

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению практических занятий и курсового проекта
для студентов программы магистерской подготовки
13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
всех форм обучения**

Воронеж 2023

УДК 624.014.2(07)
ББК 38.54я7

Составители:
А. В. Панин, А. И. Калинина

Строительные конструкции энергетических сетей: методические указания к выполнению практических занятий и курсового проекта для студентов программы магистерской подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. В. Панин, А. И. Калинина. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2023. – 19 с.

Приводится метод проектирования конструкций энергетических сетей, даны общие сведения высоковольтной линии, а также основы расчета конструкций опоры. В приложениях даются справочные данные для выполнения курсового проекта.

Предназначены для студентов программы магистерской подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ-ПР КП-СКЭС.pdf.

Ил. 1. Библиогр.: 10 назв.

УДК 624.014.2(07)
ББК 38.54я7

Рецензент – *Т. И. Цымбалов, начальник производственного участка ООО СК «Вектор»*

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для выполнения практических занятий и курсового проекта по дисциплине «Строительные конструкции энергетических сетей». Цель составления методических указаний – дать ответы на вопросы, возникающие у студентов, приступающих к выполнению курсового проекта, который является большой самостоятельной инженерной работой.

Методические указания включают пример расчета конструкций опоры ВЛ, последовательность и содержание этих расчетов, правила графического оформления, литературные источники, пользуясь которыми студенты выполняют расчеты. Работая над проектом, студент изучает действующие ГОСТы, справочную литературу, приобретает навыки выбора аппаратуры и оборудования, которые следует подобрать для обеспечения работы данной установки.

Основная цель курсового проекта заключается в закреплении и расширении теоретических знаний студентов, в приобретении ими навыков по решению инженерных задач. Выполнение курсового проекта служит базой для выполнения дипломных проектов по специальности.

Методические указания дополнены приложениями, в которых приведены формулы, справочные данные, что позволяет быстро определить необходимые расчетные величины.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ

Курсовой проект по дисциплине «Строительные конструкции энергетических сетей» состоит из пояснительной записки и графической части.

1.1. Содержание пояснительной записки

Пояснительная записка к курсовому проекту, содержащая все исходные, расчетные и графические (вспомогательные) материалы, должна быть оформлена в определенной последовательности:

- 1) титульный лист;
- 2) бланк задания на проектирование;
- 3) содержание;
- 4) введение;
- 5) проектирование и расчет опоры ЛЭП;
- 6) заключение (выводы);
- 7) библиографический список.

Задание на выполнение курсового проекта выдается на специальном бланке и подшивается в пояснительную записку без переписывания.

Содержание приводят в точном соответствии с рубрикацией, принятой в пояснительной записке, с указанием номеров страниц начала разделов и подразделов.

Введение. В данном разделе необходимо кратко описать сущность и назначение конструкций линий электропередачи. Виды и типы опор, их классификацию и описать конструкции, и процесс их изготовления.

Проектирование и расчет опоры ЛЭП. Задачей этого раздела проекта является определение нагрузок, подбор и выбор сечения основных металлических конструкций опоры ЛЭП. Произвести проверку несущей способности элементов конструкций.

Заключение (выводы). Заканчивая расчетную часть проекта, студент должен дать анализ полученных результатов, их соответствия заданию на проект.

Библиографический список. Литературные источники, которые использовались при составлении пояснительной записки, располагаются в порядке упоминания их в тексте или по алфавиту (по фамилии первого автора работы). Оформляется в соответствии с положениями о дипломном проектировании. Ссылки на использованную литературу в тексте приводят в квадратных скобках, учитывая номер источника по приведенному в пояснительной записке списку.

1.2. Оформление расчетно-пояснительной записки

Требования к оформлению текста пояснительной записки определены в «Положении о дипломном проектировании. Часть 1. Единые требования к текстовым документам», ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

Текст дипломного проекта должен быть выполнен печатным способом с использованием компьютера и принтера на одной стороне белой бумаги шрифтом Times New Roman, кегль 14, через 1,5 интервала, черным цветом, величина абзацного отступа не менее 15 мм.

Содержание пояснительной записки может быть представлено в виде текста, таблиц, иллюстраций, формул и других составляющих.

