

ОАО "НТЦ электроэнергетики"

Филиал ОАО "НТЦ электроэнергетики"-
РОСЭП

Разработка и испытание стальной многогранной двухцепной
промежуточной опоры ВЛ 220 кВ

Этап 3. КОМПЛЕКТ РКД С ЛИТЕРОЙ 01 НА СТАЛЬНУЮ
МНОГОГРАННУЮ ДВУХЦЕПНУЮ ПРОМЕЖУТОЧНУЮ ОПОРУ ВЛ 220 кВ

Шифр 27.0009

2008

ОАО "НТЦ электроэнергетики"

Филиал ОАО "НТЦ электроэнергетики" -
РОСЭП

Разработка и испытание стальной многогранной двухцепной
промежуточной опоры ВЛ 220 кВ

Этап 3. КОМПЛЕКТ РКД С ЛИТЕРОЙ 01 НА СТАЛЬНУЮ
МНОГОГРАННУЮ ДВУХЦЕПНУЮ ПРОМЕЖУТОЧНУЮ ОПОРУ ВЛ 220 кВ

Шифр 27.0009

Директор Филиала
ОАО "НТЦ электроэнергетики" - РОСЭП

Директор НИЦ

Главный инженер проекта



И. П. Уланов

А. С. Лисковец

В. М. Ударов

Обозначение	Наименование	Стр.
27.0009-00	Содержание	2
27.0009-ПЗ	Пояснительная записка	3
27.0009-01	Промежуточная опора ПМ220-2	
	Общий вид. Схема установки	21
27.0009-02	Стойка СМ24	24
27.0009-03	Верхняя секция ВС24	26
27.0009-04	Средняя секция СС24	28
27.0009-05	Нижняя секция НС24	30
27.0009-06	Стяжка СТ23	32
27.0009-07	Стяжка СТ24	33
27.0009-08	Траверса ТМ28	34
27.0009-09	Траверса ТМ27	36
27.0009-10	Тросостойка ТС24	38
27.0009-11	Фундамент Ф220	40
27.0009-12	Диафрагма Д22	41
27.0009-13	Установка лестниц и площадок обслуживания УЛП1	42
27.0009-14	Лестница Л30	45
27.0009-15	Лестница Л31	48
27.0009-16	Лестница Л32	51
27.0009-17	Лестница Л33	54
27.0009-18	Лестница Л34	57
27.0009-19	Лестница Л35	60
27.0009-20	Площадка ПЛ23	63
27.0009-21	Ограждение правое ОП23	64
27.0009-22	Ограждение левое ОЛ23	65
27.0009-23	Настил Н23	66
27.0009-24	Площадка ПЛ22	67
27.0009-25	Ограждение правое ОП22	68
27.0009-26	Ограждение левое ОЛ22	69
27.0009-27	Настил Н22	70
27.0009-28	Лестница съёмная в сборе ЛС3.5	71
27.0009-29	Седло СдТМ28	72

Обозначение	Наименование	Стр.
27.0009-30	Упоры У1-1, У1-2	73
27.0009-31	Седло СдТМ27	74
27.0009-32	Упоры У2-1, У2-2	75
27.0009-33	Лестница Л3.5	76
27.0009-34	Площадка съёмная ПС1	77
27.0009-35	Консоль Кс1	78
27.0009-36	Ось Оз1	79
27.0009-37	Фундаментная труба Т220	80
27.0009-38	Кронштейн КР22	81
27.0009-39	Шпилька ШП29, ШП30	82
27.0009-40	Кронштейн КТ1	83
27.0009-41	Кронштейн КТ2	84
27.0009-42	Шпилька ШП1	85
27.0009-Г	Габаритные и монтажные таблицы проводов и тросов	86

						27.0009-00				
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					
						Содержание	Стадия	Лист	Листов	
							О1		1	
							Филиал ОАО "НТЦ электроэнергетики" - РОСЭП			
ГИП		Ударов		<i>Ударов</i>	28.02					
Н.контр.		Смирнова		<i>Смирнова</i>	28.02					
Пров.		Холова		<i>Холова</i>	28.02					
Разраб.		Калабашкин Д		<i>Калабашкин Д</i>	28.02					

1. Введение

Данная работа выполнена по поручению ОАО «НТЦ электроэнергетики» и представляет собой третий этап темы «Разработка и испытание стальной многогранной двухцепной промежуточной опоры ВЛ 220 кВ».

Актуальность данной работы связана с тем, что в настоящее время на ВЛ 220 кВ применяются типовые проекты и технические решения, разработанные еще в 60-70 годы прошлого века, в том числе стальные решетчатые опоры и железобетонные центрифугированные опоры.

Применение типовых железобетонных опор в проектах вновь сооружаемых ВЛ 220 кВ, в связи с введением ПУЭ седьмого издания, приведет к увеличению в 2-2,5 раза количества промежуточных опор на трассе и недопустимому сокращению длины пролетов. Невозможность адаптации к требованиям новых ПУЭ, достижение пределов по высоте и прочности, неремонтопригодность и ряд других недостатков железобетонных опор делает их применение ограниченным.

Распоряжением ОАО РАО «ЕЭС России» и ОАО «ФСК ЕЭС» от 20.07.2006 № 185р / 179р утверждена Целевая программа Бизнес-единицы «Сети» ОАО РАО «ЕЭС России» «Создание и внедрение стальных многогранных опор для ВЛ 35-500 кВ», которая предусматривает разработку, изготовление и испытания опытных образцов стальных многогранных опор ВЛ.

Целью указанной Программы является создание опор на основе стальных многогранных стоек для ВЛ 35-500 кВ с разработкой нормативной базы, конструкторской, технологической документации, проектных рекомендаций, указаний по монтажу, ремонту и эксплуатации, обеспечивающих эффективное выполнение требований ПУЭ-7 при строительстве, реконструкции и техническом перевооружении ВЛ, а также существенное сокращение сроков и затрат строительства и проведения аварийно-восстановительных работ.

На данном этапе настоящей темы разработана рабочая конструкторская документация с literой О1 на стальные многогранные двухцепные промежуточные опоры ВЛ 220 кВ, уточнены чертежи площадок обслуживания опоры, разработана установка вертикального страховочного каната, разработана

установка железобетонного ригеля АР-8, даны рекомендации по применению грозозащитного троса со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ).

При разработке опор использовался зарубежный опыт применения стальных многогранных опор ВЛ.

Кроме того, проводились исследования оптимальных параметров стальных многогранных опор. Результаты расчетов показали, что наилучшие результаты получены для опор с габаритом установки траверс 19 м; опоры с большими габаритами требуют усложнения устройств фундамента и значительного увеличения материалоемкости и затрат времени на установку.

Данные опоры испытаны Филиалом ОАО «Инженерный центр ЕЭС» - «Фирма ОРГРЭС» на экспериментальном полигоне г. Хотьково. (Протокол № 2006.114.039).

2. Стальные многогранные двухцепные промежуточные опоры ВЛ 220 кВ

2.1. Двухцепные промежуточные опоры ПМ220-2 для ВЛ 220 кВ, разработанные в данной теме, предназначены для применения в I – IV районах по ветру и гололеду в ненаселенной и населенной местности, в том числе, для районов Крайнего Севера.

2.2. Двухцепные промежуточные опоры ПМ220-2 могут применяться в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки до минус 65 ° С. Габаритные пролеты приведены для температуры минус 40° С; в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки до минус 50 ° С и до минус 65 ° С опоры ПМ220-2 могут применяться при условии, что габаритные пролеты должны быть уточнены при конкретном проектировании ВЛ.

						27.0009 - ПЗ			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
ГИП		Ударов		<i>[Подпись]</i>	28.02	Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Н.контр.		Холова		<i>[Подпись]</i>	28.02		О1	1	18
Пров.		Гореленко		<i>[Подпись]</i>	28.02		Филиал ОАО "НТЦ электроэнергетики"- РОСЭП		
Разраб.		Ударова		<i>[Подпись]</i>	28.02				

2.3. Стальные многогранные двухцепные промежуточные опоры ПМ220-2 предназначены для применения в слабоагрессивных и среднеагрессивных средах.

2.4. Двухцепные промежуточные опоры ПМ220-2 на базе стальных многогранных стоек разработаны одностоечной свободстоящей конструкции.

2.5. Промежуточная многогранная двухцепная опора ПМ220-2 разработана с традиционным расположением проводов типа «бочка», т.е. так же, как типовая унифицированная стальная решетчатая опора П220-2.

2.6. Опора ПМ220-2 устанавливается на фундамент, например, в виде стальной трубы Ø 1220 x 10, соединяемый с нижней секцией опоры с помощью фланцев.

2.7. Расчетный изгибающий момент опоры ПМ220-2 в нижнем сечении равен 2000 кН·м.

2.8. Стальные многогранные опоры ВЛ 220 кВ должны быть защищены от коррозии в соответствии со СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии».

Для слабоагрессивной среды должно применяться горячее цинкование толщиной 80–100 мкм (без лакокрасочного покрытия).

Для среднеагрессивной среды должно применяться горячее цинкование толщиной 80-100 мкм с дополнительным лакокрасочным покрытием группы Па, Ша или покрытие группы Ша по СНиП 2.03.11-85.

Защита конструкций от коррозии должна выполняться в заводских условиях. Поврежденное цинковое покрытие необходимо отремонтировать с применением цинкнакопленной композиции ЦВЭС в соответствии с требованием ТУ 2312-004-12288779-99.

2.9. В слабоагрессивной среде при содержании в атмосфере газов группы А для опоры ПМ220-2 при расчетной температуре района строительства ВЛ $t \geq - 40 \text{ }^\circ\text{C}$ допускаются стали марки 10ХНДП (С345К) и при $t \geq - 65 \text{ }^\circ\text{C}$ допускаются опоры из стали марки 12ХГДАФ по ТУ14-1-2881-80 без защиты от коррозии.

Сталь марок 10ХНДП и 12ХГДАФ содержит легирующие добавки, которые создают более высокую устойчивость к атмосферной коррозии по сравнению с

обычной углеродистой сталью и способствуют образованию на поверхности металла плотно прилегающей защитной окисной пленки, которая замедляет последующее образование ржавчины. На поверхности конструкции остается патина (пленка) из твердых нерастворимых продуктов коррозии. Эта патина уплотняет и изолирует поверхность конструкции от дальнейшей коррозии.

Однако в грунте сталь повышенной коррозионной стойкости должна быть защищена от коррозии так же, как обыкновенная сталь.

За рубежом стали повышенной коррозионной стойкости получили название «Кортен».

2.10. Для стальных фундаментов двухцепных промежуточных опор ПМ220-2 следует предусматривать изоляционные покрытия: из полимерных липких лент, на основе битумно-резиновых или битумно-полимерных составов толщиной не менее 3 мм.

3. Конструкции стальных многогранных стоек для опор ВЛ 220 кВ

3.1. Промежуточная двухцепная опора ПМ220-2 разработана на стальной многогранной стойке СМ24 длиной 31 м, которая состоит из трех секций длиной по 11,2 м. Верхняя и средняя секции изготавливаются из стального листа толщиной 6 мм. Нижняя секция изготавливается из стального листа толщиной 7 мм. Диаметр вершины стойки 400 мм, диаметр комля стойки 1200 мм.

