные конструкции оборудования вн.</b>	<b>ТК1</b>			<b>20</b>	<b>0-15</b>			<b>20-35</b>	<b>20-35</b>
Тест				10					
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)				10					
Опрос по разделам (темам)					0-10				
Реферат (Рфр)					0-5				
<b>Раздел 3. Молниезащита и грозовые перенапряжения.</b>	<b>ТК1</b>					<b>20</b>	<b>0-15</b>	<b>20-35</b>	<b>20-35</b>
Контрольная работа (КнТР)						10			
Опрос по разделам (темам)							0-10		
Реферат (Рфр)							0-5		
<b>Раздел 4. Внутренние перенапряжения и защита от них. Координация изоляции</b>	<b>ТК2</b>					<b>20</b>	<b>0-15</b>	<b>20-35</b>	<b>20-35</b>
Контрольная работа (КнТР)						10			

Опрос по разделам (темам)							0-10		
Реферат (Рфр)							0-5		
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	<b>ОМ 1</b>								<b>0-45</b>
В письменной форме по билетам									0-45

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.3	<b>Знать</b>				
		знает и разбирается в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		<b>уметь:</b>				
		Умеет разбираться в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнен	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки

		гического оборудования, электрических сетей и энергосистем	объеме	выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	ы все задания, но не в полном объеме	ошибки
		владеть:				
		Владеет способностью разбираться в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектовании, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами	Не продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, имеют место грубые ошибки.

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *контрольных работ и тестовых заданий в семестре без ошибок и недочетов; глубокое понимание и умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *контрольных работ и тестовых заданий в семестре с минимальными ошибками и недочетами; понимание и умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, достаточно полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение

контрольных работ и тестовых заданий в семестре с большим количеством ошибок и недочетов; минимальный набор навыков выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение контрольных работ в семестре и отсутствие минимальных навыков выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы	Темы рефератов
Доклад (Дкл), сообщение (Сбщ)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
Экзамен	Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, состоят из экзаменационных билетов с теоретическими вопросами и заданиями практического характера для проверки практических умений.	Перечень теоретических вопросов и комплект типовых задач

**4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция ПК-1: Наименование компетенции, индикатора ПК-1.3

*Пример задания*

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Молния представляет собой:	1. Явление электрического разряда в атмосфере! Явление электрического пробоя изоляции электроустановки Явление электрического перекрытия гирлянды изоляторов воздуш-ной линии электропередачи 4. Явление накопления зарядов в кучево-дождевых облаках
Какие типы молний в подавляющем большинстве поражают наземные объекты?	1. Линейные молнии между облаками и землей! 2. Линейные молнии между облаками 3. Шаровые молнии 4. Чёточные молнии
Какова полярность зарядов, переносимых в землю большинством молний?	1. Положительная 2. Отрицательная! 3. Положительная и отрицательная полярность в равной мере

*Пример задания*

**Для текущего контроля ТК2:**

Проверяемая компетенция ПК-1: Наименование компетенции, индикатора ПК-1.3

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Минимальная длина защищенного подхода определяется из условия:	1. $l_{зп} = \frac{U_{50\%}}{a_{доп} \cdot \Delta\tau_{\phi}} !$ 2. $l_{зп} = \frac{U_{доп}}{a_{доп} \cdot \Delta\tau_{\phi}}$ 3. $l_{зп} = \frac{U_{50\%}}{a_{доп} \cdot \tau_{\phi}}$ 4. $l_{зп} = \frac{U_{доп}}{a_{кр} \cdot \tau_{\phi}}$
Каким показателем характеризуется эффективность грозозащиты подстанций?	1. Числом лет безаварийной работы! 2. Среднегодовым числом опасных импульсов, приходящих на подстанцию по воздушным ЛЭП 3. Вероятностью обратных перекрытий гирлянд изоляторов 4. Вероятностью прорывов молнии в зону защиты
Что включает в себя внешняя молниезащитная система?	1. Внешняя молниезащитная система в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей! 2. Защитные аппараты на входе электропитания объекта 3. Крыша, стены и фундамент здания 4. Металлический забор вокруг здания