Страницы пояснительной записки должны соответствовать формату А4. При необходимости допускается применение других основных и дополнительных форматов по вышеуказанному стандарту. Такие страницы подшиваются и складываются так, чтобы основная надпись оставалась сверху без разворачивания листа. Каждый лист пояснительной записки, кроме приложений, должен иметь рамку и основную надпись.

Нумерация страниц пояснительной записки сквозная, включая приложения, арабскими цифрами в основной надписи. Заглавным листом считается титульный лист, вторым листом пояснительной записки является «Содержание». Номер страницы на титульном листе не проставляется. Иллюстрации, таблицы включаются в общую нумерацию.

Библиографический список должен содержать точные сведения об источниках, использованных при разработке дипломного проекта, в соответствии с ГОСТ 7.1- 2003, настоящим положением и удовлетворять следующим требованиям:

- соответствовать теме дипломного проекта;
- представлять разнообразные виды изданий: официальные, нормативные, справочные, учебные, научные, методические и т. д.;
- не содержать нормативно-устаревшие источники.

Библиографический список составляется в последовательности ссылок на источники по тексту пояснительной записки, которые нумеруются арабскими цифрами.

Графики, таблицы выполняются ручным способом или с помощью специальных компьютерных программ. Объем работы составляет 30-40 страниц. Текст печатается на одной стороне листа. Терминология и определения в записке должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам, а при их отсутствии - общепринятым в научно-технической литературе. Сокращения слов в тексте и подписях не допускаются. Все расчетные формулы в пояснительной записке приводятся сначала в общем виде, нумеруются, дается объяснение обозначений и размерностей всех входящих в формулу величин. Затем в формулу подставляют численные значения величин и записывают результаты расчета.

Все иллюстрации (графики, схемы, чертежи) именуется рисунками. Рисунок нумеруют и располагают после ссылки на него.

Все таблицы, как и рисунки, нумеруют. Слева над таблицей (на уровне левой кромки контура таблицы) помещается слово «Таблица», ее номер и название. Нумерация таблиц производится арабскими цифрами либо сквозной нумерацией в пределах всего текстового документа. Название таблицы помещается над таблицей и оформляется строчными буквами, начиная с прописной.

Страницы скрепляются жесткой обложкой специальных папок для выполнения курсовых работ.

1.3. Графическая часть курсового проекта

Графическая часть включает один лист чертежей размером 841×594 мм (формат A1), на котором представлены: расчетные схемы опоры, план на отметке 0.000, основной вид и разрез конструкций, конструктивные узлы и ведомость элементов.

1.4. Защита курсового проекта

К защите допускается студент, выполнивший задание на проектирование в установленном объеме и оформивший его в соответствии с требованиями.

Оформленный проект сдается руководителю для проверки, а затем в назначенный срок студент защищает свой проект.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРОЕКТУ

Задание на курсовой проект выдается кафедрой теплогазоснабжения и нефтегазового дела. В задании указывается:

1. Город;
2. Вид опоры;
3. Марка;
4. Напряжение;
5. Геометрические параметры;
6. Марка провода;
7. Пролет;
8. Марка стали;
9. Номер профиля;
10. Материал;
11. Вид соединения конструкций;
12. Внешний вид опоры (конструкций):

