

Федеральное агентство по образованию  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой Энергетики

\_\_\_\_\_ Н.В. Савина

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2007г.

КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 140205 – «Электроэнергетические системы и сети»

Составитель: ст. преп. А.Г. Тоушкин

Благовещенск 2007 г.

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
факультета социальных наук  
Амурского государственного  
университета

А.Г. Тоушкин, Т.Ю. Ильченко

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Конструкция ВЛ и КЛ» для студентов очной и заочной формы обучения специальности 140205 «Электроэнергетические системы и сети». - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 64 с.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной и заочной формы обучения по специальности 140205 «Конструкция ВЛ и КЛ» для формирования знаний об основных элементах конструкции воздушных и кабельных линий, о применяемых современных технологиях и материалах для передачи электроэнергии от источников питания до распределительных подстанций и до потребителей.

Рецензент:

© Амурский государственный университет, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Рабочая программа дисциплины .....	6
1.1 Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.....	9
1.2 Содержание дисциплины .....	10
1.3 Наименование тем, их содержание и объем в часах. ....	10
1.4 Практические занятия.....	13
1.5 Курсовая работа, её характеристика. ....	13
1.6 Самостоятельная работа студентов.....	14
1.7 Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний.....	15
1.8 Вопросы к экзамену .....	15
1.9 Учебно-методические материалы по дисциплине.....	17
1.9.1 Основная литература .....	17
1.9.2 Дополнительная литература .....	17
1.9.3 Перечень методических и наглядных материалов, используемых в учебном процессе.....	18
1.10 Учебно-методическая карта дисциплины.....	19
2 Краткий конспект лекций.....	25
3 Самостоятельная работа студентов.....	46
3.1 Методические указания по проведению самостоятельной работы студентов.....	46
3.2 График самостоятельной учебной работы студентов .....	50
3.3 Методические указания по выполнению домашних заданий .....	50
3.4 Фонды домашних заданий .....	50
4 Методические указания по применению информационных технологий.....	52
5 Материалы по контролю качества образования .....	53
5.1 Методические указания по организации контроля знаний студентов .....	53
5.2 Фонд заданий для блиц-опроса.....	53
5.3 Итоговый контроль .....	58

6	Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.....	63
	Заключение .....	64

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Конструкция ВЛ и КЛ» относится к блоку СД, является специальной дисциплиной.

Курс «Конструкция ВЛ и КЛ» является одним из важнейших. Предметами изучения дисциплины является конструкция и основные элементы ВЛ и КЛ, условия их работы и основы проектирования линий электропередачи в части их конструктивного исполнения.

В данном учебно-методическом комплексе отражены следующие вопросы: соответствие дисциплины «Конструкция ВЛ и КЛ» стандарту; показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению домашних занятий; показан перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности студентов; методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины; методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов; комплекты заданий для домашних заданий; фонд тестовых заданий для оценки качества знаний по дисциплине; контрольные вопросы к зачету; карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.

## 1 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа по дисциплине «Конструкция ВЛ и КЛ» составлена на основании Государственного образовательного стандарта ВПО по направлению подготовки дипломированного специалиста 650900 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА специальности 140205 – «Электроэнергетические системы и сети» и типовой программы по специальности.

Федеральное агентство по образованию РФ  
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УНР  
Е.С. Астапова  
подпись, И.О.Ф

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по \_Конструкции ВЛ и КЛ\_ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование дисциплины)

для специальности 140205 “Электроэнергетические системы и сети \_\_\_\_\_  
(шифр и наименование специальности)

Курс \_5\_ \_\_\_\_\_ Семестр \_9\_ \_\_\_\_\_

Лекции \_28\_ (час.) Экзамен \_9\_ Курсовая работа \_9\_  
(семестр) (семестр)

Практические (семинарские) занятия \_14\_ (час.) Зачет \_\_\_\_\_  
(семестр)

Лабораторные занятия \_\_\_\_\_ (час.)

Самостоятельная работа \_10\_ (час.) Курсовая работа \_30\_ (час.)

Всего часов \_82\_ \_\_\_\_\_

Составитель А. А. Воловиков, старший преподаватель  
(И.О.Ф., должность, ученое звание)

Факультет Энергетический \_\_\_\_\_

Кафедра энергетики \_\_\_\_\_

2006 г.

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 650900 «Электроэнергетика»

(Государственного образовательного стандарта ВПО или типовой программы)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на заседании УМС \_\_\_\_\_  
(наименование специальности)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель \_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры от \_\_\_\_\_  
протокол № \_\_\_\_\_ .

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись \_\_\_\_\_ Ф.И.О. \_\_\_\_\_

СОГЛАСОВАНО  
Начальник УМУ

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Председатель УМС факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.



## 1.1 Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью преподавания дисциплины «Конструкция ВЛ и КЛ» является подготовка инженеров по специальности «Электроэнергетические системы и сети» к проектированию и эксплуатации электроэнергетических систем в области, относящейся к механической части линий электропередачи.

Предметами изучения дисциплины является конструкция и основные элементы ВЛ и КЛ, условия их работы и основы проектирования линий электропередачи в части их конструктивного исполнения.

В результате изучения дисциплины в соответствии с квалификационной характеристикой выпускников, студенты должны знать:

- конструкцию воздушных линий электропередачи;
- конструкцию всех типов кабельных линий электропередачи;
- основные конструктивные элементы ВЛ и КЛ;
- особенности условий работы ВЛ и КЛ и внешние воздействующие факторы;
- удельные механические нагрузки, испытываемые линиями электропередачи;
- особенности расчета проводов и тросов на механическую прочность;
- теорию механического расчета проводов и тросов;
- порядок и правила расстановки опор по профилю трассы.

уметь:

- выбирать конструкцию и основные конструктивные элементы ВЛ и КЛ при конкретном проектировании;
- рассчитывать механические нагрузки;
- проводить систематический расчёт проводов и тросов;
- проверять опоры и провода (тросы) ВЛ на возможность работы при обрыве провода (троса) в одном из пролетов;
- расставлять опоры по профилю трассы ВЛЭП;
- проверять правильность расстановки опор по профилю трассы;

- строить монтажные графики.

Для изучения данной дисциплины должны быть освоены следующие разделы в соответствующих дисциплинах:

математика: алгебра;

физика: физические основы механики;

передача и распределение электроэнергии: характеристики оборудования линий;

изоляция и перенапряжения: изоляция воздушных линий электропередачи.

## **1.2 Содержание дисциплины**

Государственный образовательный стандарт подготовки дипломированного специалиста по направлению «Электроэнергетика» включает изучение дисциплины «Конструкция ВЛ и КЛ» в разделе ДС.05.

Данная дисциплина замыкает цикл дисциплин специализации по изучению основ проектирования и эксплуатации энергосистем в части их конструктивного исполнения.

## **1.3 Наименование тем, их содержание и объем в часах.**

Тема 1.

Введение. Общие сведения о конструкциях ВЛ и КЛ. (2 час.)

Определение линии электропередачи. Общие сведения о выполнении ВЛ. Классификация линий электропередачи. Характеристика задач расчёта конструктивной части линий.

Тема 2.

Конструкция воздушных линий электропередачи (2 час.)

Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП).

Провода ВЛ и их тросы. Опоры: их классификация и конструкция, область применения, линейная арматура; изоляторы. Фундаменты опор.

Тема 3.

Конструкция кабельных линий электропередачи (2 час.)

Конструктивные элементы кабельных линий электропередачи. Класси-

фикация кабельных линий, принципы формирования марки кабеля, маркировка кабелей, конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения. Газоизолированные линии, кабельные линии с форсированным охлаждением, криогенные кабельные линии.

Тема 4.

Условия работы линий электропередачи (2 час.)

Особенности условий работы ВЛ и КЛ. Внешние воздействующие факторы.

Тема 5.

Исходные условия расчёта конструктивной части линий (2 час.)

Причины повреждаемости ВЛ и КЛ. Мероприятия по повышению механической прочности ВЛ. Расчетные климатические условия. Особенности расчета проводов и тросов на механическую прочность.

Тема 6.

Механические нагрузки проводов и тросов (2 час.)

Удельные механические нагрузки и их расчет.

Тема 7.

Теория расчетов проводов и грозозащитных тросов (4 час.)

Стрела провеса провода. Силы тяжения. Уравнение кривой провисания провода. Напряжение в материале провода. Напряжение в проводе при разных климатических условиях. Уравнение состояния провода. Условия максимального напряжения в природе. Критическая длина пролета. Условия максимальной стрелы провеса провода. Критическая температура. Допустимые напряжения. Расчет однородных (монометаллических) проводов. Расчет сталеалюминиевых проводов. Определение физико-механических характеристик сталеалюминиевых проводов. Условия максимального напряжения в сталеалюминиевом проводе. Три критических пролёта. Систематический расчет провода.

Тема 8.

Расчет грозозащитных тросов (2 час.)

Особенности расчета грозозащитных тросов.

#### Тема 9.

##### Особые случаи расчета проводов (2 часа)

Расчет тяжения проводов и тросов при обрыве в одном из пролетов. Проверка промежуточных и анкерных опор по наибольшей нагрузке, возникающей при обрыве провода.

#### Тема 10.

##### Изоляторы и линейная арматура (2 час.)

Выбор и проверка изоляторов и линейной арматуры. Защита проводов и тросов от вибрации.

#### Тема 11.

##### Расстановка опор по профилю трассы ВЛ (2 час.)

Продольный профиль трассы. Расстановка опор по профилю при помощи шаблона. Порядок расстановки опор. Проверка опор на вырывание. Расчет габарита провода над пересечением. Проверка соблюдения ветровых и весовых пролётов.

#### Тема 12.

##### Монтажные стрелы провеса (2 час.)

Зависимость стрел провеса проводов от температуры. Построение графиков для расчета монтажных стрел провеса.

