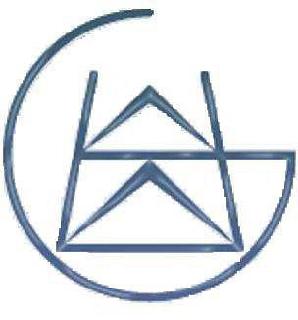
**Северо-Западный НПЦ «АрхиМет»**



**Общество с ограниченной ответственностью** ИНН 7816456217 КПП 780101001

Юр. Адрес: Санкт-Петербург, 5-я линия В.О., д.70

Тел.: (812)309-38-03

www.archimet.ru

mail@archimet.ru

**Экз №\_\_\_**

|  |
| --- |
| **{{ project\_name }}** |
|  |
| **РАСЧЕТНАЯ ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА** |
|  |
| **{{ project\_code }}-РО** |
|  |
|  |
| Генеральный директор Изображение выглядит как текст, документ  Автоматически созданное описание Собин К.Н. |
| Главный инженер проекта  Родчихин С.В. |

{{ year }}

Содержание

[1 Нормативные ссылки 2](#_Toc75354708)

[2 Исходные данные для расчета опор 3](#_Toc75354709)

[2.1 Климатические условия 3](#_Toc75354710)

[2.2 Провода и тросы 4](#_Toc75354711)

[2.3 Нагрузки на опоры 5](#_Toc75354712)

[2.4 Нагрузки на фундаменты 7](#_Toc75354713)

[3 Конструктивные решения 9](#_Toc75354714)

[3.1 Опора {{ pole\_code }} 9](#_Toc75354715)

[4 Расчет опоры {{ pole\_code }} 10](#_Toc75354717)

[4.1 Схемы нагрузок от проводов и тросов 10](#_Toc75354718)

[4.2 Расчет опоры по I группе ПС 11](#_Toc75354719)

[4.3 Расчет опоры по II группе ПС 16](#_Toc75354720)

[4.4 Расчетные нагрузки на фундаменты 16](#_Toc75354721)

[4.7 Выводы по результатам расчета опоры 17](#_Toc75354724)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 18](#_Toc75354725)

# Нормативные ссылки

Расчеты выполнены на основании и с учетом следующих нормативных документов:

|  |  |
| --- | --- |
| ПУЭ-7 | Правила устройства электроустановок. Седьмое издание |
| СП 16.13330.2017 | Стальные конструкции. Актуализированная редакция  СНиП II-23-81\* |
| СП 20.13330.2016 | Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция  СНиП 2.01.07-85\* |
| СП 131.1333.2020 | Строительная климатология. Актуализированная  редакция СНиП 23-01-99 |
| СП 28.13330.2017 | Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 |
| СП 53-102-2004 | Общие правила проектирования строительных конструкций |
| СП 14.13330.2018 | Строительство в сейсмических районах |
| СП 70.13330.2012 | Несущие и ограждающие конструкции |
| СП 22.13330.2016 | Основания зданий и сооружений |
| СП 24.13330.2021 | Свайные фундаменты |
| ГОСТ 27772-2015 | Прокат для строительных стальных конструкций |
| ГОСТ 839-2019 | Провода неизолированные для воздушных линий  электропередачи. Технические условия |
| ГОСТ 27751-2014 | Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения |
| № 384-ФЗ | Технический регламент о безопасности зданий и сооружений |
| СТО 56947007-29.240.55.192-2014 | Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ |
| СТО 56947007- 29.240.55.054-2010 | Руководство по проектированию многогранных опор и фундаментов к ним для ВЛ напряжением 110-500 кВ |

# Исходные данные для расчета опор

## Климатические условия

Климатические условия для расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика показателя | Значение | Примечание |
| Район по ветру  Нормативное ветровое давление на высоте 10м над поверхностью земли (Wо), Па | {{ wind\_region }}  {{ wind\_pressure }} |  |
| Тип местности | {{ area }} |  |
| Район по гололеду  толщина стенки гололеда, мм | {{ ice\_region }}  {{ ice\_thickness }} |  |
| Нормативное ветровое давление при гололеде, Па | {{ ice\_wind\_pressure }} |  |
| Расчетная температура воздуха, 0 С  среднегодовая  минимальная  при ветре  при гололеде  максимальная | {{ year\_average\_temp }}  {{ min\_temp }}  {{ wind\_temp }}  {{ ice\_temp }}  {{ max\_temp }} |  |
| Региональные коэффициенты:  по ветру  по гололеду | {{ wind\_reg\_coef }}  {{ ice\_reg\_coef }} |  |
| Район по пляске проводов | {{ wire\_hesitation }} |  |

Климатические характеристики приняты в соответствии с проектом и действующей нормативно-технической документацией.

