

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и электроконденсаторостроения

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.10.02.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	2 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 93,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зайцев Ю.В.
	Идентификатор	Rb7a6cef7-ZaitsevYV-c77407dc

(подпись)

Ю.В. Зайцев

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Леонов В.М.
	Идентификатор	Rae2e323d-LeonovVM-ccc02b9b

(подпись)

В.М. Леонов

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов расчета и конструирования силовых электрических кабелей.

### Задачи дисциплины

- – ознакомление с существующими конструкциями силовых кабелей, с материалами, применяемыми в составе этих конструкций, техническими характеристиками изделий и методами испытаний;;

- – изучение факторов и процессов, определяющих качество, надёжность и срок службы силовых кабелей;;

- – овладение основами электрического и теплового расчёта силовых кабелей;;

- – овладение основами расчёта (прогнозирования) срока службы/остаточного срока службы для ряда изделий..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИД-1 <sub>УК-1</sub> Выполняет поиск необходимой информации, ее критический анализ и обобщает результаты анализа для решения поставленной задачи	знать: - – основные факторы и процессы, определяющие качество, надёжность и срок службы силовых кабелей;.  уметь: - – сформулировать программу испытаний материалов;.
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИД-2 <sub>УК-1</sub> Анализирует проблемную ситуацию и осуществляет ее декомпозицию на отдельные задачи	знать: - - методы испытаний кабельных изделий;.  уметь: - – выполнить электрический и тепловой расчёты кабеля и расчёт срока службы;.
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	ИД-1 <sub>УК-2</sub> Участвует в управлении проектом на всех этапах жизненного цикла	знать: - – основные методы испытаний материалов на стойкость к термическому, электрохимическому и электрическому старению;.  уметь: - - анализировать и самостоятельно выбрать необходимые данные для проектирования силовых кабельных изделий..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и электроконденсаторостроения (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения	9	2	3	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения"</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p>
1.1	1. Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения	9		3	-	1	-	-	-	-	-	-	5	

													<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431</p>
2	2. Кабели среднего напряжения	10	3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p>
2.1	2. Кабели среднего напряжения	10	3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	



													теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "2. Кабели среднего напряжения" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431
3	3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше	9	3	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше"
3.1	3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше	9	3	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:



													<p>Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431</p>
4	4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения	10	3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения"</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры</p>
4.1	4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения	10	3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры</p>



													выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431
5	5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения	9	3	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
5.1	5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения	9	3	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения" подготовка к выполнению

													заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения" <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431
6	6. Тепловой расчет кабелей	11	3	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:
6.1	6. Тепловой расчет кабелей	11	3	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b>



														расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "6. Тепловой расчет кабелей" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431
7	7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.	10	3	-	1	-	-	-	-	-	6	-	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы."
7.1	7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.	10	3	-	1	-	-	-	-	-	6	-	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы." <b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяются следующие материалы: <b><u>Подготовка расчетно-графического</u></b>



														<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431</p>
8	8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонеполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.	11	3	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонеполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения."</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонеполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p>	
8.1	8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонеполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.	11	3	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонеполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b></p>	



														[1], 19-454 [2], 12-431
9	9. Кабели постоянного тока	10	3	-	1	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "9. Кабели постоянного тока" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "9. Кабели постоянного тока"</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 9. Кабели</p>
9.1	9. Кабели постоянного тока	10	3	-	1	-	-	-	-	-	-	6	-	

													<p>постоянного тока и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "9. Кабели постоянного тока" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "9. Кабели постоянного тока"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "9. Кабели постоянного тока". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431</p>
10	10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения	10	3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p>
10.1	10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения	10	3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	



													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 19-454 [2], 12-431
11	11. Провода для воздушных линий электропередач	9	2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "11. Провода для воздушных линий электропередач"
11.1	11. Провода для воздушных линий электропередач	9	2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу 11. Провода для воздушных линий электропередач и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "11. Провода для воздушных линий электропередач" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным

													<p>поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "11. Провода для воздушных линий электропередач" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "11. Провода для воздушных линий электропередач"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "11. Провода для воздушных линий электропередач". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 19-454 [2], 12-431</p>
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	16		2		-	0.5		93.5	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. 1. Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения

1.1. 1. Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения

1. Классификация силовых кабелей по исполнению, применяемым материалам, функциональному назначению. Особенности конструкций кабелей на напряжения до 3 кВ. Сравнительные характеристики кабелей с бумажной и полимерной изоляцией. Самонесущие изолированные и защищённые провода для воздушных ЛЭП, особенности конструкции и преимущества при использовании. Неизолированные провода для воздушных ЛЭП..