#### Тема 13.

##### Основы проектирования и сооружения кабельных линий (2 час.)

Кабельная арматура. Способы прокладки кабелей. Условия допустимого нагрева в стационарных режимах и термической стойкости при коротких замыканиях для КЛ.

#### 1.4 Практические занятия

Таблица 1 – Тематика практических занятий в 9 семестре

№ п.п.	Наименование темы	Кол-во часов
1.	Расчет удельных механических нагрузок	2
2.	Расчет однородных проводов	2
3.	Расчет сталеалюминиевых проводов	2
4.	Расчет тяжения проводов при обрыве в одном из пролетов, выбор и проверка изоляторов	2
5.	Выбор и проверка изоляторов и линейной арматуры.	2
6.	Построение разбивочного шаблона и расстановка опор по профилю трассы ВЛ	2
7.	Построение монтажных графиков	2

Цель проведения практических занятий – подготовить студентов к выполнению курсовой работы - научить их проектировать механическую часть ВЛ (выбирать конструктивные элементы, проверять их по условиям работы в нормальных и аварийных режимах), расставлять опоры по профилю трассы ВЛ, проверять выполнение основных условий.

#### 1.5 Курсовая работа, её характеристика.

В курсовой работе выполняется проектирование механической части ВЛ, в ходе которого выбираются унифицированные опоры, определяются удельные механические нагрузки на провода, выполняется систематический расчет провода, производится расчёт тяжения провода при обрыве в соседнем пролёте, выбираются изоляторы и линейная арматура, расставляются опоры по профилю трассы ВЛ, строятся монтажные графики. Пример задания на курсовую работу показан в таблице 2.

Таблица 2 – Пример задания на курсовую работу по дисциплине «Конструкция ВЛ и КЛ»

Спроектировать механическую часть ВЛ, в ходе проектирования выполнить следующие пункты:	Исходные данные
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить расчётные климатические условия;</li> <li>2. Выбрать промежуточные и анкерные опоры;</li> <li>3. Уточнить расчётные климатические условия;</li> <li>4. Рассчитать механические нагрузки на провода и тросы;</li> <li>5. Найти длины критических пролётов;</li> <li>6. Выбрать исходный расчётный режим;</li> <li>7. Провести систематический расчёт провода;</li> <li>8. Определить редуцированное тяжение в материале провода при обрыве в соседнем пролёте;</li> <li>9. Проверить выбранные опоры по нагрузке в аварийном режиме;</li> <li>10. Выбрать подвесные и натяжные гирлянды изоляторов, линейную арматуру;</li> <li>11. Построить шаблон для расстановки опор по профилю трассы;</li> <li>12. Расставить опоры по профилю трассы на листе графической части;</li> <li>13. Проверить габариты над пересечениями с инженерными сооружениями и естественными преградами;</li> <li>14. Проверить соблюдение ветровых и весовых пролётов;</li> <li>15. Построить монтажные графики.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Номинальное напряжение ВЛ: <math>U_{ном}=220</math> кВ;</li> <li>2. Марка провода: АС-240/32;</li> <li>3. Количество цепей на ВЛ: 2;</li> <li>4. Район по гололёду: II;</li> <li>5. Район по скоростному напору ветра: III;</li> <li>6. Максимальная температура: <math>40^{\circ}\text{C}</math>;</li> <li>7. Минимальная температура: <math>-35^{\circ}\text{C}</math>;</li> <li>8. Среднегодовая температура: <math>10^{\circ}\text{C}</math>;</li> <li>9. Температура гололёдообразования: <math>-5^{\circ}\text{C}</math>;</li> <li>10. Профиль трассы: выдаётся преподавателем индивидуально.</li> </ol>

### 1.6 Самостоятельная работа студентов.

В ходе самостоятельной работы студент осваивает ряд разделов в соот-

ветствии с табл. 3 и 4 и выполняет курсовую работу.

Объем и формы контроля самостоятельной работы отличаются для студентов дневной и заочной форм обучения и приведены соответственно в табл. 3 и 4.

### **1.7 Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний**

К промежуточным формам контроля знаний относятся:

- блиц-опрос на лекциях по пройденному материалу;
- контроль выполнения курсовой работы.

### **1.8 Вопросы к экзамену**

1. Конструктивные элементы ВЛЭП.
2. Провода и грозозащитные тросы.
3. Классификация опор ВЛЭП.
4. Деревянные опоры.
5. Железобетонные опоры.
6. Металлические опоры.
7. Унифицированные опоры, шифры опор.
8. Линейные изоляторы.
9. Линейная арматура.
10. Защита проводов и тросов от вибрации.
11. Классификация кабелей, маркировка кабелей.
12. Конструктивные элементы кабелей.
13. Кабели с вязкой пропиткой изоляции.
14. Маслонаполненные кабели.
15. Газонаполненные кабели.
16. Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией.
17. Кабельная арматура, её назначение.
18. Арматура кабельных линий 1-35 кВ.
19. Арматура маслонаполненных кабельных линий.
20. Газоизолированные линии.
21. Криогенные кабельные линии.

22. Причины повреждаемости ВЛ.
23. Мероприятия по повышению механической прочности.
24. Определение нормативного скоростного напора ветра.
25. Удельная нагрузка от массы провода.
26. Удельная нагрузка от массы гололеда.
27. Удельная нагрузка от массы провода и гололеда.
28. Удельные нагрузки от давления ветра на провод без гололеда и с гололедом.
29. Суммарные удельные нагрузки с учетом его массы, гололеда и давления ветра.
30. Стрела провеса провода. Уравнение кривой провеса провода.
31. Уравнение состояния провода.
32. Критический пролет.
33. Критическая температура.
34. Условия расчета монометаллических проводов.
35. Напряжение в сталеалюминиевом проводе от растягивающей силы.
36. Напряжение в сталеалюминиевом проводе от изменения температуры.
37. Суммарные напряжения в сталеалюминиевом проводе.
38. Условия максимального напряжения в сталеалюминиевом проводе.
39. Систематический расчет провода.
40. Определение стрелы провеса провода в пролетах с подвеской проводов на разных высотах.
41. Зависимость тяжения провода от горизонтального перемещения одной из его точек подвеса.
42. Порядок расчета грозозащитного троса.
43. Условия выбора изоляторов.
44. Выбор и изыскание трассы ВЛ.
45. Продольный профиль трассы ВЛ.
46. Основные условия при расстановке опор по профилю.



47. Габаритный, ветровой, весовой пролеты.
48. Приведенный пролет.
49. Построение шаблона и механизм расстановки опор по профилю.
50. Проверка опор на вырывание.
51. Расчет габарита провода над пересечением.
52. Замер стрел провеса в анкерном участке.
53. Зависимость стрел провеса от температуры.
54. Порядок составления монтажных таблиц.
55. Прокладка кабелей.
56. Условие допустимого нагрева КЛ в стационарных режимах
57. Условие термической стойкости для КЛ при коротких замыканиях.

## **1.9 Учебно-методические материалы по дисциплине**

### **1.9.1 Основная литература**

1. Электрические системы. Электрические сети: Учеб. для энергетических спец. вузов / Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. - М.: Высш. шк., 1998, 511 с.
2. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях / В.В. Ершов и др. ред. В.А. Строева./ - М.: Высш. шк., 1999, 35 с.
3. Зуев Э. Н. Основы техники подземной передачи электроэнергии. М.: «Знак» Москва, 2000.

### **1.9.2 Дополнительная литература**

4. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Высш. шк., 1989, 592с.
5. Попов Л.В. Кабельные линии 110 кВ с полиэтиленовой изоляцией. - М.: Энергоатомиздат, 1994.
6. Пospelов Г.Е., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Проектирование. - Минск: Высш. шк., 1988. - 308 с.
7. Крюков К.П., Новгородцев Б.Н. Конструкции и механический расчет линий электропередачи. – Л.: Энергия, 1980. - 309 с.

8. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989, 680 с.
9. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэн. спец. вузов / Под ред. В.М. Блок. М.: Высш. шк., 1990. - 383 с.
10. Правила устройства электроустановок. – М.: НИЦ ЭНАС, 2003.
11. Правила устройства электроустановок. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2003.
12. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / под ред. С.С. Рокотяна, И.М. Шапиро/ - М.: Энергоатомиздат, 1985, 352 с.
13. Электротехнический справочник: В 3 т. Т.3 Кн.1. Производство и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ: И.Н.Орлов (гл. ред.) и др. - М.: Энергоатомиздат, 1988, 880 с.
14. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии/ Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). Москва: издательство МЭИ, 2002.
15. Гордон С.В. Сооружение линий электропередачи. - М.: Энергоиздат, 1984, 432 с.
16. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях / под ред. В.А. Веникова./ - М.: Энергоатомиздат, 1983, 504 с.

1.9.3 Перечень методических и наглядных материалов, используемых в учебном процессе

Попов Е. Н. Механическая часть воздушных линий электропередачи. Учебно-методическое пособие. Благовещенск: АмГУ, 1999.

Макеты опор ВЛ.

Комплект презентаций по темам «Конструкция ВЛ и КЛ» и «Прокладка кабелей» для показа с помощью медиа-проектора.

Учебный программный комплекс для ПЭВМ, разработанный кафедрой энергетики: «M\_LER».

