

Применение, монтаж и расчёт многогранных опор

Студенты гр. 10205119 Артёменко И.А., Усович А.

Научный руководитель – ст. пр. Куранова О.В.,
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Многогранная опора – это опора со стойкой (или же стойками), выполненными в виде полых усечённых пирамид из стального листа с поперечным сечением в виде правильного многогранника.

Подобный тип опор для Беларуси явление новое, но подобная технология изготовления и эксплуатации многогранных опор уже нашла широкое применение в мире и доказала свою эффективность.

Многогранные опоры в основном применяются в качестве опор для воздушных линий электропередач; опор освещения; транспортных опор контактной сети для наземного электротранспорта; мачт связи; опор для светосигнального оборудования и светофоров; стальных молниеотводов.

Стальные многогранные опоры можно эксплуатировать в населенной и ненаселенной местности в гололедных и ветровых районах. Допустимая температура воздуха – до $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Среди преимуществ многогранных опор над традиционными металлическими и железобетонными можно отметить их повышенную прочность, долговечность, экономичность, удобство монтажа и эксплуатации и широчайший спектр применения.

МО удобна в монтаже, возможна установка опор *методом падающей стрелы*. Не требуется большое монтажное пространство, что особенно важно в городе. Так же практика показывает, что несмотря на такие особенности климата и ландшафта как мерзлота, болотистая местность, песчаный грунт или скальная порода, многогранная опора не теряет своих характеристик. За счет применения нескольких видов фундамента, ее можно смонтировать практически где угодно. Полный комплекс монтажных работ по установке одной опоры у бригады может занимать около 30 минут. Бригада из 3 человек может установить за одну рабочую смену около 16 многогранных опор.

Металлические многогранные опоры могут быть смонтированы на фундаментах различного конструктивно-технологического решения, в зависимости от конкретных грунтовых условий согласно отчету о инженерно-геологических изысканиях и нагрузок от конкретной опоры.

Геодезические работы при сооружении фундамента следует выполнять в объеме и с точностью, обеспечивающими размещение элементов сооружения фундаментов опор, соответствие геометрических параметров проектной документации, требованиям строительных норм, правил и государственных стандартов. При бурении опор глубина отверстий может достигать 8 метров, а диаметр – 250-900 мм; при обустройстве уличного освещения глубина варьируется в пределах 0.5-5 метров, диаметр – 150-500 мм. В плане глубины и диаметра указаны ориентировочные диапазоны: конкретное значение зависит от нагрузок, испытываемых несущей конструкцией и вида грунта на участке. Например, если грунт склонен к пучению, то придется делать скважину глубже уровня промерзания. Соблюдение технологии бурения под опоры и грамотный выбор оборудования позволит сделать надежную скважину, которая выдержит климатические и механические воздействия.

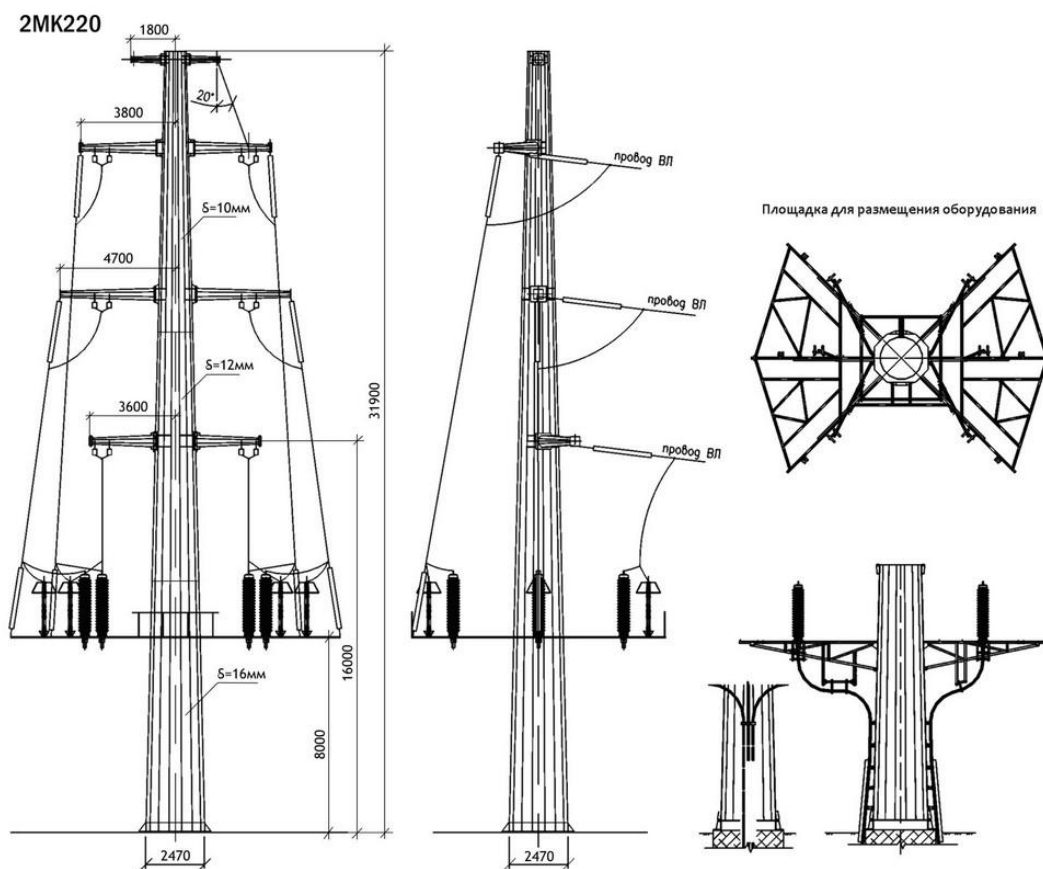
Из чего можно сделать вывод экономичности, экологичности и надежности этих опор. Экология и экономия ресурсов достигается за счет компактности этого вида опор, для установки которых достаточно 1 квадратного метра земли, в то время как для установки обычной решетчатой опоры требуется площадь свыше 25 метров квадратных. Они надежнее альтернативных решений, особенно в сложных гололедно-ветровых условиях. На испытаниях стальные многогранные опоры разрушались при нагрузках, в 1,5 раза превышающих расчетные.

