Министерство энергетики и электрификации СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
Ордена октябрьской революции
Всесоюзный государственный проектно-изыскательский и
научно-исследовательский институт
энергетических систем и электрических сетей
"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"
Северо-Западное отделение

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

ПЕРЕХОДНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 500 КВ ВЫСОТОЙ ДО 100 м

ТОМ 2

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Директор А.М.АСТАФЬЕВ

Зав.лабораторией конструкций
электросетевого строительства
к.т.н. А.[illegible]РНОСОВ

Главный инженер проекта А.Н.АНДРЕЕВА

№ 9674тм-т2

г.Ленинград
1980 г.

gost.e-ecolog.ru

АННОТАЦИЯ

Настоящая работа является дальнейшим развитием технического задания "Переходные опоры ВЛ 500 кВ высотой до 100 м", выполненного СЗО института "Энергосетьпроект" в 1980 г.

Согласно задания в настоящем проекте рассматриваются переходные опоры с высотой до траверсы до 100м, выполняемые из углового проката.

На опорах предусматривается подвеска сталеалюминиевых проводов марок: 3хАС 330/43, 3хАС 300/66, 3хАС400/51, 3хАС400/93; 3хАС500/64, 3хАС300/204, 2хАС500/336.

Для одноцепных переходов предлагаются промежуточные опоры - свободностоящие с треугольным расположением проводов и одностоечные на оттяжках, для двухцепных переходов - промежуточные опоры Дунайского типа. Каждый тип переходной опоры имеет шесть высот. Свободностоящие опоры меньшей высоты собираются без одной или нескольких нижних секций высотой 12 м, а для опоры на оттяжках исключаются средние секции стойки.

Одноцепные и двухцепные концевые опоры разработаны трехстоечными. Высота опор до крепления провода 13,5 м. Для повышения опор применяются подставки высотой 6м.

В работе принимали участие:
Рук.группы Цейтлин М.А. - ответственный исполнитель
Гл.специалист Штин С.А.
Гл.инж.пр. Новгородцев Б.П.
Ст.инженер Константинова Е.Д.
Инженер Федорова Н.С.
Черт.констр. Голубева Г.В., Кот М.П.
В разработке экономической части:
Зав.сектором экономики кэн Родионов В.П.
ст. инженер Захарова Г.А.

СОСТАВ ПРОЕКТА

		Инв.номер
Том 2.	Пояснительная записка	9674тм-т2
Том 3.	Чертежи опор	9674тм-т3
Том 4.	Патентный формуляр (хранится в ПК СЗО)	9674тм-т4

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА I

	Стр.
Титульные листы	I,2
Аннотация	3
Состав проекта	4
Содержание тома I	5
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	
I. Назначение и область применения	7
2. Основные расчетные положения	10
3. Изоляция, линейная арматура, определение воздушных изоляционных расстояний	13
4. Выбор типов переходных опор	17
4.I. Определение области применения промежуточных и анкерных переходных опор	17
4.2. Выбор типов переходных опор	20
4.3. Выбор ступеней опор по высоте; конструкции переходных опор	27
4.4. Расчеты конструкций опор с применением ЭВМ	33
5. Выбор типов концевых опор	35
6. Расчет экономической эффективности	37
7. Выводы и рекомендации	49
8. Выписка из патентного формуляра инв. № 9674тм-т4. Отчет о патентных исследованиях.	50
ЧЕРТЕЖИ	Лист
I. Обзорный лист предлагаемых переходных опор	I
2. Нагрузки от проводов и тросов для одноцепной опоры	2
3. Нагрузки от проводов и тросов для одноцепной опоры типа ПА	3

	Лист
4. Нагрузки от проводов и тросов для двухцепной опоры	4
5. Нагрузки от проводов и тросов для концевых опор	5
6. Воздушно-изоляционные расстояния для одноцепных опор	6
7. Воздушно-изоляционные расстояния для одноцепной опоры типа ПА	7
8. Воздушно-изоляционные расстояния для двухцепных опор	8
9. Воздушно-изоляционные расстояния для одноцепной концевой опоры	9
10. Воздушно-изоляционные расстояния для двухцепной концевой опоры	10
11. Таблица сравнения весовых показателей поясов для разных марок стали	11
12. Схема опоры и таблица результатов расчета опоры в оптимальном режиме	12
13. Результаты расчета прогибов стволов башенных опор	13
14. Весовые показатели для одноцепной опоры по варианту I при разных базах опирания	14
15. Весовые показатели для двухцепной опоры по варианту I при разных базах опирания	15
16. Обзор больших переходов	16,17,18

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящая работа выполнена СЗО института "Энергосетьпроект" на стадии технического проекта на основании утвержденного технического задания (9674тм-тI) и является II этапом разработки. Работа выполняется по плану новой техники финансируемому Главным производственно-техническим управлением по строительству из централизованного фонда новой техники, шифр темы 05827.

I. Назначение и область применения

Настоящая работа имеет целью создание оптимальных конструкций переходных опор ВЛ 500 кВ высотой 100 м до нижней траверсы.
В настоящее время переходные опоры ВЛ 500 кВ разрабатываются индивидуально для каждого перехода на конкретные условия. Применение индивидуальных конструкций приводит к существенным затруднениям и затратам при проектировании и изготовлении опор на заводе, а также при строительстве переходов. Кроме того, при индивидуальном проектировании, выполняемом нередко без достаточного анализа возможных вариантов, не всегда принимаются оптимальные решения, что приводит к необоснованному перерасходу материалов.

В отдельных случаях на переходах ВЛ 500 кВ необоснованно применяются опоры повторного применения, запроектированные для установки на переходах с большими переходными пролетами для более тяжелых расчетных условий, что также приводит к перерасходу материалов, усложнению строительства и удорожанию

Из числа переходных опор запроектированных для переходов ВЛ 500 кВ с опорами высотой до 100 м наиболее характерна принятая в работе в качестве аналога опора ЗАС-50 ВЛ 500кВ "Рыбинск-Череповец" через р.Волгу с пролетом 900 м (см. альбом специальных переходов ВЛ 35-500 кВ; 1009 тм-т2, лист 46).