### 1.10 Учебно-методическая карта дисциплины

Учебно-методическая карта дисциплины представлена отдельно для студентов очной и заочной форм обучения соответственно в табл. 2 и 3

Таблица 3 – Учебно-методическая карта дисциплины для очной формы обучения

№ недели	№ темы	Наименование вопросов изучаемых на лекции	Занятия (номера)	Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Практич. (семина.)		Содержание	Час	
1	2	3	4	5	6	7	8
	1	Содержание вопросов, изучаемых на лекции приведено в подразделе 2.1.					
	2			Макеты опор ВЛ. Презентации «Конструкция ВЛ и КЛ» для медиа-проектора	Унифицированные типы опор. Длины пролетов. Конструктивное исполнение многопроволочных проводов различных марок.	1	Блиц-опрос на лекции

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
	3, 4, 5			Зуев Э. Н. Основы техники подземной передачи электроэнергии. М.: «Знак» Москва, 2000, гл. 2, 4, 5, 6.	Маркировка кабелей Газоизолированные линии, кабельные линии с форсированным охлаждением, криогенные кабельные линии.	2	Блиц-опрос на лекции
	6		№1	Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Высш. шк., 1989, с. 357-361			
	7		№ 2	Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Высш. шк., 1989, с. 374-379. Программы для ПК "M_LER"	Определение физико-механических характеристик сталеалюминиевых проводов.	1	Блиц-опрос на лекции

1	2	3	4	5	6	7	8
	7		№ 3				
	8			Поспелов Г.Е., Фе- дин В.Т. Электриче- ские системы и сети. Проектирование. - Минск: Высш. шк., 1988. - с. 212-214.			
	9		№ 4	Программы для ПК “M_LEP”	Расчёт тяжения при об- рыве провода	1	
	10		№ 5				
	11		№ 6	Программы для ПК “M_LEP”	Расстановка опор по профилю трассы	1	
	12		№ 7				
	13			Презентации «Про- кладка кабелей» для медиа-проектора			

Таблица 4 – Учебно-методическая карта дисциплины для заочной формы обучения

№ лекции	№ темы	Наименование вопросов изучаемых на лекции	Занятия (номера)	Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Практич. (семина.)		Содержание	Час	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1, 2, 4	Содержание вопросов, изучаемых на лекции приведено в подразделе 2.1.		Макеты опор ВЛ. Презентации «Конструкция ВЛ» для медиа-проектора Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии/ Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). Москва: издательство МЭИ, 2002, с. 782-794.	Унифицированные типы опор. Длины пролетов. Конструктивное исполнение проводов различных марок и грозозащитных тросов. Линейная арматура, фундаменты опор.	4	

1	2	3	4	5	6	7	8
2	5, 6		№1 (табл. 1, п. 1)	<p>Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии/ Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). Москва: издательство МЭИ, 2002, с. 776-779.</p> <p>Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Высш. шк., 1989, с. 357-361.</p>	<p>Расчётные климатические условия.</p> <p>Механические нагрузки на провода и тросы.</p>	2	
3	7, 8			<p>Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Высш. шк., 1989, с. 374-381.</p> <p>Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Проектирование. - Минск: Высш. шк., 1988. - с. 209-214.</p> <p>Программы для ПК "М_LEP"</p>	<p>Определение критических длин пролётов.</p> <p>Определение физико-механических характеристик сталеалюминиевых проводов.</p> <p>Систематический расчёт провода.</p> <p>Расчёт грозозащитных тросов.</p>	12	

1	2	3	4	5	6	7	8
4	9, 10, 11, 12		№ 2 (табл. 1, п. 6, 7)	Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Проектирование. - Минск: Высш. шк., 1988. - с. 214-226. Программы для ПК "M_LEP"	Расчёт тяжения при обрыве провода Расстановка опор по профилю трассы.	8	
5	3, 13			Презентации «Конструкция КЛ» для медиа-проектора Презентации «Прокладка кабелей» для медиа-проектора Зуев Э. Н. Основы техники подземной передачи электроэнергии. М.: «Знак» Москва, 2000, гл. 2, 3, 4, 5, 6.	Маркировка кабелей Газоизолированные линии, кабельные линии с форсированным охлаждением, криогенные кабельные линии.	8	



## 2 КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### *Введение. Общие сведения о конструкциях ВЛ и КЛ.*

**Воздушная линия электропередачи (ВЛ)** — устройство, предназначенное для передачи или распределения электрической энергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикрепленным с помощью траверс (кронштейнов), изоляторов и арматуры к опорам или другим сооружениям (мостам, путепроводам).

Состав ВЛ

Провода

Траверсы

Изоляторы

Арматура

Опоры

Грозозащитные тросы

Разрядники

Заземление

Вспомогательное оборудование для нужд эксплуатации (аппаратура высокочастотной связи, емкостного отбора мощности и др.)

**Провода воздушных линий** электропередач предназначены для передачи электрической энергии от источников к электроприёмникам потребителей.

Расположение проводов на опорах

Число проводов на опорах может быть разным. Обычно ВЛ состоит из 3 фаз, поэтому опоры одноцепных ВЛ напряжением свыше 1 кВ рассчитаны на подвеску трёх фазных проводов, то есть одной цепи. На опорах двухцепных ВЛ подвешивают две параллельно идущие цепи, то есть 6 проводов.

Также бывают ВЛ с расщеплёнными фазами, когда вместо одного фазного провода большого сечения подвешивается несколько скреплённых между собой проводов меньшего сечения. Обычно в каждой фазе ВЛ напряжением 6—220 кВ подвешивают по одному проводу, ВЛ 330 кВ — два провода, располо-

женных горизонтально, ВЛ 500 кВ — три провода по вершинам треугольника, ВЛ 750 кВ — четыре провода по углам квадрата или пять проводов по углам пятиугольника, ВЛ 1150 кВ — восемь проводов по углам восьмиугольника.

При необходимости над фазными проводами подвешивается один или два грозозащитных троса.

На опорах ВЛ до 1 кВ подвешивается от 5 до 12 проводов для электро-снабжения различных потребителей по одной ВЛ (наружное и внутреннее освещение, электросиловое хозяйство, бытовые нагрузки).

ВЛ до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью помимо фазных снабжена нулевым проводом. Иногда на одних и тех же опорах могут быть подвешены провода линий разного напряжения и назначения.

**Расположение проводов на опорах может быть:**

- горизонтальное (в один ярус)
- вертикальное (один над другим в два-три яруса)
- смешанное (вертикально расположенные провода смещены один относительно другого по горизонтали)
- треугольником (на одноцепных опорах)
- по схеме «зигзаг» на промежуточных опорах (на одноцепных ВЛ нижний провод на первой опоре подвешен к нижней траверсе, а на второй — к верхней; нижний провод подвешен наоборот: на первой опоре — к верхней траверсе, на второй — к нижней. Верхний провод крепят на первой опоре с правой стороны верхней траверсы, на второй — с левой. При такой схеме высота подвеса нижних проводов увеличивается в среднем на половину расстояния между нижней и верхней траверсами, что позволяет увеличить пролёт между опорами или уменьшить высоту опор. При подвеске на двухцепных ВЛ можно еще больше увеличить длину пролётов, но при этом усложняется конструкция опор.)

### ***Конструкция воздушных линий электропередачи.***

**Многопроволочные провода** обычно поставляются на стандартных деревянных или металлических барабанах, а однопроволочные — на барабанах или в бухтах, обшитых мешковиной.

Деревянные барабаны делаются из сосновых или еловых досок. Боковые диски (щёки) барабанов сколочены из двух-трёх слоёв досок и стянуты металлическими шпильками с обеих сторон шейки. В зависимости от диаметра щёк барабаны изготавливают нескольких типоразмеров (номеров). Щёки барабанов большого диаметра снабжены металлическими втулками.

Минимальная длина провода, намотанного на барабан (так называемая строительная длина), нормируется стандартами и зависит от типоразмера барабана и сечения провода.

**Опора воздушной линии электропередачи** — сооружение (конструкция) для удержания проводов и грозозащитных тросов воздушной линии электропередачи на заданном расстоянии от поверхности земли.

Классификация опор по назначению

Промежуточные опоры устанавливаются на прямых участках трассы ВЛ, предназначены только для поддержания проводов и тросов и не рассчитаны на нагрузки от тяжения проводов вдоль линии. Обычно составляют 80 — 90 % всех опор ВЛ.



### Рисунок 1. – Промежуточные опоры питающих линий

Анкерные опоры устанавливаются на прямых участках трассы для перехода через инженерные сооружения или естественные преграды, воспринимают продольную нагрузку от тяжения проводов и тросов. Их конструкция отличается жесткостью и прочностью.



### Рисунок 2. – Отходящая ветвь анкерного участка

Угловые опоры устанавливаются на углах поворота трассы ВЛ, при нормальных условиях воспринимают равнодействующую сил тяжения проводов и тросов смежных пролётов, направленную по биссектрисе угла, дополняющего угол поворота линии на  $180^\circ$ . При небольших углах поворота (до  $15^\circ$  —  $30^\circ$ ), где нагрузки невелики, используют угловые промежуточные опоры. Если углы поворота больше, то применяют угловые анкерные опоры, имеющие более жесткую конструкцию и анкерное крепление проводов.



Рисунок 3 – Угловые опоры питающих линий.



Рисунок 4 – Угловые опоры питающих линий (анкеровка).

Концевые опоры — разновидность анкерных опор и устанавливаются в конце или начале линии. При нормальных условиях работы ВЛ они воспринимают нагрузку от одностороннего тяжения проводов и тросов.



Рисунок 5 – Концевые опоры питающих линий.

Специальные опоры: транспозиционные — для изменения порядка расположения проводов на опорах; ответвительные — для устройства ответвлений от магистральной линии; перекрёстные — при пересечении ВЛ двух направлений; противоветровые — для усиления механической прочности ВЛ; переходные — при переходах ВЛ через инженерные сооружения или естественные преграды.

По способу закрепления в грунте опоры классифицируются

Опоры, устанавливаемые непосредственно в грунт

Опоры, устанавливаемые на фундаменты

По конструкции

Свободностоящие опоры

Опоры с оттяжками

По количеству проводов

Одноцепные

Двухцепные

Многоцепные

По материалу изготовления

Железобетонные

Металлические

Деревянные

**Грозозащитный трос** — заземлённый протяжённый молниеотвод, натянутый вдоль воздушной линии электропередачи над проводами.