При расчете ВЛ и их элементов учитываются климатические условия - ветровое давление, толщина стенки гололеда, температура воздуха, интенсивность грозовой деятельности, пляска проводов и тросов, вибрация согласно проекту.

Систематический расчет провода{{ if\_ground\_wire }} в соответствии с проектом приведен в Приложении А.

## Провода и тросы

Опора {{ pole\_code }} предназначена для подвески {{ wire\_count }} проводов марки {{ wire }} по ГОСТ 839{{ if\_ground\_wire\_and\_quantity }}

При расчете проводов и тросов учтены следующие данные.

Для опоры {{ pole\_code }}:

Длина ветрового пролета – {{ wind\_span }} м.

Длина весового пролета – {{ weight\_span }} м.

Максимальное напряжение в проводе {{ wire }} при наибольшей нагрузке – {{ wire\_tencion }} кгс/мм2.

Расчетные нагрузки на опору от провода{{ if\_ground\_wire }} рассчитаны и приняты в соответствии с проектом и действующей нормативно-технической документацией.

## Нагрузки на опоры

В соответствии с требованиями гл. 2.5 ПУЭ-7 и исходными данными, в расчетах при определении нагрузок приняты следующие коэффициенты:

* надежности по ответственности для ветра: {{ wind\_coef }},
* региональный по ветру: {{ wind\_reg\_coef }},
* надежности по ответственности для гололеда: {{ ice\_coef\_1 }},
* региональный по гололеду: {{ ice\_reg\_coef }},
* надежности по гололеду: {{ ice\_coef\_2 }};
* сочетаний при расчете тяжения проводов: 1.0;
* надежности по ветру при расчете нагрузок на опоры: 1ПС – 1.3 (2 ПС - 1.1);
* условий работы при расчете проводов: 0.5;
* надежности по ветру при расчете проводов: 1.1;
* условий работы при расчете нагрузок на опоры: 1ПС –1 (2ПС - 0.5);
* надежности по весовой нагрузке при расчете проводов: 1;
* надежности по весовой нагрузке при расчете нагрузок: 1.05;
* надежности при расчете тяжения проводов: 1ПС - 1.3 (2ПС - 1).

Нагрузки, воздействующие на строительные конструкции ВЛ, в зависимости от продолжительности действия подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые).

К постоянным нагрузкам относятся:

собственный вес проводов, тросов, строительных конструкций, гирлянд изоляторов, линейной арматуры; тяжение проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда; воздействие предварительного напряжения конструкций, а также нагрузки от давления воды на фундаменты в руслах рек.

К длительным нагрузкам относятся:

нагрузки, создаваемые воздействием неравномерных деформаций оснований, не сопровождающихся изменением структуры грунта, а также воздействием усадки и ползучести бетона.

К кратковременным нагрузкам относятся:

давление ветра на провода, тросы и опоры - свободные от гололеда и покрытые гололедом; вес отложений гололеда на проводах, тросах, опорах; тяжение проводов и тросов сверх их значений при среднегодовой температуре; нагрузки от давления воды на опоры и фундаменты в поймах рек и от давления льда; нагрузки, возникающие при изготовлении и перевозке конструкций, а также при монтаже строительных конструкций, проводов и тросов.

К особым нагрузкам относятся:

нагрузки, возникающие при обрыве проводов и тросов, а также нагрузки при сейсмических воздействиях.

Систематический расчет провода{{ if\_ground\_wire }} в соответствии с проектом и результаты нагрузок на опору по итогам расчета см. Приложение А; п.4.1.

Нагрузки на опору от проводов и тросов определяются соответствии с ПУЭ-7. Расчет нагрузок осуществляется в специализированном программной комплексе САПР ЛЭП.

Методика расчета приведена далее.