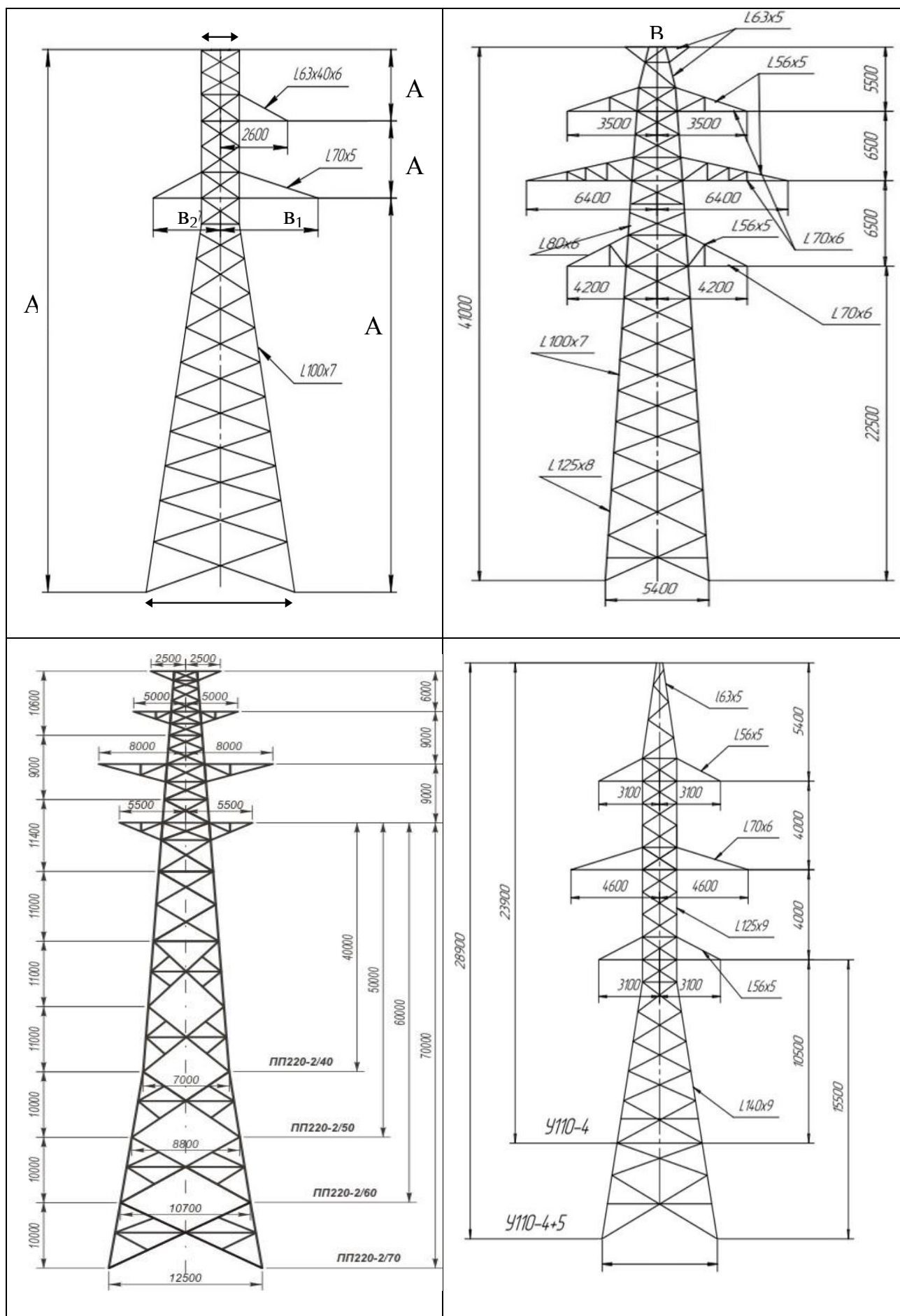


Рис. 1. Пример для задания

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

3.1. Общие сведения

Энергетическая сеть (энергосистема) - совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединённых между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

К числу энергетических компаний относятся компании по генерации энергии, предприятия тепловых и электрических сетей. Главная функция энергетических предприятий состоит в бесперебойном обеспечении потребителей своим продуктом — электроэнергией и теплом. Особенность энергетических предприятий по сравнению с предприятиями смежных отраслей промышленности в том, что они занимаются не только производством продукции, но и ее транспортировкой и распределением между конечными потребителями.

Линия электропередачи (ЛЭП), протяжённое сооружение из проводов, кабелей, опор, изоляторов и вспомогательных устройств, предназначенное для передачи или распределения электрической энергии от электростанций к подстанциям и потребителям, а также для связи смежных энергосистем. По конструктивному исполнению различают воздушные линии (ВЛ), провода которых подвешены над землёй или над водой, и подземные (подводные) ЛЭП, в которых используются главным образом силовые кабели. Генераторы на электростанциях преобразуют механическую энергию турбин в электрическую, которая поступает в трансформаторы повышающей подстанции, далее по ЛЭП транспортируется к приёмным подстанциям. На приёмных подстанциях электроэнергия трансформируется с каскадным снижением напряжения и поступает отдельным потребителям. Воздушные ЛЭП вместе с трансформаторными подстанциями образуют электрические сети, охватывающие обширные территории, что позволяет обеспечивать электроэнергией множество потребителей от ограниченного числа электростанций.