Размеры и конструкцию основы для многогранных опор выбирают в зависимости от направления действия и размера нагрузки на фундамент, учитывая выбранную строительную технологию. Такая свая закрепляется со значительным усилием на кольцевой базе ее ствола. Изгибающий момент на уровне поверхности почвы при расчетах выступает величиной основной нагрузки на основание.

Высокая величина изгибающего момента требует создания конструкции основания из свай с самыми большими сечениями или с увеличенным шагом между опорами. Размеры и количество свай для фундамента определяются по прочности материала и почвы в соответствии с рассчитанной допустимой нагрузкой на опору.

Создание конструкции свайного основания требует соблюдения условия по ограничению самого маленького расстояния. Три диаметра опоры должно составлять расстояние между осями двух свай. Для свайно-винтового фундамента этот параметр рассчитывается по сечению лопасти.

В соответствии с ПУЭ расчёт многогранных опор должен быть выполнен по двум группам предельных состояний. 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 нагрузках, соответствующих наибольшим напряжениям в элементах опор и наибольшим нагрузкам на фундаменты. Вторая группа включает предельные состояния, при которых возникают недопустимые деформации, перемещения или отклонения элементов опор, нарушающие нормальную эксплуатацию.



В соответствии с ПУЭ установлены следующие ограничения на перемещения: деформации опор при воздействии нагрузок второй группы предельных состояний не должны приводить к нарушению установленных ПУЭ наименьших изоляционных расстояний от проводов до заземленных элементов опоры, до поверхности земли и пересекаемых инженерных сооружений; отклонение верхней точки анкерной опоры не должно превышать $1/100$ ее высоты.

Расчет многогранных опор при известных расчетных параметрах включает в себя следующие этапы: определение нагрузок на конструкцию; статический расчет опоры; проверку элементов опоры по прочности; проверку общей и местной устойчивости элементов опоры; расчёт конструкций узлов.

Расчётные нагрузки на конструкцию опоры и аэродинамические коэффициенты для многогранных элементов опоры при расчёте ветровой нагрузки на конструкцию определяются в соответствии с положениями ПУЭ. Промежуточные стальные многогранные опоры с поддерживающими гирляндами изоляторов и глухими зажимами должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на расчетные условные горизонтальные статические нагрузки $T_{ав}$.

Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка от проводов на промежуточные опоры принимается равной:

$$T_{ав} = 0.3 \cdot \gamma_f \cdot T_{макс}$$

где: $T_{макс}$ - максимальное расчётное горизонтальное натяжение провода, определяемое в соответствии с ПУЭ, кН; γ_f - коэффициент, принимаемый в соответствии с ПУЭ равным:

Статический расчет опоры (определение внутренних усилий в элементах и перемещений точек конструкции) выполняется методами строительной механики и сопротивления материалов. В соответствии с ПУЭ, многогранные опоры относятся к гибким конструкциям, расчет которых должен выполняться по деформированной схеме: с учетом дополнительных усилий (изгибающих моментов), возникающих от весовых нагрузок при деформациях стойки опоры. 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 l_i ($i = 1..n$).

