
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
29.240.55.054-2010**

**Руководство
по проектированию многогранных опор и фундаментов
к ним для ВЛ напряжением 110-500 кВ**

Дата введения - 03.09.2010

ОАО «ФСК ЕЭС»
2010

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте

- 1 РАЗРАБОТАН: ОАО «Северо-Западным энергетическим инжиниринговым центром» (ОАО «СевЗап НТЦ»), научно-исследовательской лабораторией конструкций электросетевого строительства
- 2 ВНЕСЕН: ОАО «Северо-Западный энергетический инжиниринговый центр» (ОАО «СевЗап НТЦ»), Департаментом технологического развития и инноваций ОАО «ФСК ЕЭС»
- 3 УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ: приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 03.09.2010 № 644
- 4 ВВЕДЕН: ВПЕРВЫЕ

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: zhulev-an@fsk-ees.ru.

Настоящий стандарт организации не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС».

Оглавление

Введение	4
1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Термины и определения	5
4 Общие положения.....	6
5 Проектирование многогранных опор.....	9
6 Конструирование многогранных опор.....	19
7 Проектирование фундаментов многогранных опор	24
8 Конструирование фундаментов многогранных опор.....	30
Приложение А Существующие конструктивно-технологические решения многогранных опор и их элементов.....	32
Приложение Б Существующие конструктивно-технологические решения фундаментов для многогранных опор	40

Введение

Стандарт организации «Руководство по проектированию многогранных опор и фундаментов к ним для ВЛ напряжением 110-500 кВ» разработан в развитие обязательных положений и требований «Правил устройства электроустановок» седьмой редакции и СТО 56947007-29.240.55.016-2008 «Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ».

Стандарт устанавливает требования к проектированию многогранных опор и фундаментов к ним для воздушных линий электропередачи напряжением 110-500 кВ.

Стандарт должен быть пересмотрен в случаях ввода в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, содержащих не учтенные в Стандарте требования, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций.

1 Область применения

Стандарт распространяется на проектирование промежуточных и анкерных многогранных опор и фундаментов к ним для воздушных линий электропередачи (ВЛ) напряжением 110-500 кВ. Стандарт не распространяется на проектирование многогранных опор в области проводов и климатических условий, на которые не распространяются положения ПУЭ 7-й редакции.

Многогранные опоры могут применяться во всех климатических условиях по СНиП 23-01. Область применения фундаментов многогранных опор определяется соответствующими Стандартами организации ОАО «ФСК ЕЭС» по проектированию и устройству отдельных видов фундаментов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 2.106-96* ЕСКД. Текстовые документы;

ГОСТ 11533-75 Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

СНиП II-23-81* Стальные конструкции;

СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия;

СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений;

СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты;

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии;

СНиП 23-01-2003 Строительная климатология;

СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения;

СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений;

СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов;
СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры;
СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций;
ПУЭ Правила устройства электроустановок, издание 7.

Примечание.

При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 01 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем Стандарте приведены термины, используемые в ПУЭ, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 многогранная опора - опора со стойкой (стойками), выполненными в виде полых усечённых пирамид из стального листа с поперечным сечением в виде правильного многогранника.

3.2 типовые конструкции опор и фундаментов - конструкции, разработанные, испытанные и аттестованные для многократного применения на различных ВЛ.

3.3 индивидуальные конструкции опор и фундаментов - конструкции опор и фундаментов, разработанные для условий конкретных ВЛ; разделяют модифицированные и разработанные впервые конструкции.

3.4 модифицированные конструкции опор - конструкции опор, разработанные на базе типовых конструкций одного класса напряжения с сохранением общей расчетной схемы и конструктивных решений основных узлов.

3.5 телескопический стык элементов многогранной опоры - соединение элементов многогранной опоры между собой, при котором верхняя часть нижнего стыкуемого элемента опоры примыкает изнутри к нижней части верхнего стыкуемого элемента.

3.6 фланцевое соединение элементов многогранной опоры - разъёмное соединение элементов многогранной опоры между собой или с элементами фундамента болтовым соединением с помощью фланцев.

4 Общие положения

4.1 Проектирование ВЛ напряжением 110-500 кВ на многогранных опорах следует выполнять в соответствии с требованиями ПУЭ с учётом требований настоящего Стандарта к проектированию многогранных опор и фундаментов к ним.

4.2 Многогранные опоры и фундаменты к ним должны проектироваться на основе и с учётом:

- результатов инженерно-геологических изысканий для строительства;
- сведений о сейсмичности района строительства;
- данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности опор и фундаментов и условий их эксплуатации;
- действующих на опоры и фундаменты нагрузок;
- условий существующей застройки и влияния на неё нового строительства;
- экологических требований;
- размеров земельных участков для размещения ВЛ;
- технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений для принятия варианта, обеспечивающего наиболее эффективное использование опор и фундаментов.

4.3 Размеры земельных участков для размещения ВЛ определяются «Правилами определения размеров земельных участков для размещения воздушных линий электропередачи и опор линий связи, обслуживающих электрические сети», утверждёнными постановлением Правительства Российской Федерации от 11.08.2003 № 486.

4.4 При проектировании опор и фундаментов следует учитывать местные условия строительства, требования к охране окружающей среды, а также имеющийся опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных инженерно-геологических и гидрологических условиях.

4.5 При проектировании опор и свайных фундаментов в сейсмических районах дополнительно следует учитывать требования ПУЭ, СП 50-101 и СП 50-102.

4.6 Количество типов стальных многогранных опор и фундаментов к ним, применяемых при проектировании ВЛ, должно быть обосновано с учетом расхода материалов и обеспечения единой технологии строительства и эксплуатации.

4.7 При проектировании ВЛ рекомендуется применять типовые и индивидуальные конструкции многогранных опор и фундаментов к ним.

Использование типовых конструкций опор и фундаментов эффективно, если область эксплуатации совпадает с расчетной областью их применения.

При расширении данной области целесообразна разработка индивидуальных конструкций: модифицированных или новых (впервые

разработанных). Разработка индивидуальных для конкретной ВЛ конструкций позволит улучшить экономические показатели ВЛ.

4.8 Модифицированные конструкции опор могут отличаться от прототипа габаритными размерами (высотой, диаметрами), количеством секций, числом граней, толщиной элементов, числом грозозащитных тросов, наличием подставок для увеличения высоты опоры и, возможно, вылетами траверс (если это необходимо для обеспечения требуемых воздушных промежутков).

Модифицированные конструкции фундаментов могут отличаться от прототипа габаритными размерами (высотой ростверка, диаметрами труб), количеством свай, материалом изготовления, наличием банкетки или георешёток.

Несущая способность модифицированных конструкций при применении в конкретных условиях должна быть проверена расчетом. Проведения их испытаний и аттестации не требуется.

Исключительное право разработки модифицированных конструкций имеет организация - автор типовой конструкции, прошедшей процедуру аттестации.

4.9 Разработанные впервые конструкции могут отличаться от типовых общей расчётной схемой и конструктивным решением узлов.

Разрабатываемые впервые конструкции типовых и индивидуальных опор и фундаментов подлежат обязательным испытаниям и аттестации в установленном ОАО «ФСК ЕЭС» порядке.

Механическим испытаниям подвергается опытный образец опоры или фундамента. При необходимости проводятся механические испытания отдельных узлов или элементов конструкции.

Целью испытаний опытного образца конструкции, отдельного узла или элемента является подтверждение соответствия разработанной конструкторской документации на опору или фундамент исходным требованиям.

Для проведения испытаний изготавливается опытный образец конструкции, отдельного узла или элемента. По результатам изготовления опытного образца конструкции должен быть составлен акт его изготовления.

Порядок проведения и объём испытаний определяется программой и методикой испытаний, разрабатываемой и утверждаемой стороной, несущей ответственность за проведение испытаний, на основании задания к программе испытаний, выданного разработчиком конструкции.

Состав программы и методики испытаний определяется в соответствии с ГОСТ 2.106.

В процессе проведения испытаний ход и результаты документально фиксируются по форме и в сроки, предусмотренные программой испытаний. В обоснованных случаях испытания могут быть прерваны и прекращены, в этом случае составляется акт о прекращении проведения испытаний.

Отчёт о проведении испытаний составляется в соответствии с программой и методикой испытаний.

Испытания считают законченными, если их результаты содержат оценку испытаний с конкретными точными формулировками, отражающими соответствие испытываемого опытного образца продукции требованиям конструкторской документации (технического задания).

При возникновении замечаний и предложений при изготовлении заводом-изготовителем опытного образца конструкции и по результатам испытаний в конструкторскую документацию могут быть внесены изменения.

4.10 Многогранные опоры, применяемые при строительстве ВЛ, должны быть изготовлены по техническим условиям, согласованным с авторами проекта опор.

4.11 При проектировании опор и фундаментов необходимо предусматривать меры по обеспечению долговечности конструкций в процессе эксплуатации.

Защиту от коррозии многогранных опор и фундаментов следует проектировать с учётом требований СНиП 2.03.11 и дополнительных требований ОАО «ФСК ЕЭС».

В соответствии с требованиями ОАО «ФСК ЕЭС» стальные многогранные опоры и стальные элементы фундаментов подлежат обязательному цинкованию (в том числе метизы и конструкции, обеспечивающие доступ персонала к узлам крепления гирлянд, проводов и тросов в процессе эксплуатации опор).

Горячее цинкование выполняется в заводских условиях. Толщина покрытия определяется в соответствии со СНиП 2.03.11 в зависимости от степени агрессивности внешней среды.

При отсутствии возможности на заводе-изготовителе выполнения горячего цинкования в связи с превышением диаметров многогранных стоек габаритов существующих ванн цинкования допускается защита лакокрасочными покрытиями с грунтовочным слоем на основе цинкнаполненных материалов. Толщина покрытия определяется в соответствии с техническими условиями на лакокрасочные покрытия.

Применение лакокрасочных защитных покрытий, не аттестованных ОАО «ФСК ЕЭС» на соответствие требованиям «Положения об аттестации оборудования, технологий и материалов в ОАО «ФСК ЕЭС», не допускается.

4.12 Покрытия цинковые не являются декоративными. Допускаются «рябизна поверхности, светло-серые пятна, цвета побежалости, риски, царапины, следы захвата подъемными приспособлениями без разрушения покрытия до основного металла» (п. 2.1.3 ГОСТ 9.307-89).

Для улучшения внешнего вида многогранных опор ВЛ, проходящих по населенным пунктам, туристическим и парковым зонам, на пересечениях с федеральными автодорогами близ населенных пунктов, аэропортов и т.д. необходимо при проектировании ВЛ кроме защитных цинковых покрытий предусматривать нанесение дополнительных декоративных лакокрасочных покрытий.

5 Проектирование многогранных опор

5.1 Стальные конструкции многогранных опор следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП II-23 и ПУЭ.

5.2 В соответствии с ПУЭ промежуточные опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции; анкерные опоры должны проектироваться жёсткими.

В соответствии с ПУЭ к опорам жёсткой конструкции относятся опоры, отклонение верха которых (без учёта поворота фундамента) при воздействии расчётных нагрузок по второй группе предельных состояний не превышает $1/100$ высоты опоры. При отклонении верха опоры более $1/100$ высоты опоры относятся к опорам гибкой конструкции.

5.3 Минимальная толщина стенки стальных многогранных опор ВЛ напряжением 110-500 кВ должна быть не менее 5 мм.

5.4 Нижний диаметр стойки многогранной опоры (диаметр фланца) должен приниматься с учётом предполагаемого типа и габаритных размеров фундамента (с учётом сортамента стальных труб, используемых в фундаментных конструкциях типа свая-оболочка).

5.5 Стойки многогранных опор могут состоять из одной, двух или нескольких секций в зависимости от требуемой высоты опоры. Максимальная длина секций (длина отправочных элементов), как правило, составляет не более 12 м и обуславливается удобством их транспортировки.

5.6 При соединении секций между собой возможно два варианта исполнения: фланцевое и телескопическое соединение.

5.7 При соединении секций многогранных опор с помощью телескопического стыка ориентировочная длина стыка принимается в зависимости от диаметров соединяемых секций: равной полутора - двум диаметрам (ориентировочно 1.8 среднего диаметра соединяемых секций). Данный размер уточняется расчетом и результатами испытаний.

При проектировании необходимо учесть возможное отклонение длины стойки за счёт допуска на длину телескопического стыка при соединении секций при монтаже. Допускаемое отклонение составляет 10-12% от длины стыка.

Конструкции опор с телескопическим соединением должны иметь детали для стягивания секций опоры и обеспечения плотной посадки. Стягивание секций рекомендуется производить возрастающей нагрузкой с шагом, зависящим от диаметра соединяемых секций, до прекращения перемещения секций относительно друг друга.