3.2. Секции многогранной стойки СМ24 соединяются с помощью телескопического стыка. Длина нижнего стыка 1650 ± 50 мм, длина верхнего стыка 1150 ± 50 мм. Данный допуск обеспечивается заводом-изготовителем и точной сборкой секций до заклинивания, после чего секции следует стянуть (см. п.7.6). Для контроля фактической длины стыка на средней секции предусмотрена метка (отверстие), расположенная на расстоянии 1300 мм от ее вершины, на нижней секции предусмотрена метка, расположенная на расстоянии 1800 мм от ее вершины. Для увеличения надежности работы стыка применяются стяжки.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	27.0009 - ПЗ	Лист
							2

3.3. Секции стойки имеют восемь узлов для фланцевого крепления шести траверс, тросостойки и фундамента. Кроме того, секции стойки имеют детали для крепления стационарных лестниц.

3.4. Секции имеют отверстия для установки стяжек и для стягивания секций при сборке опоры.

3.5. Нижняя и средняя секции стойки в вершине имеют диафрагмы жесткости для предохранения телескопического стыка от смятия во время работы опоры при расчетных нагрузках.

3.6. Расчетный изгибающий момент стойки СМ24 на уровне присоединения к фундаменту равен 2000 кН·м.

3.7. Геометрические размеры секций многогранных стоек позволяют перевозить опоры различными видами транспорта, так как соответствуют размерам железнодорожных полувагонов, платформ и кузовов, полуприцепов и прицепов автотранспорта.

3.8. Конструкция фланца предусматривает установку на каждой из двенадцати граней стойки по три болта М30 класса 8.8 (всего 36 болтов). Толщина фланцевой плиты - 40 мм.

3.9. Марки сталей для изготовления стоек и других металлоконструкций опор ВЛ 220 кВ должны соответствовать таблице 1.

Таблица 1 – Марки сталей для стальных многогранных опор ВЛ 220 кВ

Расчетная температура района строительства t °С (средняя температура наиболее холодной пятидневки)	Марки стали по ГОСТ 19281-89 ТУ 14-1-3023-80	Наименование стали по ГОСТ 27772-88
t ≥ - 40	09Г2С-6	С345-1(2)
- 40 > t ≥ - 50	09Г2С-12	С345-3
- 50 > t ≥ - 65	09Г2С-15 14Г2АФ-15	С345-4 С390-4

3.10. Для крепления стальных конструкций применяют болты с классом прочности не менее 8.8, гайки – классом прочности не менее 8.

3.11. Допускаемые отклонения от проектных линейных размеров не должны превышать ± 2 мм при длине деталей и конструкций до 1 м, ± 2,5 мм – при длине от 1 м до 1,3 м и 0,2 % от длины – при длине более 1,3 м.

Для достижения высокой точности при подготовке стальных листов рекомендуется применять плазменную резку с автоматическим управлением.

3.12. Непрямолинейность (прогиб) конструкций и деталей не должен быть более 0,001 длины детали, но не более 10 мм. Отклонения наружного диаметра элементов стволов опор от теоретического не должны превышать 0,003 диаметра.

Отклонения в диаметре отверстий допускаются в пределах: 0; +0,6 мм; в отверстиях диаметром 20 мм и более – отклонения 0; + 1,5 мм.

Допускаемые отклонения размеров между отверстиями не должны превышать + 1 мм.

3.13. Нижние кромки верхних и средних секций опоры следует закруглить с внутренней стороны (снять фаски). Кромки деталей должны быть очищены и не иметь шероховатостей, превышающих 1 мм.

На внутренней поверхности металла по контуру отверстия не должно быть надрывов и расслоений металла.

3.14. Для сварных соединений элементов конструкций должна применяться автоматическая или ручная электродуговая сварка покрытыми электродами по ГОСТ 9467-75.

Тип электродов назначается в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Тип электродов для сварки

Расчетная температура района строительства, t °С	Марка стали	Тип электродов
t ≥ - 40	С345-1 (2)	Э50А
-40 > t ≥ - 50	С345-3	Э50А
-50 > t ≥ - 65	С345-4, С390-4	Э50А

Продольные швы рекомендуется выполнять сварочным автоматом. Допускается ручная сварка с привлечением высококвалифицированных сварщиков.

Продольные швы в пределах длины стыка (при телескопическом соединении секций) плюс 15 см должны быть выполнены с полным проваром соединяемых листов, остальные продольные швы должны иметь как минимум 80 % проникания сплавления.

При толщине листа до 8 мм допускается сварку продольного шва выполнять без обработки кромок.

3.15. Завод-изготовитель может применять более совершенные методы сварки – под флюсом по ГОСТ 9087-81 и в углекислом газе по ГОСТ 8050-85, сварочная проволока должна удовлетворять требованиям ГОСТ 2246-70. Материалы для сварки должны соответствовать табл. 55 СНиП II-23-81.

3.16. Размер катета шва должен соответствовать указанному на рабочих чертежах.

3.17. Швы сварных соединений и конструкций по окончании сварки должны быть очищены от шлака, брызг и натеков металла. Сварные швы в верхней части средних и нижних секций опор на длине 1 м должны быть зачищено заподлицо. Прочность сварного шва должна быть проверена экспериментальным путем после его зачистки.

3.18. По внешнему виду швы сварных соединений должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь гладкую поверхность – без наплывов, прожогов, сужений и перерывов и не иметь резкого перехода к основному металлу;
- наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь трещин;
- подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине стали от 4 до 10 мм, при толщине стали свыше 10 мм – глубиной не более 1 мм;
- все кратеры должны быть заварены.

3.19. Качество выполнения шва полного проникания на глубину сварки проверяется ультразвуковой установкой.

Сварочные работы выполняются до оцинковки изделия.

3.20. При изготовлении хомутов с внутренними радиусами закругления равными или больше их диаметра гибка должна производиться в холодном состоянии, за исключением случаев, особо оговоренных в рабочих чертежах; при радиусах меньших диаметра гибку производить в горячем состоянии.

4. Провода, изоляторы, арматура

4.1. На опорах ПМ220-2 предусмотрена подвеска сталеалюминиевых проводов АС300/39 и АС400/51 по ГОСТ 839-80.

4.2. В качестве грозозащитного троса предусмотрен стальной канат ТК11 по ГОСТ 3063-80. Допускается применение троса со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ) с учетом п.п.4.6 ÷ 4.16 данной Пояснительной записки.

4.3. В данном проекте разработаны габаритные и монтажные таблицы проводов и тросов для двухцепной ВЛ 220 кВ (см. докум. 27.0009-Т).

4.4. Необходимость установки гасителей вибрации на провода и тросы определяется в п.2.5.85 ПУЭ.

Места установки гасителей вибрации определяются «Методическими указаниями по типовой защите от вибрации», разработанными ВНИИЭ.

Выбор гасителей вибрации см. таблицу 3.

Таблица 3 - Выбор гасителей вибрации по ТУ 34.49 – 001 – 400 64547 – 98.

Марка провода	Марка гасителей вибрации
АС300/39	ГПГ-1,6-11-450/23
АС400/51	ГПГ-1,6-11-450/31
Трос ТК11	ГПГ-0,8-9,1-300/10

4.5. На опорах ПМ220-2 для крепления проводов используются поддерживающие гирлянды изоляторов по проекту Энергосетьпроект № 12276тм «Изолирующие подвески ВЛ 35-750 кВ».

Количество изоляторов в гирлянде изоляторов определяется в соответствии с гл.1.9 ПУЭ 7 издания; в проекте № 12276тм предусмотрено от 14 до 21 изоляторов.

4.6. Крепление грозозащитных тросов на опорах ПМ220-2 должно выполняться при помощи изоляторов, шунтированных ИП размером не менее 40 мм.

На подходах ВЛ 220 кВ к подстанциям на длине 1-3 км, если тросы не используются для емкостного отбора, плавки гололеда или связи, их следует заземлить на каждой опоре (см. также п.2.5.192 ПУЭ).

4.7. В качестве грозозащитных тросов следует, как правило, применять стальные канаты, изготовленные из оцинкованной проволоки для особо жестких агрессивных условий работы (ОЖ) и по способу свивки нераскручивающиеся (Н) на ВЛ 220 кВ сечением не менее 70 мм².

4.8. Сталеалюминиевые провода или провода из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником в качестве грозозащитного троса рекомендуется применять:

- 1) на особо ответственных переходах через инженерные сооружения (электрифицированные железные дороги, автомобильные дороги категории IA (п.2.5.256 ПУЭ), судоходные водные преграды и т.п.);
- 2) на участках ВЛ, проходящих в районах с повышенным загрязнением атмосферы (промышленные зоны с высокой химической активностью уносов, зоны интенсивного земледелия с засоленными почвами и водоемами, побережья морей и т.п.), а также проходящих по населенной и труднодоступной местностям;
- 3) на ВЛ с большими токами однофазного короткого замыкания по условиям термической стойкости и для уменьшения влияния ВЛ на линии связи.

При этом для ВЛ, сооружаемых на двухцепных опорах, независимо от напряжения суммарное сечение алюминиевой (или алюминиевого сплава) и стальной частей троса должно быть не менее 120 мм².

4.9. Возможно применение грозозащитного троса со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ). При этом должны соблюдаться требования ПУЭ 7 издания к подвеске волоконно-оптических линий связи на ВЛ, изложенные в п.п.2.5.178 – 2.5.200 ПУЭ.

4.10. Оптические кабели, размещаемые на элементах ВЛ, должны удовлетворять требованиям:

- 1) механической прочности;
- 2) термической стойкости;
- 3) стойкости к воздействию грозовых перенапряжений;
- 4) обеспечения нагрузок на оптические волокна, не превышающих допускаемые;
- 5) стойкости к воздействию электрического поля.

4.11. Механический расчет ОКГТ должен производиться на расчетные нагрузки по методу допускаемых напряжений с учетом вытяжки кабелей и допустимых нагрузок на оптическое волокно.

4.12. Значения физико-механических параметров, необходимых для механического расчета ОКГТ, и данные по вытяжке должны приниматься по техническим условиям на ОКГТ или по данным изготовителей кабелей. При этом допустимые механические напряжения в ОКГТ следует принимать не более величин, указанных в таблице 2.5.7 ПУЭ 7 издания, то есть для ОКГТ, состоящего из стальных проволок (в том числе плакированных алюминием), $\sigma_r = \sigma_{\cdot} \leq 50 \% \sigma_{вр}$; $\sigma_{сг} \leq 35 \% \sigma_{вр}$; а для ОКГТ, состоящего из стальных проволок совместно с проволоками из алюминиевого сплава, $\sigma_r = \sigma_{\cdot} \leq 45 \% \sigma_{вр}$; $\sigma_{сг} \leq 30 \% \sigma_{вр}$.

где $\sigma_{вр}$ - предел прочности при растяжении (разрушающая нагрузка при растяжении, деленная на сечение троса);

- σ_r - допустимое напряжение при наибольшей нагрузке;
- σ_{\cdot} - допустимое напряжение при низшей температуре;
- $\sigma_{сг}$ - допустимое напряжение при среднегодовой температуре.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	27.0009 - ПЗ	Лист
							5

4.13. При расчете ОКГТ особое внимание следует уделить величине допустимого напряжения при среднегодовой температуре. Как правило, следует применять ОКГТ, у которого по заводским данным величина допустимого напряжения при среднегодовой температуре $\sigma_{ст}$ составляет не менее 20 % от $\sigma_{вр}$, так как в противном случае стрела провеса троса может превысить стрелу провеса провода, что недопустимо по п.2.5.121 ПУЭ 7 издания.