Моменты инерции участков I_i постоянны, весовые G_k 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:

$$M_i^t = M_{0i}^t + \sum_{k=i}^n (f_k^* - f_k^*) G_k,$$

$$M_i^d = M_{0i}^d + \sum_{k=i}^n (f_k^* - f_{i=1}^*) G_k,$$

где: M_i^t – изгибающий момент на верхней границе участка по деформированной схеме, м·кН;

M_i^d – изгибающий момент на нижней границе участка по деформированной схеме, м·кН;

M_{0i}^t – изгибающий момент на верхней границе участка по недеформированной схеме, м·кН;

M_{0i}^d – изгибающий момент на нижней границе участка по недеформированной схеме, м·кН;

f_k^* – перемещение узла k на предыдущей итерации, $f_0^* = 0$, м;

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

2) Определение перемещений узлов с учетом уточненных моментов:

$$f_k = M_1^d \vartheta h_k + \sum_{i=1}^k \frac{l_i}{6I_i E} \left(M_i^t \overline{M_{ki}^t} + M_i^d \overline{M_{ki}^d} + 4M_i^c \overline{M_{ki}^c} \right),$$

где: ϑ – угол поворота опоры от единичного момента (податливость заделки), рад;

$h_k = \sum_{i=1}^k l_i$ – высота узла k , $h_0 = 0$, м;

l_i – высота -ого участка, м;

I_i – момент инерции сечения -ого участка, м⁴;

E – модуль упругости материала изготовления опоры, кПа;

$\overline{M_{ki}^t} = (h_k - h_i)$ – изгибающий момент на верхней границе участка от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле $k \geq i$, м·кН;

$\overline{M_{ki}^B} = (h_k - h_{i=1})$ - изгибающий момент на нижней границе участка от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле $k \geq i$, м·кН;

M_i^c - средний изгибающий момент на участке i , м·кН;

$\overline{M_{ki}^c}$ - средний изгибающий момент на участке от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле $k \geq i$, м·кН.

Если процесс итераций расходится, то общая устойчивость стойки при заданных моментах инерции и нагрузках не обеспечена. Если итерации сходятся медленно, то запасы устойчивости невелики. При расходимости итераций необходимо, а при медленной сходимости целесообразно изменить параметры стойки так, чтобы увеличить моменты инерции или уменьшить пролеты для уменьшения нагрузки. В нормальном случае для практической сходимости итераций достаточно 3 - 5 итераций.

Расчёт элементов опоры по прочности следует выполнять в соответствии с ПУЭ как элементов, подверженных в общем случае воздействию нормальных и поперечных сил, крутящих и изгибающих моментов. Для стоек свободностоящих опор внутренние усилия определяются из расчёта по деформированной схеме. Прочность сечения многогранного элемента опоры проверяется по формулам:

$$\sigma \leq \gamma_c R_y$$

$$\tau \leq \gamma_c R_s$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.15 \cdot \gamma_c R_y$$

где: σ - нормальное напряжение в произвольной точке многогранного элемента, кПа;

τ - касательное напряжение в произвольной точке многогранного элемента, кПа;

γ_c - коэффициент условий работы;

R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, кПа;

R_s - расчетное сопротивление стали сдвигу, кПа.

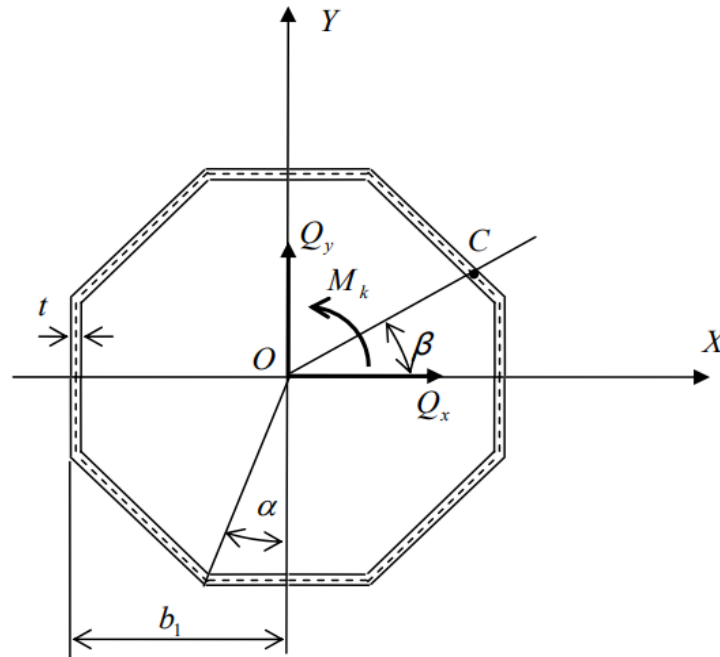


Рис.1

Нормальные и касательные напряжения в произвольной точке C многогранного элемента опоры с координатами x и y (рис. 1) следует определять по формулам:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{I} x \pm \frac{M_x}{I} y$$

$$\tau = \frac{1}{2t} \left(\frac{M_k}{A_\omega} \pm \frac{Q_y}{I} S_x \pm \frac{Q_x}{I} S_y \right)$$