#### 2. 2. Кабели среднего напряжения

2.1. 2. Кабели среднего напряжения

2. Кабели на напряжение 6,10 кВ с бумажной изоляцией в металлических оболочках. Особенности конструкций отечественных и зарубежных кабелей на напряжение 20 и 35 кВ. Кабели для наклонных трасс. Недостатки кабелей с бумажной изоляцией. Кабели среднего напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена и этилен-пропиленовой резины. Способы сшивания полимеров с помощью пероксидов, силанов, радиоактивного воздействия пучка электронов. Конструктивные особенности кабелей среднего напряжения с пластмассовой изоляцией..

#### 3. 3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше

3.1. 3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше

3. Маслонаполненные кабели низкого и высокого давления. Особенности конструкции, преимущества и недостатки. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Основные показатели качества. Технологические факторы, влияющие на качество и надежность кабелей с полимерной изоляцией. Конструктивное исполнение кабелей высокого напряжения с пластмассовой изоляцией. Основные технические требования. Методы испытаний..

#### 4. 4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения

4.1. 4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения

4. Конструкции соединительных и концевых муфт кабелей среднего и высокого напряжения с бумажной изоляцией и изоляцией из сшитого полиэтилена. Кабельные вводы в трансформаторы и КРУЭ. Применяемые материалы, технологии изготовления, методы испытаний..

#### 5. 5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения

5.1. 5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения

5. Зарождение электрического триинга – основной механизм достижения предельного состояния в экструдированной изоляции высоковольтных кабелей. Модель зарождения электрического триинга как развития микроочаговой взрывной неустойчивости. Методика определения критической напряжённости электрического поля, рабочей напряжённости, толщины изоляции. Расчёт кабеля по критерию импульсной электрической прочности..

## 6. 6. Тепловой расчет кабелей

### 6.1. 6. Тепловой расчет кабелей

6. Определение тока нагрузки кабелей на основе теплового расчета. Расчет тепловых сопротивлений изоляции, защитных покровов и окружающей среды. Расчет сопротивления жилы с учетом эффекта близости и поверхностного эффекта. Диэлектрические потери в изоляции. Расчет потерь в металлических оболочках и броне кабелей. Нестационарный нагрев и охлаждение кабеля. Режим перегрузок. Нагрев в условиях короткого замыкания..

## 7. 7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.

7.1. 7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.

7. Представление о развитии водных триингов как о механизме ускоренного старения изоляции. Факторы, определяющие скорость развития триингов. Математическая модель роста водного триинга, методика прогнозирования ресурса, остаточного ресурса. Пути повышения надёжности кабелей среднего напряжения. Методы испытаний материалов и изделий на ускоренное электрохимическое старение..

## 8. 8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.

8.1. 8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.

8. Физические и химические механизмы термического старения пропитанной бумажной изоляции, изоляции из сшитого полиэтилена и безгалогенных композиций, кабельных ПВХ-пластикатов. Методы испытаний материалов и изделий на ускоренное термостарение, прогнозирование ресурса кабелей низкого напряжения с полимерной изоляцией, кабелей среднего напряжения с бумажной пропитанной изоляцией (с учётом развития частичных разрядов), маслонаполненных кабелей..

## 9. 9. Кабели постоянного тока

### 9.1. 9. Кабели постоянного тока

9. Преимущества и недостатки передачи электроэнергии на постоянном токе. Мировой опыт. Основные конструкции высоковольтных кабелей постоянного тока. Распределение электрического поля в бумажной пропитанной изоляции на постоянном напряжении. Электрический расчёт кабелей постоянного тока с пропитанной бумажной изоляцией, в том числе маслонаполненных. Представления об электрических переходных процессах в кабелях постоянного тока..

## 10. 10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения

10.1. 10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения

10. Показатели пожарной опасности кабелей. Основные характеристики полимерных материалов, определяющие их пожаробезопасность и способы их повышения. Особенности конструкций огнестойких кабелей. Области применения кабелей нераспространяющих

горение и огнестойких кабелей. Методы испытаний на нераспространение горения, дымовыделение, огнестойкость, кон-калориметрия..