4.14. Оптические кабели должны быть защищены от вибрации в соответствии с условиями их подвески и требованиями изготовителя ОКГТ.

4.15. При применении грозозащитного троса со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ) диаметром более 15 мм вместо ТК11, необходимо снизить ветровые пролеты, указанные в таблице 4 данного проекта. Величины снижения ветровых пролетов, указанных в таблице 4 для опоры ПМ220-2, при подвеске вместо грозозащитного троса ТК11 троса ОКГТ диаметром 15÷19 мм см. ниже.

Нормативное ветровое давление, W_0 , Па, по районам	I – II 500 Па	III 650 Па	IV 800 Па
Снижение ветровых пролетов при подвеске ОКГТ диаметром 15÷19 мм	10 %	8%	5%

4.16. При проектировании ВЛ 220 кВ с применением ОКГТ следует уточнить габаритные пролеты путем расчета ОКГТ и проверки расстояний между проводом и тросом в соответствии с п.2.5.121 ПУЭ и таблицами 2.5.16, П7 и П8 ПУЭ 7 издания.

5. Основные положения по расчету опор ВЛ 220 кВ

5.1. Разработка конструкторской документации выполнялась в соответствии с ПУЭ 7 издания и СНиП II-23 «Стальные конструкции».

5.2. Стальные многогранные опоры рассчитаны по методу предельных состояний, основные положения которого направлены на обеспечение безотказной работы конструкций с учетом изменчивости свойств материалов, нагрузок и воздействий, геометрических характеристик конструкций, условий

их работы, в также степени ответственности (и народнохозяйственной значимости) проектируемых объектов, определяемой материальным и социальным ущербом при нарушении их работоспособности.

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

Первая группа включает предельные состояния, которые ведут к потере несущей способности элементов или к полной непригодности их в эксплуатации, т.е. к их разрушению любого характера.

К этой группе относятся состояния при наибольших внешних нагрузках и при низшей температуре, т.е. при условиях, которые могут привести к наибольшим изгибающим или крутящим моментам на опоры, наибольшим сжимающим или растягивающим усилиям на опоры и фундаменты.

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

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

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

К постоянным нагрузкам относятся: собственный вес проводов, тросов, строительных конструкций, гирлянд изоляторов, линейной арматуры; тяжеие проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда; нагрузки от давления воды на фундаменты в руслах рек.

К длительным нагрузкам относятся:
нагрузки, создаваемые воздействием неравномерных деформаций

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27.0009 - ПЗ

оснований, не сопровождающихся изменением структуры грунта.

К кратковременным нагрузкам относятся:

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

К особым нагрузкам относятся:

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

5.5. Опоры ВЛ, их фундаменты и основания рассчитывались на сочетание расчетных нагрузок нормальных режимов по первой и второй группам предельных состояний и аварийных и монтажных режимов ВЛ по первой группе предельных состояний.

Расчет опор, фундаментов и оснований фундаментов на прочность и устойчивость производился на нагрузки первой группы предельных состояний.

Расчет опор, фундаментов и их элементов на выносливость и по деформациям производился на нагрузки второй группы предельных состояний.

Расчет оснований по деформациям производился на нагрузки второй группы предельных состояний без учета динамического воздействия порывов ветра на конструкцию опоры. При этом отклонение фундаментов опор одностоечной конструкции не должно превышать 0,02 рад.

5.6. Расчеты показали, что отклонение верха опор при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний не приводит к нарушению установленных ПУЭ-7 наименьших изоляционных расстояний от токоведущих частей (проводов) до заземленных элементов опоры и до поверхности земли и пересекаемых инженерных сооружений.

Расчет промежуточных стальных многогранных опор гибкой конструкции производился по деформированной схеме (с учетом

дополнительных усилий, возникавших от весовых нагрузок при деформациях опоры, для первой и второй групп предельных состояний).

Величина отклонения вершины стальной многогранной опоры при расчете принималась с учетом прогиба вершины многогранной стойки, наклона фундамента в грунте, деформации стыков секций опоры и допусков при установке опоры.

5.7. Расчет опор и проводов ВЛ по нормальному режиму работы выполнялся для сочетания следующих условий:

1. Высшая температура t_+ , ветер и гололед отсутствуют.
2. Низшая температура t_- , ветер и гололед отсутствуют.
3. Среднегодовая температура $t_{ср}$, ветер и гололед отсутствуют.
4. Провода и тросы покрыты гололедом, температура при гололеде минус 5°C , ветер отсутствует.
5. Ветер W_o , температура минус 5°C , гололед отсутствует.
6. Провода и тросы покрыты гололедом, ветер при гололеде W_r , температура при гололеде минус 5°C .
7. Расчетная нагрузка от тяжения проводов.

5.8. Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка $T_{ав}$ от обрыва проводов на стальные многогранные промежуточные опоры ВЛ 220 кВ принята $0,25 T_{max}$,

где T_{max} – наибольшая расчетная нагрузка от тяжения проводов при расчетных ветровых и гололедных нагрузках.

5.9. Определение расчетных условий по ветру и гололеду должно производиться на основании соответствующих карт климатического районирования территории РФ с уточнением при необходимости их параметров в сторону увеличения или уменьшения по региональным картам и материалам многолетних наблюдений гидрометеорологических станций и метеопостов

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27.0009 - ПЗ

Лист
7

за скоростью ветра, массой, размерами и видом гололедно-изморозевых отложений. В малоизученных районах для этой цели могут организовываться специальные обследования и наблюдения.

При отсутствии региональных карт значения климатических параметров уточняются путем обработки соответствующих данных многолетних наблюдений согласно методическим указаниям (МУ) по расчету климатических нагрузок на ВЛ и построению региональных карт с повторяемостью 1 раз в 25 лет.

Основой для районирования по ветровому давлению служат значения максимальных скоростей ветра с 10-минутным интервалом осреднения скоростей на высоте 10 м с повторяемостью 1 раз в 25 лет. Районирование по гололеду производится по максимальной толщине стенки отложения гололеда цилиндрической формы при плотности $0,9 \text{ г/см}^3$ на проводе диаметром 10 мм, расположенном на высоте 10 м над поверхностью земли, повторяемостью 1 раз в 25 лет.

5.10. Нормативное ветровое давление W_o , соответствующее 10-минутному интервалу осреднения скорости ветра (v_o), на высоте 10 м над поверхностью земли принимается по таблице 2.5.1 ПУЭ 7 издания.

Таблица 2.5.1 – Нормативное ветровое давление W_o на высоте 10 м над поверхностью земли

Район по ветру	Нормативное ветровое давление W_o , Па (скорость ветра v_o , м/с)
I	400 (25)
II	500 (29)
III	650 (32)
IV	800 (36)
V	1000 (40)
VI	1250 (45)
VII	1500 (49)
Особый	Выше 1500 (выше 49)

5.11. Нормативное ветровое давление при гололеде W_r с повторяемостью 1 раз в 25 лет определяется по скорости ветра при гололеде v_r :

$$W_r = \frac{v_r^2}{1,6}$$

Скорость ветра v_r принимается по региональному районированию ветровых нагрузок при гололеде или определяется по данным наблюдений согласно методическим указаниям по расчету климатических нагрузок. При отсутствии региональных карт и данных наблюдений $W_r = 0,25 W_o$.

5.12. Величины коэффициентов K_w по высоте в зависимости от типа местности см. таблицу 2.5.2.

Таблица 2.5.2 – Изменение коэффициента K_w по высоте в зависимости от типа местности

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор ВЛ над поверхностью земли, м	Коэффициент K_w для типов Местности		
	A	B	C
До 15	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80

5.13. Нормативную толщину стенки гололеда b , плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$ следует принимать по таблице 2.5.3 ПУЭ 7 издания в соответствии с картой районирования территории России по толщине стенки гололеда или по региональным картам районирования.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	----------	------	--------	-------	------

27.0009 - ПЗ

Таблица 2.5.3 – Нормативная толщина стенки гололеда b_s для высоты 10 м над поверхностью земли

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда b_s , мм
I	10
II	15
III	20
IV	25
V	30
VI	35
VII	40
Особый	Выше 40

5.14. Нормативная ветровая нагрузка на провода и тросы P_w^H , Н, действующая перпендикулярно проводу (тросу), для каждого рассчитываемого условия определяется по формуле

$$P_w^H = \alpha_w \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot W \cdot F \cdot \sin^2 \varphi,$$

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

Ветровое давление, Па	До 200	240	280	300	320	360	400	500	580 и более
Коэффициент α_w	1	0,94	0,88	0,85	0,83	0,80	0,76	0,71	0,7

Промежуточные значения α_w определяются линейной интерполяцией;

K_l - коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,2 при длине пролета до 50 м, 1,1 – при 100 м, 1,05 - при 150 м, 1,0 - при 250 м и более (промежуточные значения K_l определяются интерполяцией);

K_w - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, определяемый по таблице 2.5.2 ПУЭ 7 издания;

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

W - нормативное давление, Па, в рассматриваемом режиме:

$W = W_o$ - определяется по таблице 2.5.1 в зависимости от ветрового района;

$W = W_r$ - определяется по п.5.11.

F - площадь продольного диаметрального сечения провода, м²

(при гололеде с учетом условной толщины стенки гололеда $b_y = b_s$)

φ - угол между направлением ветра и осью ВЛ.

5.15. Нормативная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода и трос

P_r^H определяется по формуле, Н/м

$$P_r^H = \pi \cdot K_i \cdot K_d \cdot b_s \cdot (d + K_i \cdot K_d \cdot b_s) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3},$$

где K_i, K_d - коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки

гололеда по высоте и в зависимости от диаметра провода,

b_s - толщина стенки гололеда, мм;

d - диаметр провода, мм;

ρ - плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см³;

g - ускорение свободного падения, принимаемое равным 9,8 м/с².

5.16. Расчетная ветровая нагрузка на провода $P_{вп}$ при механическом расчете проводов по методу допускаемых напряжений определяется по формуле, Н

$$P_{вп} = P_w^H \cdot \gamma_{нв} \cdot \gamma_{рв} \cdot \gamma_{fv},$$

где P_w^H - нормативная ветровая нагрузка;

$\gamma_{нв}$ - коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным:

1,0 – для одноцепных ВЛ;

1,1 – для двухцепных ВЛ.

$\gamma_{рв}$ - региональный коэффициент, принимаемый от 1 до 1,3.

Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование ВЛ;

γ_{fv} - коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,1.

5.17. Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода (троса) $P_{г.л}$ при механическом расчете проводов и тросов по методу допускаемых напряжений определяется по формуле, Н/м

$$P_{г.л} = P_g^H \cdot \gamma_{нг} \cdot \gamma_{рг} \cdot \gamma_{fv} \cdot \gamma_d,$$

где P_g^H - нормативная линейная гололедная нагрузка;

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

$\gamma_{рг}$ - региональный коэффициент, принимаемый от 1 до 1,5.

Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование ВЛ;

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

γ_d - коэффициент условий работы, равный 0,5.

5.18. Нормативная ветровая нагрузка на конструкцию опоры определяется как сумма средней и пульсационной составляющих.

Нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки на опору Q_c^H определяется по формуле, Н

$$Q_c^H = K_w \cdot W \cdot C_x \cdot A$$

где K_w и W - принимаются по п. 5.14;

C_x - аэродинамический коэффициент, определяемый в зависимости от вида конструкции, согласно строительным нормам и правилам;

A - площадь проекции, ограниченная контуром конструкции, ее части или элемента с наветренной стороны на плоскость перпендикулярно ветровому потоку, вычисленная по наружному габариту, м².