Высота опоры до нижней траверсы - 50 м. Масса опоры - 153,7 т
Принятая в данном проекте опора по варианту I с высотой до нижней траверсы H_5 = 52 м имеет массу 84,3т.
По сравнению с опорой -аналогом экономия металла составит: 153,7 - 84,3 = 69,4 т, а на один переход - 138,8 т.
Подробно- технико-экономические показатели работы приведены в главе 6.
При выполнении технического проекта использован накопленный опыт проектирования и строительства переходов ВЛ через водные преграды.
Часть выполненных в СССР в разные годы переходов приведена в следующих справочных изданиях:

I. "Опоры специальных переходов" - альбом, выпущенный институтом "Теплоэлектропроект" № II608-и в 1957 г.

2. "Альбом опор больших переходов" 1009тм-тI, СЗО "Энергосетьпроект", 1963 г.

3. "Альбом опор больших переходов" 1009тм-т2, институт "Энергосетьпроект", 1969 г.

Полезные данные по большим переходам содержатся также в следующих работах:

4. Рекомендации по проектированию больших переходов линий электропередачи 35÷330 кВ", 7052тм-тI, выпущенные СЗО "Энергосетьпроект" в 1973 г.

5. "Унифицированные переходные опоры высотой до 100 м для ВЛ 35÷330 кВ", 5711тм-тI, технический проект, выпущенный СЗО "Энергосетьпроект" в 1971 г.

6. "Унифицированные переходные опоры высотой до 100 м для ВЛ 35÷220 кВ", 7011тм-I,II,III, рабочие чертежи, выпущенная СЗО "Энергосетьпроект" в 1972 г.

7. "Унифицированные переходные опоры высотой до 100 м для ВЛ 330 кВ", 7050тм-I, рабочие чертежи, выпущенная СЗО

"Энергосетьпроект" в 1973 г.

8. "Технология и организация строительства переходов ВЛ напряжением 110 кВ и выше через водные преграды", работа, выпущенная СЗО "Энергосетьпроект" в 1970 г.

Переходные и концевые опоры разработаны одноцепными и двухцепными.
До настоящего времени двухцепные ВЛ 500 кВ не сооружались. Однако, в перспективе потребуется строительство двухцепных линий, что связано с необходимостью выдачи мощностей атомных станций составляющих 4-6 млн.кВт и более. Атомные электростанции строятся в центральных районах СССР. Необходимость прокладки двух параллельных ВЛ 500 кВ в центральных районах страны потребует изъятия из пользования значительно больших территорий, что особенно затруднительно при прохождении линий в стесненных условиях. Поэтому в утвержденной работе "Унифицированные опоры высоковольтных линий 35-500 кВ. Обобщение опыта проектирования, строительства и эксплуатации. Отчет и рекомендации по проектированию". 9626тм-тI, выполненной СЗО "Энергосетьпроект" в 1980 г., дана рекомендация о необходимости разработки двухцепных унифицированных опор ВЛ 500 кВ (см.9626тм-тI глава 4). Затраты на двухцепный переход ВЛ 500 кВ будут составлять только порядка 70% от стоимости двух одноцепных переходов. Целью настоящей работы являются:

1. Рассмотреть возможные варианты одноцепных и двухцепных переходных опор и предложить типы одноцепных и двухцепных опор, подлежащих разработке на стадии рабочих чертежей.

2. Выбрать ступени опор по высоте.

3. Предложить конструкции одноцепных и двухцепных концевых опор для переходов ВЛ 500 кВ.

4. Определить технико-экономические показатели предлагаемых решений.

2. Основные расчетные положения

2.1. Рассматриваемые опоры предназначены для подвески проводов марок:
3хАС330/43, 3хАС300/66, 3хАС400/51, 3хАС400/93;
3хАС500/64, 3хАС300/204, 2хАС500/336.

2.2. На опорах предусмотрена подвеска двух грозозащитных тросов ТК-18,5 (ø 18,5 F = 197,29 мм2 ГОСТ 3064-70)

2.3. Расчетные климатические условия:
Районы гололедности (в зоне 0-10 м) - I-IУ
Ветровые районы (в зоне 0-15 м) - I-IУ q = 80 кг/м2

Увеличение толщины стенки гололеда на проводах и тросах определяется в соответствии с ПУЭ-76 и главы СНиП II-6-74 "Нагрузки и воздействия", а увеличение скоростных напоров ветра по высоте по табл. II-5-2 ПУЭ-76.
Значение расчетного скоростного напора ветра q = 80 кг/м2 (IУ район, повторяемость I раз в 15 лет) принято после сопоставительных расчетов опор и при скоростном напоре q = 55 кг/м2 (II район, повторяемость I раз в 15 лет.)
Выполненные расчеты одноцепной переходной опоры по варианту I при скоростных напорах q = 80 кг/м2 и 55 кг/м2 показали, что увеличение массы опоры с высотой до нижней траверсы H_1 = 100 м при q = 80 кг/м2 составляет 8,8 т (4,5%), а для опоры с высотой до нижней траверсы H_4 = 64 м всего 3,6 т (3,4%). Такое незначительное увеличение масс опор объясняется тем, что изменение скоростного напора ветра сказывается только на увеличении усилий в поясах опоры и их сортаменте. Сечения элементов основных раскосов, распорок, диафрагм и шпренгелей лимитируются допускаемой гибкостью и изменение скоростного напора ветра не вызывает увеличения их массы. Следует также отметить, что применяемые в настоящее время типовые унифицированные переходные опоры ВЛ 330 кВ рассчитаны на скоростной напор ветра q = 65 кг/м2 (IУ район; повторяемость I раз в 10 лет), поэтому принимать расчетный скоростной напор q = 55 кг/м2 для опор ВЛ 500 кВ

нецелесообразно, так как это ограничит возможность их применения на переходах ВЛ меньших напряжений при больших ветровых нагрузках.

2.4. Конструкции опор выполняются в соответствии с действующими нормативами проектирования линий электропередачи ПУЭ-76 и рассчитаны по методу предельных состояний в соответствии с СНиП П-В. 3-72 и "руководством по проектированию опор и фундаментов линий электропередачи" инв.№ 3534тм-т2.