Опоры предназначаются для закрепления проводов и тросов воздушных линий электропередачи. По назначению различают промежуточные, анкерные, угловые, концевые и специальные опоры. Промежуточные опоры устанавливаются на прямых участках ЛЭП, предназначены только для поддержания проводов и тросов, и не рассчитаны на нагрузки направленные вдоль трассы. Обычно количество промежуточных опор составляют 80 — 90 % от всех опор линии электропередачи.

Анкерные опоры применяются на прямых участках ЛЭП в местах перехода через инженерные сооружения или естественные преграды для ограничения анкерного пролета, а также в местах изменения числа, марок и сечений проводов. Анкерная опора воспринимает нагрузку от разности тяжения прово-

дов и тросов, направленную вдоль линии электропередачи. Конструкция анкерных опор ЛЭП отличается повышенной прочностью.

Угловые опоры рассчитаны на эксплуатацию в местах изменения направления трассы ВЛ, воспринимают результирующую нагрузку от тяжения проводов и тросов смежных пролетов трассы. При небольших нагрузках - на углах поворота до 30° , применяют угловые промежуточные опоры. При углах поворота более 30° используют угловые анкерные опоры, которые имеют более прочную конструкцию и анкерное крепление проводов.

Концевые опоры являются разновидностью анкерных и устанавливаются в конце и начале линии электропередачи, рассчитаны на нагрузку от одностороннего тяжения всех проводов и тросов.

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

По используемому материалу опоры бывают деревянные, железобетонные, металлические. Деревянные опоры выполняют из круглых брёвен. Наиболее распространены сосновые опоры и несколько меньше опоры из лиственницы. Их применяют для линий напряжением до 220/380 В включительно. Основные достоинства этих опор — малая стоимость и простота изготовления. Основной недостаток — гниение древесины, особенно интенсивное в месте соприкосновения опоры с почвой. Пропитка древесины специальным увеличивает срок её службы с 4—6 до 15—25 лет. Широко применяют составные деревянные опоры с железобетонными стульями. Деревянные опоры выполняют А-образными или П-образными. П-образная конструкция является более устойчивой, но требует больших капиталовложений из-за повышенного расхода материала по сравнению с А-образной.

Железобетонные — выполняют из бетона, армированного металлом. Для линий 35—110 кВ и выше обычно применяют опоры из центрифугированного бетона. Достоинством железобетонных опор является их стойкость в отношении коррозии и воздействия химических реагентов, находящихся в воздухе. Основным недостатком значительный вес, относительно высокий процент возникновения дефектов при транспортировке (сколы, трещины) и выкрашивание бетона в приповерхностном слое грунта за счет воздействия влаги и циклического изменения температуры (замерзание-оттаивание).

Металлические — выполняют из стали специальных марок. Отдельные элементы соединяют сваркой или болтами. Для предотвращения окисления и коррозии поверхность металлических опор оцинковывают или периодически окрашивают специальными красками.

В электросетевом строительстве в России и странах СНГ широкое распространение получили металлические опоры ЛЭП из стального уголка. Это объясняется, прежде всего, повсеместным внедрением проектными организа-

циями унифицированных нормальных металлических опор ВЛ, которые представляют собой пространственный каркас из стального проката, собираемый на болтовых соединениях или при помощи сварки. Металлические опоры ЛЭП на болтовых соединениях экономичны при транспортировке за счет компактности пакетов деталей, а также пригодны для горячего оцинкования, что повышает их эксплуатационные характеристики, и расширяет область применения. Главный недостаток металлических опор ЛЭП из уголкового проката – большое количество сборочных единиц, и как следствие, увеличенные трудозатраты при монтаже. Сроки монтажа решетчатых стальных опор ВЛ в 10 раз больше, чем у аналогичных железобетонных или стальных многогранных.