Пример технического решения телескопического стыка приведён в приложении А.

5.8 В конструкциях многогранных опор используются фланцевые соединения с расположением болтов по окружности (в стыках секций стоек между собой и с фундаментом) и по контуру прямоугольника (в узлах примыкания многогранных траверс к стойке опоры).

Фланцевое соединение секций стойки между собой обеспечивает точное соответствие высоты стойки, полученной при монтаже опоры, её проектному значению

Расчёт фланцевых соединений выполняется методом конечных элементов с учётом требований СНиП II-23. Для уменьшения концентрации напряжений в пластине фланца (уменьшения её толщины) рекомендуется усиливать фланец рёбрами жёсткости.

Количество и диаметр болтов, толщины фланцевых плит определяются расчётом и уточняются по результатам испытаний. По усилиям в болтах должна быть проверена прочность швов, прикрепляющих ребра к фланцу и ребра к стойке по методике СНиП II-23.

5.9 Соединения продольных стыковых швов секции опоры выполняются в заводских условиях автоматической сваркой под слоем флюса по ГОСТ 11533 или полуавтоматической сваркой в среде защитного газа по ГОСТ 11533.

Другие сварные соединения элементов опоры допускается выполнять полуавтоматической сваркой в среде защитного газа по ГОСТ 11533.

Сварочные материалы по своим механическим характеристикам должны соответствовать применяемым маркам стали.

5.10 При проектировании сварных соединений следует:

- обеспечивать свободный доступ к местам выполнения швов с учетом выбранного способа и технологии сварки;
- выбирать такой способ сварки, назначать толщину швов и их взаимное расположение так, чтобы в конструкциях возникали возможно меньшие собственные напряжения и деформации от сварки;
- избегать сосредоточенности большого числа швов в одном месте;
- принимать минимально необходимое число и минимальные размеры сварных швов;
- продольные стыковые сварные швы наружной стороны нижней секции и внутренней стороны верхней секции в местах телескопического соединения, должны быть зачищены заподлицо с основным материалом;
- размеры и форму сварных угловых швов следует принимать по указаниям п. 12.8 СНиП II-23.

5.11 При выборе расположения фаз проводов необходимо учитывать большую деформативность одностоечных многогранных опор по сравнению с решётчатыми стальными опорами. В соответствии с ПУЭ 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.

5.12 При изготовлении, транспортировании, монтаже и эксплуатации многогранных элементов опоры (секций стойки и траверс) необходимо обеспечить пространственную неизменяемость, прочность, устойчивость и жёсткость опор в целом и их отдельных элементов.

Нижние сечения секций стоек должны иметь временные съёмные диафрагмы для сохранения геометрических размеров поперечных сечений секций при транспортировке.

5.13 Перечень статей, посвящённых проектированию многогранных опор, приведён в приложении Б.

5.14 Виды многогранных опор и их элементов

5.14.1 Классификация многогранных опор ВЛ повторяет классификацию металлических решётчатых опор в соответствии с ПУЭ.

5.14.2 По конструктивному решению многогранные опоры могут быть свободно стоящими и опорами на оттяжках.

Свободностоящие опоры могут быть одностоечными или многостоечными (двух- и трёхстоечными).

Двухстоечные свободностоящие опоры могут быть порталными с внутренними связями: гибкими или жёсткими.

5.14.3 По типу соединения секций между собой опоры разделяются на опоры с телескопическим и опоры с фланцевым соединениями.

5.14.4 Траверсы многогранных опор могут быть выполнены многогранными, решётчатыми или изолирующими.

В случае многогранного исполнения траверс их соединение со стойкой опоры выполняется фланцевым. Многогранные траверсы могут крепиться к стойке опоры перпендикулярно или наклонно вверх или вниз. Сами траверсы могут быть прямыми или изогнутыми. Пример узла крепления многогранных траверс к стойке опоры приведён в приложении А.

В случае решётчатого исполнения траверс соединения траверс со стойкой и элементов траверс между собой выполняются болтовыми.

Изолирующие траверсы, предназначенные для изоляции и крепления проводов к опоре, крепятся к стойке опоры с помощью специально разработанных узлов крепления на основе сварного и болтового соединений.

5.14.5 Провода фаз могут крепиться к траверсам с использованием изоляторов или непосредственно к изолирующим траверсам.

При креплении проводов фаз с использованием изоляторов возможны следующие варианты: вертикальная, V-образная и Λ-образная гирлянды изоляторов. V-образные гирлянды изоляторов располагаются поперёк оси ВЛ в межфазном пространстве. Λ-образные гирлянды располагаются вдоль оси ВЛ.

5.14.6 Существующие конструктивно-технические решения многогранных опор и их элементов приведены в приложении А.

5.15 Основные указания по расчёту многогранных опор

5.15.1 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.

5.15.2 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.

5.15.3 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.

5.16 Определение нагрузок на конструкцию

5.16.1 Расчётные нагрузки на конструкцию опоры определяются в соответствии с положениями ПУЭ и СНиП 2.01.07.

5.16.2 Аэродинамические коэффициенты для многогранных элементов опоры при расчёте ветровой нагрузки на конструкцию определяются в соответствии с СНиП 2.01.07 (схема 13 приложения 4).

5.16.3 Промежуточные стальные многогранные опоры ВЛ 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 $T_{ав}$ принимается равной:

- на ВЛ с нерасщепленными фазами и ВЛ напряжением до 330 кВ с расщепленными фазами:

- с проводами с площадью сечения проводящей части до 185 мм²:

$$T_{ав} = 0.3 \cdot \gamma_f \cdot T_{макс} \quad (5.1),$$

где:

$T_{ав}$ - расчётная условная горизонтальная статическая нагрузка от проводов на промежуточную опору в аварийном режиме, кН ;

$T_{макс}$ - максимальное расчётное горизонтальное тяжение провода, определяемое в соответствии с ПУЭ, кН ;

γ_f - коэффициент, принимаемый в соответствии с ПУЭ равным:

1- для ВЛ с нерасщеплёнными фазами;

0.8-для ВЛ с расщеплёнными фазами при расщеплении на два провода;

0.7-для ВЛ с расщеплёнными фазами при расщеплении на три провода;

0.6-для ВЛ с расщеплёнными фазами при расщеплении на четыре провода;

- с проводами с площадью сечения проводящей части до 205 мм² и более:

$$T_{ав} = 0.25 \cdot \gamma_f \cdot T_{макс} \quad (5.2),$$

- на ВЛ напряжением 500 кВ с расщеплением на три и более проводов в фазе:

$$T_{ав} = 0.15 \cdot T_{макс} \quad (5.3),$$

но не менее 18 кН;

- на ВЛ напряжением 750 кВ с расщеплением на четыре и более проводов в фазе:

$$T_{ав} = 27 \text{ кН} \quad (5.4).$$

Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка $T_{ав}$ от тросов на промежуточные опоры принимается равной:

- от одиночного троса:

$$T_{ав} = 0.5 \cdot T_{макс} \quad (5.5),$$

где:

$T_{ав}$ -расчётная условная горизонтальная статическая нагрузка от тросов на промежуточную опору в аварийном режиме, кН ;

$T_{макс}$ -максимальное расчётное горизонтальное тяжение троса, определяемое в соответствии с ПУЭ, кН ;

- от расщеплённого троса (из двух составляющих):

$$T_{ав} = 0.4 \cdot T_{макс} \quad (5.6),$$

но не менее 20 кН.

5.17 Статический расчёт опоры

5.17.1 Статический расчет опоры (определение внутренних усилий в элементах и перемещений точек конструкции) выполняется методами строительной механики и сопротивления материалов.

5.17.2 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.

5.17.3 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 нагрузки 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:

$$M_i^t = M_{0i}^t + \sum_{k=i}^n (f_k^* - f_{i-1}^*) G_k \quad (5.7),$$

$$M_i^d = M_{0i}^d + \sum_{k=i}^n (f_k^* - f_{i-1}^*) G_k \quad (5.8),$$

где:

M_i^t - изгибающий момент на верхней границе участка по деформированной схеме, $\kappa H \cdot m$;

M_i^d - изгибающий момент на нижней границе участка по деформированной схеме, $\kappa H \cdot m$;

M_{0i}^t - изгибающий момент на верхней границе участка по недеформированной схеме, $\kappa H \cdot m$;

M_{0i}^d - изгибающий момент на нижней границе участка по недеформированной схеме, $\kappa H \cdot m$;

f_k^* - перемещение узла k на предыдущей итерации, $f_0^* = 0$, m ;

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

2) Определение перемещений узлов с учетом уточненных моментов:

$$f_k = M_1^d \vartheta h_k + \sum_{i=1}^k \frac{l_i}{6I_i E} (M_i^t \bar{M}_{ki}^t + M_i^d \bar{M}_{ki}^d + 4M_i^c \bar{M}_{ki}^c) \quad (5.9),$$

где:

ϑ - угол поворота опоры от единичного момента (податливость заделки), rad ;

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

l_i - высота i -ого участка, m ;

I_i - момент инерции сечения i -ого участка, определяемый по формуле (5.16), m^4 ;

E - модуль упругости материала изготовления опоры, $\kappa Па$;

$\bar{M}_{ki}^t = (h_k - h_i)$ - изгибающий момент на верхней границе участка i от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле $k \geq i$, $\kappa H \cdot m$;

$\bar{M}_{ki}^d = (h_k - h_{i-1})$ - изгибающий момент на нижней границе участка i от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле $k \geq i$, $\kappa H \cdot m$;

M_i^c - средний изгибающий момент на участке i , $\kappa H \cdot m$;

\bar{M}_{ki}^c - средний изгибающий момент на участке i от единичной горизонтальной силы, приложенной в узле $k \geq i$, $\kappa H \cdot m$.

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.

5.18 Проверка элементов опоры по прочности

5.18.1 Расчёт элементов опоры по прочности следует выполнять в соответствии с СНиП II-23 как элементов, подверженных в общем случае воздействию нормальных и поперечных сил, крутящих и изгибающих моментов.

5.18.2 Для стоек свободностоящих опор внутренние усилия определяются из расчёта по деформированной схеме.

5.18.3 Прочность сечения многогранного элемента опоры проверяется по формулам:

$$\sigma \leq \gamma_c R_y \quad (5.10),$$

$$\tau \leq \gamma_c R_s \quad (5.11),$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.15 \cdot R_y \gamma_c \quad (5.12),$$

где:

σ - нормальное напряжение в произвольной точке многогранного элемента, $\kappa Па$;

τ - касательное напряжение в произвольной точке многогранного элемента, $\kappa Па$;

γ_c - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с разделом 4 СНиП II-23;

R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, $\kappa Па$;

R_s - расчетное сопротивление стали сдвигу, $\kappa Па$.

5.18.4 Нормальные и касательные напряжения в произвольной точке C многогранного элемента опоры с координатами x и y (рис. 5.1) следует определять по формулам:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{I} y \pm \frac{M_y}{I} x \quad (5.13),$$

$$\tau = \frac{1}{2t} \left(\frac{M_k}{A_\omega} \pm \frac{Q_x}{I} S_y \pm \frac{Q_y}{I} S_x \right) \quad (5.14),$$

где:

N - нормальная сила, действующая на элемент опоры, κH ;

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

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

M_x - изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OY , $\kappa H \cdot m$;

M_y - изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OX , $\kappa H \cdot m$;

M_k - крутящий момент, действующий горизонтальной плоскости, проходящей через оси OX и OY , $\kappa H \cdot m$;

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 , m ;

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

t - толщина стенки элемента, m ;

$A_\omega = nb^2 \operatorname{tg} \alpha$ - 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), m ;

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

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

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

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

Площадь поперечного сечения многогранного элемента определяется по формуле:

$$A = 2ntb \operatorname{tg} \alpha \quad (5.15).$$

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

$$I = I_x = I_y = \frac{n}{3} t b^3 \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg}^2 \alpha + 3) \quad (5.16).$$

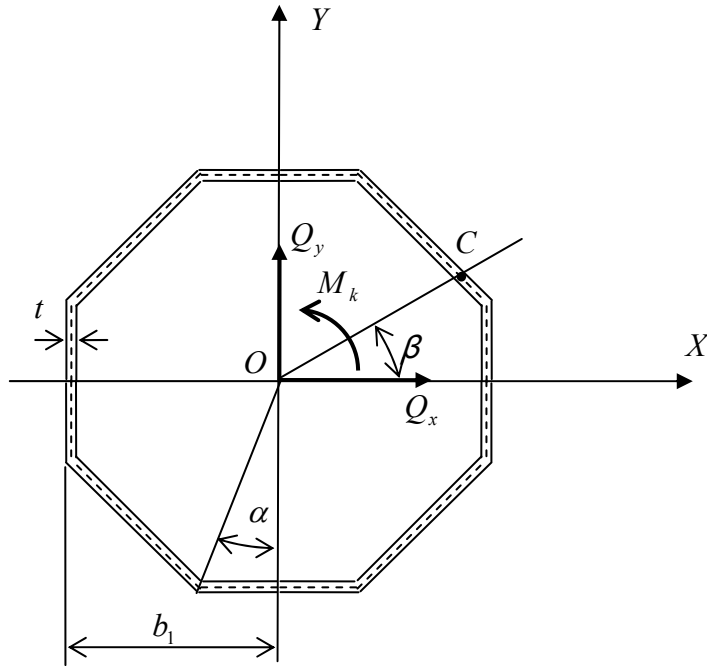


Рис. 1 - Схема приложения расчётных нагрузок на элемент многогранной опоры (нагрузки показаны в сечении элемента (в плоскости XOY))

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

$$\tau = \frac{M_k}{2t A_o} \pm \frac{Q_x b_{cp}^2}{I} K_x \pm \frac{Q_y b_{cp}^2}{I} K_y \quad (5.17),$$

где:

b_{cp} - средний радиус, равный среднему арифметическому радиусов вписанной и описанной окружностей вокруг многоугольника, ограниченного замкнутой средней линией сечения (показанной на рис. 5.1 пунктиром), m ;

$K_x = \left(\frac{b_{cp}}{b}\right)^2 \sin \varphi$ - безразмерный параметр;

$K_y = \left(\frac{b_{cp}}{b}\right)^2 \cos \varphi$ - безразмерный параметр;

φ - угловая координата точки C , rad .