## **Темы докладов**

1. Роль молниезащиты в обеспечении безопасности жизнедеятельности человека.
2. Понятие молниезащиты и основные элементы системы молниезащиты.
3. Электрические параметры молнии и их влияние на объекты и окружающую среду.
4. Формирование заземляющих устройств и их роль в системемолниезащиты.
5. Основные принципы эффективности систем молниезащиты.
6. Методы расчета параметров системы молниезащиты.
7. Системы молниезащиты для зданий и сооружений.
8. Молниезащита высоковольтного оборудования.
9. Защита электронных систем от молнии: возможности и ограничения.
10. Молниезащита на транспорте: особенности и требования к системамзащиты.
11. Характеристики и эффективность молниезащитных материалов.
12. Использование геоинформационных систем при проектировании систем молниезащиты.
13. Экономическая эффективность и анализ затрат на молниезащиту.
14. Особенности проектирования молниезащиты в разных климатических зонах.
15. Испытания систем молниезащиты: методы и результаты.
16. Надежность работы систем молниезащиты и способы её контроля.
17. Моделирование электромагнитных полей в системах молниезащиты.
18. Законодательство и стандарты, регулирующие проектирование и эксплуатацию систем молниезащиты. Развитие и перспективы современных технологий в области молниезащиты.
19. Программное обеспечение для анализа параметров систем молниезащиты.

## **Реферат (Рфр) Темы рефератов:**

1. Молниезащита зданий и сооружений.
2. Влияние молнии на электрические системы: риски и последствия.
3. Основные принципы конструкции систем молниезащиты.
4. Перспективные методы и технологии молниезащиты.
5. Разработка, проектирование и монтаж систем молниезащиты.
6. Испытания эффективности систем молниезащиты.
7. Электромагнитные воздействия и их влияние на работу молниезащитных систем.
8. Воздействие распределенных параметров сети электропитания на молниезащиту.
9. Обслуживание систем молниезащиты: периодические проверки и ремонт.
10. Предварительная оценка рисков при проектировании молниезащиты.
11. Методы оценки эффективности систем молниезащиты и принятие

решений по их усовершенствованию.

12. Анализ действующих стандартов и регуляторных требований для систем молниезащиты.
13. Разработка программы мониторинга за состоянием систем молниезащиты.
14. Анализ оборудования и материалов, используемых в системах молниезащиты.
15. Использование программного обеспечения для анализа параметров систем молниезащиты.
16. Оценка географических особенностей при проектировании систем молниезащиты.
17. Применение эффективных материалов для защиты от молнии.
18. Оценка проблем, связанных с недостатками и неэффективностью систем молниезащиты.
19. Развитие современных технологий и методов молниезащиты.
20. Молниезащита на промышленных предприятиях.

### **Список вопросов экзамена по курсу «Техника высоких напряжений»**

#### **1. Раздел Внешняя изоляция**

1. Общая характеристика внешней изоляции.
2. Электрическая прочность воздушных промежутков
3. Зависимость внешней изоляции от природных условий
4. Регулирование электрической полей во внешней изоляции
5. Общие требования, предъявляемые к диэлектрикам внешней изоляции
6. Типы диэлектриков внешней изоляции и их характеристики
7. Типы изоляторов и их назначение
8. Энергия электрона в электрическом поле и энергетические характеристики газов (водород, кислород азот, водяной пар, углекислый газ, элегаз)
9. Электроотрицательные газы и их характеристики
10. Длина свободного пробега электрона и вероятность ионизации
11. Коэффициент ударной ионизации и де-ионизации (величины и зависимость от напряжённости электрического поля)
12. Частота ионизации и де-ионизации (величины и зависимость от напряжённости электрического поля)
13. Ионизационные процессы в газах
14. Лавины электронов и условие самостоятельного разряда в газах
15. Лавинный, стримерный и лидерный тип разряда: условия возникновения.
16. Различия искрового и дугового разрядов: условия возникновения
17. Коронный разряд в газе – условия возникновения
18. Закон Пашена.
19. Стадии развития пробоя коротких воздушных промежутков
20. Время пробоя воздушных промежутков при различных типах разряда.
21. Вольт-секундная характеристика воздушных промежутков
22. Разряд в длинных воздушных промежутках
23. Разряд вдоль поверхности диэлектрика в сухом состоянии
24. Оценка импульсной прочности гирлянды изоляторов
25. Увлажнение поверхности изолятора: влияние на импульсную прочность.
26. Механизм перекрытия изоляции при загрязнении поверхности и под дождем