В зависимости от расположения и количества проводов на опорах ВЛ монтируют один или два троса. Высота подвеса грозозащитных тросов определяется такой, чтобы угол защиты, т.е. угол между вертикалью, проходящей через трос, и линией, соединяющей трос с крайним проводом, был не больше 20—30°.

На ВЛ напряжением до 20 кВ грозозащитные тросы не применяются. ВЛ 110—220 кВ на деревянных опорах и ВЛ 35 кВ (независимо от материала опор) защищают тросом на подходах к подстанциям. Линии 110 кВ и выше на металлических и железобетонных опорах защищают тросом на всём протяжении.

В качестве грозозащитных тросов применяются стальные канаты или иногда — сталеалюминиевые провода со стальным сердечником увеличенного сечения. Стальные канаты условно обозначают буквой С и цифрами, указывающими площадь их сечения (например, С-35).

**Линейный изолятор** — устройство для подвешивания и изоляции проводов и кабелей на опорах воздушной линии электропередач.

Классификация

По материалу изготовления

Фарфоровые изоляторы изготавливают из электротехнического фарфора, покрывают слоем глазури и обжигают в печах.

Стеклянные изоляторы изготавливают из специального закалённого стекла. Они имеют большую механическую прочность, меньшие размеры и массу, медленнее подвергаются старению по сравнению с фарфоровыми.

Полимерные изоляторы изготавливают из специальных пластических масс.

По способу крепления на опоре

Штыревые изоляторы применяются на ВЛ до 35 кВ

Подвесные изоляторы применяются на ВЛ 35 кВ и выше

Конструкция подвесных изоляторов

Подвесные изоляторы состоят из:

фарфоровой или стеклянной изолирующей детали — «тарелки»,

шапки из ковкого чугуна,

стержня в форме пестика.

Шапка и стержень скрепляются с изолирующей деталью портландцементом марки не ниже 500. Конструкция гнезда шапки и головки стержня обеспечивает сферическое шарнирное соединение изоляторов при формировании гирлянд.

**Портландцемент** — цемент, наиболее широко применяемый во всех странах; название получил от г.Портленд (Portland) в Англии. Основой портландцемента является силикат кальция.

**Арматура** – вспомогательные стандартные изделия, служащие для обеспечения работоспособности механизмов и машин.

Арматура бывает строительная, сантехническая, запорная(трубопроводная), регулирующая и предохранительная.

К запорной арматуре относятся: клапаны, задвижки, краны и т.д.

Арматура (значения)

**Арматура** — совокупность соединенных между собой элементов, которые при совместной работе с бетоном в железобетонных сооружениях воспринимают растягивающие напряжения (хотя также могут использоваться для усиления бетона в сжатой зоне). Элементы арматуры делятся на жесткие (прокатные двутавры, швеллеры, уголки) и гибкие (отдельные стержни гладкого и периодического профиля, а также сварные или вязанные сетки и каркасы). Арматурные стержни могут быть стальными, стеклопластиковыми, древесного происхождения (бамбук) и др.

Различают рабочую арматуру, устанавливаемую в конструкцию по расчёту, а также монтажную и распределительную, которые устанавливаются по кон-



структивным соображениям и предназначены для образования совместно с рабочей арматурой каркасов и сеток.

В зависимости от воспринимаемых нагрузок арматура делится на: поперечную, которая препятствует образованию наклонных трещин от возникающих скалывающих напряжений вблизи опор и связывает бетон сжатой зоны с арматурой в растянутой зоне;

продольную, которая воспринимает растягивающие напряжения и препятствует образованию вертикальных трещин в растянутой зоне конструкции.

Совместную работу арматуры и бетона обеспечивает сцепление их по поверхности контакта. Сцепление арматуры с бетоном зависит от прочности бетона, величины его усадки, возраста бетона и от формы сечения арматуры и вида ее поверхности. Возможны пять видов контакта арматуры с бетоном:

соединения на связях сдвига;

трение;

сцепление (соединение с помощью обетонирования стального элемента арматуры);

обжатие арматуры бетоном после его усадки;

электрохимическое взаимодействие стальной арматуры и цементного раствора.

Если арматура была подвергнута предварительному натяжению, то ее называют напрягаемой. Натяжение служит для увеличения прочности железобетонной конструкции путем предотвращения образования трещин, уменьшения прогибов и снижения собственной массы конструкции — поскольку по весу требуется значительно меньше арматуры.

**Заземление**

Заземлитель (металлический стержень) с присоединенным заземляющим проводником.

**Заземлѐние** — электрическое соединение предмета из проводящего материала с землѐй. Заземление состоит из заземлителя (части электрической цепи, непосредственно соприкасающейся с землѐй) и заземляющего проводника, со-

единяющего заземляемое устройство с заземлителем. Заземлитель может быть простым металлическим стержнем (чаще всего медным) или сложным комплексом элементов специальной формы. Качество заземления определяется значением электрического сопротивления цепи заземления, которое можно снизить, увеличивая площадь контакта или проводимость среды — используя множество стержней, повышая содержание солей в земле и т.д.

Устройство заземления

Требования к заземлению и его устройство регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

### ***Конструкция кабельных линий электропередачи.***

Силовые кабели предназначены для передачи по ним на расстояние электроэнергии, используемой для питания электрических установок. Они имеют одну или несколько изолированных жил, заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров и в необходимых случаях броня. Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Помимо основных элементов в конструкцию силовых кабелей могут входить экраны, нулевые жилы, жилы защитного заземления и заполнители.

Двух- и трехжильные кабели изготавливают с основными жилами одинакового сечения, и они могут иметь жилу заземления меньшего сечения. Четырехжильные кабели изготавливают с максимальным сечением жил  $185 \text{ мм}^2$ , их выпускают с жилами одинакового сечения или с одной нулевой жилой меньшего сечения. Пятижильные кабели имеют четыре жилы одинакового сечения и одну жилу меньшего сечения.

**Силовые кабели** среднего напряжения (до 30 кВ) с изоляцией из шитого полиэтилена (VPE) обладают очень хорошими электрическими, механическими и теплофизическими свойствами. Этот материал идеальный по своим химическим свойствам при экстремальных снижениях температуры. Неизменность па-

раметров в широком диапазоне рабочих температур плюс водостойкость и низкий коэффициент диалектических потерь

**Силовые кабели** среднего напряжения применяются для установки на подстанциях, в закрытых помещениях и в кабельных каналах, на открытом воздухе и в земле, в изделии, а также как для установки на кабельных лотках для промышленности, так и для коммутационных узлов и электростанций.

**Силовой кабель** на напряжение 110 кВ и выше изготавливаются в виде отдельных изолированных и освинцованных жил, которые прокладываются совместно в зависимости от условий эксплуатации. Бумажная изоляция в таких **силовых кабелях** пропитывается минеральным маслом малой вязкости и высокой степени очистки и дегазификации; масло в них всегда находился под некоторым избыточным давлением от 1 до 15 ат (кабели маслонаполненные низкого и высокого давлений), что обеспечивает высокую надежность их работы и практическую возможность их изготовления до 600 кВ переменного тока. Для напряжений до 275 кВ применяются также **силовые кабели** с наполнением газом (азотом) под давлением 15 ат (газонаполненный кабель).

**Основные характеристики силового кабеля:** электрическая прочность; тепловые характеристики, определяющие нагрузочную способность; потери электроэнергии при передаче, старение изоляции и коррозионная стойкость защитных оболочек и покровов. Надежность работы **силового кабеля** под напряжением определяется величиной максимальной напряженности электрического поля.

Для современных сверхвысоковольтных **силовых кабелей** рабочая напряженность поля доходит до 15 - 17 кВ/мм для переменного тока и до 20 - 25 кВ/мм - для постоянного.

Токопроводящие жилы изготавливают однопроволочными или многопроволочными в соответствии с ГОСТ 22483-77. Однопроволочные алюминиевые жилы сечением 70 мм<sup>2</sup> и выше имеют относительное удлинение не менее 30%.

На токопроводящие жилы накладывают изоляцию в зависимости от марки кабеля из ПЭ, самозатухающего ПЭ или вулканизирующегося ПЭ или ПВХ пластиката.

Жилы, изолированные ПВХ пластиком, скручивают с заполнением из ПВХ пластиката, а изолированные разными видами ПЭ – соответственно данным материалом или ПВХ пластиком. Кабели на напряжение до 3 кВ заполняют непропитанной кабельной пряжей или штапелированной стеклопряхей.

Кабели с круглыми жилами на напряжение до 1 кВ в оболочке из ПВХ пластиката допускается заполнять одновременно с наложением оболочки при условии обеспечения отделения ее от изоляции без повреждения.

Жилы двухжильных кабелей АВВГ, ВВГ, АПВГ, ПВГ, АПсВГ, ПсВГ, АВВГ и ПвВГ на напряжение до 1 кВ сечением до 16 мм<sup>2</sup> допускается укладывать параллельно в одной плоскости. В кабелях АВВГ, ВВГ, АПВГ, АПсВГ, ПсВГ, АПвВГ, ПвВГ, ПВГ на напряжение до 1 кВ сечением до 16 мм<sup>2</sup> включительно скрученные изолированные жилы обматывают двумя лентами ПЭТФ или ПВХ пластиката или другого равноценного материала с перекрытием не менее 20% и накладывают оболочку из ПВХ пластиката.

Поверх скрученных жил кабелей остальных марок накладывают поясную изоляцию из выпрессованного или ленточного ПВХ пластиката или обматывают жилы лентами из ПЭТФ, ПВХ пластиката или другого равноценного материала.

Допускается изготовление кабелей с основными жилами одинакового сечения до 50 мм<sup>2</sup> включительно без обмотки лентами при условии обеспечения подвижности изолированных жил и возможности отделения оболочки от изоляции без повреждения.