3.2. Определение нагрузок

3.2.1. Собственный вес

В первом приближении принимаем за основную несущую конструкцию уголок по заданию. Вес обрешетки учтем в качестве 60% от веса несущей конструкции. Траверсу в первом приближении представим в виде объемной конструкции из уголков.

$$G = 1,6 \cdot n \cdot g_{cm} \cdot l_{cm} + m \cdot g_{mp} \cdot l_{mp}, \quad (1)$$

где 1,6 — 160 % несущей конструкции;

g_{cm}, g_{mp} — вес уголка стойки и траверсы соответственно;

l_{cm}, l_{mp} — длина уголка стойки и траверсы соответственно;

n — количество стоек, выполненных данным уголком;

m — количество траверс, выполненных данным уголком.

Нагрузка на одну стойку определяется по формуле

$$g_{cm} = \frac{(g_{cm} \cdot l_{cm}) \cdot 10}{\gamma_n \cdot l_1 \cdot 1000}, \quad (2)$$

где γ_n — коэффициент надежности, равный 1,1.

Нагрузка на все траверсы определяется по формуле

$$g_{mp} = 1,05 \cdot \sum m \cdot g_{mp} \cdot l_{mp}, \quad (3)$$

3.2.2. Снеговая нагрузка

Не влияет на работу конструкции, так как нет площадок, на которых будет скапливаться снег, поэтому снег не учитывается в расчетах.

3.2.3. Ветровая нагрузка

Ветровая нагрузка на стойку состоит из статической и динамической части.

Расчетную ветровую нагрузку следует определять как сумму средней и пульсационной составляющих. При определении внутреннего давления пульсационную составляющую ветровой нагрузки допускается не учитывать.

Расчетное значение средней составляющей ветровой нагрузки в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли следует определять по формуле

$$W_m = W_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_n, \quad (4)$$

где γ_n — коэффициент надежности по нагрузке равный 1,1;

c — аэродинамический коэффициент, принимаем 1,2;

k — коэффициент, зависящий от высоты и типа местности (прил. 3);

W_0 — расчетное значение ветрового давления (прил. 2).

В качестве динамической составляющей рассматриваются пульсационные ветровые нагрузки

$$q = \frac{\rho \cdot V^2}{2}, \quad (5)$$

где ρ — плотность воздуха равная $1,225 \text{ м}^3$;

V — расчетная скорость воздуха равная 27 м/с.

Расчетная ветровая нагрузка на траверсу:

$$W_{m,mp} = W_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_n + W_m^{cm}, \quad (6)$$

3.2.4. Гололёдная нагрузка

Гололедная нагрузка действует на нить провода и определяется по формуле

$$i = b \cdot k_1 \cdot (d + b \cdot k_1) \cdot g_0 \cdot g \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где b — толщина стенки гололеда в мм;

k — коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте в зависимости от диаметра элементов кругового сечения (прил. 4);

d — диаметр провода;

ρ — плотность льда, принимаемая равной $0,9 \text{ г/см}^3$;

μ_1 — коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда в зависимости от диаметра элементов кругового сечения (прил. 5);

g — ускорение свободного падения равное $9,8 \text{ м/с}^2$.

3.2.5. Тяжение проводов

В качестве основных проводов берем марку провода из задания. И находим их диаметр и массу.

Найдем распор, действующий на нить:

$$H = \frac{M}{f}, \quad (8)$$

где M — максимальный момент, находящийся в середине пролета;

f — стрела провеса провода.

$$f = \frac{L}{25}, \quad (9)$$

$$M = \frac{(q_1 + i) \cdot L^2}{8}, \quad (10)$$

где q_1 — нагрузка от веса провода.

$$q_1 = \frac{m \cdot L}{L_n} \cdot 10^{-2}, \quad (11)$$

где L_n — фактическая длина нити при максимальной стреле провеса.

Вертикальная составляющая тяжения провода у опоры определяется по формуле

$$V = \frac{q_1}{3,1}, \quad (12)$$

Нагрузка от провода при обрыве:

$$V_{обр} = V \cdot 1,57, \quad (13)$$

3.3. Расчет на ЭВМ

Расчет производим в демоверсии вычислительного комплекса SCAD. В результате расчета выведем необходимые данные по 2 режимам работы опоры.

3.4. Подбор сечения и проверка прочности, устойчивости конструкций опоры линий электропередачи

Проверим основное условие прочности металлоконструкций:

$$\sigma = \frac{N_{\max}}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (14)$$

где $N_{\max}$ — максимальное усилие для данного уголка;

R_y — расчетное сопротивление стали (прил. 1);

φ — гибкость (прил. 7);

A — площадь поперечного сечения уголка;

γ_c — коэффициент равный 1,05 (прил.6).