*Нормативная ветровая нагрузка* на провода и тросы, , действующая перпендикулярно проводу (тросу), для каждого рассчитываемого условия определяется по формуле

*,*

где – коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ, принимаемый равным:

Ветровое давление, Па До 200 240 280 300 320 360 400 500 580 и более

Коэффициент 1 0,94 0,88 0,85 0,83 0,80 0,76 0,71 0,70

Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией;

– коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,05 – при 150 м, 1,0 – при 250 м и более (промежуточные значения определяются интерполяцией);

– коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, определяемый по табл.2.5.2 ПУЭ, Седьмое издание;

– коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным: 1,1 – для проводов и тросов, свободных от гололеда, диаметром 20 мм и более; 1,2 – для всех проводов и тросов, покрытых гололедом, и для всех проводов и тросов, свободных от гололеда, диаметром менее 20 мм;

– нормативное ветровое давление, Па, в рассматриваемом режиме;

– определяется по табл.2.5.1 ПУЭ, Седьмое издание в зависимости от ветрового района;

;

𝐹 – площадь продольного диаметрального сечения провода, м (при гололеде с учетом условной толщины стенки гололеда );

– угол между направлением ветра и осью ВЛ.

Площадь продольного диаметрального сечения провода (троса) определяется по формуле, м2

,

где – диаметр провода, мм;

и – коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда по высоте и в зависимости от диаметра провода и определяемые по табл.2.5.4 ПУЭ, Седьмое издание;

– условная толщина стенки гололеда, мм;

– длина ветрового пролета, м.

*Расчетная ветровая нагрузка* на провода, тросы и кабель, определяется по формуле, H

,

где – нормативная ветровая нагрузка;

– коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным 1 – для ВЛ до 220 кВ; 1,1 - для ВЛ 330-750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах независимо от напряжения, а также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;

– региональный коэффициент, принимаемый от 1 до 1,3. Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование ВЛ;

– коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,1;

Ветровая нагрузка от проводов, тросов и кабеля, приложенная к точкам их крепления на опорах, определяется умножением соответствующей линейной гололедной нагрузки на длину весового пролета.

Определение гололедной нагрузки на провода, троса и кабель, воспринимаемой конструкциями опор:

*Нормативная линейная гололедная* нагрузка на 1 м провода и трос определяется по формуле, Н/м

,

где – коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда по высоте и в зависимости от диаметра провода и принимаемые по табл.2.5.4 ПУЭ, Седьмое издание;

– толщина стенки гололеда, мм, по 2.5.46 ПУЭ, Седьмое издание;

– диаметр провода, мм;

– плотность льда, принимаемое равной 0,9 г/см;

– ускорение свободного падения, принимаемое равным 9,8 м/c.

*Расчетная линейная гололедная нагрузка* на 1 м провода (троса) , Н/м, определяется по формуле

*,*

где – нормативная линейная гололедная нагрузка;

– коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным: 1,0 – для ВЛ до 220 кВ; 1,3 – для ВЛ 330-750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах независимо от напряжения, а также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;

– региональный коэффициент, принимаемый равным от 1 до 1,5. Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование ВЛ;

– коэффициент надежности по гололедной нагрузке, равный 1,3 для районов по гололеду I и II; 1,6 - для районов по гололеду III и выше;

– коэффициент условий работы, равный 0,5;

Гололедная нагрузка от проводов, тросов и кабеля, приложенная к точкам их крепления на опорах, определяется умножением соответствующейлинейной гололедной нагрузки на длину весового пролета.

Расчетная горизонтальная нагрузка от тяжения проводов и тросов, , свободных от гололеда или покрытых гололедом, при расчете конструкций опор, фундаментов и оснований определяется как произведение нормативной нагрузки от тяжения проводов и тросов на коэффициент надежности по нагрузке от тяжения , равный:

1,3 – при расчете по первой группе предельных состояний;

1,0 – при расчете по второй группе предельных состояний.

Схемы приложения нагрузок от проводов{{ if\_ground\_wire }}, определенных в программном комплексе САПР ЛЭП, при использовании систематического расчета провода и троса в соответствии с проектом, приведены в пункте 4.1.

## Нагрузки на фундаменты

На основании выполненных расчетов опоры {{ pole\_code }} получены нагрузки по I ПС и II ПС, передаваемые на фундамент.

Результаты расчета представлены в п. 4.1, 4.2 и 4.3.

Предельные состояния, по которым производится расчет опор, фундаментов и оснований ВЛ, подразделяются на две группы.

