

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им.

П.О.Сухого

_____ О.Д.Асенчик

07.07.2020

Регистрационный № УД-55-83/уч.

**КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-43 01 02 "Электроэнергетические системы и сети"

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1- 43 01 02 – 2013 "Электроэнергетические системы и сети" и учебного плана первой ступени высшего образования учреждения образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" № I 43-1-08/уч. от 21.05.2018

СОСТАВИТЕЛИ:

Селиверстов Г.И., доцент кафедры «Электроснабжение» учреждения образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого", кандидат технических наук, доцент
Жуковец С.Г., старший преподаватель кафедры «Электроснабжение» учреждения образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого"

РЕЦЕНЗЕНТ:

Мельник Е.М., заместитель начальника службы перспективного развития, энерго- и трудосбережения и проектно-сметных работ филиала «Гомельские электрические сети» РУП «Гомельэнерго»
Тодоров В.В., заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод» учреждения образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого"

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого"

(протокол № 11 от 29.04.2020);

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 8 от 26.05.2020); УД ЭФ-07-17/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 25.06.2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа составлена на основе компетентного подхода и требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте ОСВО 1- 43 01 02 – 2013 "Электроэнергетические системы и сети".

Данная дисциплина является одной из основных, в которых закладывается фундамент подготовки инженера-энергетика по монтажу и эксплуатации электрических сетей.

Общая цель дисциплины – формирование знаний по конструктивному исполнению электрических сетей различного назначения методом расчета элементов электрических сетей на механическую прочность, основам проектирования механической части электрических сетей.

Основными задачами дисциплины являются: изучение конструкций, применяемых при сооружении объектов электрической сети; изучение методов расчета конструктивных элементов электрической сети на механическую прочность.

В результате изучения дисциплины выпускник должен:

знать:

- методы расчета проводов, грозозащитных тросов, опор, фундаментов на механическую прочность;
- методы выбора типов конструктивных элементов линий электропередачи с учетом воздействующих на них механических нагрузок;
- методы расстановки опор по профилю трассы и построение монтажных таблиц;

уметь:

- рассчитать вертикальные и горизонтальные нагрузки, воздействующие на конструктивные элементы линий электропередачи;
- выбирать тип опор, фундаментов, сечение уголкового стали для металлических опор и траверс;
- расставлять опоры по профилю трассы;
- составлять монтажные таблицы;
- рассчитать переход линии через инженерные сооружения и водные преграды;

владеть:

- методиками расчета конструктивных элементов линий электропередач;
- принципами выбора опор и фундаментов;
- методиками расстановки опор по профилю трассы и составления монтажных кривых.

В рамках учебной программы требуются следующие академические, социально-личностные и профессиональные компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;

- уметь работать самостоятельно;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- уметь работать в команде;
- применять на практике методы расчетов конструктивных элементов линий электропередач.

Знания, навыки и умения, полученные при изучении данной дисциплины, используются студентами при выполнении курсового и дипломного проектов.

Общее количество часов - 96 часов, количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом университета - 64 часа, трудоемкость учебной дисциплины – 3 зачетной единицы.

Форма получения высшего образования: дневная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Курс	3
Семестр	5
Лекции (часов)	32
Практические (семинарские) занятия (часов)	32
Всего аудиторных (часов)	64
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине	
Зачет	5
Курсовая работа	5

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Общие задачи изучения материала курса

Тема 1.1. Основные направления в проектировании механической части воздушных линий.

Задачи и цели механического расчета конструктивных элементов линий электропередачи. Области применения и условия работы воздушных и кабельных линий электропередачи.

Раздел 2. Механический расчет проводов и тросов

Тема 2.1. Механические нагрузки на провода и тросы.

Расчетные климатические условия. Расчетные сочетания климатических условий. Допустимые напряжения в проводах и тросах. Описание кривой провисания провода уравнением гибкой нити. Использование уравнения параболы для практических расчетов.

Тема 2.2. Стрелы провеса проводов при одинаковых и разных высотах их подвески.

Точный метод определения стрелы провеса проводов. Длина провода в пролете. Уравнение состояния провода. Расчет проводов в нормальных режимах. Выявление расчетных исходных условий.

Тема 2.3. Расчет проводов в аварийном режиме.

Критические пролеты. Критическая температура. Расчет проводов в аварийных режимах. Выбор аварийных режимов. Редуцированное тяжение.

Тема 2.4. Расчет больших пролетов и грозозащитного троса.

Расчет больших пролетов линий электропередачи. Работа проводов расщепленной фазы при обрыве. Особенности расчета грозозащитного троса.

Тема 2.5. Влияние климатических условий на КРМЧЛЭП.

Образование гололеда и определение толщины стенки эквивалентного гололеда. Температура воздуха при гололеде. Влияние климатических условий и характера местности на интенсивность гололедных нагрузок. Скоростной напор и скорость ветра. Температура воздуха при максимальной скорости ветра. Скорость ветра при гололеде. Карты гололедности, ветровых нагрузок и интенсивности грозовой деятельности на территории Республики Беларусь.