2.5. Подвеска проводов и тросов на переходных промежуточных опорах предусматривается при помощи многороликовых подвесов. Поддерживающие и натяжные гирлянды принимаются по проекту типовых гирлянд изоляторов для больших переходов ВЛ 35-500 кВ (шифр 4.407-138 выпуск I; инв.№ 5782тм-I) разработанному ПКБ "Главэнергостроймеханизации" и СЗО "Энергосетьпроект".

2.6. Нагрузки от проводов и тросов на одноцепные промежуточные переходные опоры даны на листах 2,3). Нагрузки на двухцепные переходные опоры - на листе 4.

Из обзора больших переходов (см.листы I6,I7,I8), сооружаемых в I974-I980 г., где приводится I4 переходов ВЛ 500 кВ видно, что в качестве провода используется фаза 2хАСУС-500 на II переходах, фаза 3хАСУС-300 на 2 переходах и фаза 3хАСО-300 на I переходе.

В "Альбоме опор больших переходов" I009тм-т2 приведено 5 переходов ВЛ 500 кВ, причем фаза 2хАСУ-400 используется для I перехода и фаза 2хАСУС-500 для 4 переходов.
На всех перечисленных переходах подвешены стальные грозозащитные тросы от С-70 до С-228 включительно.
Применени. фазы с проводами АС 500/336 необходимо только при больших переходных пролетах, где требуется высокая механическая прочность провода.

По данным лаборатории ЦИЛТВН-РЭС СЗО "Энергосетьпроекта" фаза 2хАС 500/336 будет достаточна по электрическим харак-

теристикам, примерно, для 90% сооружаемых ВЛ 500 кВ. Для I0% ВЛ 500 кВ необходима фаза из трех проводов.
Сочетание максимальных электрических нагрузок на провода и больших переходных пролетов, которое может потребовать применения в фазе трех проводов АС 500/336 встречается только в отдельных случаях, поэтому вероятность применения фазы 3хАС500/336 будет менее I0%.
Это подтверждается также тем, что в рассмотренных I9 переходах ВЛ 500 кВ фаза 3хАС500/336 не применяется. Следует учитывать, что нагрузки на промежуточную переходную опору от проводов при фазе 3хАС 500/336 возрастают в I,5 раза; нагрузки от тяжения проводов на концевую опору возрастают также в I,5 раза.
На основании приведенных соображений нагрузки на опоры определены для фазы 2хАС500/336. Нагрузки на грозозащитный трос приняты для троса ТК-I8,5 (ø I8,5).
Нагрузки от проводов и тросов подсчитаны для IУ района гололедности и соответствуют ориентировочно ветровому пролету - I000 м и весовому пролету - I500 м. Приведенная высота расположения центра тяжести для проводов условно принята 55м, а для тросов - 85 м.
При использовании опор с высотой до траверсы I00м могут быть обеспечены стрелы провеса проводов порядка 70÷I00 м, что позволит с фазой 2хАС 500/336 выполнить переходные пролеты I300÷I600 м.
При подвеске остальных марок проводов, приведенных в разделе 2.I, также обеспечивается достаточная область применения переходных опор.

2.7. Нагрузки на концевые опоры приведены на листе 5. На концевые опоры передается полное тяжение от проводов 2хАС500/336.
Ветровой пролет принят ~ 400 м
Весовой пролет ~ 500 м

2.8. В соответствии с отечественным опытом строительства больших переходов сборка переходных опор предусматривается на болтах нормальной точности. Стыки поясов опор, в которых

передаются большие растягивающие усилия, выполнены фланцевыми.

3. Изоляция, линейная арматура, определение воздушных изоляционных расстояний.

3.1. Поддерживающие и натяжные гирлянды для крепления проводов и крепления тросов приняты по типовому проекту "Гирлянды изоляторов и крепления троса опор больших переходов ВЛ 35-500 кВ" серия 4.407-138 (инв.№ 5782тм-I-3). Количество изоляторов в одной цепи гирлянды принято согласно табл. П-5-I8 ПУЭ-76. При общей высоте опор I30 м и количеству изоляторов соответствующих типов, нормально применяемых на линии следует прибавить 9 изоляторов (I30-40):I0 = 9 шт.

3.2. На переходных опорах провода подвешиваются на поддерживающих гирляндах с роликовыми подвесами.
При нормативных нагрузках от проводов и тросов, приведенных на листах № № 2,3,4 можно применять следующие типовые гирлянды:

I) ЭС-3225. Гирлянда 6 цепная из изоляторов ПС2I0-Б с 2I+9=30 изоляторами в цепи. Длина гирлянды по изоляции - 6000 мм, полная длина - 9540 мм. Масса гирлянды - 3970кг. Гирлянда крепится к траверсе двумя узлами КГН-60-5, расположенными на расстоянии 500 мм.

Коэффициенты запаса прочности изоляторов:
при наибольшей нагрузке

$$g_n + g_г = 12+13,3+3,5 = 28,8 \text{ т} \qquad \frac{6 \times 21}{28,8} = 4,38 > 2,7$$

при среднегодовой температуре

$$g_n + g_г = 12+3,5 = 15,5 \text{ т} \qquad \frac{6 \times 21}{15,5} = 8,13 > 5$$

Эта гирлянда имеет большие коэффициенты запаса и может применяться лишь в отдельных случаях.

2) ЭС-3242 Гирлянда 3 цепная из изоляторов ПС 300-Б с 22+9=31 изолятором в цепи. Длина гирлянды по изоляции - 6727мм, полная длина - 9480 мм. Масса гирлянды - 3030 кг Гирлянда крепится к траверсе двумя узлами КГН-60-5, расположенными на расстоянии 600 мм.
Коэффициенты запаса прочности изоляторов:
при наибольшей нагрузке

$$g_n + g_г = 12+13,3+2,9=28,2 \text{ т}; \quad \frac{3x30}{28,2} = 3,19 > 2,7$$

при среднегодовой температуре

$$g_n + g_г = 12+2,9 = 14,9 \text{ т} \quad \frac{3x30}{14,9} = 6,0 > 5$$

3.3. Для крепления к концевым опорам фазы 2хАС500/336 может быть принята типовая натяжная гирлянда ЭС-3501. Гирлянда натяжная 6 цепная из изоляторов ПС210-Б с 21 изолятором в цепи. Полная длина гирлянды - 11010 мм. Масса гирлянды - 2375 кг.
Гирлянда крепится двумя узлами КГН-60-5, расположенными на расстоянии 1200 мм. Для обеспечения расстояния 1200 мм между узлами КГН-60-5 необходимо заменить коромысло ЗКД2-120-1 в типовой гирлянде на коромысло ЗКД2-120-2.
Коэффициенты запаса прочности изоляторов:
при наибольшей нагрузке

$$\frac{6x21}{43,0} = 2,93 > 2,7$$

при среднегодовой температуре

$$\frac{6x21}{24,7} = 5,1 > 5$$

3.4. Грозозащитные тросы подвешиваются на переходных опорах с помощью роликовых подвесов. Изолированная подвеска троса применяется в случаях использования троса для отбора мощности или передачи энергии для светоограждения, для связи, а также в случаях плавки гололеда на тросе.