Первая группа включает предельные состояния, которые ведут к потере несущей способности элементов или к полной непригодности их в эксплуатации, т. е. к их разрушению любого характера. К этой группе относятся состояния при наибольших внешних нагрузках и при низшей температуре, т. е. при условиях, которые могут привести к наибольшим изгибающим или крутящим моментам на опоры, наибольшим сжимающим или растягивающим усилиям на опоры и фундаменты.

Вторая группа включает предельные состояния, при которых возникают недопустимые деформации, перемещения или отклонения элементов, нарушающие нормальную эксплуатацию, к этой группе относятся состояния при наибольших прогибах опор.

Метод расчета по предельным состояниям имеет целью не допускать, с определенной вероятностью, наступления предельных состояний первой и второй групп при эксплуатации, а также первой группы при производстве работ по сооружению ВЛ.

Опоры и фундаменты ВЛ рассчитываются на сочетания расчетных нагрузок нормальных режимов по первой и второй группам предельных состояний и аварийных и монтажных режимов ВЛ по первой группе предельных состояний.

Расчет опор и фундаментов на прочность и устойчивость производится на нагрузки первой группы предельных состояний.

Расчет опор и фундаментов на выносливость и по деформациям производится на нагрузки второй группы предельных состояний.

# Конструктивные решения

## Опора {{ pole\_code }}

Опора {{ pole\_code }} представляет собой одностоечную стальную многогранную конструкцию. Опора располагается на высоте {{ foundation\_level }} м над уровнем земли.

Стойка опоры имеет общую высоту {{ pole\_height }} м и состоит из {{ sections }} секций {{ face\_count }} сечения. Длина секций сверху вниз: {{ sections\_length }} м. Секции многогранной стойки соединяются между собой с помощью {{ connection\_type }} соединения.

{{ if\_telescope\_connection }}

Нижний диаметр стойки составляет {{ bot\_diameter }} мм, верхний диаметр – {{ top\_diameter }} мм.

Секции имеют узлы крепления траверс для проводов на высоте {{ davit\_height }} м от основания опоры. {{ if\_ground\_davit\_height }}

Общий вид опоры приведен в Приложении А.

{{ pole\_code }} устанавливается на фундамент с помощью фланцевого соединения.

Несущие конструкции опоры изготавливаются из стали марки 09Г2С-12 и/или 09Г2С-15 по ГОСТ 19281-2014 (класса прочности С345). Класс прочности стали основных элементов принимается по таблице В.1 СП 16.13330 в зависимости от значения расчетной температуры воздуха. При этом допускается принимать сталь С355 для 1 и 2 групп конструкций, к которым относятся опоры ВЛ.

В соответствии с п. 15.9.1. СП 16.13330 высокопрочные болты применяются для фрикционных фланцевых соединений, в связи с чем для крепления всех стальных конструкций опоры применяются болты классом прочности 8.8 (в соответствии с СТО ФСК ЕЭС 56947007-29.240.55.199-2015 пункт 2.7.1).

Сварные соединения элементов опоры и фундамента производить полуавтоматами в среде углекислого газа по ГОСТ 14771-76. Сварка производится в закрытых помещениях при положительной температуре окружающей среды. На месте сварки не должно быть атмосферных осадков, сильного ветра и сквозняков. Сварочные работы выполняются до оцинковки изделия.

# Расчет опоры {{ pole\_code }}

Для проверки несущей способности опоры {{ pole\_code }} на условия прохождения трассы были выполнены следующие расчеты:

1. Расчет проводов{{ if\_ground\_wire }}.

2. Расчет ветровой нагрузки. Ветровая нагрузка на конструкцию опоры определяется как сумма средней и пульсационной составляющих согласно п. 2.5.63 ПУЭ-7.

3. Расчеты несущей способности элементов по первой (по прочности и устойчивости) и второй (по деформативности) группам предельных состояний. Опора рассчитана в специализированном программном комплексе.

4. Расчет нагрузок на фундаменты опор по всем вариантам загружений по первой и второй группе предельных состояний.

## Схемы нагрузок от проводов и тросов

{%p for load\_case in loads\_case\_dict %}

1. {{ loads\_case\_dict[load\_case] }}

{%p endfor %}

Опоры должны рассчитываться в нормальном режиме по первой и второй группам предельных состояний на сочетания условий, указанных в 2.5.71 пп. 4, 5, 6 и в 2.5.73 пп. 1, 2, 3 ПУЭ-7.