5.19. Нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки Q_n^H для опор высотой до 50 м принимается:

для свободностоящих одностоечных стальных опор ВЛ 220 кВ:

$$Q_n^H = 0,5 \cdot Q_c^H$$

5.20. Расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы), воспринимаемая опорами $P_{во}$, определяется по формуле, Н

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	27.0009 - ПЗ	Лист
							10

$$P_{\text{вО}} = P_{\text{в}}^H \cdot \gamma_{\text{нв}} \cdot \gamma_{\text{рв}} \cdot \gamma_{\text{фв}},$$

где $P_{\text{в}}^H$ - нормативная ветровая нагрузка по п. 5.14;

$\gamma_{\text{нв}}, \gamma_{\text{рв}}$ - принимаются согласно п. 5.16;

$\gamma_{\text{фв}}$ - коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный для проводов (тросов), покрытых гололедом и свободных от гололеда:

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

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

5.21. Расчетная ветровая нагрузка на конструкцию опоры Q, H , определяется по формуле

$$Q = (Q_{\text{с}}^H + Q_{\text{п}}^H) \cdot \gamma_{\text{нв}} \cdot \gamma_{\text{рв}} \cdot \gamma_{\text{фв}},$$

где $Q_{\text{с}}^H$ - нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки, принимаемая по п. 5.18;

$Q_{\text{п}}^H$ - нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки, принимаемая по п. 5.19;

$\gamma_{\text{нв}}, \gamma_{\text{рв}}$ - принимаются согласно п. 5.16;

$\gamma_{\text{фв}}$ - коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный:

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

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

5.22. Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода (троса)

$P_{\text{го}}, \text{H/м}$, воспринимаемая опорами, определяется по формуле

$$P_{\text{го}} = P_{\text{г}}^H \cdot \gamma_{\text{нг}} \cdot \gamma_{\text{рг}} \cdot \gamma_{\text{фг}} \cdot \gamma_{\text{д}},$$

где $P_{\text{г}}^H$ - нормативная линейная гололедная нагрузка, принимается по п. 5.15.

$\gamma_{\text{нг}}, \gamma_{\text{рг}}$ - принимаются согласно п. 5.17;

$\gamma_{\text{фг}}$ - коэффициент надежности по гололедной нагрузке при расчете по первой и второй группам предельных состояний, принимается равным 1,3 для районов по гололеду I и II; 1,6 для районов по гололеду III и выше;

$\gamma_{\text{д}}$ - коэффициент условий работы, равный:

1,0 – при расчете по первой группе предельных состояний;

0,5 – при расчете по второй группе предельных состояний.

5.23. Расчетная нагрузка на опоры ВЛ от веса проводов, тросов, гирлянд изоляторов, конструкций опор по первой и второй группам предельных состояний определяется при расчетах как произведение нормативной нагрузки на коэффициент надежности по весовой нагрузке $\gamma_{\text{ф}}$, принимаемый равным для проводов, тросов и гирлянд изоляторов 1,05, для конструкций опор – с указаниями строительных норм и правил на нагрузки и воздействия.

5.24. Нормативные нагрузки на опоры ВЛ от тяжения проводов и тросов определяются при расчетных ветровых и гололедных нагрузках по п. 5.16 и п. 5.17.

Расчетная горизонтальная нагрузка от тяжения проводов и тросов, $T_{\text{мах}}$, свободных от гололеда или покрытых гололедом, при расчете конструкций опор, фундаментов и оснований определяется как произведение нормативной нагрузки от тяжения проводов и тросов на коэффициент надежности по нагрузке от тяжения $\gamma_{\text{ф}}$, равный:

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

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

5.25. Нормативные ветровые давления (W_0) и толщины стенки гололеда (b_0) определены, в соответствии с ПУЭ 7 издания, исходя из повторяемости 1 раз в 25 лет для I-IV районов по ветру и гололеду, при этом для ВЛ 220 кВ минимальное нормативное ветровое давление принято 500 Па.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

5.26. Нормативное ветровое давление W_0 принято следующим по ветровым районам: I и II - 500 Па, III - 650 Па и IV - 800 Па.

Расчет опор и проводов выполнялся с учетом коэффициента K_w , учитывающего высоту приложения нагрузки и тип местности.

5.27. Нормативные толщины стенки гололеда b_3 для высоты 10 м над поверхностью земли приняты следующими в районах по гололеду: I - 10 мм, II - 15 мм, III - 20 мм и IV - 25 мм.

5.28. Ветровые пролеты для стальных многогранных опор определены по деформированной схеме с учетом дополнительных усилий, возникающих от весовых нагрузок, по стандарту предприятия, разработанному РОСЭП.

5.29. В расчетах элементов опор на прочность весовой пролет принят $L_{вес} = 1,25 L_{расч}$. Расчетный пролет $L_{расч}$ определялся как наименьший из габаритного и ветрового пролетов.

5.30. Величины габаритных пролетов для опор ПМ220-2 вычислены при длине гирлянды изоляторов, равной 2 м, и фундаментах высотой 1 м над землей.

Для других длин гирлянд изоляторов и фундаментов необходимо при проектировании ВЛ внести соответствующие изменения в габаритные пролеты.

5.31. Величины пролетов в ненаселенной и населенной местности для опор ПМ220-2 даны в таблице 4.

5.32. До разработки стальных многогранных опор ВЛ 220 кВ анкерного типа, в конкретном проекте ВЛ 220 кВ в качестве анкерных, концевых и угловых опор следует принимать типовые стальные решетчатые опоры У220-2.

6. Закрепление опор в грунте

6.1. Фундаменты для опоры ПМ220-2 должны разрабатываться при конкретном проектировании в зависимости от геологических данных для каждого пикета ВЛ 220 кВ или приниматься в соответствии с типовыми конструкциями, которые будут разработаны в 2007-2008 г.г. Филиалом ОАО «СевЗапНТЦ» - Севзапэнергопроект по следующим нагрузкам:

Максимальные расчетный и нормативный изгибающие моменты на уровне верха фундамента равны $M^P = 2000$ кН·м и $M^H = 1692$ кН·м; расчетная и нормативная горизонтальные нагрузки на уровне верха фундамента равны $Q^P = 96,2$ кН и $Q^H = 81,4$ кН; расчетная и нормативная вертикальные нагрузки на уровне верха фундамента равны $V^P = 200$ кН и $V^H = 130$ кН.

6.2. В данном проекте приведен один из вариантов фундамента для закрепления опоры ПМ220-2 в средних грунтах. Расчет прочности закрепления опор в грунте в данном проекте произведен в соответствии с «Руководством по проектированию опор и фундаментов линий электропередачи и распределительных устройств подстанций напряжением свыше 1 кВ» (Энергосетьпроект, 1977).

6.3. Закрепление в грунте промежуточных опор ПМ220-2 выполняется на фундаменте, представляющем собой стальную трубу $\varnothing 1220 \times 10$ мм, оснащенную фланцем, к которому закрепляется нижняя секция опоры, имеющая обратный фланец.

Опоры должны устанавливаться в грунт на стальную трубу $\varnothing 1220 \times 10$ мм с ригелем АР-8, при этом глубина фундамента принимается 6 м или 5 м в соответствии с таблицей 6 данного проекта.

Допускается не устанавливать ригель при заглублении опоры вместо указанных в таблице $h = 5$ м на $h = 6$ м в следующих грунтах: пески крупные и средние при $e \leq 0,65$; пески мелкие и пылеватые при $e \leq 0,55$; супеси при $0 < J_L \leq 0,25$ и $e \leq 0,55$; суглинки при $0 < J_L \leq 0,5$ и $e \leq 0,55$; глины при $0 < J_L \leq 0,5$ и $e \leq 0,75$.

Монтаж фундамента выполняется несколькими вариантами (см. п.7.6).

6.4. Результаты расчета закрепления промежуточных опор в 56 типах грунта, предусмотренных таблицами 1 и 2 приложения 1 СНиП 2.02.01 - 83 «Основания зданий и сооружений», приведены в таблице 6.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27.0009 - ПЗ

6.5. Действующие изгибающие моменты ($M^{расч}$) в различных климатических районах для опор ПМ220-2 даны в таблице 5.

7. Рекомендации по монтажу стальных многогранных опор ВЛ 220 кВ

7.1. Монтаж опор ПМ220-2 должен производиться в соответствии с технологическими картами и схемами на производство отдельных видов работ.

7.2. Конструкции стоек и опор должны подаваться на монтаж оцинкованными и очищенными от грязи, льда, масла и ржавчины.

7.3. Стальные конструкции подлежат проверке на месте установки.

Допускаемые отклонения от проектных размеров стальных конструкций должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

7.4. Установка собранной опоры производится с помощью крана соответствующей грузоподъемности и вылета стрелы. При этом секции опор, собранные с помощью телескопического стыка, должны иметь фиксаторы стыков.

В месте крепления строповочного троса опоры должны иметь прокладку для обеспечения сохранности цинкового покрытия.

7.5. При телескопическом соединении секций контроль фактической длины стыка производится с помощью меток, нанесенных на расстоянии 1300 мм от вершины средней секции и на расстоянии 1800 мм от вершины нижней секции.

7.6. Монтаж опор рекомендуется осуществлять в такой последовательности.

В первую очередь производится закрепление фундамента Ф220 в грунте.

В случае закрепления фундамента в грунте без ригеля выполняются следующие операции:

- в грунте пробуривается котлован на глубину 6 м;
- в котлован опускается фундаментная труба $\varnothing 1220 \times 10$ с фланцем и с прикрепленной к ней диафрагмой Д22;
- пространство между стенкой котлована и фундаментом заполняется сухой песчано-цементной смесью с послойным уплотнением или песчано-цементным раствором.

В процессе установки необходимо следить за вертикальностью фундамента.

В случае применения раствора установку стоек на фундамент следует выполнять после затвердевания раствора.

Стальную трубу фундамента следует заполнить грунтом или тощим бетоном.

При установке фундамента Ф220 с прикрепленным к фундаментной трубе ригелем выполняется предварительная доработка вручную котлована под ригель АР-8, при этом глубина котлована определяется по таблице 6 ПЗ.

После закрепления фундамента в грунте производятся следующие операции:

- в горизонтальном положении на деревянных подставках собираются секции стойки опоры. Соединение секций рекомендуется производить с помощью двух домкратов с усилием 20 тонн каждый и стяжками СТ23 и СТ24;
- верхняя часть опоры оснащается траверсами и тросостойкой;
- осуществляется подъем укрупненной конструкции в вертикальное положение и болтовое соединение фланцев опоры и фундамента; при соединении секций опоры и фундамента фланцами допускается применять выравнивающие прокладки; после завинчивания болтов на них, при необходимости, устанавливаются запирающие устройства.

7.7. Головки и гайки болтов должны плотно соприкасаться с плоскостями элементов конструкций и шайб. В каждом болте со стороны гайки должно оставаться не менее одной нитки резьбы с полным профилем.

Надежность фиксации гаек анкерных болтов обеспечивается второй гайкой.

Момент затяжки болтов при монтаже металлоконструкций должен быть не менее 15 кГс·м. После затяжки резьбу болтов раскернить или приварить.