Поверх скрученных изолированных жил всех кабелей данной группы, кроме АВВГ, ВВГ, АПВГ, ПВГ, АПсВВ, ПсВГ, АПвВГ и ПвВГ, наложена поясная изоляция из выпрессованного материала данной изоляции или ПВХ пластиката, обмотка лентами из ПЭТФ, ПВХ пластиката или другого равноценного

материала. Кабели на напряжение до 3 кВ допускается изготавливать с поясной изоляцией из двух лент ПЭТФ и двух лент крепированной бумаги.

Поверх поясной изоляции кабелей или скрученных жил накладывают оболочку из ПВХ пластиката, ПЭ, алюминия, в некоторых случаях броню и защитный покров.

Допускаемые отклонения толщины оболочек пластмассовых – 15%, из вулканизирующегося ПЭ – 20%, алюминиевых – диаметром кабеля под оболочкой до 20 мм – 0,2 мм; от 20 до 36 мм – 0,25 мм, свыше 36 мм – 0,3 мм.

В кабелях на напряжение 6 кВ поверх поясной изоляции накладывают экструзией электропроводящий экран толщиной не менее 0,2 мм. Экран, наложенный обмоткой, состоит из ленты, изготовленной из электропроводящей прорезиненной ткани толщиной 0,3 мм с перекрытием 20%, или из двух лент электропроводящей кабельной бумаги толщиной 0,12 мм каждая с зазором не более 3,0 мм.

В кабелях АВВГ, ВВГ, АПВГ, ПВГ, АПсВГ, ПсВГ, АПвВГ, ПвВГ, АВБбШв, ВБбШв, АПБбШв, ПБбШв, АПсБбШв, ПсБбШв, АПвБбШв и ПвБбШв поверх электропроводящего экрана накладывают металлический экран из двух медных лент или медной фольги толщиной не менее 0,06 мм или двух алюминиевых лент или алюминиевой фольги толщиной не менее 0,1 мм с зазором не более 3,0 мм и двух лент из ПЭТФ пленки, ПВХ пластиката или другого равноценного материала с перекрытием не менее 20%. В кабелях АВВГ, ВВГ, АПВГ, ПВГ, АПсВГ, АПвВГ и ПвВГ на электропроводящие элементы накладывают оболочку из ПВХ пластиката.

В кабелях АВАШв, ВАШв, АПВАШв, ПВАШв на напряжение до 3 кВ поверх поясной изоляции и в кабелях на напряжение 6 кВ поверх электропроводящего экрана накладывают алюминиевую оболочку.

### ***Исходные условия расчёта конструктивной части линий***

Исходными условиями для расчета конструктивной части ВЛ являются: профиль трассы проектируемой ВЛ, расчетные климатические условия, сечение и марка провода.

Сечение провода определяется заданием (курсовой проект, задача) или определяется в предыдущих частях проекта (дипломный проект).

Расчетные климатические условия и мероприятия по повышению механической прочности ВЛ выбираются в соответствии с картами районирования территории страны по скоростным напорам ветра, размерам гололедных образований и грозовой активности.

Максимальный нормативный напор ветра на высоте 15 м от поверхности земли определяется согласно ПУЭ. Нормативная толщина стенки гололеда для высоты 10 м над поверхностью земли определяется также согласно ПУЭ.

Профиль трассы ВЛ определяется заданием.

Исходными данными для расчета механической части ВЛ являются:

1. Номинальное напряжение сети.
2. Сечение провода.
3. Количество цепей ВЛ.
4. Максимальная температура воздуха.
5. Минимальная температура воздуха.
6. Среднегодовая температура воздуха.
7. Температура гололедообразования.
8. Район по гололеду.
9. Район по ветру.

### ***Механические нагрузки проводов и тросов***

Удельные механические нагрузки на провода и тросы учитывают механические силы от веса проводов и гололедных образований, а также давление ветра на провода без гололеда или с гололедом.

Удельные нагрузки относятся к единице длины и единице поперечного сечения провода или троса и применяются во всех расчетах конструктивной части ВЛ в качестве исходных данных.

К удельным механическим нагрузкам относятся:

1. Нагрузка от массы провода. Даная величина зависит от сечения провода и удельной массы провода.

2. Нагрузка от массы гололеда. Данная величина зависит от климатических условий (толщины стенки гололеда, возникающей на высоте 10 м), удельной массы льда, сечения провода.

3. Нагрузка от массы провода и гололеда. Является арифметической суммой предыдущих удельных нагрузок.

4. Нагрузка от давления ветра на провод без гололеда. Данная величина зависит от климатических условий (нормативный напор ветра на высоте до 15 м над уровнем земли), сечения провода.

5. Удельная нагрузка от давления ветра на провод с гололедом. Исходные условия как и для предыдущей нагрузки.

6. Суммарная ударная нагрузка на провод от его массы и давления ветра на провод. Является геометрической суммой нагрузок 1 и 4.

7. Суммарная удельная нагрузка на провод от массы провода, массы гололеда и давления ветра. Является геометрической суммой нагрузок 3 и 5.

### ***Изоляторы и линейная арматура.***

Линейные изоляторы предназначены для изоляции и крепления проводов на ВЛ и в распределительных устройствах электрических станций и подстанций. Изготавливаются они из фарфора или закаленного стекла. По конструкции изоляторы разделяют на штыревые и подвесные.

Штыревые изоляторы применяются на ВЛ напряжением до 1 кВ и на ВЛ 6—35 кВ. На номинальное напряжение 6—10 кВ и ниже изоляторы изготавливают одноэлементными (рисунок 6, а), а на 20—35 кВ — двухэлементными (рисунок 6, б).

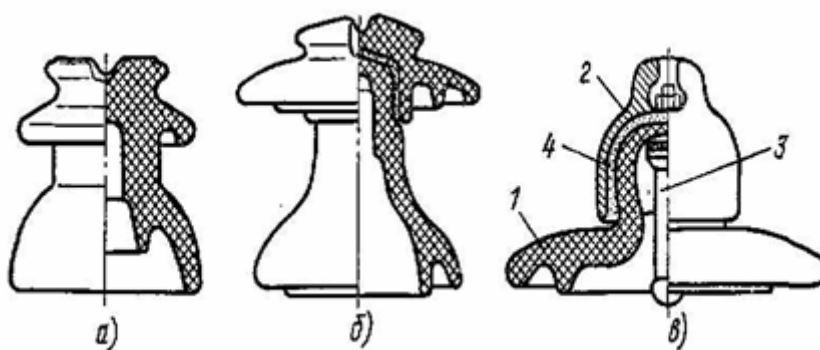


Рисунок 6 – Штыревые изоляторы

В условном обозначении изолятора буква и цифры обозначают: Ш — штыревой; Ф (С) — фарфоровый (стеклянный); цифра — номинальное напряжение, кВ; последняя буква А, Б, В — исполнение изолятора.

Подвесной изолятор тарельчатого типа наиболее распространен на ВЛ напряжением 35 кВ и выше. Подвесные изоляторы (рисунок 8) состоят из фарфоровой или стеклянной изолирующей части 1 и металлических деталей — шапки 2 и стержня 5, соединяемых с изолирующей частью посредством цементной связки 4. Для ВЛ в районах с загрязненной атмосферой разработаны конструкции изоляторов гряззстойкого исполнения с повышенными разрядными характеристиками и увеличенной длиной пути утечки. В условном обозначении изолятора буквы и цифры означают: П — подвесной; Ф (С)—фарфоровый или стеклянный); Г — для загрязненных районов; цифра — класс<sup>1</sup> изолятора, кН; А, Б, В — исполнение изолятора.

Подвесные изоляторы собирают в гирлянды (рисунок 7), которые бывают поддерживающими и натяжными. Первые монтируют на промежуточных опорах, вторые — на анкерных. Число изоляторов в гирлянде зависит от напряжения линии.

Количество изоляторов в гирлянде:

- 1) 35 кВ – 3 штуки
- 2) 110 кВ – 6-8 штук
- 3) 220 кВ – 10-14 штук

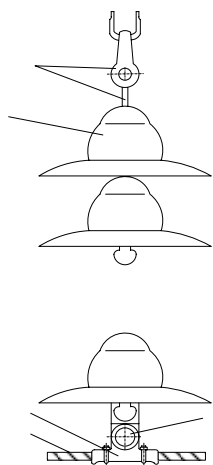


Рисунок 7 – Стеклянный подвесной изолятор

Но прогресс не стоит на месте. По мимо фарфоровых и стеклянных изоля-



торов существуют еще и полимерные, которые получили своё применение в наше время. Изображён на рисунке 8.

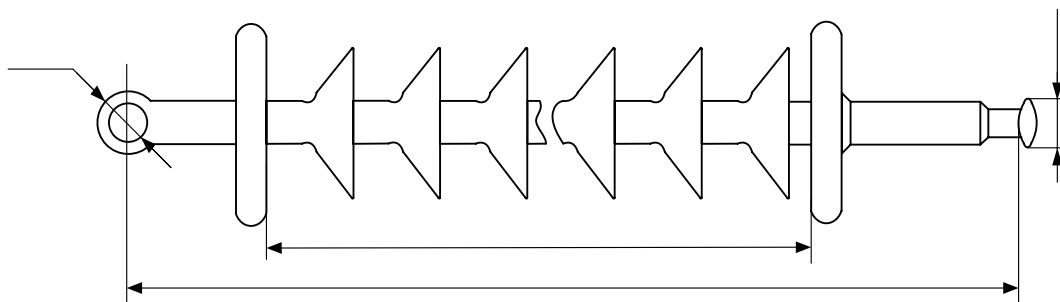


Рисунок 8 – Полимерный подвесной изолятор

Линейная арматура применяемая для крепления проводов к изоляторам и изоляторов к опорам, делится на следующие основные виды: зажимы, применяемые для закрепления проводов в гирляндах подвесных изоляторов; сцепную арматуру для подвески гирлянд на опорах и соединения многоцепных гирлянд друг с другом, а также соединители для соединения проводов и тросов в пролете.