5.18.6 Знаки в формулах (5.13), (5.14) и (5.17) следует принимать в соответствии с направлениями касательных напряжений от сил Q_x , Q_y и момента M_k , показанными на рис. 2. Напряжения в рассматриваемой точке, направленные так же, как на рис. 2, суммируются с одинаковыми знаками.

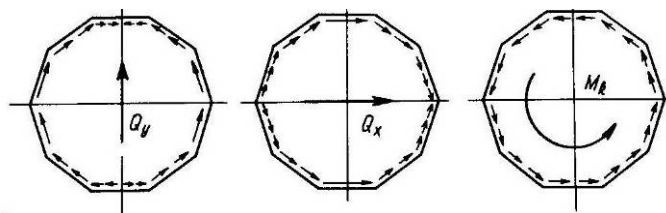


Рис. 2 - Направления касательных напряжений.

5.19 Проверка общей и местной устойчивости элементов опоры

5.19.1 При расчете по деформированной схеме проверка общей устойчивости стойки многогранной одностоечной опоры не требуется.

5.19.2 Устойчивость стоек многогранных опор на оттяжках и свободностоящих двухстоечных с внутренними связями должна быть проверена по СНиП II-23 как устойчивость внецентренно-сжатых элементов. При этом допускается расчетные параметры сжатого участка считать постоянными по длине, взяв характеристики усреднённого сечения.

5.19.3 Под местной устойчивостью элементов опоры понимается сохранение формы поверхности тонкостенных элементов (при потере местной устойчивости происходит выпучивание стенки).

5.19.4 При расчете местной устойчивости стенки необходимо выполнить две проверки:

- по п. 7.14* СНиП II-23 как стенки центрально сжатого (условно) элемента коробчатого сечения;
- по п. 8.5 СНиП II-23 как замкнутой цилиндрической оболочки.

5.19.5

$$\varphi^* = \frac{\sigma_{\max}}{R_y \gamma_c} \quad (5.18),$$

где

φ^* - условный коэффициент продольного изгиба;

σ_{\max} - максимальное напряжение в средней точке наиболее напряженной сжатой грани (для стойки - рассчитанное по деформированной схеме), *кПа*.

Соответствующая φ^* условная гибкость определяется из уравнения:

$$\varphi(\bar{\lambda}) = \varphi^* \quad (5.19),$$

где

$\bar{\lambda}$ - условная гибкость;

$\varphi(\bar{\lambda})$ - функция, определяемая формулами (8)-(10) СНиП II-23.

Можно также определить соответствующую φ^* гибкость λ^* обратной интерполяцией по таблице 72 СНиП II-23, и, далее, условная гибкость определяется по формуле:

$$\bar{\lambda} = \lambda^* \sqrt{\frac{R_y}{E}} \quad (5.20).$$

Под значением расчётной высоты стенки h_{ef} в СНиП II-23 следует понимать ширину грани между началами внутренних закруглений отгиба контура сечения, см. рис. 11 в СНиП II-23.

5.19.6 При проверке местной устойчивости многогранного профиля по п. 8.5 СНиП II-23 как цилиндрической оболочки, радиус срединной поверхности оболочки r , м, принимается равным:

$$r = \frac{b}{2} \left(1 + \frac{b}{\cos \alpha} \right) \quad (5.21).$$

6 Конструирование многогранных опор

6.1 При проектировании многогранных опор необходимо принимать решения, позволяющие минимизировать затраты при проектировании, строительстве и эксплуатации ВЛ.

6.2 Выбор параметров опор должен выполняться с учётом следующих факторов:

- стоимость материалов для изготовления конструкций опор и фундаментов;
- количество типов опор на ВЛ;
- количество типов фундаментов на ВЛ (в зависимости от типа опоры, нагрузок на фундаменты, грунтовых условий, технологических возможностей строительных организаций по устройству фундаментов);
- затраты на землеотвод (постоянный и временный) и работы по отводу просеки;
- затраты на транспортировку опор и фундаментов;
- сроки и стоимость строительно-монтажных работ;
- затраты при эксплуатации ВЛ.

6.3 При проектировании ВЛ до 220 кВ применение многогранных опор по сравнению с башенными конструкциями эффективно по критерию расхода стали на ВЛ.

При проектировании ВЛ напряжением 330-500 кВ чаще всего анкерно-угловые одностоечные многогранные опоры менее эффективны, чем башенные конструкции по этому критерию.

6.4 Выбор конструкции и размеров многогранных опор должен осуществляться с учётом значений и направлений действия нагрузок на опору, вычисленных с учётом:

- климатических условий (нагрузок, на которые рассчитывается опора);
- типов тросов (в том числе для волоконно-оптических линий связи), проводов и изоляторов;
- расположения фаз проводов;
- типа гирлянд изоляторов.

В случае требования минимизации ширины просеки при прохождении ценных лесных массивов рациональной может оказаться конструкция опоры с односторонним расположением проводов фаз.

В случае необходимости повышения пропускной способности ВЛ рекомендуется уменьшение горизонтального расстояния между проводами фаз.

6.5 При проектировании новой многогранной опоры необходимо задать следующие параметры опоры:

- количество стоек опоры и наличие связей между ними;
- общую высоту стойки опоры;
- количество секций стойки опоры;
- высоту каждой секции стойки;
- толщину каждой секции стойки;
- количество граней секций;
- верхний и нижний диаметры стойки;
- материал изготовления опоры (расчётное сопротивление стали);
- тип соединения секций опоры (фланцевое или телескопическое);
- геометрические параметры траверс и способ их соединения со стойкой.

6.6 При выборе количества стоек многогранной опоры необходимо учитывать класс напряжения ВЛ, значения нагрузок на фундаменты и грунтовые условия.

Для ВЛ 110-500 кВ эффективно применение свободностоящих одностоечных опор (как промежуточных, так и анкерно-угловых), если передаваемые на фундамент нагрузки и грунтовые условия допускают установку опоры на фундамент из одиночной сваи-оболочки или буронабивной сваи.

При передаваемых на закрепление больших нагрузках или строительстве на грунтах с малой несущей способностью рационально применение многостоечных многогранных опор, опор на оттяжках, комбинированных стоек (с верхней частью из многогранных секций и нижней решётчатой) или опор башенного типа. Применение данных видов опор позволяет передать нагрузки на несколько фундаментов.

При небольших расстояниях между стойками двухстоечных опор могут оказаться рациональными жесткие связи, при которых расчетная схема опоры симметрична и нагрузки на фундаменты меньше. Гибкие внутренние связи порталных опор позволяют уменьшить изгибающие моменты в стойках, затраты стали и нагрузки на фундаменты.

Если требование минимизации площади, занимаемой опорой, не очень существенно, и стоимость транспортировки высока, рациональными могут оказаться опоры на оттяжках, особенно при прохождении ВЛ в районах со сложными инженерно-геологическими условиями.

Для опор ВЛ 220-500 кВ по затратам стали и с учётом закреплений эффективными могут оказаться многостоечные опоры. Например, для промежуточных опор ВЛ часто эффективны двухстоечные порталные опоры, а для анкерно-угловых - свободностоящие трёхстоечные.

6.7 Характеристики опоры являются взаимозависящими, поэтому необходимо выбирать параметры опоры совместно с учётом минимизации затрат при проектировании, строительстве и эксплуатации ВЛ.

При выборе высоты стойки опоры, а, следовательно, и количества опор на 1 км трассы ВЛ, необходимо учитывать затраты на сооружение фундаментных конструкций. Чем выше нагрузка на фундамент, тем больше затраты на его сооружение, в том числе при больших нагрузках на фундаменты часто используются дорогостоящие технологии их сооружения.

При уменьшении нагрузок на фундаменты (при увеличении количества опор и фундаментов) увеличиваются расходы на природоохранную составляющую и переустройство существующей застройки (пересечение инженерных коммуникаций, в том числе линий связи). При увеличении количества опор на 1 км трассы необходимо учитывать увеличение количества используемых изоляторов и линейной арматуры, а также увеличение эксплуатационных расходов (например, на замену изоляторов и линейной арматуры).

Применение V-образных гирлянд уменьшает отклонение проводов при ветре, но увеличивает стоимость конструкции, также увеличиваются эксплуатационные расходы.

6.8 Высоту секций стойки заданной высоты необходимо принимать с учётом расхода материала на соединение секций между собой.

При использовании телескопического соединения необходимо учитывать расход металла на стык, размеры которого зависят от диаметров соединяемых секций.

При расчете геометрических параметров секций, ввиду малости толщины листов, обычно принимается сглаженная геометрия стойки. На рис. 3 показана схема стойки с телескопическими стыками, на рис. 4 - принимаемая расчётная модель стойки со сглаженной геометрией.

Максимальная высота секции h_{\max} определяется длиной стандартного стального листа, из которого выкраивается секция.

При максимальной высоте секции уменьшается расход металла на соединение (диаметр секции уменьшается с высотой опоры). При уменьшении высоты секции, с одной стороны, расход металла на соединение увеличивается, с другой стороны расход металла уменьшается за счёт уменьшения толщины стенки последующих секций.

С целью уменьшения высоты стыков, обычно в качестве нижних секций применяются секции максимальной высоты: $h_1 = h_{\max}, \dots, h_{n-1} = h_{\max}$; высота верхней секции h_n определяется требуемой высотой стойки H .

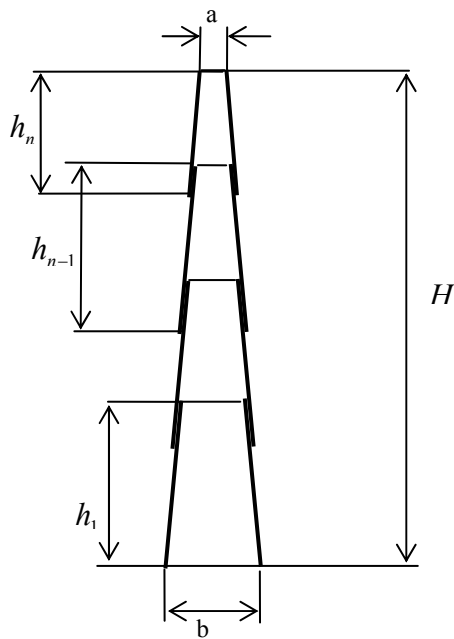


Рис. 3 - Схема многогранной стойки с телескопическими стыками с реальными секциями

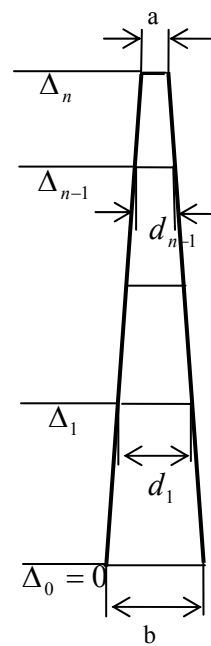


Рис. 4 - Схема многогранной стойки с телескопическими стыками с расчётными секциями

При заданных высотах секций отметки верхних границ секций могут быть найдены последовательно по формулам:

$$\Delta_1 = h_1, \\ \Delta_i = \Delta_{i-1} + h_i - \mu(b - \gamma \Delta_{i-1}), \quad i = 2, \dots, n \quad (6.1),$$

где:

Δ_i - отметка верхней границы i -ой секции, м;

h_i - высота i -ой секции, м;

h_i - высота i -ой секции, м;

μ - отношение высоты стыка к диаметру на верхней границе стыка;

$\gamma = \frac{b-a}{H}$ - безразмерный параметр;

b - нижний диаметр стойки, м;

a - верхний диаметр стойки, м;

H - высота стойки, м;

n - количество секций стойки.