Для поддерживающего крепления тросов могут быть применены типовые крепления для троса ТК-I5,5 (С-I40) и для ТК-I8,5 (С-200).
Длина изолированного крепления - II70 мм, неизолированного - 485 мм (см.типовые крепления ЭС-3555, ЭС-3556, ЭС-3557)
Для натяжного крепления тросов к концевым опорам могут быть также применены типовые изолированные и неизолированные крепления. Длина изолированного крепления - 3210÷3540 мм неизолированного - I390÷2290 мм (см.типовые крепления ЭС-3564÷ЭС-3567).

3.5. Построения воздушных изоляционных промежутков для переходных опор рассматриваемых типов даны на листах 6,7,8.
Воздушное изоляционное расстояние по атмосферным перенапряжениям принято равным длине гирлянды по изоляции с изоляторами ПС120-А в количестве 26+9=35 шт I40х35=4900 мм.
Это изоляционное расстояние и определяет габариты верхней части опор.
Грозозащита предусмотрена в соответствии с требованиями ПУЭ-76:
два грозозащитных троса обеспечивают угол грозозащиты не более 20^0 для крайних проводов на опорах, причем длина гирлянд принимается минимальной - 6,5 м.
Расстояния между траверсами по вертикали определяются по двум критериям - по атмосферным перенапряжениям и по требованиям техники безопасности, согласно которым расстояние от человека до провода должно быть не менее 3,5 м на ВЛ 500 кВ.
Для наглядности расчет вышеуказанных расстояний приводится ниже:

а) по атмосферным перенапряжениям

Длина гирлянды, м - 9,5
Воздушное расстояние по атмосферным перенапряжениям, м - 4,9
Высота перил, м - I,I

Итого:	I5,5
Запас	0,2
Принятое расстояние	I5,7

б) По правилам техники безопасности

Длина гирлянды, м	- 9,5
Требуемое расстояние, м	- 3,5
Рост человека, м	- I,8
Запас, м (допуск на гирлянду, габариты строит.конструкции)	- 0,9
Принятое расстояние, м	- I5,7

Согласно ПУЭ-76 п.П-5-53-2 расстояния между проводами на опорах больших переходов по условию работы проводов в пролете (пляски) должны проверяться по формуле:

$$d = I,0 + \frac{V}{II0} + 0,6\sqrt{f} + 0,I5\,V$$

$$d = I,0 + \frac{500}{II0} + 0,6\sqrt{I00} + 0,I5 \times I5,7 =$$

$$= I,0+4,55+6+2,35=I3,9 \text{ м}$$

Принятое расстояние I5,7 м между траверсами по вертикали превышает требуемые I3,9 м

Горизонтальное смещение проводов соседних ярусов принято 2,5 м, что повысит надежность работы проводов по условию пляски.

Расстояния по вертикали между проводом и тросом на опоре составляют I6,3÷I9,3 м в зависимости от длины гирлянды провода.

Эти расстояния безусловно достаточны для обеспечения требуемого расстояния между тросом и проводом в середине пролета по условиям защиты от грозовых перенапряжений.

3.6. Построение воздушных изоляционных промежутков для концевых опор приведено на листах 9,I0. Для выполнения обводок шлейфа на концевой одноцепной опоре выполнена траверса ℓ = 7,5 м, а для двухцепной опоры две траверсы ℓ = 7,5 м и ℓ = 6,8 м. Для обводки шлейфов к траверсам подвешиваются две гирлянды с распоркой, как и на типовых линейных анкерных опорах ВЛ 500 кВ.

Применены типовые поддерживающие гирлянды с изоляторами ПС120-А. Длина гирлянды - 4,5 м (см. 3516тм альбом IУ лист I9). На опорах обеспечиваются воздушно-изоляционные промежутки 4,5мпо условию безопасного подъема на опору.

4. Выбор типов переходных опор

4.I. Определение области применения промежуточных и анкерных переходных опор

Согласно у П-5-I54 ПУЭ-76 опоры, ограничивающие переход через судоходные реки, каналы, озера и т.п. должны быть анкерного типа, концевые. Для переходов ВЛ с сечением сталеалюминиевых проводов I20 мм2 и более допускается применение переходных опор промежуточного типа и анкерных опор облегченного типа; при этом в обоих случаях опоры, смежные с ними, должны быть анкерного типа, концевые.

Требование ограничения анкерованного участка большого перехода концевыми опорами следует считать обоснованным. Такое ограничение исключает возможность нарушения регулировки проводов в пролете большого перехода при неполадках на линии далеко за пределами перехода. Кроме того, на переходах большей частью применяются провода других марок, чем на линии, монтаж которых осуществляется обычно после монтажа проводов на линии. В таких случаях необходимы концевые опоры, на которых можно подвесить провода линии (а в некоторых случаях - и провода большого перехода) при отсутствии проводов с другой стороны. На переходах с двумя высокими берегами, высота которых достаточна для обеспечения требуемого габарита над водой при установке опор нормальной высоты или повышенных, рекомендуется принимать схему К-К (концевая - концевая опора) т.е. выполнять однопролетный переход. Однопролетный переход по схеме К-К с опорами нормальной высоты является наиболее дешевым видом перехода: в этом случае сокращается общая длина перехода и применяются сравнительно легкие опоры, так как необходимая высота проводов над водой обеспечивается высокими берегами.

