

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и цифровые технологии**

**Уровень образования: бакалавриат**

**Форма обучения: очная**


**Рабочая программа дисциплины**  
**КОНСТРУКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ,**  
**ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

<b>Блок</b>	<b>Блок 1. «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы</b>	<b>Формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану</b>	<b>Б1.В.18</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах</b>	<b>7 семестр - 3</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 16 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр–16 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр– 58 часов</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b> зачет с оценкой	<b>7 семестр – 0,3 часа</b>
<b>Контроль:</b> зачет с оценкой	<b>7 семестр – 17,7 часа</b>

**Волжский 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

А.В. Стрижиченко  
(расшифровка подписи)


Заведующий кафедрой Энергетики  
(название кафедры)

  
(подпись)

Е.Г. Зенина  
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Электроэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры Энергетики,  
к.т.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

В.Н. Курьянов  
(расшифровка подписи)

**Согласовано:**

Заведующий кафедрой Энергетики  
(название кафедры)

  
(подпись)

Е.Г. Зенина  
(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** является изучение конструктивного исполнения воздушных и кабельных линий электропередач, конструктивных особенностей электрооборудования подстанций.

**Задачами дисциплины является:**

- изучение конструктивного исполнения линий электропередач и электрооборудования;
- приобретение навыков расчета конструктивной части воздушной линии.

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
ПК-1. Способен управлять технологическим оборудованием, выбирать серийное и проектировать новое оборудование	ПК-1.2. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач расчета конструктивной части и эксплуатации линий электропередач	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– конструктивное исполнение опор воздушных линий, проводов, тросов и линейной арматуры.</li><li>– конструктивное исполнение силовых кабелей.</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи.</li><li>– производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий.</li></ul>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Бакалавр 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профили: Электроэнергетические системы и цифровые технологии).

Дисциплина базируется на знании дисциплин: «Инженерная и компьютерная графика», «Электротехнические и конструкционные материалы».

Для освоения дисциплины, обучающийся должен:

### **знать:**

- конструктивное исполнение опор воздушных линий, проводов, тросов и линейной арматуры.
- конструктивное исполнение силовых кабелей.

### **уметь:**

- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи.
- производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий.

Результаты образования, полученные при освоении дисциплины, необходимы для выполнения выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная						СР	Конт- роль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Опоры воздушных линий электропередач	12	7	2						10		Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с 127-152; [2] с. 299-304.
2	Провода и грозотросы воздушных линий электропередач	18	7	2	4					12		Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] с 82-91;[2] с. 294-299.
3	Изоляторы и линейная арматура воздушных линий электропередач	20	7	4	4					12		Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы: [1] с 91-127;[2] с. 304-311.
4	Механический расчет конструктивной части воздушной линии электропередач	22	7	4	6					12		Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы: [1] с 67-82; с. 159-178; [2] с. 311-315.
5	Конструктивное исполнение кабельных линий электропередач	18	7	4	2					12		Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы:[2] с. 315-343.
	Зачет с оценкой	18	7						0,3		17,7	Зачет с оценкой проводится согласно программе проведения зачета
	Итого:	108		16	16				0,3	58	17,7	

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### **3.2. Краткое содержание разделов**

#### **7 семестр**

##### **1. Опоры воздушных линий электропередач**

Классификация и назначение опоры ВЛ. Железобетонные опоры. Металлические опоры. Композитные опоры.

##### **2. Провода и грозотросы воздушных линий электропередач**

Конструкция неизолированных проводов. Провода и арматура СИП. Провода повышенной пропускной способности.

##### **3. Изоляторы и линейная арматура воздушных линий электропередач**

Конструкция линейных изоляторов. Полимерные изоляторы. Выбор изоляторов по разрядным характеристикам. Арматура ВЛ: сцепная, защитная, соединительная, дистанцирующая.