По формуле (6.1) при $i = 2, \dots, n-1$ можно рекуррентно определить значения $\Delta_2, \dots, \Delta_{n-1}$. При $i = n$ из (6.1) можно найти высоту верхней укороченной секции:

$$h_n = \Delta_i - \Delta_{i-1} + \mu(b - \gamma \Delta_{n-1}) \quad (6.2)$$

6.9 Высоту стойки необходимо принимать с учётом минимума отходов листа при раскрое.

Часто высота стойки H не является жестко заданной. Например, при проектировании опор ВЛ от высоты стойки зависит габаритный пролет и соответствующие ему затраты на 1 км ВЛ. В районе оптимальной для величины габаритного пролёта высоты стойки затраты слабо зависят от изменения H , поэтому в разумных пределах высоту стойки можно варьировать.

При одинаковой высоте нижних секций h_{\max} высоту верхней секции h_n целесообразно выбирать так, чтобы секцию можно было выкроить с минимальными отходами из целого листа, половины листа, 1/3 листа и т.д. В этом случае отходы стали минимизируются при значениях h_n , при которых выкроенные из одного листа секции используются в двух, трёх или более стойках.

Высота стойки H определяется из уравнений (6.1) при $i = n$. Значения $\Delta_2, \dots, \Delta_n$ вычисляются последовательно, $\Delta_n = H$:

$$H = \Delta_{n-1}(H) + h_n - \mu(b - \gamma \Delta_{n-1}(H)) \quad (6.3).$$

При предположении, что

$$h_n = L/m - \delta \quad (6.4),$$

где:

L - длина стандартного листа, m ;

m - параметр, принимающий значения 1, 2, и т.д.;

δ - разность между высотой секций и требуемой длиной листа для выкройки развертки секции, m .

Различным значениям параметра m соответствуют значения h_n и значения H , как решения уравнения (6.4). Из полученного ряда значений H выбирается подходящая высота стойки опоры.

Выбор высоты стойки из условия минимума отходов листа при раскрое особенно важен при выборе высоты многократно используемых (типовых) опор.

6.10 На практике расчетные параметры опоры назначаются на основе интуиции и опыта, или на базе рассмотрения нескольких вариантов с варьированием небольшого числа параметров (метод вариантного проектирования).

Возможно сочетание вариантного проектирования с систематической оптимизацией, использующей математические алгоритмы рационального перебора вариантов.

6.11 Конструкции многогранных опор ВЛ должны обеспечивать доступ обслуживающего персонала к узлам крепления гирлянд, проводов и тросов в соответствии с требованиями ПУЭ.

На стойках и траверсах опоры должна быть предусмотрена возможность закрепления рабочих с помощью монтажных приспособлений в соответствии с действующими правилами техники безопасности.

6.12 Конструкции многогранных опор ВЛ должны обеспечивать возможность закрепления монтажных приспособлений с помощью унифицированных деталей.

7 Проектирование фундаментов многогранных опор

7.1 Фундаментные конструкции многогранных опор следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01 и СП 50-101.

7.2 При проектировании свайных фундаментов следует учитывать требования СНиП 2.02.03 и СП 50-102.

7.3 При проектировании фундаментов с железобетонными элементами следует учитывать требования СНиП 52-01 и СП 52-101.

7.4 При проектировании свайных фундаментов число свай в фундаменте и их размеры следует назначать из условия максимального использования прочности материала свай и физико-механических и деформационных свойств грунтов основания при расчётной нагрузке, допускаемой на сваю. Выбор длины свай должен производиться в зависимости от грунтовых условий строительной площадки, уровня расположения нижней части ростверка с учётом возможностей имеющегося оборудования для устройства свайных фундаментов.

7.5 Виды фундаментов многогранных опор

7.5.1 Рекомендуются следующие виды фундаментов для закрепления многогранных опор:

- фундаменты из одиночных стальных свай-оболочек;
- фундаменты из одиночных буронабивных свай;
- свайные фундаменты из винтовых свай с металлическим ростверком;
- свайные фундаменты из стальных свай-оболочек с металлическим ростверком;
- фундаменты с монолитным железобетонным ростверком из винтовых, забивных или буронабивных свай, стальных свай-оболочек;
- монолитные фундаменты.

7.5.2 Глубина заложения фундаментов из одиночных буронабивных свай или стальных свай-оболочек при диаметре свай от 0.7 до 2.5 м может достигать 15-20 м в зависимости от нагрузок на фундамент и грунтовых условий. Оптимальная глубина заложения фундаментов - 4-6 м.

7.5.3 Рекомендуемое количество буронабивных свай или стальных свай-оболочек большого диаметра (не менее 500 мм) в свайных фундаментах с ростверком составляет две, три, четыре, шесть и более; малого диаметра (менее 500 мм) и винтовых свай - две, четыре, восемь, двенадцать и более. Рекомендуемая длина свай в свайных фундаментах - до 12 м.

7.5.4 Существующие конструктивно-технические решения фундаментов многогранных опор приведены в приложении В.

7.6 Основные указания по расчёту фундаментов многогранных опор

7.6.1 Расчёт фундаментов производится в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01, СП 50-101, СНиП 2.02.03, СП 50-102, СНиП 52-01, СП 52-101.

7.6.2 В соответствии с СП 50-101 основания должны рассчитываться по двум группам предельных состояний: первой - по несущей способности и второй - по деформациям.

В том числе расчёт свайных фундаментов в соответствии с СП 50-102 должен быть выполнен по предельным состояниям:

а) первой группы:

- по прочности материала свай и свайных ростверков;
- по несущей способности грунта основания свай на сжимающие и выдёргивающие нагрузки;

- по несущей способности грунта оснований свайных фундаментов (по устойчивости), если на них передаются значительные горизонтальные нагрузки, в том числе сейсмические, если сооружение расположено на откосе или вблизи него или если основание сложено круто падающими слоями грунта;

б) второй группы:

- по перемещениям оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;

- по перемещениям свай (горизонтальным и углам поворота головы свай) совместно с грунтом основания от действия горизонтальных нагрузок и моментов;

- по образованию или чрезмерному раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов.

Согласно СП 50-102 расчёт свайных фундаментов по несущей способности, регламентированный последним подпунктом первой группы предельных состояний (по устойчивости), допускается не производить, если конструктивными мероприятиями обеспечена невозможность смещения проектируемого фундамента.

7.6.3 При расчёте фундаментов по предельным состояниям второй группы предельное значение угла поворота закрепления следует принимать равным 0.01 радиана.

7.6.4 Расчёт по образованию или чрезмерному раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов следует выполнять в соответствии с СНИП 52-01 и СП 52-101.

7.6.5 Расчёт усилий в элементах фундамента производится на нагрузки от опоры, приложенные в уровне фланца опоры.

7.6.6 Расчёт фундаментов и их оснований по предельным состояниям первой группы и по перемещениям свай совместно с грунтом основания от действия горизонтальных нагрузок и моментов следует выполнять на основные сочетания расчётных нагрузок в нормальных режимах и особое сочетание расчётных нагрузок в монтажных и аварийных режимах работы.

Расчёт свай, свайных фундаментов и их оснований по перемещениям оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок и по образованию или чрезмерному раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов следует выполнять на сочетание нормативных нагрузок в нормальных и аварийных режимах работы.

7.6.7 В пучинистых грунтах должен быть выполнен расчёт фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения.

7.7 Определение нагрузок на конструкцию

7.7.1 Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчётах фундаментов, коэффициенты надёжности по нагрузке, а также возможные сочетания нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07 с учётом указаний СНиП 2.02.01 и ПУЭ.

7.7.2 Расчёт фундаментов должен быть выполнен по двум предельным состояниям для каждого сочетания расчётных нагрузок на фундамент (расчётного режима).

7.7.3 В каждое сочетание расчётных нагрузок на фундамент (расчётный режим) входят:

N_d^f - расчётная вертикальная сжимающая нагрузка, передаваемая на фундаментную конструкцию, κH ;

N_{du}^f - расчётная вертикальная выдёргивающая нагрузка, передаваемая на фундаментную конструкцию, κH ;

M_x^f - расчётный момент, передаваемый на фундаментную конструкцию, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OY (направленную поперёк оси ВЛ), $\kappa H \cdot м$;

M_y^f - расчётный момент, передаваемый на фундаментную конструкцию, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OX (направленную вдоль оси ВЛ), $\kappa H \cdot м$;

M_k^f - расчётный крутящий момент, передаваемый на фундаментную конструкцию, действующий в горизонтальной плоскости, проходящей через оси OX и OY , $\kappa H \cdot м$;

Q_x^f - расчётная горизонтальная нагрузка, передаваемая на фундаментную конструкцию, действующая вдоль оси OX (для опор ВЛ - вдоль оси ВЛ), κH ;

Q_y^f - расчётная горизонтальная нагрузка, передаваемая на фундаментную конструкцию, действующая вдоль оси OY (для опор ВЛ - поперёк оси ВЛ), κH .

Все нагрузки приложены в уровне опирания опоры на фундаментную конструкцию (в плоскости XOY).

Схема приложения нагрузок на фундамент приведена на рис. 5.

7.7.4 Для расчёта свай в составе фундаментной конструкции должны быть определены расчётные нагрузки на сваю в каждом расчётном режиме.

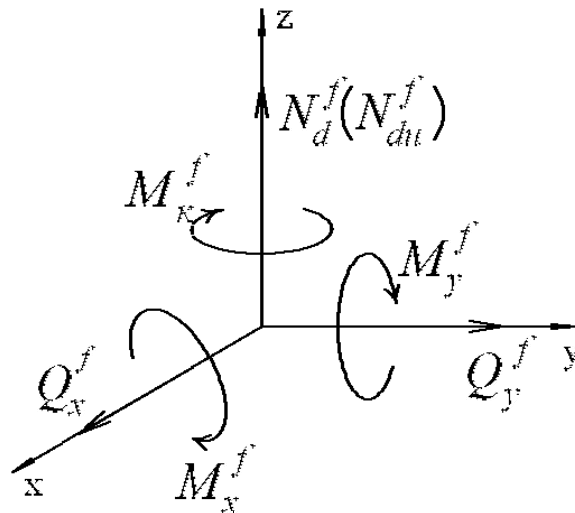


Рис. 5 - Схема приложения расчётных нагрузок на фундамент
(нагрузки приложены в уровне опирания опоры на фундаментную конструкцию
(в плоскости XOY))

7.7.5 Для одиночной вертикальной сваи в составе фундаментной конструкции (в состав фундаментной конструкции входит одна свая) расчётные нагрузки на сваю соответствуют нагрузкам на фундаментную конструкцию (момент рассчитывается в плоскости подошвы ростверка):

$$N_d = N_d^f + \gamma_f \cdot P \quad (7.1),$$

$$N_{du} = N_{du}^f - \gamma_f \cdot P \quad (7.2),$$

$$M_x = M_x^f + L_R \cdot Q_y^f \quad (7.3),$$

$$M_y = M_y^f + L_R \cdot Q_x^f \quad (7.4),$$

$$M_k = M_k^f \quad (7.5),$$

$$Q_x = Q_x^f \quad (7.6),$$

$$Q_y = Q_y^f \quad (7.7),$$

где:

N_d - расчётная сжимающая нагрузка на одну сваю, κH ;

γ_f - коэффициент надёжности по нагрузке для веса фундаментной конструкции, принимаемый в соответствии с СНиП 2.01.07 равным:

1.05 - для металлических фундаментных конструкций при расчёте сжимающей нагрузки;

1.1- для бетонных и железобетонных фундаментных конструкций при расчёте сжимающей нагрузки;

0.9- при расчёте выдёргивающей нагрузки;

P - нормативное значение веса фундаментной конструкции, κH ;

N_{du} - расчётная выдёргивающая нагрузка на одну сваю, κH ;

M_x - расчётный момент, передаваемый на одну сваю, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OY (направленную поперёк оси ВЛ), $\kappa H \cdot м$;

L_R - высота ростверка (расстояние от уровня задания нагрузок на фундамент до подошвы ростверка), м;

M_y - расчётный момент, передаваемый на одну сваю, действующий в вертикальной плоскости, проходящей через ось OX (направленную вдоль оси ВЛ), кН·м;

M_k - расчётный крутящий момент, передаваемый на одну сваю, действующий в горизонтальной плоскости, проходящей через оси OX и OY , кН·м;

Q_x - расчётная горизонтальная нагрузка, передаваемая на одну сваю, действующая вдоль оси OX (вдоль оси ВЛ), кН;

Q_y - расчётная горизонтальная нагрузка, передаваемая на одну сваю, действующая вдоль оси OY (поперёк оси ВЛ), кН.