Для общей ориентировки следует отметить, что масса одноцепных унифицированных анкерно-угловых опор ВЛ 500 кВ, рекомендуемых

к применению в качестве концевых опор больших переходов не превышает 27÷35т, а масса специальных концевых опор, разработанных для больших переходов, не превышает 36,3т (52,5 т) для одноцепных опор и 76,7т (104,7т) для двухцепных опор. Таким образом переходы по схеме К-К, как правило, не потребуют большого расхода стали.

К сожалению, створов с двумя высокими берегами, позволяющими сооружать дешевые переходы по схеме К-К, в СССР очень мало: из числа рассмотренных переходов таких переходов только 3, где используются концевые опоры с высотой до нижнего провода от I7 до 25 м. Это переходы через горные ущелья (см.обзор больших переходов листы I6,I7,I8). При наличии одного или обоих низких берегов устанавливать на низком берегу высокую концевую опору явно нецелесообразно, так как такая опора должна воспринимать полное одностороннее тяжение всех проводов и тросов, приложенное на большой высоте, что не может не вызвать существенного увеличения ее массы, а также нагрузок на фундаменты.

Из рассмотренных переходов ВЛ 500 кВ (см.обзор больших переходов листы I6,I7,I8 и альбом I009тм-т2) по схеме К-А-А-К выполнено 7 переходов и по схеме К-П-П-К - 5 переходов.

В работе "Унифицированные переходные опоры высотой до I00 м для ВЛ 35 - 330 кВ" технический проект (инв.№57IIтм-тI) выполненной СЗО "Энергосетьпроект" в I97I г., были подробно рассмотрены технико-экономические показатели переходных опор промежуточного и анкерного типов.

Были выполнены расчеты одноцепной промежуточной и анкерных опор для ВЛ 220 кВ с проводами АСУС-500. Полученный перерасход стали при использовании анкерных переходных опор вместо промежуточных составил I6%, общее удорожание стоимости опоры с гирляндами составило 36%.

Следует отметить, что применительно к опорам ВЛ 500 кВ эти показатели должны еще более ухудшиться, так как в нормальных режимах анкерная опора будет испытывать значительные дополнительные нагрузки от разности тяжений провода, а в аварийном режиме значительно большее полное тяжение провода 2хАС500/336 при обрыве.

Было также отмечено, что наиболее существенным соображением, заставляющим рекомендовать применение промежуточных переходных опор, является большая эксплуатационная надежность переходов, выполненных по схеме К-П-П-К, чем по схеме К-А-А-К. Указывалось, что отбраковка изоляторов в натяжных гирляндах значительно больше, чем в поддерживающих, а замена дефектных изоляторов натяжных гирлянд сложнее, чем поддерживающих. При общей высокой эксплуатационной надежности сооруженных в СССР переходов через водные преграды и отсутствии случаев разрушения переходных опор было отмечено, что за последние годы зарегистрировано несколько случаев (порядка четырех) обрывов проводов нижнего яруса плавкранами, двигавшимися с неопущенной стрелой, несмотря на имевшиеся указания береговых знаков.

До сих пор такие обрывы ни разу не привели к разрушению переходных опор. Однако, расчет промежуточных и анкерных переходных опор на нагрузки, возникающие при обрывах проводов кранами показывает, что промежуточные опоры в этих условиях значительно надежнее, чем анкерные. Промежуточные опоры с подвеской проводов на роликах могут подвергаться лишь сравнительно небольшим нагрузкам в момент удара виброгасителя по многороликовому подвесу, что учитывается в расчете нормированными условными нагрузками. Таким образом вероятность разрушения промежуточной переходной опоры или ее элементов при обрыве проводов краном крайне мала.

При подвеске проводов на анкерных опорах прочность заделки провода в натяжных зажимах составляет не менее 90% прочности провода на разрыв, в то время как в расчете анкерных опор по аварийному режиму принимается тяжение проводов при гололеде без ветра, составляющее около 40% прочности провода на разрыв. Так как кран обрывает провод, то нагрузка, пере-

лагаемая на траверсу анкерной переходной опоры при обрыве провода краном будет не менее 90% прочности провода или в 2 раза больше нагрузки, принимаемой в расчете.
С учетом расчета траверс не только на горизонтальную, но и на вертикальную составляющую (от веса провода с гололедом), обрыв провода краном не должен, но в отдельных случаях может привести к разрушению траверсы.

СКТБ треста "Электросетьизоляция" также рекомендует принимать схемы переходов К-П-К, К-П-П-К с монтажом проводов на роликовых подвесах.
Учитывая вышеизложенное, и в особенности более высокую эксплуатационную надежность промежуточных переходных опор по сравнению с анкерными, предлагается разработать конструкции переходных опор только промежуточного типа.
В отдельных редких случаях когда установка высокой концевой опоры неизбежна (например, при отсутствии места для установки переходной и смежной опоры) предлагается использовать опоры повторного применения.

4.2. Выбор типов переходных опор.

Как уже было указано в главе I, в СССР до настоящего времени двухцепные переходы ВЛ 500 кВ не сооружались, но в перспективе потребуется их сооружение.
Поэтому необходимо разработать одноцепные и двухцепные переходные опоры.
Рассмотрим сначала одноцепные переходные опоры.
Свободностоящие опоры рассмотрены трех основных типов:

1. Опора с треугольным расположением проводов.

2. Опора типа "Рамка" с горизонтальным расположением проводов.

3. Т-образная опора с горизонтальным расположением проводов, креплением средней фазы на натяжных гирляндах и обводкой петли этой фазы через поддерживающие гирлянды.

Опоры вышеуказанных типов приведены на чертежах №№ 9674тм-т3-I,2,3, а их технико-экономические показатели даны в таблице 4-I.

Таблица 4-I

Технико-экономические показатели одноцепных свободностоящих переходных опор высотой до траверсы H=100 м.

№№ пп	Тип опоры	Масса опоры	Количество гирлянд		Стоимость тыс.руб.			Сравнение показателей, %	
			поддерживающих	натяжных	Опоры	Гирлянд	Всего	Масса опоры	Стоим. опоры и гирлянд
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I	С треугольным расположением проводов	I95,3	3	-	I32,5	4,I	I36,6	I00	I00
2	Рюмка	I9I,3	3	-	I29,6	4,I	I33,7	97,9	97,9
8	С анкерной подвеской средней фазы	I9I,3	4	2	I29,8	II,2	I4I,0	97,9	I03,2

Таблица показывает, что масса опор с треугольным расположением проводов и типа "Рюмка" практически одинакова. Одинаковы и стоимости этих опор с гирляндами.