##### **4. Механический расчет конструктивной части воздушной линии электропередач**

Климатические условия работы ВЛ и нагрузки. Уравнение механического состояния провода. Расчет монтажных стрел провеса. Проверка габаритов ВЛ.

##### **5. Конструктивное исполнение кабельных линий электропередач**

Общая характеристика кабельных линий. Кабельные линии напряжением до 1 кВ. Кабельные линии напряжением 6-35 кВ. Кабельные линии высокого напряжения. Способы прокладки силовых кабелей.

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

#### **7 семестр**

1. Расчет удельных нормативных и расчетных нагрузок на провод (4 часа);
2. Нахождение исходного режима. Уравнения состояния провода (2 часа);
3. Расчет монтажных стрел провеса провода (2 часа);
4. Проверка габарита воздушной линии (2 часа);
5. Механический расчет грозозащитного троса (2 часа);
6. Выбор изоляторов на ВЛ (2 часа);
7. Выбор силового кабеля (2 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

### **3.5.РГР**

РГР учебным планом не предусмотрены.

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

Курсовые проекты и курсовые работы учебным планом 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	
<b>Знать:</b>							
– конструктивное исполнение опор воздушных линий, проводов, тросов и линейной арматуры	ПК-1.2	X	X	X			Тест 1, Итоговый тест, Отчет по практическим работам 1,2
– конструктивное исполнение силовых кабелей	ПК-1.2					X	Тест 2, Итоговый тест, Отчет по практической работе 7
<b>Уметь:</b>							
– самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	ПК-1.2	X	X	X	X	X	Итоговый тест Отчет по практическим работам 3,4,5
– производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий	ПК-1.2		X	X	X		Тест 3, Итоговый тест Отчет по практической работе6

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

**7 семестр**

– тестирование:

1. Воздушные линии электропередач;
2. Кабельные линии электропередач;
3. Изоляторы и линейная арматура ВЛ;

– контрольная работа:

1. Механический расчет проводов ВЛ.

Балльно-рейтинговая структура дисциплины приведена в приложении А.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

**7 семестр**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (модуля) - Зачет с оценкой.

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.

В приложение к диплому выносится оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Лаврентьев В.М., Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт ВЛ 110 - 1150 кВ : учебно-практическое пособие / Лаврентьев В.М. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01242-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012420.html> (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Бурман, А. П. Основы современной энергетики : в 2 т. Том 2. Современная электроэнергетика : учебник для вузов : в 2 т. / - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01338-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013380.html> - Режим доступа : по подписке.

3. Сибикин, Ю.Д. Эксплуатация электрооборудования электростанций и подстанций: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Ю.Д. Сибикин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 448 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480996> (дата обращения: 30.11.2020). – ISBN 978-5-4475-9362-9. – DOI 10.23681/480996. – Текст : электронный.

4. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения : учебное пособие / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош ; под ред. Е.Е. Привалова ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : Параграф, 2018. – 169 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485019> (дата обращения: 30.11.2020). – Библиогр.: с. 166. – Текст : электронный.



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

1. MicrosoftOffice
2. Mathcad 15

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

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>  
Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>  
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>  
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>  
База данных Scopus <https://www.scopus.com>  
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>  
База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>  
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>  
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>  
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>  
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>  
Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>  
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>  
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>  
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>  
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>  
Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

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

Лекции проводятся в учебных аудиториях, снабженных мультимедийными средствами для интерактивного обучения, оборудованных наглядными пособиями, оборудованием для показа обучающих материалов (телевизор), средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

Практические занятия проводятся в компьютерном классе. Необходимое программное обеспечение: MicrosoftOffice, Mathcad 15.