### 11. 11. Провода для воздушных линий электропередач

11.1. 11. Провода для воздушных линий электропередач

11. Классические и современные конструкции, применяемые сплавы, технические характеристики..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. 1. Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения.;
2. 2. Кабели среднего напряжения.;
3. 3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше. Электрический расчет кабелей высокого напряжения.;
4. 4. Тепловой расчет кабелей;
5. 5. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.;
6. 6. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслonaполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.;
7. 7. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения;
8. 8. Провода для воздушных линий электропередач.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "2. Кабели среднего напряжения"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения"

6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "6. Тепловой расчет кабелей"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы."
8. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения."
9. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "9. Кабели постоянного тока"
10. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения"
11. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "11. Провода для воздушных линий электропередач"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1. Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2. Кабели среднего напряжения"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "6. Тепловой расчет кабелей"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы."
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения."
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "9. Кабели постоянного тока"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения"
11. Обсуждение материалов по кейсам раздела "11. Провода для воздушных линий электропередач"

### Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения"
2. Консультации проводятся по разделу "2. Кабели среднего напряжения"
3. Консультации проводятся по разделу "3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше"
4. Консультации проводятся по разделу "4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения"
5. Консультации проводятся по разделу "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения"
6. Консультации проводятся по разделу "6. Тепловой расчет кабелей"
7. Консультации проводятся по разделу "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы."
8. Консультации проводятся по разделу "8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения."
9. Консультации проводятся по разделу "9. Кабели постоянного тока"
10. Консультации проводятся по разделу "10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения"
11. Консультации проводятся по разделу "11. Провода для воздушных линий электропередач"

### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "2. Кабели среднего напряжения"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "6. Тепловой расчет кабелей"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы."
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения."
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "9. Кабели постоянного тока"

10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения"
11. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "11. Провода для воздушных линий электропередач"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)										Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
<b>Знать:</b>													
– основные факторы и процессы, определяющие качество, надёжность и срок службы силовых кабелей;	ИД-1 <sub>ук-1</sub>	+	+										Контрольная работа/КМ-1. Тест «Назначение и конструкции силовых кабелей, применяемых материалов, технические характеристики и методы испытаний» – контрольные работы:
- методы испытаний кабельных изделий;	ИД-2 <sub>ук-1</sub>			+	+								Контрольная работа/КМ-2. Контрольная работа «Тепловой расчёт силовых кабелей. Методы расчёта срока службы по критерию теплового старения с учётом влияния электрического поля. Нераспространяющие горение и огнестойкие кабели. Неизолированные провода. Кабельная арматура»
– основные методы испытаний материалов на стойкость к термическому, электрохимическому и электрическому старению;	ИД-1 <sub>ук-2</sub>					+	+						Контрольная работа/Км-3. Расчёт удельных механических нагрузок от атмосферных воздействий на фазные провода и на грозозащитные тросы (при их наличии) с учетом высот их крепления на промежуточной опоре.
<b>Уметь:</b>													
– сформулировать программу испытаний материалов;	ИД-1 <sub>ук-1</sub>							+	+				Контрольная работа/Км-4. Расчет значений критических пролетов и выбор исходного сочетания климатических условий для расчета провода на механическую прочность в нормальном режиме работы ВЛ, основываясь на нормируемых значениях допускаемых напряжений и эквивалентных физико-механических характеристик
– выполнить электрический и тепловой расчёты кабеля и	ИД-2 <sub>ук-1</sub>									+	+		Контрольная работа/Км-5. Расчет и выбор сочетания климатических условий

расчёт срока службы;												существования наибольших вертикальных стрел провисания проводов и расчёт габаритного пролета линии; построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы ВЛ в масштабах: по вертикали - 1:500, по горизонтали - 1: 5000.
- анализировать и самостоятельно выбрать необходимые данные для проектирования силовых кабельных изделий.	ИД-1 <sub>УК-2</sub>										+	Контрольная работа/Км-6. Выбор подвесных изоляторов для крепления проводов к промежуточным и анкерным опорам