Коэффициент φ зависит от гибкости, которая определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l_p}{i}, \quad (15)$$

где l_p — расчетная длина уголка;

i — радиус инерции, определяемый по формуле

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{A}}, \quad (16)$$

где I_x — момент инерции уголка.

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (17)$$

где $\bar{\lambda}$ — условная гибкость стержня;

$$\frac{R_y \cdot \gamma_c - \sigma}{R_y \cdot \gamma_c} \cdot 100\% \leq 5\%, \quad (18)$$

При выполнении условия, подбор сечения и проверка прочности, устойчивости конструкций опоры линий электропередачи, считается законченным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции / АО «НИЦ «Строительство» — ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, МГСУ, СПбГАСУ ГУП ЦПП, 2017. — 90 с.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» при участии ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова», 2017. — 44 с.
3. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент.
4. ГОСТ 8510-86. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент.
5. Горев В. В. Металлические конструкции. Т.2 : Конструкции зданий / Горев В.В., Уваров Б.Ю., Филиппов В.В. и др.; Под ред. Горева В.В. — М. : Высш. шк., 1999. — 527с.
6. Горев В. В. Математическое моделирование работы строительных конструкций: учеб. пособие / Липецк. гос. техн. ун-т. — Липецк : [б. и.], 1996. — 81 с.
7. Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В. — Москва : Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013. — 8 с. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/22779.html>
8. Практикум по электроэнергетике (в примерах с решениями) [Электронный ресурс] : практикум / Е. С. Бейсебаев, Д. Т. Байниязов, А. А. Абдурахманов, У. М. Матаев. — Алматы : Нур-Принт, Казахский национальный аграрный университет, 2014. — 195 с. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/69174.html>
9. Лыкин А. В. Электрические системы и сети [Электронный ресурс] : учебник / А. В. Лыкин. — Электрические системы и сети ; 2025-02-05. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 363 с. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91589.html>
10. Родыгина С. В. Проектирование и эксплуатация систем электрообеспечения. Проектирование СЭС [Электронный ресурс] : Учебное пособие / С. В. Родыгина. — Проектирование и эксплуатация систем электрообеспечения. Проектирование СЭС ; 2025-02-05. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 64 с. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91688.html>

Таблица В.5 - Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе фасонного проката. СП 16.13330.2017

Сталь	Толщина проката*, мм					Нормативное сопротивление** проката, Н/мм		Расчетное сопротивление*** проката, Н/мм	
						R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u
С245	От	4,0	до	20	включ.	245	370	240/235	360/350
	"	20	"	40	"	235	370	230/225	360/350
С255	От	4,0	до	10	включ.	255	380	250/245	370/360
	"	10	"	20	"	245	370	240/235	360/350
	"	20	"	40	"	235	370	230/225	360/350
С345	От	4,0	до	10	включ.	345	480	340/330	470/460
	"	10	"	20	"	325	470	320/310	460/450
	"	20	"	40	"	305	460	300/290	450/440
С345К	От	4,0	до	10	включ.	345	470	340/330	460/450
С355	От	8,0	до	16	включ.	355	490	350/340	460/450
	"	16	"	40	"	345	480	340/330	460/450
С355-1	От	8,0	до	16	включ.	355	490	350/340	460/450
	"	16	"	40	"	345	480	340/330	460/450
С390	От	8,0	до	10	включ.	390	520	380/370	505/495
	"	10	"	20	"	380	500	370/360	480/475
	"	20	"	40	"	370	490	360/350	480/470

* За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки.

** За нормативное сопротивление приняты гарантированные значения предела текучести и временного сопротивления, приводимые в национальных стандартах или технических условиях. В тех случаях, когда эти значения в национальных стандартах или технических условиях приведены только в одной системе единиц - кгс/мм², нормативные сопротивления, Н/мм², вычислены умножением соответствующих значений на 9,81 с округлением до 5 Н/мм².