Опоры анкерного типа опоры должны рассчитываться также на условия 2.5.71 п. 2 ПУЭ-7, если тяжение проводов или тросов в этом режиме больше, чем в режиме наибольших нагрузок.

Опоры анкерного типа должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на обрыв тех проводов и тросов, при обрыве которых усилия в рассматриваемых элементах получаются наибольшими.

Опоры анкерного типа должны проверяться в монтажном режиме по первой группе предельных состояний.

Схемы нагрузок от проводов и грозозащитного троса по I ПС приведены на рис. 4.1.1.-4.1.7.

Все нагрузки указаны в кгс.

|  |  |
| --- | --- |
| {%tr for load\_case in load\_pic\_dict %} | |
| {{ load\_pic\_dict[load\_case][0] }} | {{ load\_pic\_dict[load\_case][2] }} |
| {{ load\_pic\_dict[load\_case][1] }} | {{ load\_pic\_dict[load\_case][3] }} |
| {%tr endfor %} | |

## Расчет опоры по I группе ПС

Расчет многогранной опоры проведен по деформированной схеме: с учетом дополнительных усилий (изгибающих моментов), возникающих от весовых нагрузок при деформациях стойки опоры.

Расчет опоры производится в соответствии с ПУЭ-7, СП 16.13330.2017, СТО 56947007- 29.240.55.054-2010.

Ветровая нагрузка на опору определяется согласно ПУЭ-7, а также определяется в соответствии с пунктом 11.1.8 «СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия». Нормативная пульсационная составляющая принимается равно наибольшему значению, полученному по одному из двух методов определения.

Расчет по деформированной схеме может быть выполнен итеративно. На первой итерации определяются горизонтальные перемещения точек оси стойки от изгибающих моментов по недеформированной схеме. На второй и последующих итерациях уточняются изгибающие моменты за счет дополнительных моментов от весовых нагрузок на разности перемещений оси стойки в точке приложения весовой нагрузки и в рассматриваемой точке, при этом учитываются перемещения, вычисленные на предыдущей итерации. Затем с учётом уточнённых моментов определяются уточненные прогибы (перемещения узлов).

При расчётах предполагается, что ось стойки узлами k (k=0..n) разбита на n участков высотой li (i=1..n). Моменты инерции участков Ii постоянны, весовые нагрузки Gk от проводов (тросов) и элементов опоры приложены к узлам.

Принята нумерация узлов и участков оси стойки опоры снизу вверх.

Порядок вычислений на каждой итерации:

1. Уточнение изгибающих моментов:

,

,

где:

– изгибающий момент на верхней границе участка по деформированной схеме, *кН м;*

– изгибающий момент на нижней границе участка по деформированной схеме, *кН м;*

– изгибающий момент на верхней границе участка по недеформированной схеме, *кН м;*

– изгибающий момент на нижней границе участка по недеформированной схеме, *кН м;*

– перемещение узла *k* на предыдущей итерации, , *м;*

– весовая нагрузка от проводов (тросов) и элементов опоры, приложенная к узлу *k, кН*.

2) Определение перемещений узлов с учетом уточненных моментов:

,

где:

– угол поворота опоры от единичного момента (податливость заделки), *рад*;

– высота узла *k,* , *м;*

– высота *i*-го участка, м;

– момент инерции сечения *i*-го участка, м4;

– модуль упругости материала изготовления опоры, *кПа*;

– изгибающий момент на верхней границе участка *i* от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле , *кН ∙ м*;

– изгибающий момент на нижней границе участка *i* от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле , *кН ∙ м*;

– средний изгибающий момент на участке *i*, *кН ∙ м*;

– средний изгибающий момент на участке i от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле , *кН ∙ м*.

Прочность сечения многогранного элемента опоры проверяется по формулам:

,

,

где:

– нормальное напряжение в произвольной точке многогранного элемента, *кПа*;

– касательное напряжение в произвольной точке многогранного элемента*,* *кПа*;

– коэффициент условий работа, определяемый в соответствии с разделом 4 СНиП II-23;

– расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, *кПа*;

– расчетное сопротивление стали сдвигу, *кПа*.