27. Длина пути утечки и эффективная длина пути утечки – причины различия и нормы по ПУЭ.
28. Выбор числа изоляторов ЛЭП

## 2. Внутренняя изоляция

1. Общие свойства внутренней изоляции
2. Общие требования к материалам внутренней изоляции
3. Сравнительные характеристики внешней и внутренней изоляции
4. Бумажно-пропитанная изоляция - конструкция и характеристики
5. Масло – барьерная изоляция- конструкция и характеристики
6. Изоляция на основе слюды - конструкция и характеристики
7. Пластмассовая изоляция - конструкция и характеристики
8. Газовая изоляция
9. Характеристики электротехнического газа
10. Зависимость электрической прочности внутренней изоляции от времени действия приложенного напряжения
11. Электрический пробой внутренней изоляции
12. Примесный характер пробоя внутренней изоляции
13. Тепловой пробой внутренней изоляции
14. Старение изоляции
15. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции
16. Испытания кратковременной прочности внутренней изоляции
17. Внутренний ресурс внутренней изоляции
18. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции
19. Срок службы внутренней изоляции
20. Старение изоляции под действием частичных разрядов
21. Частичные разряды в БПИ
22. Частичные разряды в МБИ
23. Тепловое старение внутренней изоляции
24. Старение изоляции под действием механических нагрузок
25. Увлажнение как форма старения изоляции
26. Система контроля состояния изоляционных конструкций.
27. Измерения  $\tan \delta$  изоляции. Мост Шерринга
28. Измерение частичных разрядов
29. Испытания холостого хода трансформаторов
30. Испытания короткого замыкания трансформаторов
31. Амплитудно-частотный анализ и испытания трансформаторов низковольтными импульсами.
32. Измерение сопротивления изоляции, требования к величине.
33. Измерение коэффициента абсорбции.

## 3 Атмосферные перенапряжения

1. Образование грозовых облаков – типы, условия, стадии развития.
2. Механизм разделения зарядов при образовании грозового облака
3. Стадии развития линейной молнии и типы молний
4. Характеристики импульсов молнии: амплитуда тока, длительности переднего и заднего фронта, вероятность возникновения.