7.7.6 Для вертикальной сваи в составе фундаментной конструкции (в состав фундаментной конструкции входит не менее двух свай) расчётные нагрузки на сваю определяются по формулам:

$$N_d = \frac{N_d^f + \gamma_f \cdot P}{n} + \frac{(M_x^f + L_R \cdot Q_y^f) \cdot y}{\sum y_i^2} + \frac{(M_y^f + L_R \cdot Q_x^f) \cdot x}{\sum x_i^2} \quad (7.8),$$

$$N_{du} = \frac{N_{du}^f - \gamma_f \cdot P}{n} + \frac{(M_x^f + L_R \cdot Q_y^f) \cdot y}{\sum y_i^2} + \frac{(M_y^f + L_R \cdot Q_x^f) \cdot x}{\sum x_i^2} \quad (7.9),$$

$$M_x = L_R \cdot \left[\frac{Q_y^f}{n} + \frac{M_k^f \cdot x}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \right] \quad (7.10),$$

$$M_y = L_R \cdot \left[\frac{Q_x^f}{n} + \frac{M_k^f \cdot y}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \right] \quad (7.11),$$

$$M_k = 0 \quad (7.12),$$

$$Q_x = \frac{Q_x^f}{n} + \frac{M_k^f \cdot y}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \quad (7.13),$$

$$Q_y = \frac{Q_y^f}{n} + \frac{M_k^f \cdot x}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \quad (7.14),$$

Где:

n - количество свай в фундаментной конструкции;

y - расстояние от оси OX до оси сваи, для которой вычисляют расчётную нагрузку, м;

y_i - расстояния от оси OX до оси каждой сваи, м;

x - расстояние от оси OY до оси сваи, для которой вычисляют расчётную нагрузку, м;

x_i - расстояния от оси OY до оси каждой сваи, м.

При определении расчётных нагрузок на сваю фундамент рассматривается как рамная конструкция, воспринимающая вертикальные и горизонтальные нагрузки, изгибающие и крутящие моменты. Нагрузка считается приложенной в центре тяжести фундаментной конструкции.

В соответствии с СП 50-102 и СНиП 2.02.03 горизонтальная нагрузка, действующая на фундаментную конструкцию с вертикальными сваями одинакового поперечного сечения, принимается равномерно распределённой между всеми сваями.

7.8 Расчёт элементов фундаментов по прочности

7.8.1 Расчёт по прочности металлических элементов фундаментов (в том числе стальных свай и свайных ростверков) следует производить в соответствии с требованиями СНиП II-23 и СП 53-102.

7.8.2 Расчёт по прочности железобетонных элементов фундаментов (в том числе железобетонных свай и свайных ростверков) следует производить в соответствии с требованиями СНиП 52-01 и СП 52-101.

7.8.3 Проверка прочности элементов фундаментов производится при каждом сочетании действующих на фундамент нагрузок (в каждом расчётном режиме).

7.8.4 При проектировании свайных фундаментов необходимо произвести проверку по прочности материала свай и свайных ростверков на осевые силы, изгиб и кручение (в том числе на местную и общую устойчивость).

7.8.5 При проверке прочности ствола сваи при изгибе необходимо учитывать, что максимальный изгибающий момент действует на сваю в сечении, определяемом расчётом с учётом давления грунта на сваю. Допускается максимальные изгибающие моменты для расчёта по прочности принимать равными:

$$M_x^{\max} = M_x + Q_y \cdot \left[\frac{h}{3} + L_0 \right] \quad (7.15),$$

$$M_y^{\max} = M_y + Q_x \cdot \left[\frac{h}{3} + L_0 \right] \quad (7.16),$$

где:

h - глубина заложения нижнего конца сваи, отсчитываемая от природного рельефа или уровня планировки (при планировке срезкой), m ;

L_0 - расстояние от подошвы ростверка до отметки поверхности грунта (при высоком ростверке), m .

Следовательно, проверка прочности ствола сваи при изгибе производится при одновременном действии пар нагрузок M_x^{\max} , Q_y и M_y^{\max} , Q_x .

7.8.6 Проверка прочности ствола сваи при кручении производится при действии нагрузки M_k .

7.8.7 При установке ригелей необходимо произвести проверку по прочности ствола сваи при действии нагрузки в месте сопряжения ригеля и сваи.

7.9 Расчёт фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения

7.9.1 Расчёт фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения выполняется в соответствии с СП 50-101.

7.9.2 В соответствии с СП 50-101 расчёт оснований фундаментов опор ВЛ, сложенных пучинистыми грунтами, по несущей способности должен выполняться с учётом одновременного действия сил морозного пучения, постоянных и длительных временных нагрузок.

Расчёт оснований опор на одновременное действие сил морозного пучения и кратковременных нагрузок (ветровых и от обрыва проводов) не требуется.

7.9.3 Глубина заложения нижнего конца сваи должна быть не менее чем на диаметр сваи больше расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта.

8 Конструирование фундаментов многогранных опор

8.1 Выбор конструкции и размеров закрепления многогранных опор должен осуществляться с учётом значений и направления действия нагрузок на фундаменты (в том числе монтажных нагрузок), а также технологии строительства.

8.2 Отличительной особенностью закрепления многогранных одностоечных опор является значительная концентрация усилий на кольцевой базе ствола опоры. Основной расчётной нагрузкой на фундамент многогранной опоры является изгибающий момент в уровне поверхности грунта.

8.3 Для восприятия больших величин изгибающих моментов рекомендуется конструировать свайные фундаменты из одиночных свай большого диаметра (свай-оболочек или буронабивных свай) или многосвайные фундаменты с максимально возможным расстоянием между сваями.

8.4 Число свай в фундаменте и их размеры следует назначать из условия максимального использования прочности материала свай и грунтов основания при расчётной нагрузке, допускаемой на сваю.

При конструировании свайных фундаментов необходимо соблюдать условие ограничения минимального расстояния между сваями: расстояние между осями свай должно быть не менее 3-х диаметров сваи. Для винтовых свай расстояние должно быть не менее 3-х диаметров лопасти сваи.

8.5 Фундаменты из буронабивных свай большого диаметра следует проектировать преимущественно в виде одиночных свай.

8.6 Фундаменты из стальных свай-оболочек в зависимости от действующих нагрузок следует проектировать в виде одиночных свай или свайных кустов. Рекомендуемое количество стальных свай-оболочек в кустах: две, три, четыре, шесть и более.

8.7 Фундаменты из винтовых свай следует проектировать в виде свайных кустов. Рекомендуемое количество винтовых свай в кустах: две, три, четыре, шесть и более.

8.8 Выбор длины свай должен производиться в зависимости от грунтовых условий строительной площадки и уровня расположения нижней

8.9 При проектировании фундаментов из стальных свай-оболочек и буронабивных свай большого диаметра необходимую несущую способность свай рекомендуется обеспечивать за счёт увеличения глубины погружения сваи, а не за счёт увеличения её диаметра.

8.10 В песках, а также в твёрдых, полутвёрдых и тугопластичных глинистых грунтах рекомендуется применять безригельное закрепление.

Стальные сваи-оболочки в этих случаях рекомендуется погружать с минимальным нарушением структуры грунта (без выемки грунта или с устройством скважины диаметром, равным диаметру стальной сваи-оболочки).

Применение закреплений с нарушением естественной структуры грунта во всех случаях должно обосновываться проектом.

8.11 При применении фундаментов с ригелями ригели должны быть установлены перпендикулярно равнодействующей нагрузок на опору. Направление равнодействующей нагрузок на опору при одинаковом тяжении проводов и тросов в смежных пролётах совпадает с биссектрисой угла, смежного с углом поворота трассы ВЛ.

8.12 В зависимости от конструктивных особенностей закрепляемой опоры применяются фундаменты с монолитным железобетонным или металлическим ростверками.

Железобетонные ростверки применяют для обеспечения жёсткости фундамента, а также для уменьшения давления на грунт при восприятии больших величин изгибающих моментов.

Металлические ростверки применяют для фундаментов из стальных свай-оболочек и винтовых свай.

Железобетонный или металлический ростверк может быть расположен ниже уровня поверхности земли для улучшения эстетического вида фундамента (видна только его опорная часть) и его экологичности (на поверхности земли проектируются зелёные насаждения), уменьшения землеотвода. В этом случае необходимо принять дополнительные меры по гидроизоляции и защите от коррозии расположенных ниже уровня поверхности земли элементов фундамента в соответствии со СНиП 2.03.11.

8.13 При строительстве на пучинистых грунтах необходимо предусматривать меры, предотвращающие или уменьшающие влияние сил морозного пучения грунта на фундаментную конструкцию.

8.14 При проектировании фундаментов из стальных свай-оболочек и буронабивных свай на основаниях, включающих органо-минеральные и органические грунты, следует назначать глубину погружения нижних концов свай больше глубины заложения слоёв этих грунтов. Расчёт фундаментной конструкции должен проводиться по схеме высокого свайного ростверка без учёта несущей способности органо-минеральных и органических грунтов.

Существующие конструктивно-технологические решения многогранных опор и их элементов

Существующие конструктивно-технологические решения многогранных опор отличаются большим разнообразием конструктивных схем для ВЛ различных классов напряжений.

Ниже приведены примеры существующих конструктивно-технологических решений многогранных опор крупнейших производителей и разработчиков многогранных опор.

Примеры многогранных опоры фирмы PetitJean (Франция) приведены на рис. А.1-3:

- на рис. А.1 приведена опора для перехода воздушной линии электропередачи в кабельную;
- на рис. А.2 приведена двухцепная промежуточная опора с многогранными траверсами;
- на рис. А.3 приведена двухцепная анкерно-угловая опора с изогнутыми многогранными траверсами.



Рис. А.1 - Опора для перехода ВЛ в кабельную линию

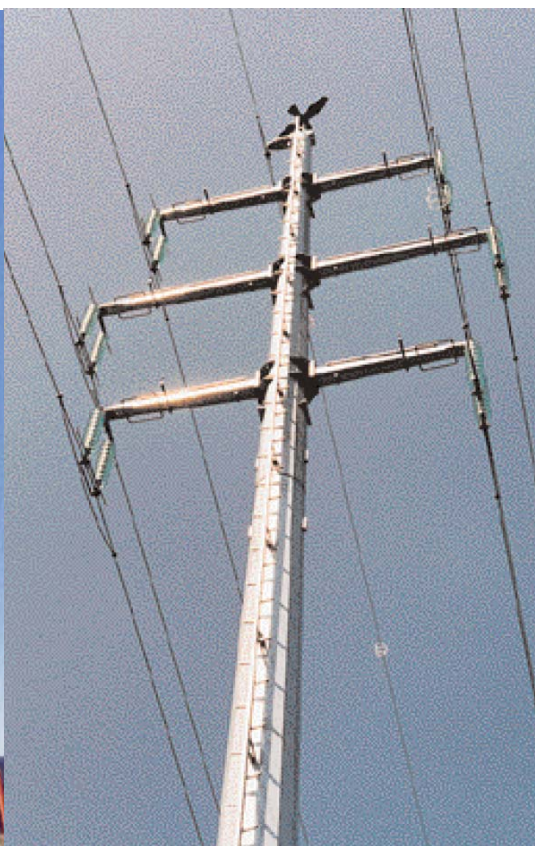


Рис. А.2 - Промежуточная опора с многогранными траверсами



Рис. А.3 - Анкерно-угловая опора с изогнутыми многогранными траверсами

Примеры многогранных опоры фирмы Valmont (США) приведены на рис. А.4-5:

- на рис. А.4 приведена двухцепная промежуточная опора ВЛ 115 кВ с телескопическим стыком;

- на рис. А.5 приведена ВЛ на многогранных опорах распределительной сети.

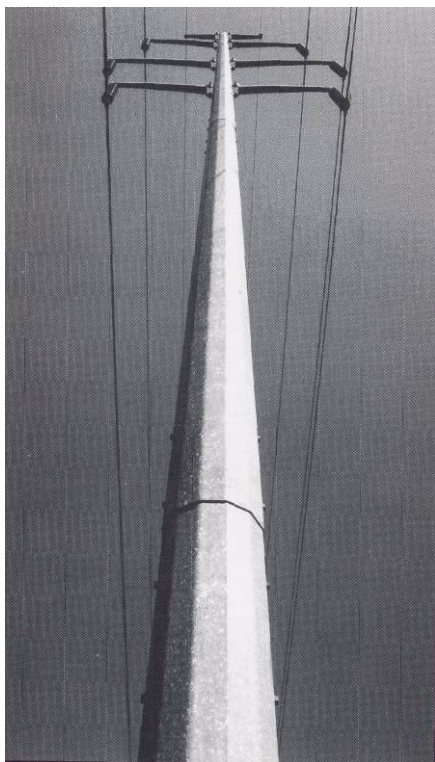


Рис. А.4 - Промежуточная опора с многогранными траверсами.