Нормальные и касательные напряжения в произвольной точке C многогранного элемента опоры с координатами x и y следует определять по формулам:

где:

– нормальная сила, действующая на элемент опоры, *кН*;

– поперечная сила, действующая на элемент опоры вдоль оси *OX,* *кН;*

– поперечная сила, действующая на элемент опоры вдоль оси *OY,* *кН;*

– изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось *OY,* *кН м;*

– изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось *OX,* *кН м;*

– крутящий момент, действующий по горизонтальной плоскости, проходящей через ось *OX* и *OY,* *кН м;*

– площадь поперечного сечения многогранного элемента, *м2;*

– осевые моменты инерции сечения относительно осей OX и OY, *м4;*

*–* расстояние от точки C до оси *OY, м;*

*–* расстояние от точки C до оси *OX, м;*

– толщина стенки элемента, м;

– площадь многоугольника, ограниченного замкнутой средней линией сечения, *м2;*

– число сторон многоугольника;

– расстояние от стороны многоугольника, ограниченного замкнутой средней линией сечения до оси *OX* (*OY*), *м*;

– расстояние от внешней стороны контура сечения многогранного элемента до оси *OX* (*OY*), *м*;

– угол, *рад*;

– статический момент относительно оси *OX* части сечения элемента, *м3*;

– статический момент относительно оси *OY* части сечения элемента, *м3*.

Площадь поперечного сечения многогранного элемента определяется по формуле:

,

Моменты инерции сечения относительно осей *OX* и *OY* определяются по формуле:

С погрешностью не более 3% касательные напряжения можно определить по формуле:

где:

– средний радиус, равный среднему арифметическому радиусов вписанной и описанной окружностей вокруг многоугольника, ограниченного замкнутой средней линией сечения, *м*;

– безразмерный параметр;

– безразмерный параметр;

*–* угловая координата точки C, *рад*.

Расчетная схема опоры показана на рис. 4.2.1.

{{ pole\_pic }}

Рис. 4.2.1 Расчетная схема опоры

Максимальная загрузка элементов конструкции при воздействии нагрузок по I ПС приведены в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1.

|  |  |
| --- | --- |
| Элемент | Загрузка, % |
| {%tr for usage in section\_usage %} | |
| {{ usage }} | {{ section\_usage[usage] }} |
| {%tr endfor %} | |

Напряжения в сечениях элементов не превышают предельно допустимые значения по прочности и устойчивости. Максимальные усилия, воспринимаемые болтами соединений, не превышают допустимых по прочности.

## Расчет опоры по II группе ПС

Расчет многогранной опоры проведен по деформированной схеме: с учетом дополнительных усилий (изгибающих моментов), возникающих от весовых нагрузок при деформациях стойки опоры.

Схема деформированной опоры представлена на рис.4.3.1.

{{ pole\_defl\_pic }}

Рис. 4.3.1. Деформированная схема опоры

В соответствии с ПУЭ-7 {{ pole\_type\_text }}

Отклонение опоры составляет {{ deflection }} мм.

{{ if\_ankernaya }}

## Расчетные нагрузки на фундаменты

Схема расположения фундаментов опоры представлена на рис. 4.3.1.

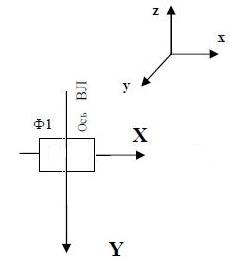


Рис. 4.3.1. Схема расположения фундаментов опоры {{ pole\_code }}.

Максимальные нагрузки, передаваемые опорой на голову фундамента, для расчета по первому предельному состоянию приведены в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | I ПС | II ПС |
| Изгибающий момент, М, кН\*м | {{ bending\_moment1 }} | {{ bending\_moment2 }} |
| Вертикальная нагрузка, N, кН | {{ vertical\_force1 }} | {{ vertical\_force2 }} |
| Горизонтальная нагрузка, Q, кН | {{ shear\_force1 }} | {{ shear\_force2 }} |

## Выводы по результатам расчета опоры

На основании проведенных расчетов многогранная металлическая опора {{ pole\_code }} удовлетворяет требованиям по прочности и устойчивости и может быть применена для конкретных условий ВЛ {{ voltage }} кВ.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЧЕРТЕЖ ОПОРЫ

{{ mont\_schema }}