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ  
КОНСТРУКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ,  
ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ (ПРОФИЛЬ 1)**

(название дисциплины)

**7 семестр**

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

- КМ-1 Тест «Воздушные линии электропередач»
- КМ-2 Тест «Кабельные линии электропередач»
- КМ-3 Тест «Изоляторы и линейная арматура ВЛ»
- КМ-4 Контрольная работа «Механический расчет проводов ВЛ»

**Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой**

Трудоемкость дисциплины = 3з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ –1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	Зачет с оценкой
1	Опоры воздушных линий электропередач		+				+
2	Провода и грозотросы воздушных линий электропередач		+				+
3	Изоляторы и линейная арматура воздушных линий электропередач				+		+
4	Механический расчет конструктивной части воздушной линии электропередач		+			+	
5	Конструктивное исполнение кабельных линий электропередач			+			+
Минимальный балл за КМ			8	8	8	16	20
Максимальный балл за КМ			12	12	12	24	40

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Программа бакалавриата: Электроэнергетические системы и цифровые технологии;  
Квалификация (степень) выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очная**

**Оценочные материалы по дисциплине**

**Б1.В.18 КОНСТРУКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ,  
ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ (ПРОФИЛЬ 1)**

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

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

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
конструктивное исполнение опор воздушных линий, проводов, тросов и линейной арматуры	ПК-1.2.	Тест 1, отчет по практическим работам 1,2, зачет с оценкой
конструктивное исполнение силовых кабелей	ПК-1.2.	Тест 2, отчет по практической работе 7 зачет с оценкой
<b>Уметь:</b>		
самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	ПК-1.2.	Отчет по практическим работам 3,4,5, зачет с оценкой
производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий	ПК-1.2.	Тест 3, отчет по практической работе 6, зачет с оценкой

## Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### А) Для текущего контроля успеваемости:

– тестирование:

Тест №1 «Воздушные линии электропередач»

Тест №2 «Кабельные линии электропередач»

Тест №3 «Изоляторы и линейная арматура ВЛ»

– отчеты практических работ:

Отчет практической работы №1 «Расчет удельных нормативных и расчетных нагрузок на провод»

Отчет практической работы №2 «Нахождение исходного режима. Уравнения состояния провода»

Отчет практической работы №3 «Расчет монтажных стрел провеса провода»

Отчет практической работы №4 «Проверка габарита воздушной линии»

Отчет практической работы №5 «Механический расчет грозозащитного троса»

Отчет практической работы №6 «Выбор изоляторов на ВЛ»

Отчет практической работы №7 «Выбор силового кабеля»

#### Тест №1 «Воздушные линии электропередач»

Время на выполнение теста – 15 минут

Студенту необходимо ответить на 5 вопросов, случайным образом выбранных из списка

1. Из каких элементов состоит ВЛ?
2. Какие нормативные документы применяются при проектировании ВЛ?
3. Климатические условия и нагрузки на ВЛ.
4. Продольный профиль трассы ВЛ и его составляющие.
5. Расстановка опор по шаблону.
6. Монтажные стрелы провеса проводов.
7. Расчет монтажных стрел провеса проводов.
8. Общие сведения о грозозащите ВЛ.
9. Молниезащита проводов ВЛ.
10. Назначение проводов и грозотросов.
11. Требования к проводам и грозотросам ВЛ.
12. Материалы, применяемые для изготовления проводов и грозотросов ВЛ.
13. Конструкции проводов и грозотросов ВЛ и области их применения.
14. Обозначение различных типов голых проводов.
15. Провода с повышенной коррозионной стойкостью, их маркировка и особенности изготовления.
16. Какие факторы необходимо учитывать при выборе марки и сечения провода и грозотроса?
17. Стальные канаты марки ТК.
18. Провода марки СИП.
19. Провода повышенной пропускной способности.
20. Назначение опор ВЛ. Виды опор, применяемых при сооружении ВЛ.
21. Условия применения железобетонных опор. Виды и конструкции железобетонных опор.
22. Предназначение металлических опор. Их виды и конструкции.
23. Многогранные металлические опоры; конструкции опор; изготовление, сборка, преимущества перед другими типами опор.
24. Композитные опоры. Изготовление, преимущества перед другими типами опор. Сборка и установка композитных опор.
25. Виды фундаментов под опоры ВЛ.