5. Грозоупорность ЛЭП: общие положения и определения
6. Расчет грозоупорности ЛЭП: алгоритм расчета
7. Прямой удар молнии в ЛЭП - вероятности ударов в опоры и тросы, вероятности отключения, параметры перенапряжений.
8. Вероятность прорыва молнии через тросовую защиту
9. Характеристики перенапряжения (T1 и T2) на ЛЭП при ударе молнии в фазный провод
10. Слагаемые перенапряжения при ударе молнии в опору
11. Характеристики импульса перенапряжения на ЛЭП при обратном перекрытии
12. Заземление опор – требования ПУЭ.
13. Различие сопротивления заземления на частоте 50 Гц и импульсного заземления
14. Причины возникновения коэффициента использования импульса при расчётах заземления при импульсных токах.
15. Типы грунтов и их влияние на грозоупорность ЛЭП
16. Заземление подстанций: устройство и требования по ПУЭ к сопротивлению на 50 Гц и импульсному при ударе молнии
17. Защита подстанций от прямых ударов молнии
18. Понятие зоны защиты молниеотвода по СО 2003 и ГОСТ 2011.
19. Расчёт молниезащиты по методам катящейся сферы и защитного угла (ГОСТ 2011).
20. Защита подстанций от набегающих волн и понятие опасной зоны (защищённого подхода).
21. Различия понятий защита ЛЭП от грозовых перенапряжений и защита оборудования п/с от волн грозовых перенапряжений.
22. Принцип действия ОПН
23. Различия ОПН и РВ
24. Назначение РТ в системе защиты п/с
25. Длинно-искровые разрядники – типы, принцип действия, область применения.
26. Защита подходов к п/с от набегающих волн
27. Амплитуда и длительность переднего и заднего фронтов ВГПН на ЛЭП при ударах молнии в опору и фазный провод
28. Влияние короны и перекрытий изоляции на ВГПН
29. Как ОПН защищают оборудование ПС и в каких случаях защита не эффективна.
30. Понятие о критической крутизне фронта ВГВН и возможные способы её уменьшения.

#### 4 Внутренние перенапряжения

1. Понятие внутренних перенапряжений и их общие характеристики
2. Импульсы внутренних перенапряжений и их характеристики
3. Причины возникновения коммутационных перенапряжений и способы борьбы с ними
4. Свободные затухающие колебания в энергосистеме и их характеристики.

5. Понятие резонанса, причины его возникновения в энергосистемах и способы снижения перенапряжений
6. Виды коммутационных перенапряжений
7. Виды резонансных перенапряжений
8. Перенапряжения при включении ненагруженных ЛЭП
9. Влияние индуктивности короткого замыкания трансформатора на перенапряжения при коммутации не нагруженных ЛЭП
10. Перенапряжения при отключении ненагруженных ЛЭП
11. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов
12. Перенапряжения на длинных ЛЭП
13. Феррорезонансные перенапряжения схемы возникновения, способы из снижения.
14. Типы рабочего заземления нейтрали в сетях различного класса напряжения.
15. Перенапряжения при однофазных замыканиях на землю.
16. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ
17. Что такое перемежающаяся дуга и её опасность для оборудования, способы защиты.
18. Сети с глухим заземлением нейтрали.
19. Сети с эффективным заземлением нейтрали. В каких случаях принимают решение о разземлении нейтрали.
20. Сети с изолированной нейтралью
21. Назначение дугогасящих реакторов и их свойства
22. Сети с заземлением через активное сопротивление
23. Способы ограничения внутренних перенапряжений
24. Типы защитных аппаратов и их характеристики
25. Назначение шунтирующих резисторов в силовых выключателях
26. Влияние короны на перенапряжения на длинных ЛЭП
27. Условия Полякова возникновения внутренних перенапряжений.
28. Ударный коэффициент внутренних перенапряжений.
29. Условия существования колебательного и апериодического процесса
30. Условие возникновения резонансных перенапряжений.

Экзамен в письменной форме считается сдан, если студент ответил на 3 или 4 вопроса билета. При ответе на 3 вопроса основного билета и при наличии тетради с письменными ответами на контрольные вопросы и задания лекционной формы курса, студент получает оценку удовлетворительно (55-69 баллов) без права на устную форму экзамена. При полном и правильном ответе на все вопросы билета письменной формы начинается устная часть экзамена. Студент показывает тетрадь с письменными ответами на контрольные вопросы и задания лекционной формы курса, написанные собственноручно. В этом случае студент или получает оценку хорошо (70-84 балла) или отвечает на случайно выбранные вопросы письменной формы. Оценка отлично (85-100) баллов выставляется за правильные ответы на 5 дополнительных вопросов из 6 заданных, причём на первые 3 вопроса должны быть даны все три правильных ответа.

При ответе только на 2 или менее вопросов письменной формы студент получает оценку неудовлетворительно.