Тема 2.6. Колебания и «пляска» проводов.

Механизм возникновения высокочастотных колебаний проводов и тросов в потоке воздуха. Амплитуда и частота вибрации проводов. Влияние среднеэксплуатационного напряжения на повреждаемость проводов от вибрации. Причины возникновения «пляски» проводов. Частота колебаний и число полуволн в пролете. Влияние гололедных отложений на развитие «пляски» проводов. Повреждения в линиях, вызываемые «пляской». Выбор расстояний между проводами и тросами из условий «пляски». Возможности ограничения развития «пляски» проводов. Способы борьбы с гололедом. Плавка гололеда электрическим током. Схемы плавки.

Тема 2.7. Конструктивные особенности проводов и грозозащитных тросов

Габаритный, весовой и ветровой пролеты. Выбор схемы расположения проводов на опоре. Выбор способов подвески проводов и тросов на опоре, их влияние на конструкцию опор. Выбор расстояния между проводами. Допустимые расстояния между проводами и тросами в пролете. Конструкции проводов и грозозащитных тросов. Дистанционные распорки. Обозначение марки провода.

Тема 2.8. Опоры и траверсы.

Классификация опор по назначению. Конструкции опор. Конструкции фундаментов опор воздушных линий. Опоры и траверсы из электроизоляционных материалов. Одноцепные и многоцепные воздушные линии электропередачи. Воздушные линии со сближенными проводами.

Тема 2.9. Линейная изоляция и арматура.

Условия работы линейной изоляции. Электрические и механические характеристики изоляторов. Материалы, применяемые для изготовления изоляторов. Конструкции штыревых, тарелочных и стержневых изоляторов, области их применения. Конструкции изоляторов для районов с нормальным и повышенным уровнем загрязнения. Зарубежные конструкции подвесных изоляторов. Конструкции цепной арматуры (поддерживающие и натяжные зажимы, виброгасители, оттяжки); серьги, ушки, крюки и штыри.

Раздел 3. Основы проектирования воздушных линий

Тема 3.1. Трасса воздушной линии.

Охранная зона воздушных линий. Изыскания трасс воздушных линий. Требования, предъявляемые к трассам. Предварительные и технические изыскания. План и профиль трассы. Применение унифицированных опор. Цель унификации. Расстановка опор на профиле трассы. Максимальный и минимальный шаблоны. Приведенный пролет. Расчет монтажных стрел провеса для проводов и тросов. Расчет переходов через инженерные сооружения.

Тема 3.2. Изоляторы и линейная арматура воздушных линий.

Определение нагрузок на изоляторы и их выбор по механической и электрической прочности. Выбор линейной арматуры.

Раздел 4. Основы расчета опор и фундаментов

Тема 4.1. Расчеты различных типов опор.

Выбор материала и типа опор. Расчет одностоечных опор. Расчет порталных опор с балочными траверсами. Основы расчета металлических опор. Определение усилий в стрелках плоской фермы и поясах. Подбор сечений уголков для поясов и решетки. Основы расчета железобетонных опор. Основы расчета деревянных одностоечных и П-образных опор. Расчет анкерных опор.

Тема 4.2. Расчеты фундаментов.

Физико-механические свойства грунтов. Закрепление опор в грунте. Распределение напряжений у подошвы фундамента. Угол естественного откоса. Пассивное давление грунта. Расчет на вырывание оснований анкерных плит

для крепления оттяжки. Расчет оснований одностоечных свободно стоящих железобетонных опор. Расчет оснований грибовидных фундаментов

Раздел 5. Кабельные линии электропередачи.

Тема 5.1. Конструктивные особенности кабельных линий.

Конструкции кабельных линий электропередачи различных номинальных напряжений. Условия прокладки кабельных линий. Соединительные и концевые муфты. Допустимые токовые нагрузки на кабельные линии.

Тема 5.2. Испытания и контроль кабельных линий.

Испытания изоляции кабельных линий. Контроль за режимами работы кабельных линий. Защита от коррозии металлических оболочек кабелей. Способы выявления мест повреждений кабельных линий. Конструкции криогенных электропередач.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Главной целью и содержанием курсовой работы является закрепление, углубление и обобщение знаний по проектированию механической части линий электропередачи на основе применения унифицированных элементов.

В задании предусматривается разработка следующих вопросов: выбор материала и типа опор, линейной арматуры и изоляции; определение удельных механических нагрузок на провода, определение критических пролетов; систематический расчет проводов и тросов; расчет проводов в аварийных режимах; расчет переходов через инженерные сооружения; защита проводов и тросов от вибрации; расчет грозозащитного троса, построение максимального и минимального шаблонов для расстановки опор на профиле трассы.

Примерный объем курсовой работы: 25 - 30 листов формата А4.