Рис. А.5 - ВЛ на многогранных опорах.

Примеры многогранных опоры фирмы Thomas and Betts Corporation (США) приведены на рис. А.6-8:

- на рис. А.6 приведена одноцепная промежуточная опора ВЛ 345 кВ с многогранными траверсами с треугольным расположением проводов фаз; стойка и траверсы опоры изготовлены из стали, не требующей защитного покрытия (оксиды, образующиеся первоначально на поверхностях деталей из этой стали, становятся в дальнейшем защитными покрытиями, препятствующими развитию коррозии в глубину);

- на рис. А.7 приведена двухцепная промежуточная опора ВЛ 345 кВ с V-образной гирляндой изоляторов с консольными траверсами с расположением фаз проводов по схеме «бочка»;

- на рис. А.8 приведена двухцепная промежуточная опора ВЛ 345 кВ с V-образной гирляндой изоляторов; наружная ветвь V-образной гирлянды изоляторов прикреплена к концу траверсы, а внутренняя - к стойке опоры.

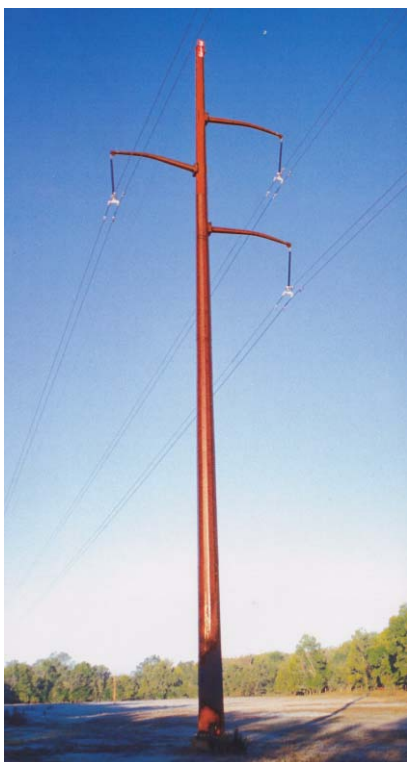


Рис. А.6-Одноцепная опора с треугольным расположением проводов фаз

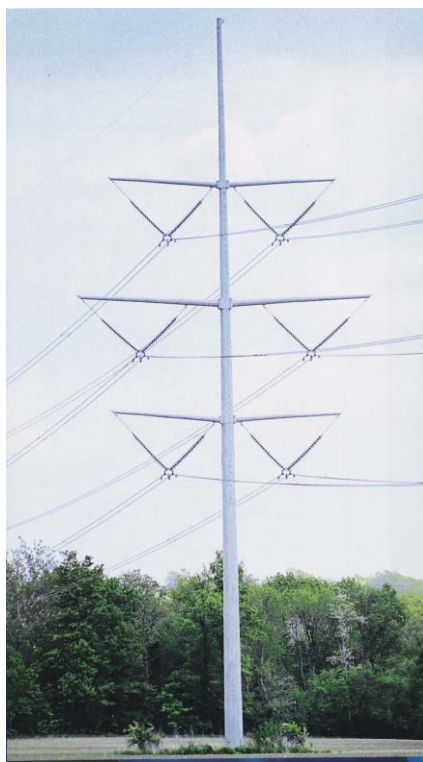


Рис. А.7-Двухцепная промежуточная опора с V-образной гирляндой изоляторов

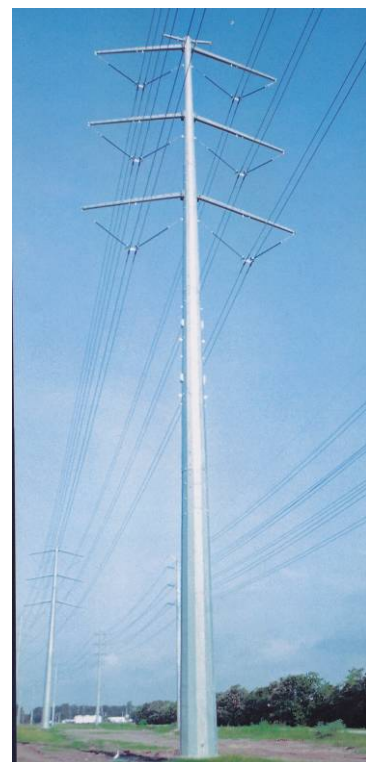


Рис. А.8- Двухцепная промежуточная опора с V-образной гирляндой изоляторов



Рис. А.9- Одноцепная опора с V-образной гирляндой изоляторов.



Рис. А.10- Промежуточная опора с проводами фаз, расположенными по треугольнику вершиной вверх.



Рис. А.11- Промежуточная опора с изолирующими поворотными траверсами.

На рис. А.9-14 приведены многогранные опоры фирмы Thomas and Betts Corporation (США) для ВЛ 500 кВ:

- на рис. А.9 приведена одноцепная промежуточная опора с треугольным расположением проводов фаз, прикрепленных к консольным траверсам на V-образных гирляндах изоляторов;

- на рис. А.10 приведена одностоечная промежуточная опора с проводами фаз, расположенными по треугольнику вершиной вверх; верхняя средняя фаза расположена в «окне» траверсы опоры; грозозащита ВЛ выполнена двумя грозозащитными тросами;

- на рис. А.11 приведена одностоечная опора с треугольным расположением фаз, прикрепленных к изолирующим поворотным траверсам;

- на рис. А.12 приведена двухцепная промежуточная двухстоечная опора; связь между стойками осуществляется только через нижнюю горизонтальную траверсу, к которой между стойками опоры подвешены провода двух фаз; провода остальных четырех фаз двухцепной ВЛ прикреплены к стойкам опоры на консольных траверсах;

- на рис. А.13 приведена опора большого перехода, созданная на основе двух конических стоек на общем фундаменте, с V-образной траверсой;

- на рис. А.14 приведена высокая опора большого перехода ВЛ 500 кВ через водоём; опора порталного типа выполнена на основе двух стоек с горизонтальной траверсой, состоящей из двух консольных траверс с перемычкой между стойками в средней части; в нижней части опоры две стойки опоры соединены жесткими горизонтальными связями.

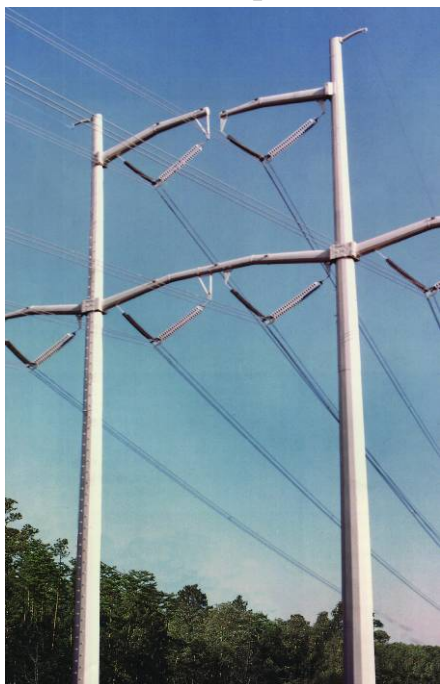


Рис. А.12 - Промежуточная двухстоечная опора



Рис. А.13 - Промежуточная опора большого перехода ВЛ 500 кВ



Рис. А.14 - Переходная опора ВЛ 500 кВ через водоём

Разработанные в 80-х годах прошлого века в институте «Севзапэнергопроект» многогранные опоры приведены на рис. А.15-17:

- на рис. А.15 приведена одностоечная промежуточная опора на оттяжках ВЛ 110 кВ;

- на рис. А.16 приведена одностоечная промежуточная опора на оттяжках ВЛ 220 кВ;

- на рис. А.17 приведена двухстоечная порталная промежуточная опора с гибкими внутренними связями ВЛ 500 кВ.

На рис. А.18 приведена промежуточная опора ВЛ 220 кВ ПМ220-1, разработанная ОАО «НТЦ Электроэнергетики» (НИЦ «РОСЭП»).

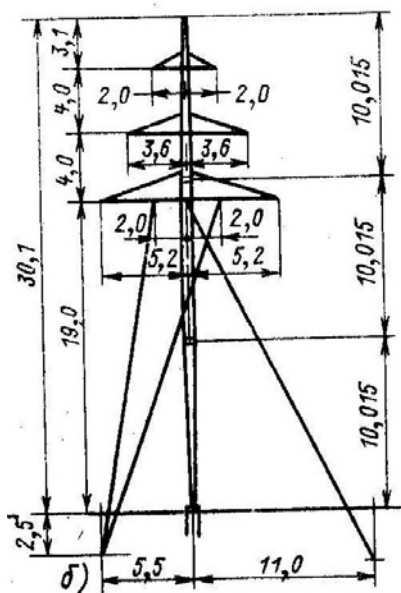


Рис. А.15 - Промежуточная опора на оттяжках ВЛ 110 кВ

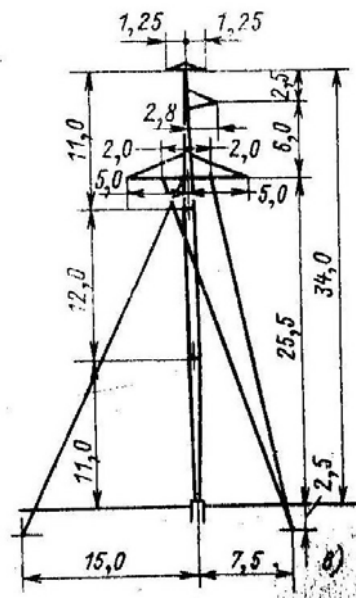


Рис. А.16 - Промежуточная опора на оттяжках ВЛ 220 кВ

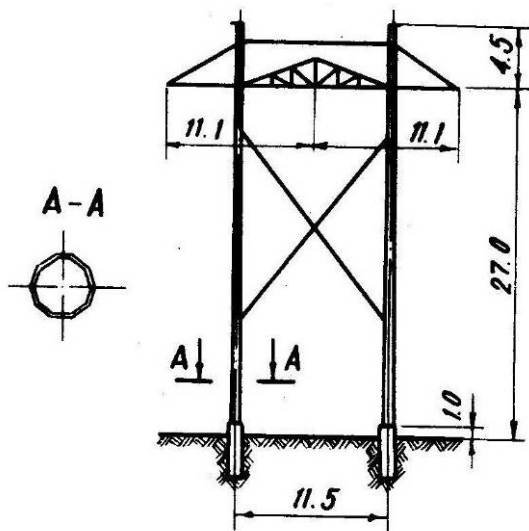


Рис. А.17 - Двухстоечная порталная промежуточная опора с гибкими внутренними связями ВЛ 500 кВ

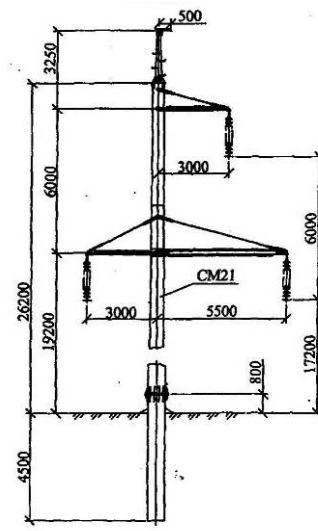


Рис. А.18 - Промежуточная опора ВЛ 220 кВ

Разработанные в ОАО «СевЗап НТЦ» многогранные опоры приведены на рис. 19-22:

- на рис. А.19 приведена одноцепная промежуточная опора ВЛ 330 кВ МП330-1;

- на рис. А.20 приведена двухцепная промежуточная опора ВЛ 330 кВ МП330-2;

- на рис. А.21 приведена одноцепная анкерно-угловая опора ВЛ 330 кВ МУ330-1;

- на рис. А.22 приведена двухцепная анкерно-угловая опора ВЛ 330 кВ МУ330-2.

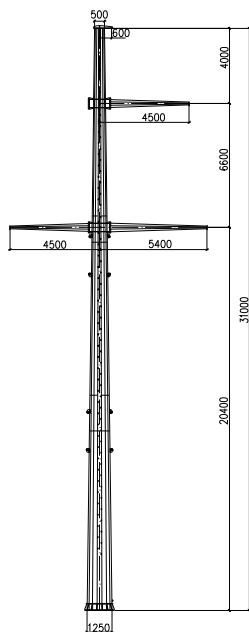


Рис. А.19 - Одноцепная промежуточная опора ВЛ 330 кВ МП330-1.