где: N - нормальная сила, действующая на элемент опоры, кН;

Q_x - поперечная сила, действующая на элемент опоры вдоль оси OX , кН;

Q_y - поперечная сила, действующая на элемент опоры вдоль оси OY , кН;

M_x - изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OY , м·кН;

M_y - изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OX , м·кН;

M_k - крутящий момент, действующий в горизонтальной плоскости, проходящей через оси OX и OY , ·кН;

A - площадь поперечного сечения многогранного элемента, m^2 ;

$I = I_x = I_y$ - осевые моменты инерции сечения относительно осей OX и OY , m^4 ;

x - расстояние от точки C до оси OY , м;

y - расстояние от точки C до оси OX , м;

t - толщина стенки элемента, м;

$A_\omega = nb^2 \tan \alpha$ - площадь многоугольника, ограниченного замкнутой средней линией сечения (показанной на рис. 1 пунктиром), m^2 ;

n - число сторон многогранника;

$b = b_1 - \frac{t}{2}$ - расстояние от стороны многоугольника, ограниченного замкнутой средней линией сечения (показанной на рис. 1 пунктиром) до оси OX (OY), м;

b_1 - расстояние от внешней стороны контура сечения многогранного элемента до оси OX (OY), м;

$\alpha = \frac{\pi}{n}$ - угол на рис. 1, рад;

S_x - статический момент относительно оси части сечения элемента, лежащего выше точки C на рис. 1, m^3 ;

S_y - статический момент относительно оси части сечения элемента, лежащего правее точки C на рис. 1, m^3 .

Площадь поперечного сечения многогранного элемента определяется по формуле: $A = 2ntb \tan \alpha$.

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

$$I = I_x = I_y = \frac{n}{3}tb^3 \tan \alpha (\tan \alpha^2 + 3)$$

Знаки в формулах следует принимать в соответствии с направлениями касательных напряжений от сил Q_x , Q_y и момента M_k , показанными на рис. 2.

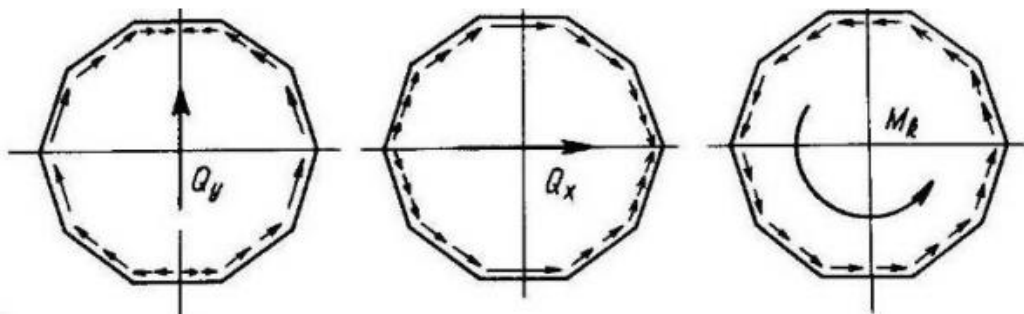


Рис. 2 Направление касательных напряжений

Напряжения в рассматриваемой точке, направленные так же, как на рис. 2, суммируются с одинаковыми знаками.

Из-за ряда преимуществ многогранных опор, которые были достигнуты различными интересным, прогрессивными и необычными решениями современной инженерии, можно смело говорить об их широком применении в обществе с высокой эффективностью. Так же с научной точки зрения они представляют большой интерес для дальнейшего изучения и развития.

Литература

1. ksosvet.ru/blog/mnogogrannye-opory-sfery-primeneniya-osobennosti-i-preimushchestva
2. pue8.ru/elektricheskie-seti/283-stalnye-mnogogrannye-opory.html
3. polygonal.com.ua/ru/sborka_ustanovka_montazh_mnogogrannyih_opor_LEP.php
4. polygonal.com.ua/ru/proektirovanie_metallicheskih_opor_LEP_fundamentov.php
5. www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.55.054-2010.pdf

Способы упрочнения деталей, материалов

Студент гр. 10205119 Вишневская А.И.

Научный руководитель – ст. пр. Куранова О. В.,

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

При восстановлении деталей или изготовлении новых, стремятся не только сохранить их основные эксплуатационные свойства, но и по возможности повысить их. В первую очередь стремятся предотвратить их изнашивание, развитие усталостных трещин, коррозию, КПД машин и другие эксплуатационные показатели оборудования. Все вышеперечисленное достигается следующими способами:



Процесс *термической обработки* состоит из: нагрева металла(сплава) до определенной температуры, его выдержки при