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **2 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-1. Тест «Назначение и конструкции силовых кабелей, применяемых материалов, технические характеристики и методы испытаний» – контрольные работы: (Контрольная работа)
2. КМ-6. Выбор подвесных изоляторов для крепления проводов к промежуточным и анкерным опора (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-2. Контрольная работа «Тепловой расчёт силовых кабелей. Методы расчёта срока службы по критерию теплового старения с учётом влияния электрического поля. Нераспространяющие горение и огнестойкие кабели. Неизолированные провода. Кабельная арматура» (Контрольная работа)
2. КМ-3. Расчёт удельных механических нагрузок от атмосферных воздействий на фазные провода и на грозозащитные тросы (при их наличии) с учетом высот их крепления на промежуточной опоре. (Контрольная работа)
3. КМ-4. Расчет значений критических пролетов и выбор исходного сочетания климатических условий для расчета провода на механическую прочность в нормальном режиме работы ВЛ, основываясь на нормируемых значениях допускаемых напряжений и эквивалентных физико-механических характеристик (Контрольная работа)
4. КМ-5. Расчет и выбор сочетания климатических условий существования наибольших вертикальных стрел провисания проводов и расчёт габаритного пролета линии; построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы ВЛ в масштабах: по вертикали - 1:500, по горизонтали - 1: 5000. (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №2)

стандартные

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Ларина, Э. Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии : Учебник для вузов по направлению "Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника" / Э. Т. Ларина . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1996 . – 464 с. - ISBN 5-283-00647-6 : 24000.00 .;

2. Портнов Э. Л.- "Оптические кабели связи, их монтаж и измерения", Издательство: "Горячая линия-Телеком", Москва, 2012 - (448 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5187](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5187).

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Windows Server / Серверная операционная система семейства Linux.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
	отсутствует	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Силовые кабели и кабельные линии

(название дисциплины)

#### 2 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1. Тест «Назначение и конструкции силовых кабелей, применяемых материалов, технические характеристики и методы испытаний» – контрольные работы: (Контрольная работа)
- КМ-2 КМ-2. Контрольная работа «Тепловой расчёт силовых кабелей. Методы расчёта срока службы по критерию теплового старения с учётом влияния электрического поля. Нераспространяющие горение и огнестойкие кабели. Неизолированные провода. Кабельная арматура» (Контрольная работа)
- КМ-3 КМ-3. Расчёт удельных механических нагрузок от атмосферных воздействий на фазные провода и на грозозащитные тросы (при их наличии) с учетом высот их крепления на промежуточной опоре. (Контрольная работа)
- КМ-4 КМ-4. Расчет значений критических пролетов и выбор исходного сочетания климатических условий для расчета провода на механическую прочность в нормальном режиме работы ВЛ, основываясь на нормируемых значениях допускаемых напряжений и эквивалентных физико-механических характеристик (Контрольная работа)
- КМ-5 КМ-5. Расчет и выбор сочетания климатических условий существования наибольших вертикальных стрел провисания проводов и расчёт габаритного пролета линии; построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы ВЛ в масштабах: по вертикали - 1:500, по горизонтали - 1: 5000. (Контрольная работа)
- КМ-6 КМ-6. Выбор подвесных изоляторов для крепления проводов к промежуточным и анкерным опора (Контрольная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	15
1	1.Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения							
1.1	1. Классификация кабелей, конструкции и материалы для кабелей низкого напряжения	+						
2	2. Кабели среднего напряжения							
2.1	2. Кабели среднего напряжения	+						
3	3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше							
3.1	3. Высоковольтные кабели на напряжение 110 кВ и выше			+				
4	4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения							

4.1	4. Кабельная арматура для различного конструктивного исполнения кабелей и различных классов напряжения		+				
5	5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения						
5.1	5. Электрический расчет кабелей высокого напряжения			+			
6	6. Тепловой расчет кабелей						
6.1	6. Тепловой расчет кабелей			+			
7	7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.						
7.1	7. Электрохимическое старение кабелей среднего напряжения (развитие водных триингов). Прогнозирование сроков службы.				+		
8	8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.						
8.1	8. Термическое старение кабелей низкого и среднего напряжения, маслонаполненных кабелей, прогнозирование ресурса по критерию теплового старения.				+		
9	9. Кабели постоянного тока						
9.1	9. Кабели постоянного тока					+	
10	10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения						
10.1	10. Конструкции, материалы, методы испытаний кабелей пожаробезопасного исполнения					+	
11	11. Провода для воздушных линий электропередач						
11.1	11. Провода для воздушных линий электропередач						+
Вес КМ, %:		15	20	15	20	15	15