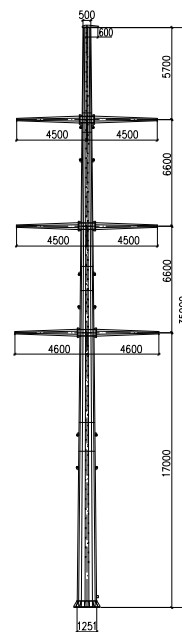


Рис. А.20 - Двухцепная промежуточная опора ВЛ 330 кВ МП330-2.

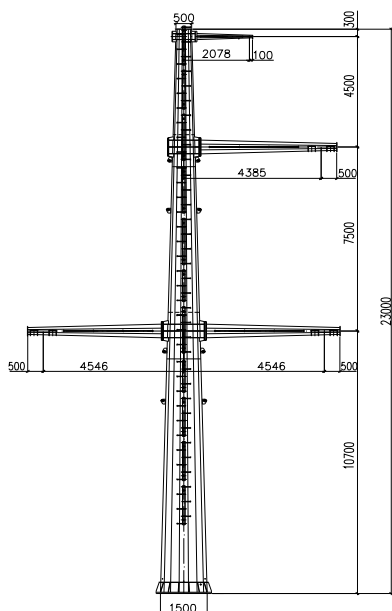


Рис. А.21 - Одноцепная анкерно-угловая опора ВЛ 330 кВ МУ330-1

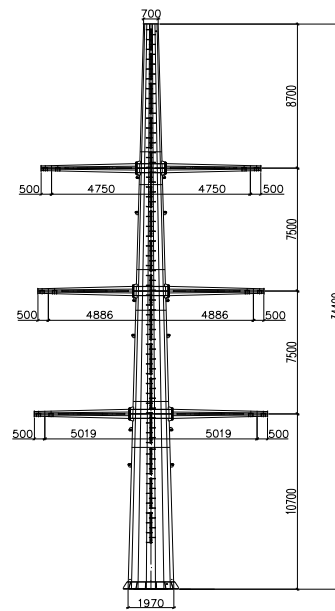


Рис. А.22 - Двухцепная анкерно-угловая опора ВЛ 330 кВ МУ330-2

Существует конструктивно-техническое решение опор ВЛ, объединяющее в себе решётчатые и многогранные конструкции. Верхняя часть комбинированной стойки представляет собой многогранник из

стального листа, нижняя, более интенсивно расширяющаяся к основанию для передачи нагрузок на закрепление из нескольких фундаментов, имеет решетчатую конструкцию.

На рис. А.23-24 приведена комбинированная стойка, нижняя часть которой собирается при монтаже из уголков с помощью болтового соединения (патент на полезную модель № 50554):

- на рис. А.23 приведена общая схема комбинированной стойки;
- на рис. А.24 приведён пример узла монтажного стыка.

На рис. А.25 приведена опора с комбинированной стойкой, у которой нижняя часть решётчатая, с поясами из многогранных секций постоянного сечения. За счёт уменьшения нагрузок на фундаменты по сравнению с многогранной опорой такая опора может быть использована для слабых грунтов или больших нагрузок.

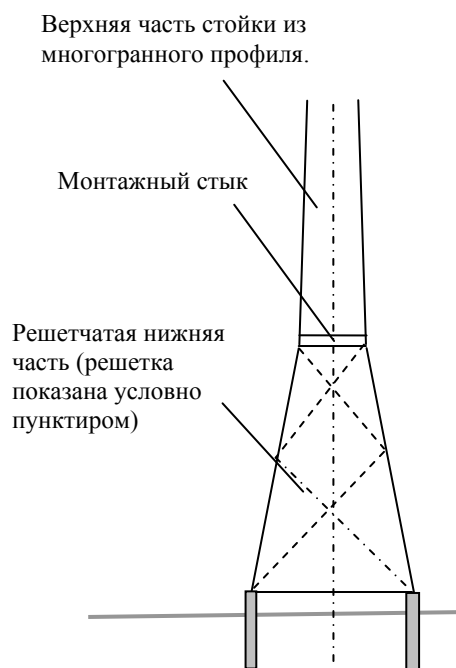


Рис. А.23 - Комбинированная стойка.

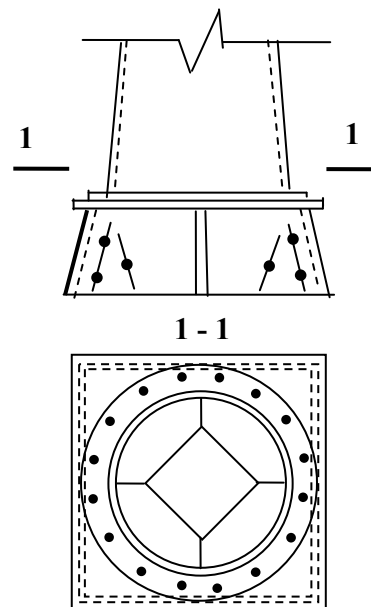


Рис. А.24 - Пример узла монтажного стыка.



Рис. А.25 - Опора с комбинированной стойкой.

Примеры конструктивно-технических решений узлов многогранной опоры приведены на рис. А.26-28:

- на рис. А.26-27 приведён пример телескопического узла с проушинами для стяжки стыкуемых секций;

- на рис. А.28 приведёно решение узла примыкания многогранной траверсы к стойке;
- на рис. А.26-28 показана лестница для подъёма на опору.

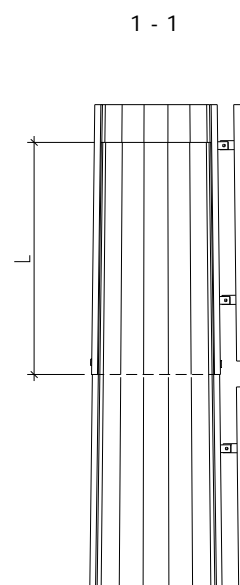
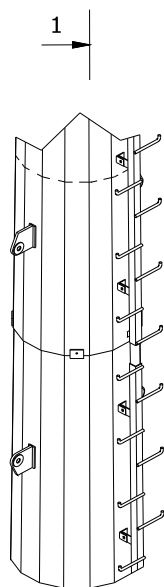


Рис. А.26 - Телескопический стык многогранных секций

Рис. А.27 - Телескопический стык многогранных секций

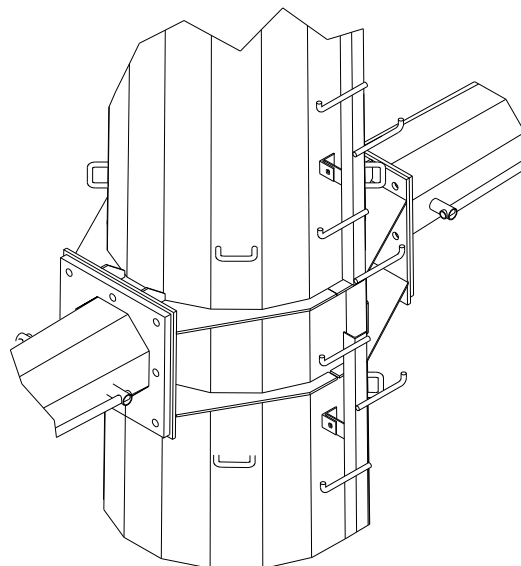


Рис. А.28 - Узел примыкания многогранной траверсы к стойке опоры

Существующие конструктивно-технологические решения фундаментов для многогранных опор

Существующие конструктивно-технологические решения фундаментов многогранных опор объединяет решение соединения опоры с фундаментом, - с помощью фланцевого соединения. Большинство существующих решений является индивидуальными конструкциями, рассчитанными на конкретные грунтовые условия и нагрузки от конкретной опоры.

Ниже приведены примеры существующих конструктивно-технологических решений фундаментов многогранных опор, разработанных в ОАО «СевЗап НТЦ». Фундаменты предназначены для существующих конструкций многогранных опор ВЛ напряжением 35-500 кВ.

На рис. Б.1-2 приведён фундамент из одиночной стальной сваи-оболочки, погружаемой в пробуренный котлован.

На рис. Б.3-4 приведён фундамент из одиночной стальной сваи-оболочки, погружаемой в пробуренный котлован, усиленный двумя ригелями (АР-6 или АР-8). Также существует техническое решение фундамента из сваи-оболочки, усиленного одним ригелем.

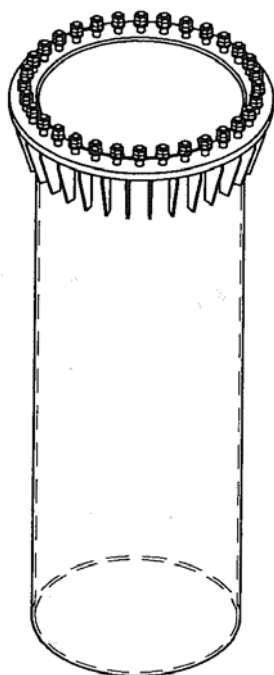


Рис. Б.1 - Фундамент из сваи-оболочки

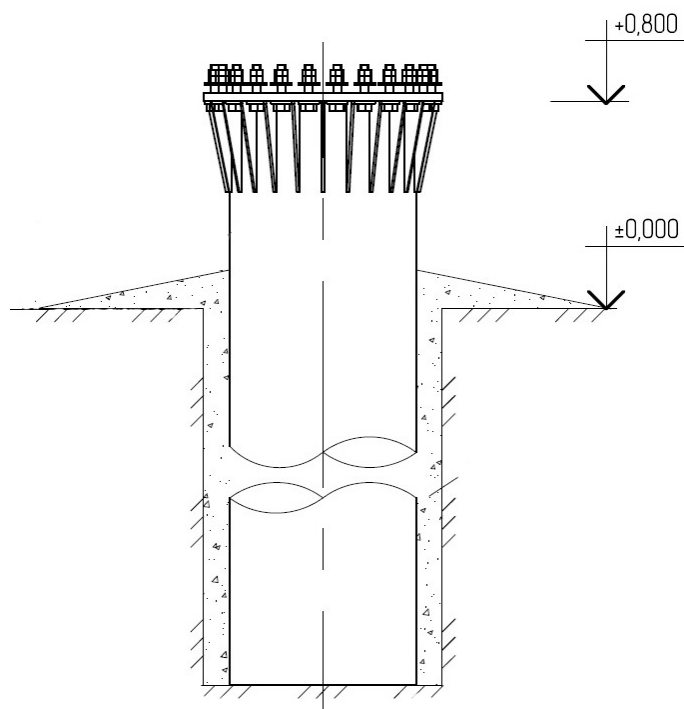


Рис. Б.2 - Фундамент из сваи-оболочки.
Схема установки

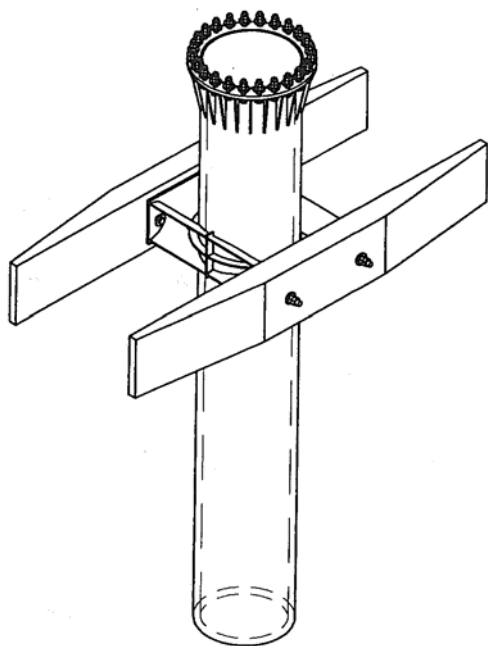


Рис. Б.3 - Фундамент из сваи-оболочки, усиленный двумя ригелями.

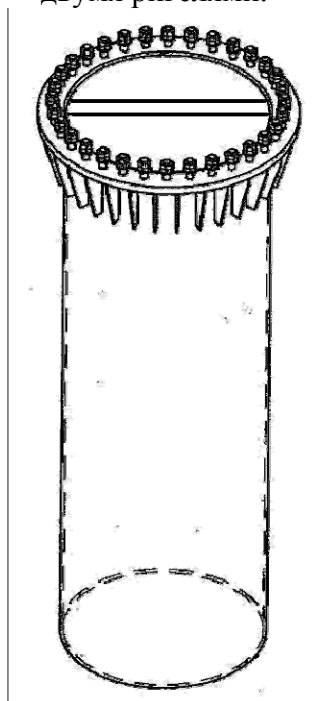


Рис. Б.5 - Фундамент из вибропогружаемой сваи-оболочки.