По результатам тестирования выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 100% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 85% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 70% задания.

### **Тест №2 «Кабельные линии электропередач»**

Время на выполнение теста – 15 минут

1. Из каких элементов состоит кабельная линия?
2. Назовите основные конструкционные материалы, из которых изготавливаются кабели
3. Конструктивное исполнение силового кабеля 6-10 кВ
4. Конструктивное исполнение кабеля 0,4 кВ
5. Назначение герметичной оболочки кабеля 6-10 кВ
6. Назначение поясной изоляции кабеля 6-10 кВ
7. Какова картина электрического поля кабеля напряжением 10 кВ?
8. Отличительные особенности конструкции кабелей напряжением 20..35 кВ
9. Конструкция кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена
10. Достоинства и недостатки кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена
11. Способы прокладки кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена
12. Конструктивное исполнение кабелей напряжением 110 кВ и выше
13. Область применения маслонаполненных кабелей
14. Конструктивное исполнение маслонаполненных кабелей низкого давления
15. Конструктивное исполнение маслонаполненных кабелей высокого давления
16. Основные способы прокладки кабельных линий
17. Какие меры пожарной безопасности применяются при прокладке кабелей в галереях, тоннелях и по эстакадам?
18. Кабельная арматура
19. Как осуществляется соединение кабелей?
20. Как осуществляется разделка кабеля?

Студенту необходимо ответить на 5 вопросов, случайным образом выбранных из списка  
По результатам тестирования выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 100% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 85% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 70% задания.

### **Тест №3 «Изоляторы и линейная арматура ВЛ»**

Время на выполнение теста – 15 минут

Студенту необходимо ответить на 5 вопросов, случайным образом выбранных из списка

1. На основе каких данных выбирается изоляция ВЛ?
2. Методика выбора числа изоляторов в гирлянде.
3. Характеристика местности по степени загрязнения.
4. Обозначения линейных изоляторов и силовой ряд изоляторов.
5. Конструкция подвесных линейных изоляторов.
6. Что понимается под длиной пути утечки изолятора? Удельная длина пути утечки изолятора.
7. Коэффициент эффективности длины пути утечки изолятора.
8. Как определяется коэффициент запаса прочности изоляторов?
9. Конструкция полимерных изоляторов и их преимущества.
10. Обозначения и маркировка линейных изоляторов.
11. Структура условного обозначения линейных подвесных полимерных изоляторов.
12. Назначение арматуры в конструкции ВЛ.
13. Классификационная схема линейной арматуры.
14. Виды (подгруппы) сцепной арматуры.
15. Назначение и конструкции коромысел.

16. Назначение и виды поддерживающих зажимов.
17. Назначение и конструкции натяжных зажимов.
18. Соединители: их назначение и конструкции.
19. Дистанционные распорки: их виды и конструкции.
20. Назначение и принцип действия гасителей вибрации и разрядных рогов.
21. Назначение и устройство защитных экранов для ВЛ 330—750 кВ.
22. Назначение балластов и предохранительных муфт.
23. Преимущества спиральной арматуры по сравнению с традиционной.
24. Назначение и конструкция натяжного спирального зажима.
25. Назначение и конструкция соединительного спирального зажима.

По результатам тестирования выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 100% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 85% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 70% задания.

### Отчет практической работы №1 «Расчет удельных нормативных и расчетных нагрузок на провод»

Для заданного провода из таблицы физико-математических характеристик проводов находим вес одного километра провода  $P$ , даН /км и диаметр провода  $d$ , мм.

Рассчитаем удельные нагрузки.