7.8. Если в конкретном проекте ВЛ предусмотрены дополнительные заземлители, то их следует присоединить к контакту опоры болтом М16.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27.0009 - ПЗ

Лист

13

7.9. При производстве монтажных работ не допускается:

- механическое повреждение конструкций (образование остаточных деформаций, вмятин и др.);
- повреждение защитных покрытий.

Транспортные и монтажные нагрузки на опоры не должны превышать расчетных.

При складировании или сборке опор на месте установки опоры или их секции должны укладываться на деревянные прокладки.

7.10. Рекомендации по подъему на опору см. п.8.6 и 8.9 ПЗ.

8. Рекомендации по эксплуатации стальных многогранных опор ВЛ

8.1. Эксплуатация стальных многогранных опор ВЛ должна производиться в соответствии с «Типовой инструкцией по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ» (РД 34.20.504-94).

Кроме того, при эксплуатации стальных многогранных опор рекомендуется учитывать п.п. 8.2-8.11 данного раздела.

8.2. Срок службы стальных многогранных опор ВЛ 220 кВ должен быть не менее 60 лет.

Этот срок службы опор обеспечивается качественным изготовлением конструкций, правильным выбором марки стали, антикоррозионной защитой опор, соблюдением указаний проекта по применению опор, точной сборкой опор и

монтажом проводов, соблюдением требований по эксплуатации опор ВЛ.

8.3. Заказчик должен осуществлять технический надзор за строительством ВЛ со стальными многогранными опорами.

До монтажа опор ВЛ Заказчику следует установить качество изготовления стальных многогранных опор, правильный выбор марки стали и антикоррозионной защиты опор, соблюдение указаний проекта по применению опор.

Во время монтажа Заказчик должен контролировать правильность установки фундаментов опор ВЛ, проверять точность сборки опор, надежность фиксации гаек анкерных болтов, отсутствие повреждений цинкового покрытия и точность монтажа проводов.

8.4. Стальные многогранные опоры ВЛ должны подвергаться визуальному осмотру с периодичностью, предусмотренной существующими нормами.

8.5. При осмотре следует выявлять участки с поврежденной оцинковкой.

Обнаруженные участки с повреждениями покрытий стоек должны быть восстановлены по п.2.8 или другими способами, обеспечивающими надежную защиту опор от агрессивного воздействия среды.

В первую очередь осмотры стальных многогранных стоек следует предусматривать в районах с сильным промышленным загрязнением воздуха (особенно от цементных заводов), в пустынных зонах, где возможны пыльные бури, на морских побережьях и в районах с засоленным грунтом.

8.6. Подъем на опоры рекомендуется выполнять с телескопических вышек. Кроме того, конструкция опоры позволяет установить разработанные в данном проекте стационарные лестницы с минимального уровня 3,1 м от комля опоры. По решению Заказчика стационарные лестницы могут быть установлены с уровня 3,1 м; 5,3 м; 9,2 м и т.д.

8.7. При разработке документации с литерой О1 разработаны и испытаны специальные узлы крепления для монтажа и обслуживания промежуточных опор, в том числе:

- приспособления для подъема на опору,
- приспособления для выхода на траверсу,
- узлы крепления вертикальной лестницы к траверсе,
- узлы крепления трапа на траверсу,
- узлы крепления блоков на опоре и траверсе.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27.0009 - ПЗ

Лист

14

Таблица 4 – Пролеты L, м, двухцепной стальной многогранной промежуточной опоры ПМ220-2 в ненаселенной и населенной местности, рассчитанные по ПУЭ 7 издания.

Нормативное ветровое давление, W_0 , Па по районам		I-II, 500				III, 650				IV, 800			
Нормативная толщина стенки гололеда, b_3 , мм по районам		I, 10	II, 15	III, 20	IV, 25	I, 10	II, 15	III, 20	IV, 25	I, 10	II, 15	III, 20	IV, 25
Марка и сечение провода по ГОСТ 839-80		АС 300/39											
Допустимое напряжение в проводе, МПа		$\sigma_{\Gamma}=126;$				$\sigma_{_}=126;$				$\sigma_{\Theta}=84;$			
Марка и сечение троса по ГОСТ 3063-80		ТК 11*											
Допустимое напряжение в тросе, МПа		$\sigma_{\Gamma}=650;$				$\sigma_{_}=650;$				$\sigma_{\Theta}=350;$			
Ненаселенная местность	Габаритный пролет, м	350	310	280	250	350	310	280	250	350	310	280	250
	Ветровой пролет, м	467	467	401	335	310	310	310	310	205	205	205	205
	Весовой пролет, м	438	388	350	312	438	388	350	312	256	256	256	256
Населённая местность	Габаритный пролет, м	330	300	260	240	330	300	260	240	330	300	260	240
	Ветровой пролет, м	467	467	401	335	310	310	310	310	205	205	205	205
	Весовой пролет, м	412	375	325	300	388	375	325	300	256	256	256	256
Марка и сечение провода по ГОСТ 839-80		АС 400/51											
Допустимое напряжение в проводе, МПа		$\sigma_{\Gamma}=126;$				$\sigma_{_}=126;$				$\sigma_{\Theta}=84;$			
Марка и сечение троса по ГОСТ 3063-80		ТК 11*											
Допустимое напряжение в тросе, МПа		$\sigma_{\Gamma}=650;$				$\sigma_{_}=650;$				$\sigma_{\Theta}=350;$			
Ненаселенная местность	Габаритный пролет, м	360	330	300	270	360	330	300	270	360	330	300	270
	Ветровой пролет, м	409	409	380	319	270	270	270	270	180	180	180	180
	Весовой пролет, м	450	412	375	338	338	338	338	338	225	225	225	225
Населённая местность	Габаритный пролет, м	350	310	280	250	350	310	280	250	350	310	280	250
	Ветровой пролет, м	409	409	380	319	270	270	270	270	180	180	180	180
	Весовой пролет, м	438	388	350	312	338	338	338	315	225	225	225	225

* При применении вместо грозозащитного троса ТК11 троса со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ) габаритные и ветровые пролеты следует уточнить в соответствии с п.4.15 и п.4.16 ПЗ.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27.0009 - ПЗ

Таблица 5 – Моменты $M^{расч}$, кН·м, действующие на двухцепную промежуточную опору ПМ220-2 в ненаселенной и населенной местности, рассчитанные по ПУЭ 7 издания.

Нормативное ветровое давление, W_0 , Па по районам	I-II, 500				III, 650				IV, 800			
	I, 10	II, 15	III, 20	IV, 25	I, 10	II, 15	III, 20	IV, 25	I, 10	II, 15	III, 20	IV, 25
Марка и сечение провода по ГОСТ 839-80	АС 300/39											
Марка и сечение троса по ГОСТ 3063-80	ТК 11											
Действующий изгибающий момент в ненаселенной местности, кН·м												
Действующий изгибающий момент в населенной местности, кН·м												
Марка и сечение провода по ГОСТ 839-80	АС 400/51											
Марка и сечение троса по ГОСТ 3063-80	ТК 11											
Действующий изгибающий момент в ненаселенной местности, кН·м												
Действующий изгибающий момент в населенной местности, кН·м												

Действующие изгибающие моменты даны для расчетных пролетов, указанных в таблице 4.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27.0009 - ПЗ

Лист
17

Таблица 6 - Величины заглубления h в грунт фундамента Ф220 опоры ПМ220-2 и марка ригеля.*

Наименование и виды грунтов	Коэффициент пористости "e"						
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Пески крупные и гравелистые				---	---	---	---
Пески средней крупности				---	---	---	---
Пески мелкие					---	---	---
Пески пылеватые					---	---	---
Супеси $0 < J_L \leq 0,25$					---	---	---
Супеси $0,25 < J_L \leq 0,75$						---	---
Суглинки $0 < J_L \leq 0,25$							---
Суглинки $0,25 < J_L \leq 0,5$							---
Суглинки $0,5 < J_L \leq 0,75$	---	---					
Глины $0 < J_L \leq 0,25$	---						
Глины $0,25 < J_L \leq 0,5$	---	---					
Глины $0,5 < J_L \leq 0,75$	---	---					