На рис. Б.5-6 приведён фундамент из вибропогружаемой одиночной стальной сваи-оболочки. Для погружения фундамента вибропогружателем с вертикальным захватом разработан переходник, к которому крепится вибропогружатель.

На рис. Б.7-8 приведён фундамент из одиночной буронабивной сваи.

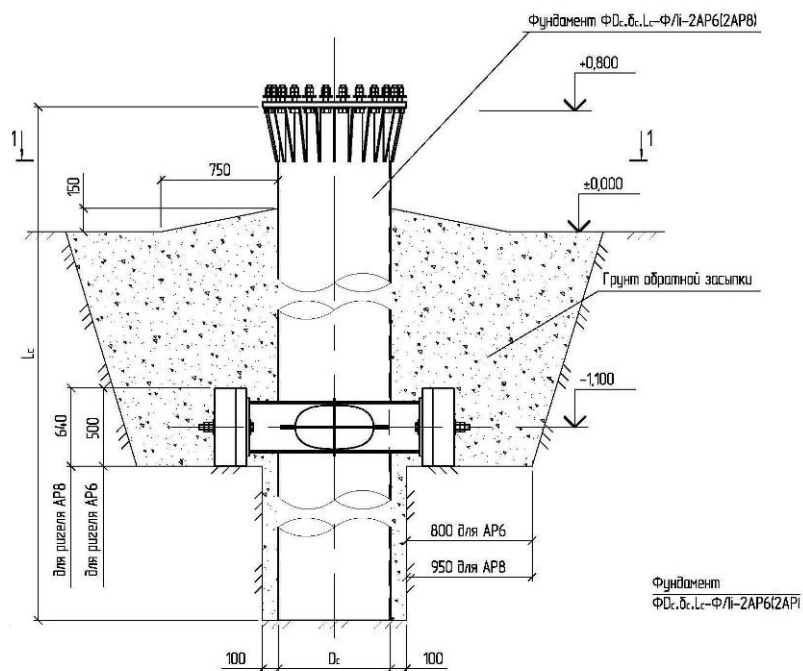


Рис. Б.4 - Фундамент из сваи-оболочки, усиленный двумя ригелями. Схема установки.

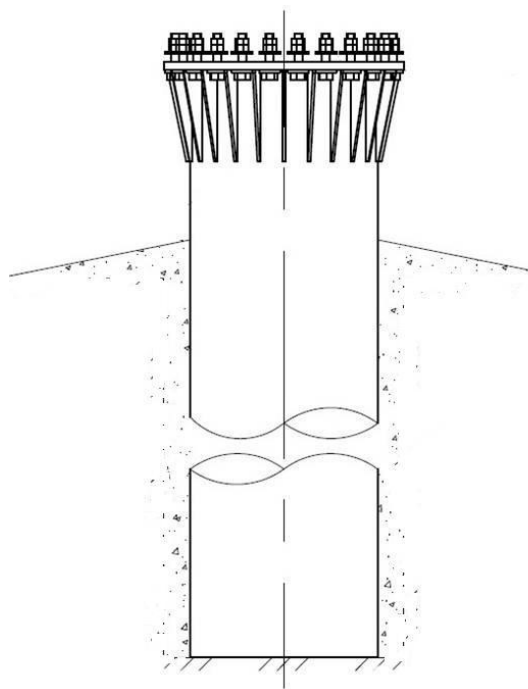


Рис. Б.6 - Фундамент из вибропогружаемой сваи-оболочки. Схема установки.

На рис. Б.9-10 приведён двенадцатисвайный фундамент из буронабивных свай. Также существуют технические решения четырёх- и восьмисвайного фундаментов из буронабивных свай.

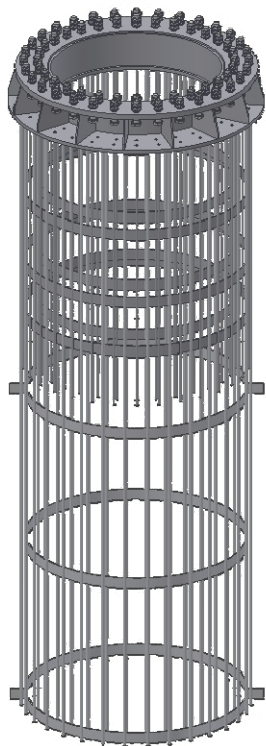


Рис. Б.7 - Фундамент из буронабивной сваи.

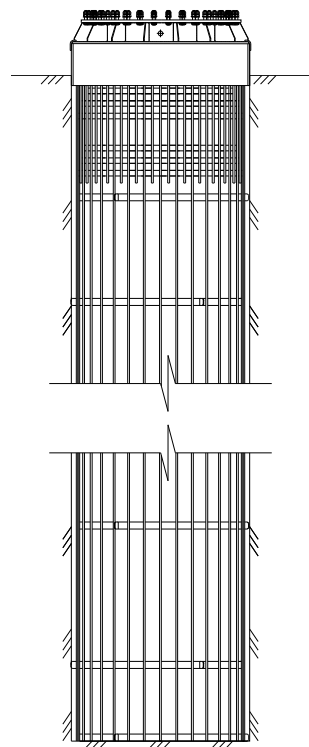


Рис. Б.8 - Фундамент из буронабивной сваи. Схема установки.

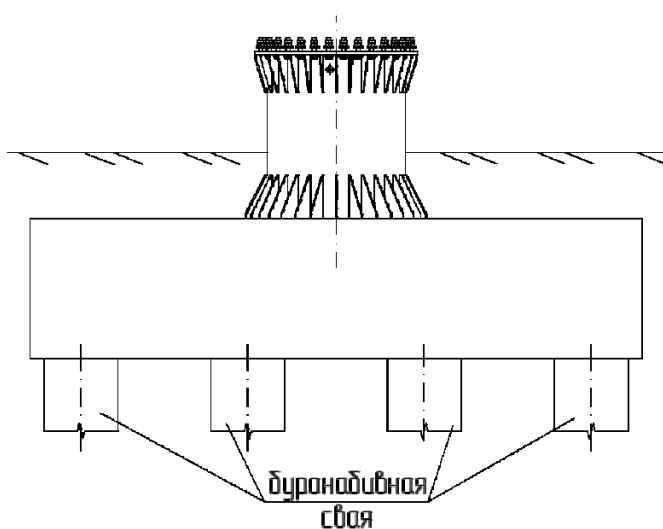


Рис. Б.9 - Двенадцатисвайный фундамент из буронабивных свай. Схема установки.

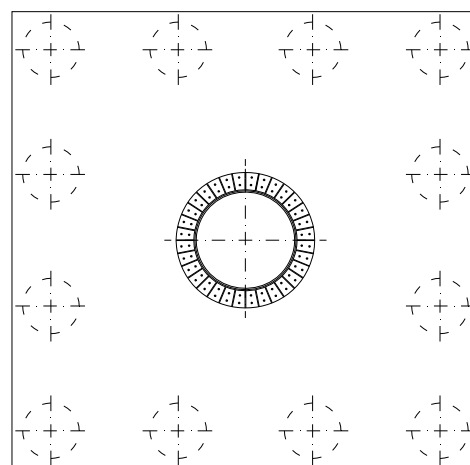


Рис. Б.10 - Двенадцатисвайный фундамент из буронабивных свай. Вид сверху.

На рис. Б.11 приведён четырёхсвайный фундамент из узколопастных винтовых свай с металлическим ростверком.

На рис. Б.12 приведён двенадцатисвайный фундамент из широколопастных винтовых свай с монолитным железобетонным ростверком. Также существуют технические решения четырёх- и восьмисвайного фундаментов из винтовых свай с монолитным железобетонным ростверком.

На рис. Б.13-14 приведён индивидуальный фундамент из девяти винтовых свай с монолитным железобетонным ростверком для повышенной городской многогранной опоры МПГ330-2т, разработанной в ОАО «СевЗап НТЦ».

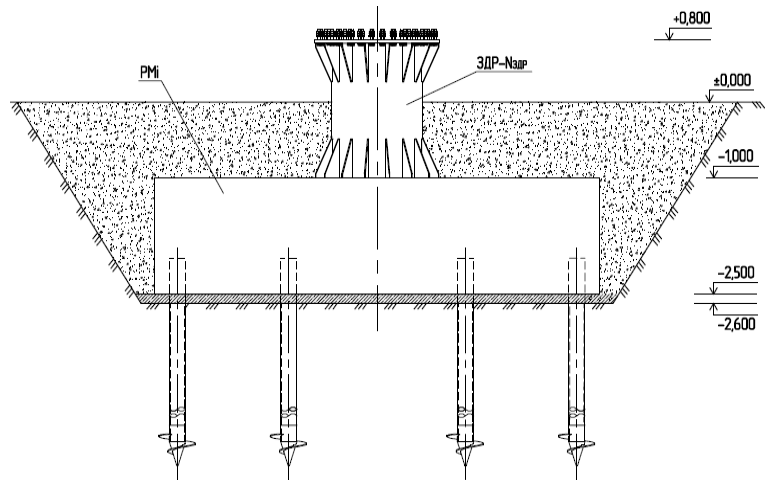
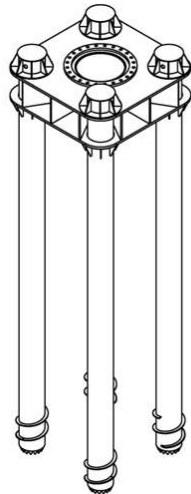


Рис. Б.11 - Фундамент из винтовых свай с металлическим ростверком.

Рис. Б.12 - Фундамент из винтовых свай с монолитным железобетонным ростверком. Схема установки.

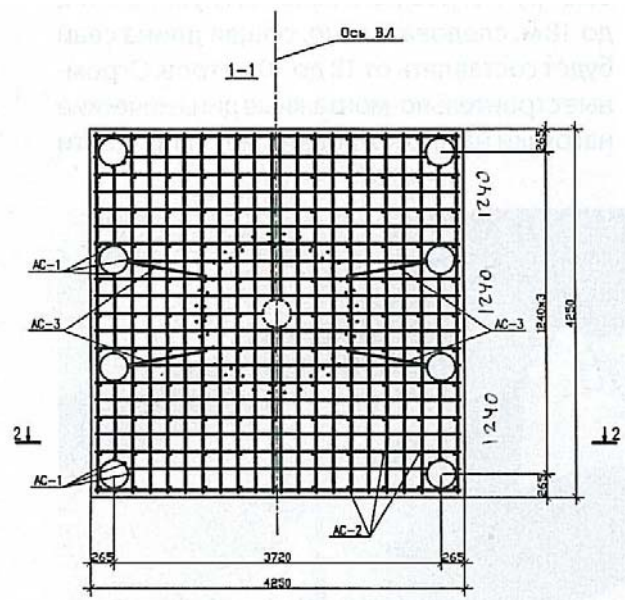
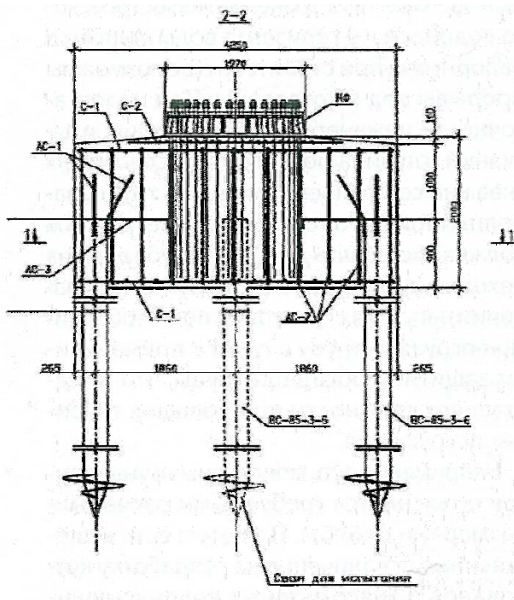


Рис. Б.13 - Фундамент из винтовых свай для опоры МПГ330-2т.

Рис. Б.14 - Фундамент из винтовых свай для опоры МПГ330-2т. Вид сверху.

На рис. Б.15-16 приведены индивидуальные фундаменты для многогранных опор, разработанные в ОАО «СевЗап НТЦ»:

- на рис. Б.15 приведён фундамент из девяти винтовых свай с монолитным железобетонным ростверком для многогранной промежуточной опоры ВЛ напряжением 330 кВ МПГ330-2т (схема фундамента приведена на рис. В.13-14);

- на рис. Б.16 приведён фундамент из стальной сваи-оболочки для многогранной промежуточной опоры ВЛ напряжением 110 кВ.



Рис. Б.15- Фундамент из винтовых свай с монолитным железобетонным ростверком для опоры МПГ330-2т.



Рис. Б.16 -Фундамент из стальной сваи-оболочки.