Масса опоры с горизонтальным расположением проводов и анкерной подвеской средней фазы меньше чем опоры с треугольным расположением проводов на 2,I%, но стоимость опоры с гирляндами больше на 3,2% за счет большей стоимости гирлянд. Несмотря на то, что опоры с треугольным расположением проводов и типа "Рюмка" имеют практически одинаковые показатели по табл. 4-I, представляется целесообразным рекомендовать опору с треугольным расположением проводов в качестве унифицированной по ряду технологических

соображений.

Опора типа "Рамка" имеет рога, траверсу и тросостойки, конструкция которых резко отличается от элементов, применяемых в двухцепных опорах. Опора с треугольным расположением проводов имеет более простую конструкцию верхней части ствола, такую же, как и двухцепные опоры; Поскольку опора типа "Рамка" имеет сложную конструкцию верхней части это приведет к увеличению трудозатрат при изготовлении конструкции опоры. Из опыта строительства тяжелых переходных опор известно, что основным методом монтажа является метод наращивания, выполняемый подвесными самоподъемными кранами. Монтаж опоры с треугольным расположением проводов выполняется полностью таким краном. Опора типа "Рамка" может быть смонтирована подвесным самоподъемным краном только до уровня рогов. Выше этого уровня для монтажа рогов, траверсы и тросостоек применяется сложная схема монтажа с использованием специального монтажного такелажа, что усложняет монтаж, увеличивает его сроки и трудоемкость. Т-образная опора с анкерным креплением средней фазы, как уже указывалось в разделе I, в эксплуатации менее надежна в случае обрыва провода с анкерным креплением плавучим краном. К недостатку этой опоры следует также отнести то, что монтаж крайних проводов на поддерживающих гирляндах и среднего провода с анкерным креплением требуют различной технологии монтажа. Средний провод монтируется с монтажным тяжением порядка 30 т и более на большой высоте, что усложняет монтаж, увеличивает трудоемкость и сроки монтажа проводов.

Согласно ПУЭ-76 на ВЛ 500 кВ рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов независимо от толщины стенки гололеда. Однако все двухцепные переходы выполнены в СССР с негоризонтальным расположением проводов, причем никаких схлестываний проводов на этих переходах не наблюдалось. Поэтому и одноцепные переходные опоры с треугольным расположением проводов следует считать вполне надежными в эксплуатации. На линиях электропередачи получили широкое распространение одностоечные опоры на оттяжках, являющиеся наиболее экономичным типом опор. Опоры этого типа были рассмотрены при разработке технического проекта унифицированных переходных опор для ВЛ 35-330 кВ и они оказались более экономичными, чем соответ-

ствующие свободностоящие опоры. Переходная опора для ВЛ 500 кВ разработана одностоечной с четырьмя расщепленными оттяжками, закрепленными на четырех анкерах и расположенных симметрично относительно продольной и поперечной плоскости. Конструкция опоры приведена на чертеже № 9674тм-т3-4. Технико-экономические показатели переходной опоры на оттяжках 500 кВ в сопоставлении со свободностоящей опорой по варианту I для тех же условий даны в табл. 4-2. Поскольку гирлянды на опорах обоих типов одинаковы, их стоимость не включена в сравнение.

Таблица 4-2

Технико-экономические показатели одноцепной свободностоящей и одностоечной опоры на оттяжках 500 кВ высотой до траверсы H=I00 м.

№№ пп	Тип опоры	Масса опоры т			Стоимость опоры тыс. руб.	Сравнение показателей %	
		Проката и болтов	Оттяжек	Всего		Масса опор	Стоимость опор
I	2	3	4	5	6	7	8
I	Свободностоящая с треугольным расположением проводов (Вар.I)	I95,3	-	I95,3	I36,6	I00	I00
2	Одностоечная на оттяжках (Вар.IJ)	I38,6	9,9	I48,5	I03,2	76,0	75,5

Таблица показывает, что одностоечная переходная опора с оттяжками на 24,5% дешевле, чем свободностоящая. Следует отметить, что дальнейшим преимуществом опоры с оттяжками является ускорение строительства, а также экономия, получаемая на фундаментах, которую в средних грунтах можно оценить в I5÷20 тыс.руб. на опору. На основании изложенного предлагается разработать опоры с оттяжками наряду со свободностоящими опорами.

В СССР в течение 1970-1980 годов запроектировано и построенно несколько переходов по схеме, представляющей общую систему, образуемую плоско-шарнирными опорами, объединяемыми поверху стальными тросами закрепляемыми на обоих берегах к специальным концевым устройствам. В пяти построенных по проектам СЗО "Энергосетьпроект" переходах этого типа конструкция плоско-шарнирных опор принята в виде плоской многоярусной А-образной рамы высотой 85-95 метров с базой между стойками 15-18 метров, располагаемой поперек оси перехода и закрепляемой шарнирно на фундаментах. При действии поперечных нагрузок работа этих опор не отличается от работы башенных; их устойчивость в продольном направлении обеспечивается стальными тросами, располагаемыми на месте грозозащитных и объединяющими их функции с функциями несущих элементов.

В настоящее время по проекту СЗО института "Энергосетьпроект" сооружается переход ВЛ 500 кВ через реку Аму-Дарью, где применена новая конструкция плоско-шарнирной опоры типа ПШ, представляющая собой одну стойку в виде мачты высотой 121 м, удерживаемую в поперечном направлении оттяжками, разнесенными от центрального фундамента на расстояние 55 м. Плоско-шарнирная одностоечная опора данного типа при высоте подвески проводов порядка 100 м более экономична чем А-образная опора.
Схема перехода через реку Аму-Дарью и схематический чертеж переходной плоско-шарнирной опоры ПШ121 приведены на чертеже № 9674тм-т3-9. На переходе приняты усиленные сталеалюминевые провода марки АЛС 500/336 по два провода в фазе. Для подвески проводов крайних фаз на плоско-шарнирных переходных опорах приняты гирлянды с роликовым подвесом. Средняя фаза имеет анкерное крепление на опорах.
На чертеже даны расходы металла на конструкции переходных опор, концевых опор для проводов и концевых устройств для закрепления несущих тросов. Опора ПШ121 выполняется из стальных труб, остальные конструкции из уголкового проката.
Применение плоско-шарнирных одностоечных опор значительно упрощает конструкцию и уменьшает объем бетона фундаментов при

сооружении перехода. Их преимуществом по сравнению с рассмотренными опорами на оттяжках является возможность расположить их ближе к берегам и сократить переходной пролет, так как три опорных закрепления этих опор расположены на одной оси перпендикулярной оси перехода.