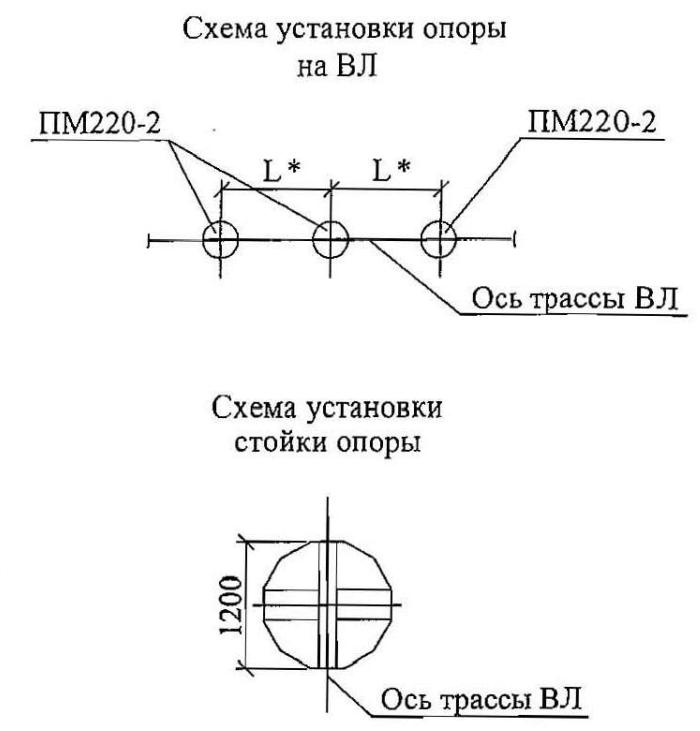
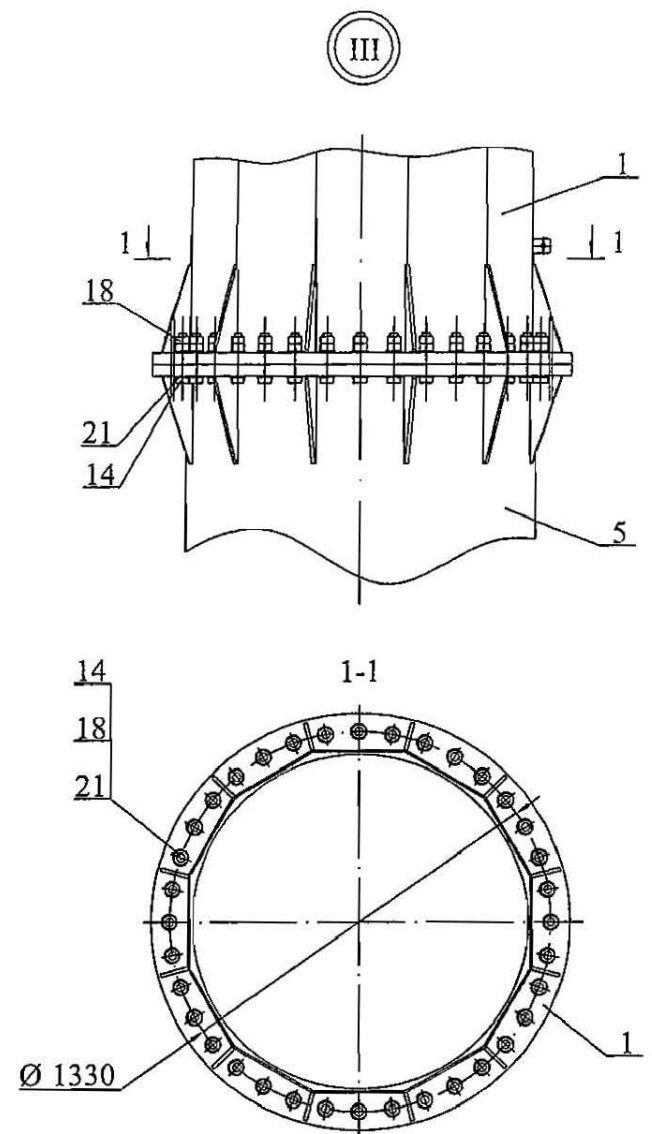
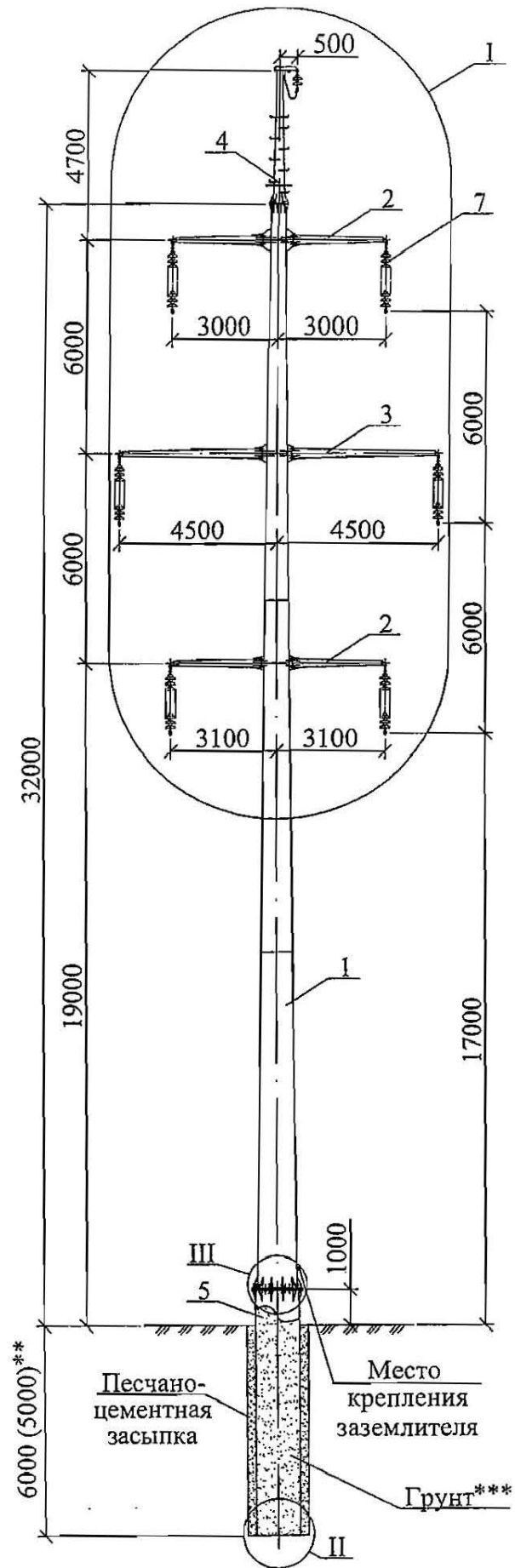
* Допускается не устанавливать ригель при заглублении опоры вместо указанных в таблице $h = 5$ м на $h = 6$ м в следующих грунтах:
пески крупные и средние при $e \leq 0,65$;
пески мелкие и пылеватые при $e \leq 0,55$;
супеси при $0 < J_L \leq 0,25$ и $e \leq 0,55$;
суглинки при $0 < J_L \leq 0,5$ и $e \leq 0,55$;
глины при $0 < J_L \leq 0,5$ и $e \leq 0,75$.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

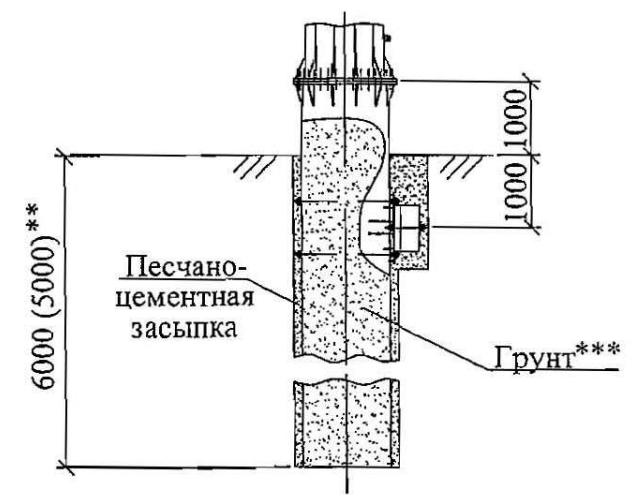
27.0009-ПЗ

Лист

18



Вариант закрепления опоры в грунте (с ригелем AP-8) см. документ 27.0009-11.

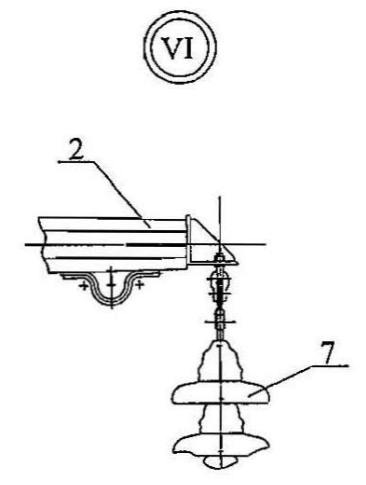
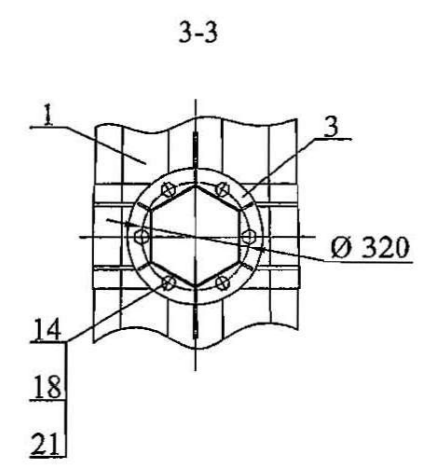
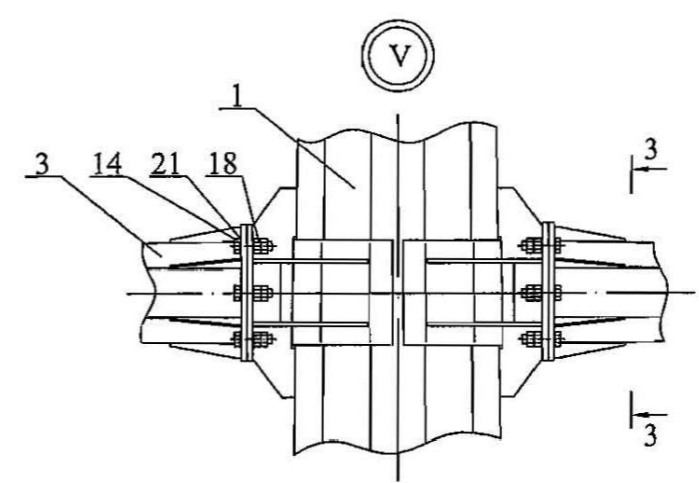
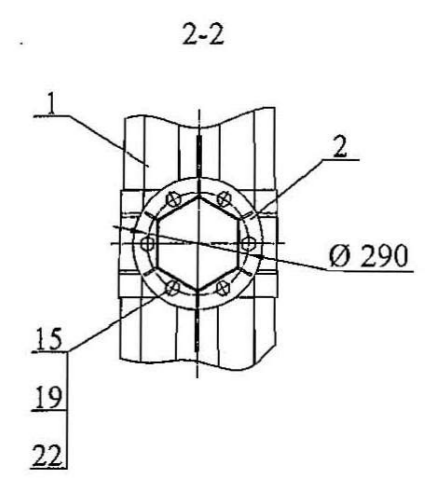
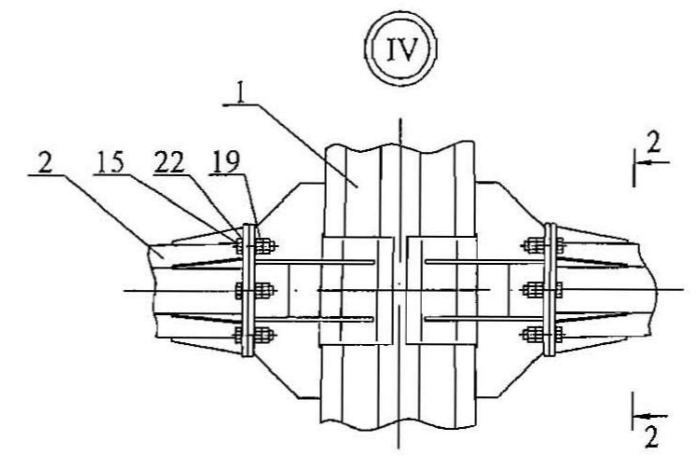
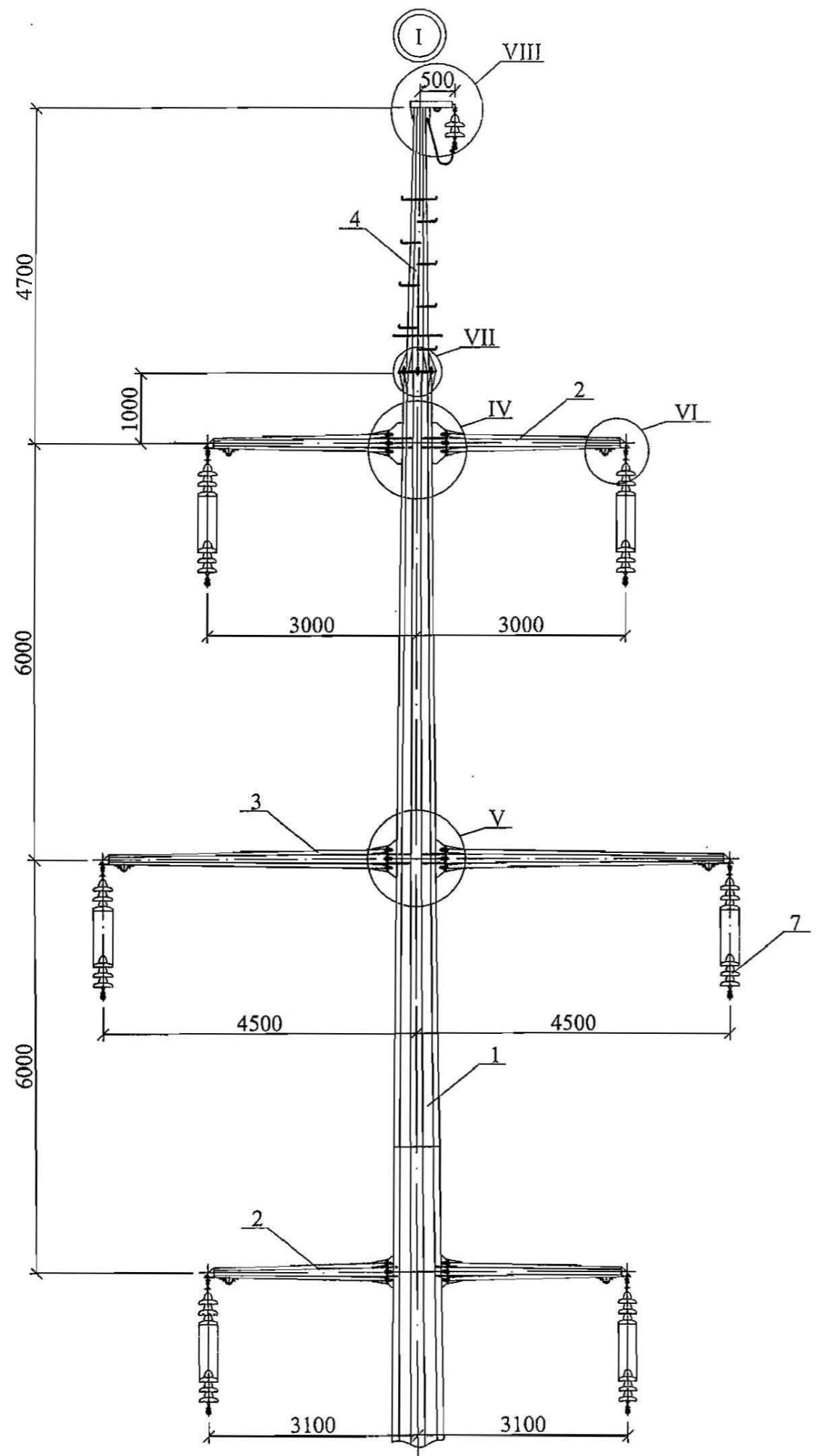