Сцепная арматура включает скобы, серьги и ушки. Скоба предназначена для присоединения гирлянды к траверсе опоры или к закрепляемым на траверсе деталям. Поддерживающая гирлянда изоляторов закрепляется на траверсе промежуточной опоры при помощи серьги 1. Серьга 1 с одной стороны соединяется со скобой или с деталью на траверсе, а с другой стороны вставляется в шапку верхнего изолятора 2. К нижнему изолятору гирлянды за ушко 3 прикреплен поддерживающий зажим 4, в котором помещен провод 5.

*Зажимы* для закрепления проводов и тросов в гирляндах подвесных изоляторов подразделяются на *поддерживающие*, подвешиваемые на промежуточных опорах, и *натяжные*, применяемые на опорах анкерного типа. По прочности закрепления провода поддерживающие зажимы провода укладываются внахлест, после чего производится обжатие соединителя с помощью специальных клещей (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Клеши

Сталеалюминевые провода сечением до  $95 \text{ мм}^2$  включительно закрепляются в соединителях методом скручивания (Рисунок 10).

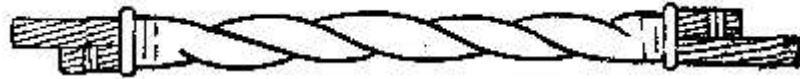


Рисунок 10– Скручивание

*Прессуемые соединители* используются для соединения проводов сечением  $240 \text{ мм}^2$  и более и стальных тросов всех сечений. Для сталеалюминевых проводов эти зажимы состоят из двух трубок: одной — стальной, предназначенной для соединения внутренних стальных жил, и другой — алюминиевой, накладываемой поверх первой и служащей для соединения наружных алюминиевых жил, (Рисунок 11).

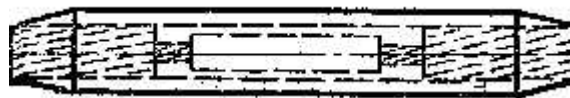


Рисунок 11– Прессуемое соединение

К проводам ВЛ вблизи от зажимов подвешиваются *гасители вибрации* с грузами или *демпфирующие петли*, применение которых уменьшает вибрацию и позволяет предотвратить излом проволок провода. Гаситель состоит из двух чугунных грузов *1*, соединенных стальным тросом *2* (Рисунок 12).

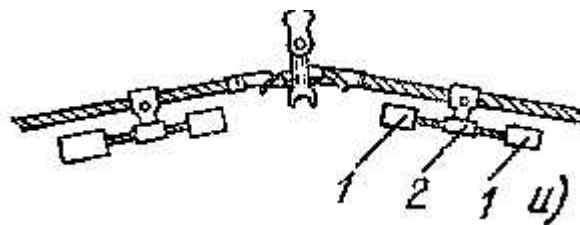


Рисунок 12 – Гасители вибрации

Частота собственных колебаний гасителей во много раз меньше, чем провода, и вибрация последнего в результате уменьшается. Для алюминиевых и сталеалюминевых проводов малых сечений защита от вибраций осуществляют-

ся с помощью демпфирующей петли / из провода той же марки. Петля прикрепляется к проводу болтовыми зажимами 2 по обе стороны поддерживающего зажима 3 у подвесной гирлянды изоляторов 4 (Рисунок 13).

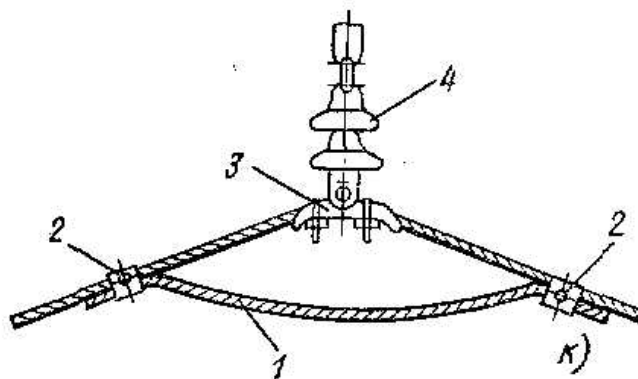


Рисунок 13 – Демпфирующая петля

На проводах ВЛ 330—750 кВ применяются распорки 1

(Рисунок 14) для фиксации проводов расщепленной фазы 2 относительно друг друга. Эти распорки обеспечивают требуемое расстояние между отдельными проводами фазы и предохраняют их от схлестывания, соударения и закручивания.

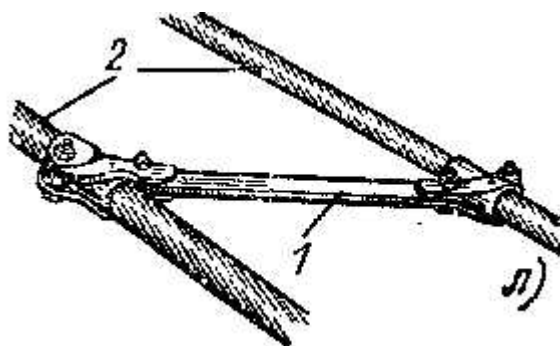


Рисунок 14 – Распорка

### ***Расстановка опор по профилю трассы ВЛ***

Продольный профиль трассы ВЛ представляет собой очертания вертикального разреза вдоль трассы. Он составляется на основании топографических изысканий в масштабах:

Горизонтальный 1:5000

Вертикальный 1:500

При переходах через инженерные сооружения:

Горизонтальный 1:2000

Вертикальный 1:200.

При расстановке опор по профилю трассы должны быть учтены два основных условия:

1. Расстояния от проводов до земли и пересекаемых сооружений должны быть не менее требуемых ПУЭ.

2. Нагрузка, воспринимаемая опорами, не должна превышать значений, принятых в расчетах опор соответствующих типов.

Следует избегать установки опор в местах, требующих выполнения более сложных фундаментов (болота, обводненные участки и т.п.)

При расстановке опор на идеально ровной местности их можно устанавливать на расстояниях, равных габаритному пролету, не производя проверки габаритов над землей. В обычных условиях неровного профиля расстановка опор производится по шаблону.

Порядок расстановки опор:

1. Устанавливаются концевые опоры.

2. Устанавливаются угловые опоры, совпадающие с углами поворота линии.

3. Устанавливаются анкерные опоры – на переходах, пересечениях и т.д.

4. Если последний пролет окажется малым, его увеличивают за счет сокращения предыдущих пролетов.

5. Длины смежных пролетов промежуточных опор не должны отличаться друг от друга более чем в два раза.

6. Пролеты должны быть кратными 5.

7. Должны быть выдержаны значения ветровых и весовых пролетов, вычисленные по формулам и в соответствии с паспортными данными опор.

Опоры не должны попадать на неудобные места (болота, поймы, грунтовые дороги, крутые склоны и т.д.).

### *Монтажные стрелы провеса*

При монтаже провод должен быть подвешен с таким тяжением, чтобы напряжение в проводе во всех режимах соответствовало расчетным значениям.

В проводах анкерного участка с разной длиной пролетов устанавливается напряжение, соответствующее значению длины приведенного пролета.

Порядок построения графика для расчета монтажных стрел провеса:

1. Определяется длина приведенного пролета.
2. По уравнению состояния провода для приведенного пролета определяют напряжение в проводе для максимальной и минимальной температур.
3. Определяется стрела провеса для каждого фактического пролета при напряжениях провода рассчитанных выше.
4. Строится график в системе координат: по оси абсцисс откладывается температура, по оси ординат величина стрелы провеса провода.

В зависимости от температуры окружающей среды, при которой производится монтаж провода, по этим графикам определяют стрелу провеса провода, которую необходимо установить при монтаже.

## 3 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### 3.1 Методические указания по проведению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов включает изучение лекционного материала и дополнительной литературы по дисциплине при подготовке к занятиям, работу в библиотеке, написание курсового проекта по предложенной теме и сдачу экзамена. Контроль степени усвоения материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки. Также на каждой лекции предусмотрен 10 минутный опрос студентов по ранее (и самостоятельно) изученному материалу.

#### **Тема 1.**

##### **Введение. Общие сведения о конструкциях ВЛ и КЛ. (2 час.)**

Определение линии электропередачи. Общие сведения о выполнении ВЛ. Классификация линий электропередачи. Характеристика задач расчёта конструктивной части линий.

1. Что такое электропередача?
2. Какие элементы входят в конструкцию ВЛ и КЛ?
3. Классификация линий электропередачи.

#### **Тема 2.**

##### **Конструкция воздушных линий электропередачи (2 час.)**

Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Провода ВЛ и их тросы. Опоры: их классификация и конструкция, область применения, линейная арматура; изоляторы. Фундаменты опор.

1. Назначение проводов и тросов на воздушных линиях.
2. Назначение анкерных опор.
3. Назначение промежуточных опор.
4. Назначение угловых опор.
5. Назначение транспозиционных опор.
6. Назначение изоляторов.

### **Тема 3.**

#### **Конструкция кабельных линий электропередачи (2 час.)**

Конструктивные элементы кабельных линий электропередачи. Классификация кабельных линий, принципы формирования марки кабеля, маркировка кабелей, конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения. Газоизолированные линии, кабельные линии с форсированным охлаждением, криогенные кабельные линии.

1. Из каких элементов состоит кабельная линия?
2. Классификация кабельных линий.
3. Что такое газоизолированная линия? Область применения.
4. Что такое криогенные кабельные линии? Область применения.

### **Тема 4.**

#### **Условия работы линий электропередачи (2 час.)**

Особенности условий работы ВЛ и КЛ. Внешние воздействующие факторы.