Поскольку еще нет достаточного опыта сооружения и эксплуатации переходных систем с плоско-шарнирными одностоечными переходными опорами типа ПШ представляется целесообразным рекомендовать их к применению на данном этапе в качестве индивидуальных конструкций.

Перейдем к выбору оптимального типа двухцепных опор.

Рассматривались опоры двух типов - с двухрядным расположением проводов в виде двух треугольников (Дунайского типа) и опора с трехрядным расположением проводов типа "Бочка"

Конструкции опор приведены на чертежах № 9674тм-т-3-5,6.

Верхняя призматическая часть опоры типа "Бочка" и одноцепной опоры с треугольным расположением проводов имеют одинаковое поперечное сечение 4,5х4,5 м, что позволяет использовать для обоих типов опор общие траверсы.

Опора типа "Бочка" выше опоры Дунайского типа на 13,9 м. Отметка приложения равнодействующей от нагрузок на провода для опоры типа "Бочка" выше на 9,9 м, а для тросов на 13,9 м. Поэтому на опору типа "Бочка" передаются большие нагрузки от проводов и тросов, а также от ветра на конструкцию опоры, что приводит к утяжелению ствола опоры, увеличению нагрузок на фундаменты.

Технико-экономические показатели опор даны в таблице 4-3.

Таблица 4-3

Технико-экономические показатели двухцепных свободностоящих переходных опор 500 кВ высотой до траверсы H=100 м

№№ пп	Тип опоры	Масса опоры т	Стоимость опоры тыс.руб.	Сравнение показателей %	
				Масса опор	Стоимость опор
I	2	3	4	5	6
I	С двухрядным расположением				

I	2	3	4	5	6
	проводов Дунайского типа	280,9	198,5	100	100
2	С трехярусным расположением проводов типа "Бочка"	306,4	215,8	109,0	108,7

Таблица показывает что наиболее легкой и дешевой является опора с двухярусным расположением проводов Дунайского типа и поэтому, учитывая также соображения приведенные выше, она предлагается для разработки в качестве типовой конструкции.
При разработке технического проекта переходных опор для ВЛ 35-330 кВ была рассмотрена также двухцепная одностоечная переходная опора на оттяжках ВЛ 220 кВ. Была рассмотрена схема с двухярусным расположением проводов (в виде двух треугольников), подобная свободностоящим опорам Дунайского типа.
При этом ближайшие к стволу провода нижнего яруса пришлось закреплять на натяжных гирляндах и обводить петли фаз через поддерживающие гирлянды. Стоимость двухцепной опоры ВЛ 220 кВ с оттяжками превысила на 12% стоимость аналогичной свободностоящей опоры.
Следует отметить, что нагрузки на двухцепную опору ВЛ 500 кВ значительно превышают нагрузки для опоры ВЛ 220 кВ и ее показатель стоимости будет хуже. Поэтому двухцепных переходных опор ВЛ 500 кВ с оттяжками предлагается не разрабатывать.

4.3. Выбор ступеней опор по высоте, конструкции переходных опор

4.3.1. Наибольшая высота до нижней траверсы переходных одноцепных и двухцепных опор принята 100 м в соответствии с техническим заданием на проектирование. Опоры меньшей высоты получаются путем снятия нижних секций высотой 12 м в количестве от одной до пяти штук. Минимальная высота опор до нижней траверсы равна 100-12x5=40 м.
Такой широкий диапазон изменения высот опор позволит назначать наиболее рациональные высоты опор при проектировании переходов ВЛ 500 кВ. Следует отметить, что наиболее экономичным типом переходной опоры с высотой до траверсы менее 40 м является нормальная тировая промежуточная опора типа "Рюмка" с подставкой, имеющая высоту до нижней траверсы 37 м и рассчитанная на подвеску фазы 3xAC500/64. Поэтому предусматривать переходные опоры с высотой до траверсы менее 40 м безусловно не требуется.
Принятая высота секций 12 м хорошо согласуется с максимальной длиной уголкового проката 12 м, поставляемого металлургическими заводами и отвечает требованиям транспортировки по железной дороге.

4.3.2. Как показано на обзорном листе (лист № I) для переходов ВЛ 500 кВ предлагается разработать 3 типа переходных опор:
I одноцепную свободностоящую опору
I одноцепную опору на оттяжках
I двухцепную свободностоящую опору
Рекомендуемые типы опор приводятся на чертежах №№ 9674тм-т3-I, 4,5. На чертежах приведены расчетные нагрузки на опоры, усилия в элементах и их сечения по результатам расчета на ЭВМ, а также массы опор для всех высот. Опоры имеют шифр. Так, например, шифр ПП500-I/76 обозначает переходную промежуточную опору 500 кВ одноцепную, высотой до нижней траверсы 76м, а ПП 500-2/100 - переходную промежуточную опору 500 кВ двухцепную, высотой до нижней траверсы 100 м и т.п.

Цифры I и 2 в шифрах означают соответственно одноцепные и двухцепные свободностоящие опоры; цифра 3 в шифре обозначает одноцепную опору на оттяжках.

4.3.3. Ствол одноцепной и двухцепной свободностоящих опор принят с одним переломом поясов по высоте. Ствол одноцепной опоры выше перелома выполнен с параллельными поясами, что позволяет упростить конструкцию этой части ствола и особенно траверс опоры.
Решетка стволов опор принята ромбической. Эта система решетки позволяет уменьшить свободную длину поясов и самой решетки. Аналогичная система решетки была принята для выпущенных ранее типовых опор ВЛ 35-330 кВ и хорошо себя зарекомендовала.