*Пролёты L см. ПЗ.
 **См. таблицу 6 ПЗ.
 ***Грунт в трубе фундамента уплотнить.
 Чертеж выполнен на 3 листах. Узлы I, IV...VI см. лист 2, узлы VII, VIII и спецификацию - лист 3.

Марка опоры	Марка стойки	Область применения опоры		
		район по гололёду	ветровой район	местность
ПМ220-2	СМ24	I-IV	I-IV	Ненаселённая и населённая

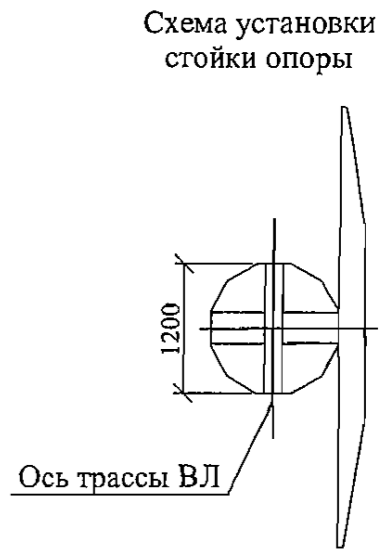
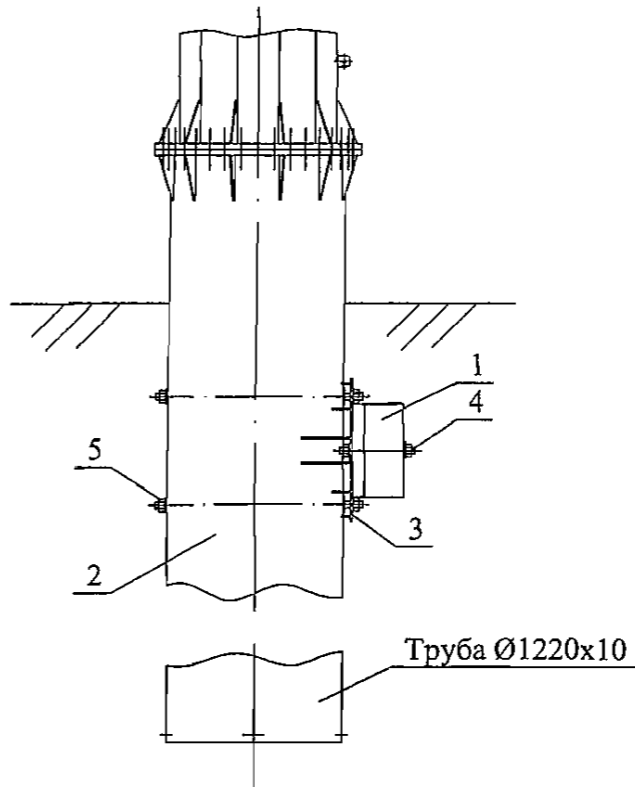
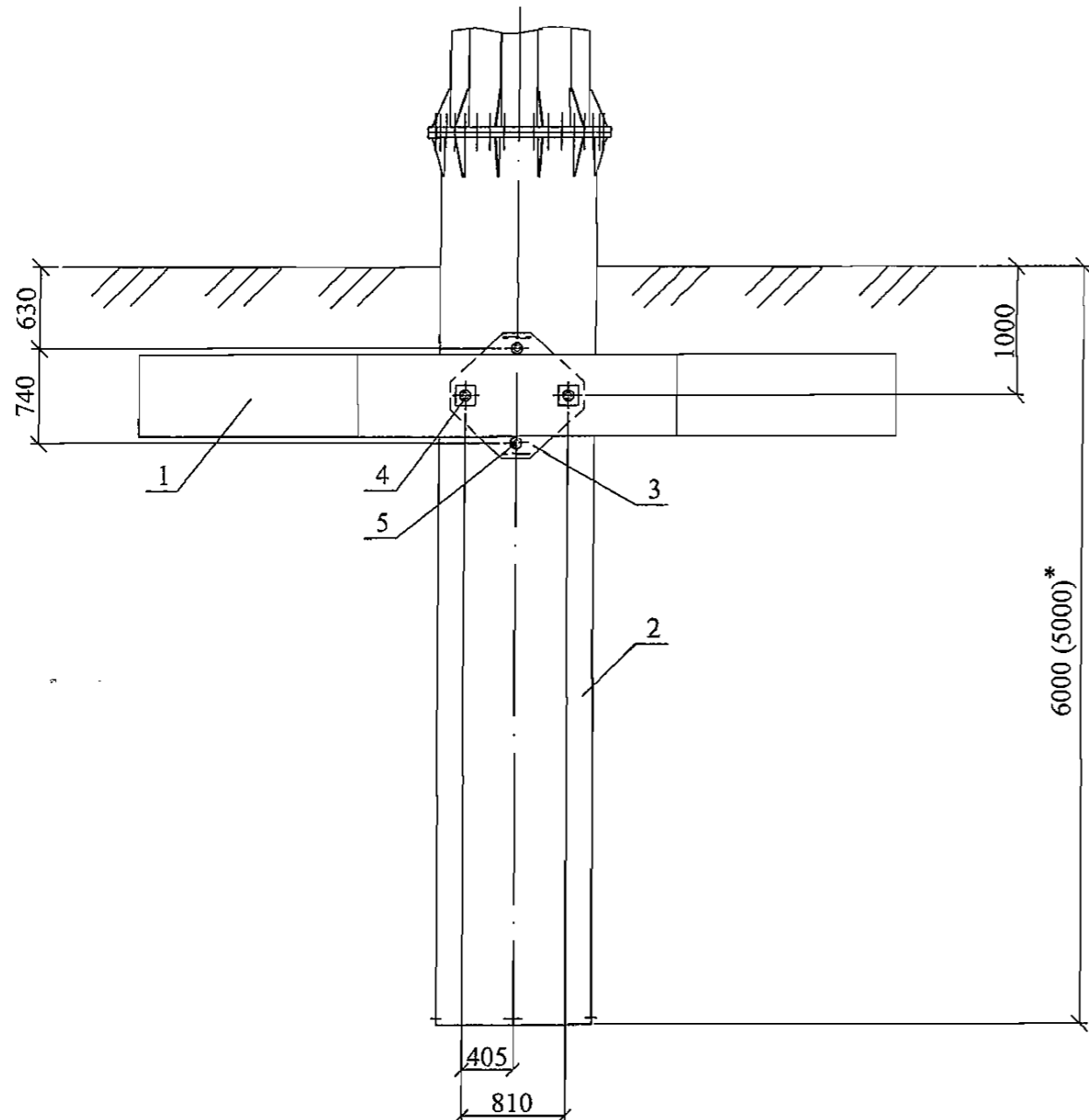
Инв. уч. подл. Подг. и Дата. Взам. инв. уч.

						27.0009-01					
						Комплект РКД с литерой О1 на стальную многогранную двухцепную промежуточную опору ВЛ 220 кВ					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Промежуточная опора ПМ220-2			Стадия	Лист	Листов
									O1	1	3
ГИП	Ударов			<i>Ударов</i>	28.02	Общий вид Схема установки			Филиал ОАО "НТЦ электроэнергетики". РОСЭП		
Н.контр.	Смирнова			<i>Смирнова</i>	28.02						
Пров.	Холова			<i>Холова</i>	28.02						
Разраб.	Калабашкин Д			<i>Калабашкин Д</i>	28.02						



Универсальное Производство
Инженер И. Давидович

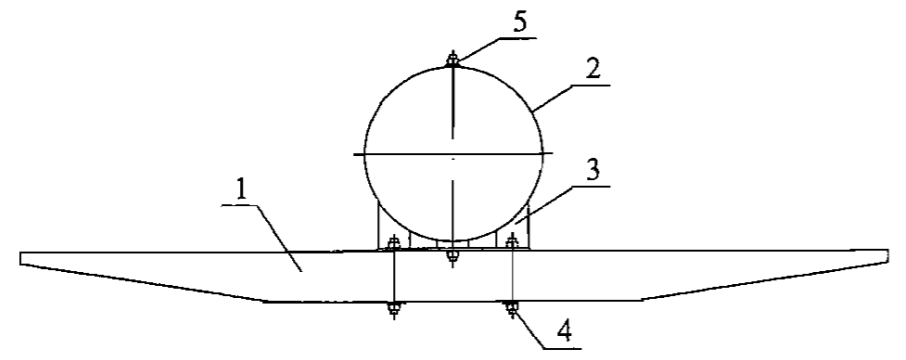
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	27.0009-01	Лист
							2



Труба Ø1220x10

*См. таблицу 6 ПЗ.

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса
Железобетонные элементы				
1	AP-8	Ригель AP-8	1	Серия 3.407-115 выпуск 5
Вес железобетонных элементов				2600 кг
Стальные конструкции				
2	27.0009-37	Фундаментная труба Т220	1	2294 кг (1995 кг)
3	27.0009-38	Кронштейн КР22	1	126 кг
4	27.0009-39	Шпилька ШП29	2	12,5 кг
5	27.0009-39	Шпилька ШП30	2	23,5 кг
Вес стальных конструкций				2492 кг (2193 кг)



ИНВ. № ПОДЛ. / Изм. и дата / Взам. инв. №

27.0009-11					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
ГИП	Ударов			<i>Ударов</i>	28.02
Н.контр.	Смирнова			<i>Смирнова</i>	28.02
Пров.	Холова			<i>Холова</i>	28.02
Разраб.	Калабашкин Д.			<i>Калабашкин Д.</i>	28.02
Фундамент Ф220					
		Стадия	Лист	Листов	
		01		1	
Филиал ОАО "НТЦ электроэнергетики" - РОСЭП					

1. Результаты механического расчета проводов и тросов для двухцепной ВЛ 220 кВ с учетом их вытяжки при эксплуатации представлены в виде габаритных и монтажных таблиц, рассчитанных в соответствии с ПУЭ 7 издания (перечень см. таблицу 1).