1. Что является основной изоляцией ВЛ?
2. Что является основной изоляцией КЛ?
3. Какова особенность работы кабельной линии?
4. Какие внешние воздействия на воздушные линии вы знаете?
5. Какие внешние воздействия на кабельные линии вы знаете?

### **Тема 5.**

#### **Исходные условия расчёта конструктивной части линий (2 час.)**

Причины повреждаемости ВЛ и КЛ. Мероприятия по повышению механической прочности ВЛ. Расчетные климатические условия. Особенности расчета проводов и тросов на механическую прочность.

1. По каким причинам возникают повреждения ВЛ и КЛ?
2. Что является расчетными климатическими условиями при проектировании ВЛ или КЛ?
3. Каковы особенности расчета проводов на механическую прочность?
4. Каковы особенности расчета тросов на механическую прочность?

## **Тема 6.**

### **Механические нагрузки проводов и тросов (2 час.)**

Удельные механические нагрузки и их расчет.

1. Механические нагрузки от веса провода.
2. Механические нагрузки от гололеда. Когда возникают? По какой причине?
3. Механические нагрузки от ветра. Когда возникают? По какой причине?

## **Тема 7.**

### **Теория расчетов проводов и грозозащитных тросов (4 час.)**

Стрела провеса провода. Силы тяжения. Уравнение кривой провисания провода. Напряжение в материале провода. Напряжение в проводе при разных климатических условиях. Уравнение состояния провода. Условия максимального напряжения в природе. Критическая длина пролета. Условия максимальной стрелы провеса провода. Критическая температура. Допустимые напряжения. Расчет однородных (монометаллических) проводов. Расчет сталеалюминиевых проводов. Определение физико-механических характеристик сталеалюминиевых проводов. Условия максимального напряжения в сталеалюминиевом проводе. Три критических пролёта. Систематический расчет провода.

1. Что такое стрела провеса провода?
2. Как влияют климатические условия на напряжение в материале провода?
3. Что такое критический пролет?
4. Для чего проводится систематический расчет провода? Какие величины определяются при систематическом расчете провода?

## **Тема 8.**

### **Расчет грозозащитных тросов (2 час.)**

Особенности расчета грозозащитных тросов.

1. Назначение грозозащитного троса?
2. Каким образом крепиться грозозащитный трос к опоре?



3. Каковы особенности расчета грозозащитного троса на механическую прочность?

### **Тема 9.**

#### **Особые случаи расчета проводов (2 часа)**

Расчет тяжения проводов и тросов при обрыве в одном из пролетов. Проверка промежуточных и анкерных опор по наибольшей нагрузке, возникающей при обрыве провода.

1. Для чего производится расчет тросов и проводов, при обрыве их в соседнем пролете?
2. Как проверяются опоры на механическую прочность, при обрыве проводов?

### **Тема 10.**

#### **Изоляторы и линейная арматура (2 час.)**

Выбор и проверка изоляторов и линейной арматуры. Защита проводов и тросов от вибрации.

1. Назначение изоляторов. Механические свойства изоляторов.
2. Линейная арматура. Состав. Назначение элементов.
3. Что такое гасители вибрации? Назначение. Применение.

### **Тема 11.**

#### **Расстановка опор по профилю трассы ВЛ (2 час.)**

Продольный профиль трассы. Расстановка опор по профилю при помощи шаблона. Порядок расстановки опор. Проверка опор на вырывание. Расчет габарита провода над пересечением. Проверка соблюдения ветровых и весовых пролётов.

1. Что такое профиль трассы?
2. Что такое шаблон для расстановки опор?
3. Порядок расстановки опор по профилю трассы.
4. Как рассчитывается габаритное расстояние при пересечении линий и других объектов?
5. Что такое ветровой пролет?

6. Что такое весовой пролет?

## **Тема 12.**

### **Монтажные стрелы провеса (2 час.)**

Зависимость стрел провеса проводов от температуры. Построение графиков для расчета монтажных стрел провеса.

1. Что такое монтажные стрелы провеса?
2. Как зависит стрела провеса провода от температуры?

## **Тема 13.**

### **Основы проектирования и сооружения кабельных линий (2 час.)**

Кабельная арматура. Способы прокладки кабелей. Условия допустимого нагрева в стационарных режимах и термической стойкости при коротких замыканиях для КЛ.

1. Элементы кабельной арматуры. Назначение.
2. Способы прокладки кабелей.
3. Термическая стойкость кабельных линий.

#### **3.2 График самостоятельной учебной работы студентов**

График самостоятельной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля показан в пункте 1.6. В пункте 3.1 более подробно расписано содержание самостоятельной работы студентов.

#### **3.3 Методические указания по выполнению домашних заданий**

Целью выполнения домашнего задания является самостоятельное изучение материала при подготовке к следующему занятию, а также выполнение курсовой работы, выполнение контрольной работы.

Преподавателем выдается задание на курсовую работу с указанием литературы, которая может быть использована. В курсовой работе должен быть произведен расчет механической части воздушной линии электропередачи.

#### **3.4 Фонды домашних заданий**

Пример задания на курсовую работу приведен в п. 1.5. Задания на курсовую работу и подробные методические указания по ее выполнению приведены

в методическом пособии - Попов Е. Н. Механическая часть воздушных линий электропередачи. Учебно-методическое пособие. Благовещенск: АмГУ, 1999.

Тематика задач на практических занятиях и домашних задач приведена в таблицах 3 и 4.

## 4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К информационному обеспечению можно отнести следующие ресурсы:

1. Система автоматизации библиотек «IRBIS». Данная система, предназначенная для обеспечения возможности поиска информации о книжном фонде библиотеки ВУЗа. Система позволяет искать информацию о библиотечном издании по следующим критериям: ключевые слова, автор, заглавие, год издания и др.;

2. Информационная система нормативных документов «Kodeks». Система, предназначенная для поиска нормативных документов, применяемых в области энергетики.

3. Всемирная сеть InterNet. Данная сеть позволяет иметь доступ к информационным ресурсам всего мира и университета в частности. Адрес сайта Амурского государственного университета [www.amusru.ru](http://www.amusru.ru). В частности на данном сайте можно своевременно узнать о событиях в ВУЗе, получить доступ к информационным ресурсам университета, в том числе к информации об аттестации, лицензировании.

4. Локальная библиотека кафедры Энергетики «Студент». Данный ресурс представляет собой электронные варианты книжного фонда, необходимого для учебного процесса.

## 5 МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

### 5.1 Методические указания по организации контроля знаний студентов

На лекциях проводится блиц-опрос (текущий контроль) по пройденному материалу. В конце семестра проводится экзамен (примеры экзаменационных билетов приведены ниже в пункте 6.3).

План проведения блиц-опроса:

1. Напоминается тема предыдущего занятия;
2. Студентам задается 4 – 5 вопросов по предыдущей теме занятия;
3. Проводится анализ полученных ответов.

### 5.2 Фонд заданий для блиц-опроса

#### Блиц-опрос №1.

#### **Введение. Общие сведения о конструкциях ВЛ и КЛ. (2 час.)**

Определение линии электропередачи. Общие сведения о выполнении ВЛ. Классификация линий электропередачи. Характеристика задач расчёта конструктивной части линий.

1. Что такое воздушная линия?
2. Что такое кабельная линия?
3. Какие элементы входят в конструкцию ВЛ и КЛ?
4. Классификация линий электропередачи.

#### Блиц-опрос №2.

#### **Конструкция воздушных линий электропередачи (2 час.)**

Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП).

Провода ВЛ и их тросы. Опоры: их классификация и конструкция, область применения, линейная арматура; изоляторы. Фундаменты опор.

1. Каково назначение проводов ВЛ?
2. Каково назначение тросов ВЛ?
3. Назначение анкерных опор.
4. Назначение промежуточных опор.

5. Назначение угловых опор.
6. Назначение транспозиционных опор.
7. Назначение изоляторов.
8. Для чего предназначены элементы линейной арматуры?

#### Блиц-опрос №3.

#### **Конструкция кабельных линий электропередачи (2 час.)**

Конструктивные элементы кабельных линий электропередачи. Классификация кабельных линий, принципы формирования марки кабеля, маркировка кабелей, конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения. Газоизолированные линии, кабельные линии с форсированным охлаждением, криогенные кабельные линии.

1. Из каких элементов состоит кабельная линия?
2. Классификация кабельных линий.
3. Что такое газоизолированная линия?
4. Область применения газоизолированных линий.
5. Что такое криогенные кабельные линии?
6. Область применения криогенных линий.
7. Что такое форсированное охлаждение кабельной линии?

#### Блиц-опрос №4.

#### **Условия работы линий электропередачи (2 час.)**

Особенности условий работы ВЛ и КЛ. Внешние воздействующие факторы.

1. Что является основной изоляцией ВЛ?
2. Что является основной изоляцией КЛ?
3. Какова особенность работы кабельной линии?
4. Какие внешние воздействия на воздушные линии вы знаете?
5. Какие внешние воздействия на кабельные линии вы знаете?

#### Блиц-опрос №5.

#### **Исходные условия расчёта конструктивной части линий (2 час.)**

Причины повреждаемости ВЛ и КЛ. Мероприятия по повышению меха-

нической прочности ВЛ. Расчетные климатические условия. Особенности расчета проводов и тросов на механическую прочность.

1. Какие повреждения ВЛ и КЛ вы знаете?
2. По каким причинам возникают повреждения ВЛ и КЛ?
3. Как повысить механическую прочность ВЛ.
4. Что является расчетными климатическими условиями при проектировании ВЛ или КЛ?
5. Каковы особенности расчета проводов на механическую прочность?
6. Каковы особенности расчета тросов на механическую прочность?