Удельная нагрузка от собственного веса провода составляет

$$p_1 = P \cdot 10^3 / F$$

Удельная нормативная нагрузка от веса гололёда на проводе составляет

$$P_{2н} = \pi \cdot g_0 \cdot K_i \cdot K_d \cdot b \cdot (d + K_i \cdot K_d \cdot b) / F$$

Удельная расчётная нагрузка от веса гололёда на проводе составляет

$$p_2 = P_{2н} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d$$

Суммарная удельная расчётная нагрузка от веса провода и гололёда составляет

$$p_3 = p_1 + p_2$$

удельная нормативная ветровая нагрузка при отсутствии гололёда на составляет

$$p_{4н} = \alpha_w \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot W \cdot d \cdot 10^{-3} / F$$

где коэффициент  $K_w = 1,25$

удельная нормативная ветровая нагрузка при наличии гололёда на проводе составляет

$$p_{5н} = \alpha_w \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot W_r \cdot (d + 2 K_i \cdot K_d \cdot b) \cdot 10^{-3} / F$$

Удельные расчётные ветровые нагрузки при отсутствии и наличии гололёда составляют

$$P_4 = p_{4н} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f$$

$$P_5 = p_{5н} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f$$

где коэффициент  $\gamma_f = 1,2$  - коэффициент надёжности по ветровой нагрузке.

Удельная расчётная нагрузка от ветра и веса провода без гололёда составляет

$$p_6 = \sqrt{p_1^2 + p_4^2}$$

Расчётная удельная нагрузка от веса провода, покрытого гололёдом, и ветра составляют

$$p_7 = \sqrt{p_3^2 + p_5^2}$$

Время на выполнение задания – 30 минут.

По результатам отчета выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 90% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 80% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 60% задания.

### Отчет практической работы №2 «Нахождение исходного режима. Уравнения состояния провода»

В качестве исходного режима предварительно примем режим наибольшей внешней нагрузки. Параметры этого режима  $p_{\max}$ ,  $\Theta_r = -5^\circ\text{C}$ ,  $\sigma_{p\max} = [\sigma_{p\max}]$ .

Значение температуры гололедообразования  $\Theta_r = -5^\circ\text{C}$  принято в соответствии с рекомендациями ПУЭ, значение допустимого механического напряжения  $[\sigma_{p\max}]$  - из таблицы физико- механических характеристик проводов.

Вычисляем левую часть уравнения состояния провода

$$C = [\sigma_{p\max}] + \alpha E \Theta_r - p_{\max}^2 \cdot l^2 \cdot E / 24 [\sigma_{p\max}]^2$$

В правую часть уравнения состояния провода подставим параметры режима низшей температуры  $p_1$ ,  $\Theta_{\min}$ .

Коэффициенты А и В неполного кубического уравнения будут соответственно равны

$$A = \alpha E \Theta_{\min} - C;$$

$$B = - p_1^2 \cdot l^2 \cdot E / 24.$$

Решение этого уравнения даёт величину механического напряжения в проводе в режиме низшей температуры  $\sigma_{\Theta\min}$ .

В правую часть уравнения состояния подставим параметры режима среднегодовой температуры  $p_1$ ,  $\Theta_{\text{ср}}$ . Коэффициенты А и В неполного кубического уравнения будут соответственно равны

$$A = \alpha E \Theta_{\text{ср}} - C;$$

$$B = - p_1^2 \cdot l^2 \cdot E / 24 = -471.$$

Неполное кубическое уравнение для режима среднегодовой температуры будет иметь вид

$$\sigma^3 \Theta_{\text{ср}} + 19,68 \sigma^2 \Theta_{\text{ср}} - 471 = 0$$

Решение этого уравнения даёт величину механического напряжения в проводе в режиме среднегодовой температуры  $\sigma_{\Theta\text{ср}}$ .