Количество часов на выполнение в соответствии с учебным планом первой степени высшего образования университета по специальности составляет 40 часов – 1 зачетная единица.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Общие задачи изучения материала курса							
1.1.	Основные направления в проектировании механической части воздушных линий.	2						
2.	Механический расчет проводов и тросов							
2.1	Механические нагрузки на провода и тросы.	2	2					
2.2	Стрелы провеса проводов при одинаковых и разных высотах их подвески.	2	2					
2.3	Расчет проводов в аварийном режиме.	2	2					зачет
2.4	Расчет больших пролетов и грозозащитного троса.	2	2					
2.5	Влияние климатических условий на КРМЧЛЭП.	2	2					
2.6	Колебания и «пляска» проводов	2	2					
2.7	Конструктивные особенности проводов и грозозащитных тросов	2	2					
2.8	Опоры и траверсы	2	2					
2.9	Линейная изоляция и арматура	2	2					зачет

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Основы проектирования воздушных линий							
3.1	Трасса воздушной линии.	2						
3.2	Изоляторы и линейная арматура воздушных линий.	2	2					зачет
4	Основы расчета опор и фундаментов							
4.1	Расчеты различных типов опор.	2	4					
4.2	Расчеты фундаментов.	2	4					зачет
5	Кабельные линии электропередачи.							
5.1	Конструктивные особенности кабельных линий.	2	4					
5.2	Испытания и контроль кабельных линий.	2						зачет
ИТОГО		32	32					

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Короткевич М.А. Проектирование линий электропередачи. Механическая часть: Учебное пособие / М.А. Короткевич. – Минск: Вышэйшая школа. 2010. – 574 с.
2. Лыкин А.В. Электрические системы и сети: учебное пособие/ А.В.Лыкин. – Москва: Логос, 2008. – 256с.
3. Поспелов Г.Е. Электрические системы и сети/ Г.Е. Поспелов, В.Т.Федин, П.В.Лычев / под.ред. В.Т.
4. Федина. Минск, 2004. - 710 с.
Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения: учебное пособие/ Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош / под. редакцией Е.Е. Привалова. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2018. – 205с. Режим доступа: <http://bidlglud.ru/index/php?page=book&id=493858>
5. Зеличенко А.С. Проектирование механической части воздушных линий сверхвысокого напряжения. – М.: Энергоиздат. 1981. – 335с.
6. Крюков К.П., Новгородцев В.П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи. – Л.: Энергия, 1979. – 309 с.

Дополнительная литература

7. Справочник по проектированию электрических сетей/ Под ред. Д.Л.Файбисовича. – Москва «Издательство НЦ ЭНАС», 2006. - 344с.
8. Бошнякович А.Д. Расчет проводов подстанций и больших переходов ЛЭП. – Л.: Энергия, 1975. – 248 с.
9. Бошнякович А.Д. Механический расчет проводов и тросов линий электропередачи. – Л.: Энергия, 1971. – 296 с.
10. Электрические системы, т. 2. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1997. – 314 с.
11. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях: Учебное пособие для электроэнергетических специальностей / Под ред. В.А. Строева. – Москва: Высшая школа. 1999. – 352 с.
12. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергия, 1989. – 288 с.
13. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
14. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения / Под ред. И.А. Баумштейна и М.В. Хомякова. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 656 с.

Электронные учебно-методические комплексы

15. Электронный курс по учебной дисциплине «Конструкции и расчёт механической части ЛЭП» для студентов специальности 1-43 01 02 «Электро-

энергетические системы и сети»/ Селиверстов Г.И., Жуковец С.Г., кафедра "Электроснабжение", 2019

Интернет адрес <https://elib.gstu.by/handle/220612/11218>

16. Селиверстов Г.И. КРМЧЛЭП: электронный учебно-методический комплекс дисциплины/ Селиверстов Г.И., Медведев К.М., Шведова О.С. кафедра "Электроснабжение", 2013.

Режим доступа – <https://elib.gstu.by> – Дата доступа 2013.

17. Селиверстов Г.И. Методические указания к курсовой работе по одноименной дисциплине для студентов специальности 1 43 01 02 "Электроэнергетические сети и системы" дневной формы обучения/ Селиверстов Г.И., Жуковец С.Г., кафедра "Электроснабжение", 2010.-36с.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Выбор схемы расположения проводов на опоре. Выбор типа опор и расчетного пролета линии. Выбор способа подвески проводов и тросов.
2. Расчет удельных механических нагрузок на провода и тросы.
3. Выбор линейной арматуры и изоляции.
4. Систематический расчет проводов для основных сочетаний климатических условий.
5. Расчет проводов в аварийных режимах.
6. Расчет грозозащитного троса.
7. Построение максимального и минимального шаблонов и расстановка опор по профилю трассы.
8. Расчет монтажных стрел провеса проводов.
9. Расчет переходов линий через инженерные сооружения.
10. Расчет фундаментов опор.
11. Расчет деревянных опор.
12. Расчет металлических опор.
13. Расчет железобетонных опор.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Монтаж и эксплуатация электрических сетей	«Электроснабжение»		№11 от 29.04.2020
2. Электрические сети	«Электроснабжение»		№11 от 29.04.2020