При строительстве ВЛ должны применяться монтажные таблицы, в которых использованы допустимые механические напряжения в проводах и тросах, приведенные в таблице 2.5.7 ПУЭ 7 издания.

При проектировании ВЛ 220 кВ должны использоваться габаритные таблицы, в которых приведены стрелы провеса проводов после их вытяжки в процессе эксплуатации.

Таблица 1 - Перечень габаритных и монтажных таблиц, основные параметры проводов и троса

Марка провода (троса)	Сечение провода, (троса) S, мм ²	Масса провода, (троса) g, кг/м	№№ габаритных и монтажных таблиц		
			Нормативное ветровое давление W ₀ , Па		
			500	650	800
Габаритные таблицы проводов					
АС 300/39	339,6	1,132	T1-T4	T5-T8	T9-T12
АС 400/51	445,1	1,490	T13-T16	T17-T20	T21-T24
Монтажные таблицы проводов и троса					
АС 300/39	339,6	1,132	T25-T28	T29-T32	T33-T36
АС 400/51	445,1	1,490	T37-T40	T41-T44	T45-T48
Трос ТК 11	72,95	0,627	T49-T52	T53-T56	T57-T60

В габаритных и монтажных таблицах T1 ÷ T60 приняты следующие условные обозначения для расчетных режимов проводов :

- «ВГ» - ветер при гололеде на проводах(тросах),
- «В» - максимальный ветер, гололед отсутствует,
- «-5Г» - провода(трос) покрыты гололедом, ветер отсутствует.
- « - » - расчетная температура воздуха минус 40⁰С;
- « П » - в габаритных таблицах T1÷T24 дано обозначение «П» для режима

после вытяжки провода.

2. В габаритных и монтажных таблицах принято:

- допустимое напряжение проводов АС 300/39 и АС 400/51 $\sigma_{вг} = \sigma_- = 126$ МПа (12,6 кГс/мм²), $\sigma_{сг} = 84$ МПа(8,4 кГс/мм²); троса ТК11: $\sigma_{вг} = \sigma_- = 650$ МПа (65 кГс/мм²), $\sigma_{сг} = 350$ МПа(35 кГс/мм²);
- нормативное ветровое давление W₀ = 500, 650 и 800 Па (I-IV район по ветру);
- нормативная толщина стенки гололеда b₃ = 10,15,20 и 25 мм (I-IV район по гололеду).

3. Натяжку проводов(тросов) при строительстве ВЛ следует выполнять в соответствии с величинами монтажных стрел провеса или напряжений, приведенными в таблицах T25 ÷ T60 для среднего пролета на данном анкерном участке ВЛ.

В первом варианте визирование стрелы провеса, определенной по монтажной таблице, рекомендуется выполнять между двумя промежуточными опорами в пролете, примерно равном по величине среднему пролету расположенному вдали от тягового механизма.

Во втором варианте при монтаже провода с проверкой его натяжения по динамометру необходимо учитывать величину T_{тр}, обусловленную силами трения провода по монтажным роликам.

Монтажное тяжение T_м в проводе определяется по следующей формуле:

$$T_m = \sigma_m \cdot S + T_{тр}$$

где T_м - монтажное тяжение в проводе, кГс,

σ_m - напряжение в проводе, кГс/мм², в соответствии с монтажными таблицами T25÷T48 для конкретных условий(марка провода, средний пролет анкерном участке и температура воздуха при натяжении провода),

S - сечение провода, мм²(см. таблицу 1)

T_{тр} - сила трения, кГс.

При отсутствии точных данных допускается при монтаже провода T_{тр} принимать

$$T_{тр} = k \cdot g \cdot L_A$$

где k = 0,1 кГс/кг - коэффициент пропорциональности,

g - масса провода, кг/м (см. таблицу 1),

L_A - длина анкерного участка, м.

Пример

На двухцепной ВЛ 220 кВ подвешивается провод АС400/51;

Длина анкерного участка L_A = 3000м;

РКУ: III район по ветру(W₀ = 650 Па) и II район по гололеду (b₃ = 15 мм,);

температура при монтаже t_м = +15⁰С,

длина среднего пролета на анкерном участке l_{ср} = 250м;

масса провода g = 1,49 кг/м, S = 445,1 мм² (по таблице 1)

Для расчета T_м сначала по монтажной таблице T42 для l_{ср} = 250 м определяется стрела провеса f_м и напряжение σ_m в проводе при t_м = +15⁰С. f_м = 3,85 м, $\sigma_m = 7,1$ кГс/мм², затем определяются T_{тр} и T_м :

$$T_{тр} = k \cdot g \cdot L_A = 0,1 \cdot 1,49 \cdot 3000 = 447 \text{ кГс}$$

$$T_m = \sigma_m \cdot S + T_{тр} = 7,1 \cdot 445,1 + 447 = 3600 \text{ кГс}$$

В данном примере натяжку провода следует прекратить при показании динамометре 3600 кГс и проверить величину монтажной стрелы провеса провода в дальнем от тягового механизма пролете (f_м = 3,85 м).

						27.0009 - Т			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
ГИП		Ударов		<i>[подпись]</i>	28.02	ГАБАРИТНЫЕ И МОНТАЖНЫЕ ТАБЛИЦЫ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ	Стадия	Лист	Лист
Н.контр.		Холова		<i>[подпись]</i>	28.02		О1	1	6
Пров.		Ударова		<i>[подпись]</i>	28.02		Филиал ОАО "НТЦ электроэнергетики" РОСЭП		
Разраб.		Гореленко		<i>[подпись]</i>	28.02				

1. Результаты механического расчета проводов и тросов для двухцепной ВЛ 220 кВ с учетом их вытяжки при эксплуатации представлены в виде габаритных и монтажных таблиц, рассчитанных в соответствии с ПУЭ 7 издания (перечень см. таблицу 1).

При строительстве ВЛ должны применяться монтажные таблицы, в которых использованы допустимые механические напряжения в проводах и тросах, приведенные в таблице 2.5.7 ПУЭ 7 издания.

При проектировании ВЛ 220 кВ должны использоваться габаритные таблицы, в которых приведены стрелы провеса проводов после их вытяжки в процессе эксплуатации.

Таблица 1 - Перечень габаритных и монтажных таблиц, основные параметры проводов и троса

Марка провода (троса)	Сечение провода, (троса) S, мм ²	Масса провода, (троса) g, кг/м	№№ габаритных и монтажных таблиц		
			Нормативное ветровое давление W ₀ , Па		
			500	650	800
Габаритные таблицы проводов					
АС 300/39	339,6	1,132	T1-T4	T5-T8	T9-T12
АС 400/51	445,1	1,490	T13-T16	T17-T20	T21-T24
Монтажные таблицы проводов и троса					
АС 300/39	339,6	1,132	T25-T28	T29-T32	T33-T36
АС 400/51	445,1	1,490	T37-T40	T41-T44	T45-T48
Трос ТК 11	72,95	0,627	T49-T52	T53-T56	T57-T60

В габаритных и монтажных таблицах T1 ÷ T60 приняты следующие условные обозначения для расчетных режимов проводов :

- «ВГ» - ветер при гололеде на проводах(тросах),
- «В» - максимальный ветер, гололед отсутствует,
- «-5Г» - провода(трос) покрыты гололедом, ветер отсутствует.
- « - » - расчетная температура воздуха минус 40⁰С;
- « П » - в габаритных таблицах T1÷T24 дано обозначение «П» для режима

после вытяжки провода.

2. В габаритных и монтажных таблицах принято:

- допустимое напряжение проводов АС 300/39 и АС 400/51 $\sigma_{вг} = \sigma_{-} = 126$ МПа (12,6 кГс/мм²), $\sigma_{сг} = 84$ МПа(8,4 кГс/мм²); троса ТК11: $\sigma_{вг} = \sigma_{-} = 650$ МПа (65 кГс/мм²), $\sigma_{сг} = 350$ МПа(35 кГс/мм²);
- нормативное ветровое давление W₀ = 500, 650 и 800 Па (I-IV район по ветру);
- нормативная толщина стенки гололеда b₀ = 10,15,20 и 25 мм (I-IV район по гололеду).

3. Натяжку проводов(тросов) при строительстве ВЛ следует выполнять в соответствии с величинами монтажных стрел провеса или напряжений, приведенными в таблицах T25 ÷ T60 для среднего пролета на данном анкерном участке ВЛ.

В первом варианте визирование стрелы провеса, определенной по монтажной таблице, рекомендуется выполнять между двумя промежуточными опорами в пролете, примерно равном по величине среднему пролету и расположенном вдали от тягового механизма.

Во втором варианте при монтаже провода с проверкой его натяжения по динамометру необходимо учитывать величину T_{тр}, обусловленную силами трения провода по монтажным роликам.

Монтажное тяжение T_м в проводе определяется по следующей формуле:

$$T_m = \sigma_m \cdot S + T_{тр},$$

где T_м - монтажное тяжение в проводе, кГс,

σ_m - напряжение в проводе, кГс/мм², в соответствии с монтажными таблицами T25÷T48 для конкретных условий(марка провода, средний пролет на анкерном участке и температура воздуха при натяжении провода),

S - сечение провода, мм²(см. таблицу 1)

T_{тр} - сила трения, кГс.

При отсутствии точных данных допускается при монтаже провода T_{тр} принимать:

$$T_{тр} = k \cdot g \cdot L_A,$$

где k = 0,1 кГс/кг - коэффициент пропорциональности,

g - масса провода, кг/м (см. таблицу 1),

L_A - длина анкерного участка, м.

Пример

На двухцепной ВЛ 220 кВ подвешивается провод АС400/51;

Длина анкерного участка L_A = 3000м;

РКУ: III район по ветру(W₀ = 650 Па) и II район по гололеду (b₀ = 15 мм,);

температура при монтаже t_м = +15⁰С,

длина среднего пролета на анкерном участке l_{ср} = 250м;

масса провода g = 1,49 кг/м, S = 445,1 мм² (по таблице 1)

Для расчета T_м сначала по монтажной таблице T42 для l_{ср} = 250м определяется стрела провеса f_м и напряжение σ_m в проводе при t_м = +15⁰С : f_м = 3,85 м, $\sigma_m = 7,1$ кГс/мм², затем определяются T_{тр} и T_м :

$$T_{тр} = k \cdot g \cdot L_A = 0,1 \cdot 1,49 \cdot 3000 = 447 \text{ кГс}$$

$$T_m = \sigma_m \cdot S + T_{тр} = 7,1 \cdot 445,1 + 447 = 3600 \text{ кГс}$$

В данном примере натяжку провода следует прекратить при показании на динамометре 3600 кГс и проверить величину монтажной стрелы провеса провода в дальнем от тягового механизма пролете (f_м = 3,85 м).

						27.0009 - Т			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
						ГАБАРИТНЫЕ И МОНТАЖНЫЕ ТАБЛИЦЫ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ	Стадия	Лист	Листов
ГИП		Ударов		<i>[Подпись]</i>	28.02		01	1	61
Н.контр.		Холова		<i>[Подпись]</i>	28.02		Филиал ОАО		
Пров.		Ударова		<i>[Подпись]</i>	28.02		"НТЦ электроэнергетики"-		
Разраб.		Гореленко		<i>[Подпись]</i>	28.02		РОСЭП		