Проверим условия механической прочности провода;

в режиме наибольшей внешней нагрузки  $\sigma_{p\max} = [\sigma_{p\max}]$ ;

в режиме минимальной температуры  $\sigma_{\Theta\min} < [\sigma_{\Theta\min}]$ ;

в режиме средней температуры  $\sigma_{\Theta\text{ср}} < [\sigma_{\Theta\text{ср}}]$ ;

Убеждаемся, что исходный режим выбран правильно.

Время на выполнение задания – 30 минут.

По результатам отчета выставляется:

–10 баллов, если правильно выполнено 90% задания.

–8 баллов, если правильно выполнено не менее 80% задания;

–6 баллов, если правильно выполнено не менее 60% задания.

### Отчет практической работы №3 «Расчет монтажных стрел провеса провода»

Для двух значений температуры  $\Theta_{\min}$  и  $\Theta_{\text{ср}}$  величины механического напряжения в проводе составляют соответственно  $\sigma_{\Theta\min}$  и  $\sigma_{\Theta\text{ср}}$ . Выполним расчёт механического напряжения в проводе для режима высшей температуры  $\Theta_{\max}$ .

Коэффициенты А и В неполного кубического уравнения будут соответственно равны

$$A = \alpha E \Theta_{\max} - C$$

$$B = - p_1^2 \cdot l^2 \cdot E / 24$$

Решение этого уравнения даёт величину механического напряжения в проводе в режиме среднегодовой температуры  $\sigma_{\Theta\max}$ .

Для трёх значений температуры вычислим стрелы провеса провода:

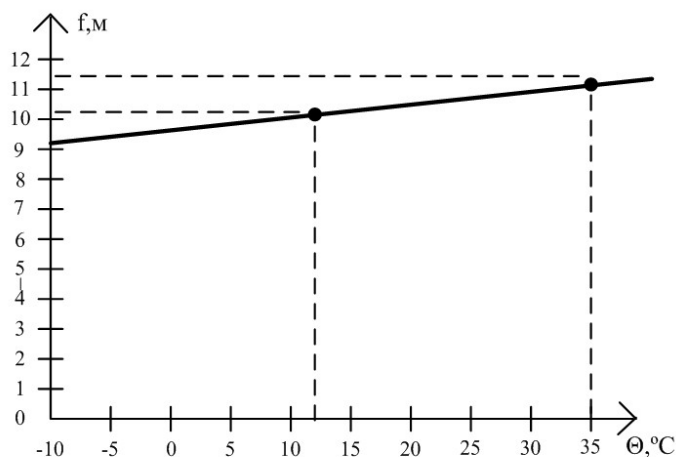
$$f_{\Theta\min} = p_1 \cdot l^2 / 8 \sigma_{\Theta\min}$$

$$f_{\Theta\text{ср}} = p_1 \cdot l^2 / 8 \sigma_{\Theta\text{ср}}$$



$$f_{\Theta_{\max}} = p_1 \cdot l^2 / 8 \sigma \Theta_{\max}$$

По полученным значениям стрел провеса строим монтажный график  $f=F(\Theta)$ :



Этот график даёт информацию о величине стрелы провеса провода заданным сечением в пролёте длиной  $L$  при любой температуре окружающей среды.

По результатам отчета выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 100% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 85% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 70% задания.

#### Отчет практической работы №4 «Проверка габарита воздушной линии»

Для проверки габарита воздушной линии необходимо знать максимальное значение стрелы провеса провода  $f_{\max}$ . Максимальная стрела провеса провода имеет место в одном из двух режимов:

- режиме высшей температуры,
- режиме гололёда без ветра.

Стрела провеса в режиме высшей температуры определена выше и составляет

Выполним расчёт механического напряжения в проводе и его стрелы провеса для режима гололёда без ветра. В правую часть уравнения состояния провода подставим параметры этого режима  $p_3$ ,  $\Theta_r = -5^\circ\text{C}$ .

Коэффициенты  $A$  и  $B$  неполного кубического уравнения будут соответственно равны

$$A = \alpha E \Theta_r - C;$$

$$B = -p_3^2 \cdot l^2 \cdot E / 24.$$

Решение этого уравнения даёт величину механического напряжения в проводе в режиме гололёда  $\sigma_r$ .