*** Значения расчетных сопротивлений получены делением нормативных сопротивлений на коэффициенты надежности по материалу, определенные в соответствии с таблицей 3, с округлением до 5 Н/мм². В числителе приведены значения расчетных сопротивлений проката по нормативной документации, в которой используется процедура контроля свойств проката ($\gamma_m = 1,025$), в знаменателе - расчетное сопротивление остального проката при $\gamma_m = 1,050$.

Таблица 11.1- СП 16.13330.2017

Ветровые районы (принимаются по карте 2 приложения Е)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0 , кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85

Таблица 11.2- СП 16.13330.2017

Высота $z_{\text{г}}$, м	Коэффициент k для типов местности		
	А	В	С
5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2

А — открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С — городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м.

Таблица 12.1- СП 16.13330.2017

Гололедные районы (принимаются по карте 3 приложения Е)	I	II	III	IV	V
Толщина стенки гололеда b , мм	Не менее 3	5	10	15	Не менее 20

Таблица 12.4- СП 16.13330.2017

Диаметр провода, троса или каната, мм	5	10	20	30	50	70
Коэффициент	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Примечания (к таблицам 12.1-12.4)

1 В V районе, горных и малоизученных районах, обозначенных на карте 3 приложения Е, а также в сильнопересеченных местностях (на вершинах гор и холмов, на перевалах, на высоких насыпях, в закрытых горных долинах, котловинах, глубоких выемках и т.п.) толщину стенки гололеда необходимо определять на основании данных специальных обследований и наблюдений.

2 Промежуточные значения величин следует определять линейной интерполяцией.

3 Толщину стенки гололеда на подвешенных горизонтальных элементах кругового сечения (тросах, проводах, канатах) допускается принимать на высоте расположения их приведенного центра тяжести.

Таблица 45 - СП 16.13330.2017

Элемент конструкций	Коэффициент условий работы γ_c
1 Сжатые пояса из одиночных уголков стоек свободно стоящей опоры в первых двух панелях от башмака при узловых соединениях:	
а) на сварке	0,95
б) на болтах	0,90
2 Сжатый элемент плоской решетчатой траверсы из одиночного равнополочного уголка, прикрепляемого одной полкой (рисунок 22):	
а) пояс, прикрепляемый к стойке опоры непосредственно двумя болтами и более, поставленными вдоль пояса траверсы	0,90
б) пояс, прикрепляемый к стойке опоры одним болтом или через фасонку	0,75
в) раскос и распорка	0,75
3 Оттяжка из стального каната или пучка высокопрочной проволоки:	
а) для промежуточной опоры в нормальном режиме работы	0,90
б) для анкерной, анкерно-угловой и угловой опор:	
в нормальном режиме работы	0,80
в аварийном режиме работы	0,90

Примечание: указанные в таблице коэффициенты условий работы не распространяются на соединения элементов в узлах.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ.....	4
1.1. Содержание пояснительной записки.....	4
1.2. Оформление расчетно-пояснительной записки.....	4
1.3. Графическая часть курсового проекта.....	6
1.4. Защита курсового проекта.....	6
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРОЕКТУ.....	6
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	8
3.1. Общие сведения.....	8
3.2. Определение нагрузок.....	10
3.2.1. Собственный вес.....	10
3.2.2. Снеговая нагрузка.....	10
3.2.3. Ветровая нагрузка.....	10
3.2.4. Гололедная нагрузка.....	11
3.2.5. Тяжение проводов.....	11
3.3. Расчет на ЭВМ.....	12
3.4. Подбор сечения и проверка прочности, устойчивости конструкций опоры линий электропередачи.....	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	13
Приложение 1. Таблица В.5 - Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе фасонного проката. СП 16.13330.2017	14
Приложение 2. Таблица 11.1- СП 16.13330.2017.....	14
Приложение 3. Таблица 11.2- СП 16.13330.2017.....	15
Приложение 4. Таблица 12.1- СП 16.13330.2017.....	15
Приложение 5. Таблица 12.4- СП 16.13330.2017.....	15
Приложение 6. Таблица 45 - СП 16.13330.2017.....	16

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических занятий и курсового проекта
для студентов программы магистерской подготовки
13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
всех форм обучения

Составители:

Панин Анатолий Васильевич
Калинина Алина Игоревна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 15.06.2023.
Уч.-изд. л. 0,9.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84