#### Блиц-опрос №6.

#### **Механические нагрузки проводов и тросов (2 час.)**

Удельные механические нагрузки и их расчет.

1. Какие механические нагрузки воздействуют на провода?
2. Механические нагрузки от веса провода.
3. Механические нагрузки от гололеда.
4. Когда и по какой причине возникает нагрузка от гололеда?
5. Механические нагрузки от ветра.
6. Когда и по какой причине возникает нагрузка от ветра?

#### Блиц-опрос №7.

#### **Теория расчетов проводов и грозозащитных тросов (4 час.)**

Стрела провеса провода. Силы тяжения. Уравнение кривой провисания провода. Напряжение в материале провода. Напряжение в проводе при разных климатических условиях. Уравнение состояния провода. Условия максимального напряжения в природе. Критическая длина пролета. Условия максимальной стрелы провеса провода. Критическая температура. Допустимые напряжения. Расчет однородных (монометаллических) проводов. Расчет сталеалюминиевых проводов. Определение физико-механических характеристик сталеалюминиевых проводов. Условия максимального напряжения в сталеалюминиевом проводе. Три критических пролёта. Систематический расчет провода.

1. Что такое стрела провеса провода?

2. Что такое механическое напряжение в материале провода?
3. Как влияют климатические условия на напряжение в материале провода?
4. Что такое критический пролет?
5. Какие критические пролеты бывают?
6. Для чего проводится систематический расчет провода?
7. Какие величины определяются при систематическом расчете провода?
8. Что относится к физико-механическим характеристикам сталеалюминиевых проводов?

#### Блиц-опрос №8.

#### **Расчет грозозащитных тросов (2 час.)**

Особенности расчета грозозащитных тросов.

1. Назначение грозозащитного троса?
2. Маркировка тросов.
3. Каким образом крепиться грозозащитный трос к опоре?
4. Каковы особенности расчета грозозащитного троса на механическую прочность?

#### Блиц-опрос №9.

#### **Особые случаи расчета проводов (2 часа)**

Расчет тяжения проводов и тросов при обрыве в одном из пролетов. Проверка промежуточных и анкерных опор по наибольшей нагрузке, возникающей при обрыве провода.

1. Для чего производится расчет тросов и проводов, при обрыве их в соседнем пролете?
2. Как проверяются опоры на механическую прочность, при обрыве проводов?
3. Какова опасность при обрыве провода?

#### Блиц-опрос №10.

#### **Изоляторы и линейная арматура (2 час.)**

Выбор и проверка изоляторов и линейной арматуры. Защита проводов и



тросов от вибрации.

1. Назначение изоляторов.
2. Механические свойства изоляторов.
3. Линейная арматура. Состав.
4. Назначение элементов линейной арматуры
5. Что такое гасители вибрации?
6. Назначение и применение гасителей вибрации.

#### Блиц-опрос №11.

#### **Расстановка опор по профилю трассы ВЛ (2 час.)**

Продольный профиль трассы. Расстановка опор по профилю при помощи шаблона. Порядок расстановки опор. Проверка опор на вырывание. Расчет габарита провода над пересечением. Проверка соблюдения ветровых и весовых пролётов.

1. Что такое профиль трассы?
2. Что такое шаблон для расстановки опор?
3. Какие кривые входят в шаблон?
4. Порядок расстановки опор по профилю трассы.
5. Как рассчитывается габаритное расстояние при пересечении линий и других объектов?
6. Что такое ветровой пролет?
7. Как проверяется ветровой пролет?
8. Что такое весовой пролет?
9. Как проверяется весовой пролет?

#### Блиц-опрос №12.

#### **Монтажные стрелы провеса (2 час.)**

Зависимость стрел провеса проводов от температуры. Построение графиков для расчета монтажных стрел провеса.

1. Что такое монтажные стрелы провеса?
2. Для каких температур рассчитываются монтажные стрелы провеса?
3. Для каких пролетов рассчитываются монтажные стрелы провеса?

4. Как зависит стрела провеса провода от температуры?

Блиц-опрос №13.

### **Основы проектирования и сооружения кабельных линий (2 час.)**

Кабельная арматура. Способы прокладки кабелей. Условия допустимого нагрева в стационарных режимах и термической стойкости при коротких замыканиях для КЛ.

1. Какие элементы кабельной арматуры вы знаете?

2. Какие способы прокладки кабелей вы знаете?

3. Что такое термическая стойкость кабеля?

4. Что вызывает тепловой импульс в кабелях?

### **5.3 Итоговый контроль**

В конце семестра, на зачетной неделе проводится зачет.

Контрольные вопросы к зачету по дисциплине «Конструкция ВЛ и КЛ».

#### **Билет № 1**

1. Конструктивные элементы ВЛЭП.

2. Критическая температура.

Задача.

#### **Билет № 2**

1. Провода и грозозащитные тросы.

2. Условия расчета монометаллических проводов.

Задача.

#### **Билет № 3**

1. Классификация опор ВЛЭП.

2. Напряжение в сталеалюминиевом проводе от растягивающей силы.

Задача.

#### **Билет № 4**

1 Деревянные опоры.

2. Напряжение в сталеалюминиевом проводе от изменения температуры.

Задача.

### **Билет № 5**

1. Железобетонные опоры.
2. Суммарные напряжения в сталеалюминиевом проводе.

Задача.

### **Билет № 6**

1. Металлические опоры.
2. Условия максимального напряжения в сталеалюминиевом проводе.

Задача.

### **Билет № 7**

1. Унифицированные опоры, шифры опор.
2. Систематический расчет провода.

Задача.

### **Билет № 8**

1. Линейные изоляторы.
2. Удельные нагрузки от давления ветра на провод без гололеда и с гололедом.

Задача.

### **Билет № 9**

1. Линейная арматура.
2. Стрела провеса провода. Уравнение кривой провеса провода.

Задача.

### **Билет № 10**

1. Защита проводов и тросов от вибрации.
2. Порядок расчета грозозащитного троса.

Задача.

### **Билет № 11**

1. Классификация кабелей, маркировка кабелей.
2. Проверка опор на вырывание.

Задача.

**Билет № 12**

1. Конструктивные элементы кабелей.
2. Условие термической стойкости для КЛ при коротких замыканиях.

Задача.

**Билет № 13**

1. Кабели с вязкой пропиткой изоляции.
2. Условие допустимого нагрева КЛ в стационарных режимах.

Задача.

**Билет № 14**

1. Маслонаполненные кабели.
2. Прокладка кабелей.

Задача.

**Билет № 15**

1. Газонаполненные кабели.
2. Порядок составления монтажных таблиц.

Задача.

**Билет № 16**

1. Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией.
2. Расчет габарита провода над пересечением.

Задача.

**Билет № 17**

1. Кабельная арматура, её назначение.
2. Уравнение состояния провода.

Задача.

**Билет № 18**

1. Арматура кабельных линий 1-35 кВ.
2. Замер стрел провеса в анкерном участке.

Задача.

**Билет № 19**

1. Арматура маслонаполненных кабельных линий.

2. Зависимость стрел провеса от температуры.

Задача.

**Билет № 20**

1. Газоизолированные линии.

2. Построение шаблона и механизм расстановки опор по профилю.

Задача.

**Билет № 21**

1. Криогенные кабельные линии.

2. Приведенный пролет.

Задача.

**Билет № 22**

1. Причины повреждаемости ВЛ.

2. Габаритный, ветровой, весовой пролеты.

Задача.

**Билет № 23**

1. Мероприятия по повышению механической прочности.

2. Условия выбора изоляторов.

Задача.

**Билет № 24**

1. Определение нормативного скоростного напора ветра.

2. Определение стрелы провеса провода в пролетах с подвеской проводов на разных высотах.

Задача.

**Билет № 25**

1. Удельная нагрузка от массы провода.

2. Зависимость тяжения провода от горизонтального перемещения одной из его точек подвеса.

Задача.

**Билет № 26**

1. Удельная нагрузка от массы гололеда.

2. Выбор и изыскание трассы ВЛ.

Задача.

**Билет № 27**

1. Удельная нагрузка от массы провода и гололеда.

2. Продольный профиль трассы ВЛ.

Задача.

**Билет № 28**

1. Суммарные удельные нагрузки с учетом его массы, гололеда и давления ветра.

2. Основные условия при расстановке опор по профилю.

Задача.

**Билет № 28**

1. Критический пролет.

2. Построение шаблона и механизм расстановки опор по профилю.

Задача.

Примечания:

1. Практические задачи выдаются преподавателем в зависимости от структуры билета. Практические экзаменационные задачи аналогичны заданиям выполняемым на практических занятиях и дома. Тематика домашних заданий приведена в таблицах 3 и 4.

2. Решение практической задачи является обязательным условием для получения положительной оценки.

6 КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ КАДРАМИ  
ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА

Лекции	Практические занятия	Курсовой проект	Самостоятельная работа	Экзамен
Старший преподаватель кафедры Энергетики Тоушкин Алексей Геннадьевич	Ассистент кафедры энергетики Ильченко Татьяна Юрьевна	Ассистент кафедры энергетики Ильченко Татьяна Юрьевна	Старший преподаватель кафедры Энергетики Тоушкин Алексей Геннадьевич, Ассистент кафедры энергетики Ильченко Татьяна Юрьевна	Старший преподаватель кафедры Энергетики Тоушкин Алексей Геннадьевич

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной и заочной формы обучения по специальности 140205 «Конструкция ВЛ и КЛ» для формирования знаний об основных элементах конструкции воздушных и кабельных линий, о применяемых современных технологиях и материалах для передачи электроэнергии от источников питания до распределительных подстанций и до потребителей.

В данном учебно-методическом комплексе отражены полные вопросы: показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению домашних занятий; комплекты заданий для домашних заданий; фонд тестовых заданий для оценки качества знаний по дисциплине; контрольные вопросы к экзамену; карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.