Стрела провеса провода в этом режиме составит

$$f_r = p_3 \cdot l^2 / 8 \sigma_r;$$

ПУЭ устанавливает габарит воздушной. Учитывая геометрические размеры предварительно выбранной опоры и длину гирлянды изоляторов, проверяем условие:

$$h_{п-з} - \lambda - f_{\max}.$$

Если условие выполняется, опора выбрана правильно.

Время на выполнение задания – 30 минут.

По результатам отчета выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 100% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 85% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 70% задания.

### Отчет практической работы №5 «Механический расчет грозозащитного троса»

Для заданного класса напряжения линии механический расчет грозозащитного троса проводится аналогично механическому расчету провода

Время на выполнение задания – 15 минут.

По результатам отчета выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 90% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 80% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 60% задания.

### Отчет практической работы №6 «Выбор изоляторов на ВЛ»

Основной электрической характеристикой гирлянды является мокроразрядное напряжение перекрытия. Величина мокроразрядного напряжения  $U_{м.р.}$  должна быть выше возможных внутренних перенапряжений и, как показывают исследования, прямо пропорциональна числу изоляторов ( $n$ ) в гирлянде:

$$U_{м.р.} = E_{м.р.} \cdot n \cdot H ,$$

где  $H$  – строительная высота одного изолятора, см;

$E_{м.р.}$  – мокроразрядный градиент в гирлянде, кВ/см, принимаемый равным 2,1 кВ/см.

Следовательно, число элементов в гирлянде из условий расчетной кратности внутренних перенапряжений можно определить по следующему соотношению:

$$n_{расч} = \frac{k_{з1} \cdot k_{пер} \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} E_{м.р.} \cdot H} ,$$

где  $k_{з1}$  – коэффициент запаса, учитывающий влияние эксплуатационных условий на величину мокроразрядного напряжения, а также возможное повышение напряжения на ЛЭП относительно номинального линейного напряжения  $U_{ном}$  и некоторый необходимый запас для перехода от разрядных напряжений к выдерживаемым);

$k_{пер}$  – расчетная кратность внутренних перенапряжений.

Требуется определить необходимое число изоляторов в гирлянде (по вариантам)

Время на выполнение задания – 30 минут.

По результатам отчета выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 90% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 80% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 60% задания.

### Отчет практической работы №7 «Выбор силового кабеля»

Выбрать сечение трехжильного бронированного кабеля с бумажной изоляцией алюминиевыми жилами, алюминиевой оболочкой для питания  $= 0,8$  потребителя нагрузкой на конце мощностью  $P_n$ . Номинальное напряжение  $U_n$  и коэффициент мощности  $\cos\varphi$ . Продолжительность использования максимума нагрузки в год  $T_n$ ; длина кабеля  $L$ . Кабель проложен в траншее совместно с другим кабелем. Расстояние между кабелями  $b$ . Температура почвы  $\theta$ . Допускаемая потеря напряжения  $\Delta U$ . Индуктивное сопротивление кабеля  $x_0$ . Установившийся ток короткого замыкания  $I_{кз}$ . Длительность протекания тока короткого замыкания  $t$ .

По результатам отчета выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено 90% задания.
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 80% задания;
- 6 баллов, если правильно выполнено не менее 60% задания.

**Б) Для промежуточной аттестации:**

**Зачет с оценкой**

**Критерии выставления оценки на зачете с оценкой:**

Оценка по зачету формируется на основании учебного рейтинга студента по модулю.

Оценка «отлично» - от 90 до 100 баллов.

Оценка «хорошо» - от 76 до 89 баллов.

Оценка «удовлетворительно» - от 60 до 75 баллов.

Оценка «неудовлетворительно» - менее 60 баллов.