В нижних секциях пояса развязаны элементами шпренгеля, которые устанавливаются только по внешним граням ствола опоры. Элементы шпренгеля во внутренних гранях секций не устанавливаются. Произведенные расчеты показали, что при постановке шпренгеля во внутренних гранях, когда расчетная длина раскоса в плоскости грани башни и из ее плоскости становится равной половине геометрической длины раскоса, может быть получена экономия металла на раскосах, но общая масса решетки с шпренгелем, независимо от того как развязаны шпренгелем раскосы, остается практически одинаковой.
При постановке элементов шпренгеля во внутренних гранях секций увеличивается количество монтажных элементов; при изготовлении конструкций возникают затруднения при выполнении узлов с гнутыми фасонками и расчете геометрии элементов. Из практики сооружения опор меньшей высоты с внутренним шпренгелем известны случаи, когда элементы шпренгеля не подходили при монтаже и их приходилось приваривать по месту на монтажной сварке, что может привести к нарушению прямолинейности основных раскосов и снижению надежности всей конструкции.
Полураскосная решетка для стволов опор не рассматривалась поскольку она не имеет преимуществ по сравнению с принятой ромбической решеткой.

4.3.4. На переходные опоры передаются нагрузки от проводов и тросов и ветровая нагрузка на конструкцию опоры. Ветровая нагрузка на конструкцию высоких опор является основной нагрузкой, поэтому для опор большой высоты (более 100÷120 м) рекомендуется принимать сечение элементов из труб, аэродинамическое сопротивление которых меньше сечений из уголковых профилей примерно в два раза.

Для одноцепной опоры по варианту I был выполнен расчет при сечениях элементов из горячекатанных труб по ГОСТ 8732-70. Материал труб Ст.20 по ГОСТ 1050-74.

Геометрическая схема опоры была принята без изменения: решетка отвода выполнена без развязки шпренгелем. Конструкция опоры приведена на чертеже № 9674тм-т3-II.

Технико-экономические показатели переходной опоры по варианту I из труб в сопоставлении с опорой из уголков даны в таблице 4-4.

Таблица 4-4

№№ пп	Тип опоры	Высота до нижней траверсы H(м)	Масса опоры (т)		Стоимость опоры тыс. руб.	Сравнение показателей %	
			Ст.3 (Ст.20)	сталь 14Г2		Масса опор	Стоимость опор
I	2	3	4	5	6	7	8
I	Опора по варианту I с сечениями из уголков	100	148,5	46,8	136,6	100	100
		88	121,0	39,7	113,2	100	100
		76	98,7	32,6	93,1	100	100
		64	79,9	25,5	75,7	100	100
		52	64,6	19,7	61,4	100	100
		40	51,3	13,9	48,4	100	100
2	Опора по варианту I с сечениями из труб	100	150,4		129,3	77,0	94,6
		88	124,2		106,8	77,3	94,3
		76	104,1		89,5	79,3	96,1

I	2	3	4	5	6	7	8
		64	88,5		76,I	84,0	I00,5
		52	72,6		62,4	86,0	I0I,6
		40	57,5		49,5	88,2	I02,3

Из таблицы 4-4 видно, что масса опор из трубчатых сечений меньше чем из уголков и составляет от 77% до 88,2% массы опор из уголков соответствующих высот. Стоимость опор с высотами до нижней траверсы H_4 = 64 м, H_5 = 52 м, H_6 = 40 м больше на 0,5% ÷ 2,3% соответствующих опор из уголков, а стоимость опор с высотами до нижней траверсы H_I = I00м, H_2 = 88 м, H_3 = 76 м меньше на 3,9÷5,7%. Таким образом выигрыша в стоимости при применении трубчатых сечений практически не получается. Необходимо отметить также определенные трудности, с поставкой горячекатанных труб, большую трудоемкость изготовления трубчатых конструкций. Горячекатанные трубы из низколегированной стали промышленностью не поставляются и это исключает применение труб в конструкциях для районов с расчетными температурами воздуха ниже минус 40°С, что значительно сократит область применения переходных опор.

Следует отметить, что в рекомендуемых для разработки опорах из уголковых профилей наиболее нагруженные элементы опоры - пояса запроектированы из низколегированной стали; элементы решетки ствола опоры и траверс приняты из стали Ст.3 и подбираются в основном по допускаемой гибкости, поэтому при применении опор при температурах ниже минус 40°С замена Ст.3 на низколегированную сталь не приведет к перерасходу стали.

4.3.5. При расчетной температуре воздуха минус 40°С и выше конструкции опор изготавливаются из углеродистой стали класса С 38/23 марки БСт.3 и низколегированной конструкционной стали класса С 46/33 марки I4Г2. Сталь марки I4Г2 применяется для наиболее нагруженных элементов поясов ствола опоры, имеющих

малую величину гибкостей $\lambda = 39$

Для менее загруженных раскосов ствола опоры, имеющих гибкости $\lambda = 100 \div 150$ и для остальных нерасчетных элементов гибкость которых составляет $\lambda = 150 \div 200$ применяется сталь марки ВСт.3

Теоретически возможная экономия стали для поясов опоры от применения стали марки 14Г2 может быть определена по формуле:

$$\Delta = (1 - \frac{\varphi_c R_o}{\varphi R}) 100$$ где: $\varphi_o; R_o$ - для Ст.3

$\varphi; R$ - для стали 14Г2

Подсчеты выполнены для одноцепной опоры высотой до траверсы 100 м по варианту I для Ст.3: $\lambda = 39$ $\varphi_o = 0{,}908$

$R_o = 2100$ кг/см2 для стали 14Г2: $\lambda = 39$ $\varphi = 0{,}892$

$R = 2900$ кг/см2 $\Delta = (1 - \frac{0{,}908 \times 2100}{0{,}892 \times 2900}) 100 = 26{,}3\%$

Таблица сравнения весовых показателей для поясов одноцепной опоры по варианту I с высотой до траверсы 100 м приведена на листе № II.

Минимальное сечение уголков для поясов из стали 14Г2 принято из ∟ 200х12, так как следующее сечение ∟ 180х11, применяемое для элементов диафрагм, выполняется из стали Ст.3, а применять ∟ 180х11 из разных марок сталей в одной конструкции не допускается.

Масса поясов из стали Ст.3 составила 59,6 т, а из стали 14Г2- 46,8 т.

Действительная экономия стали составляет 12,8 т на опору.

Экономия стали для поясов в процентах составит:

$$\frac{12{,}8}{59{,}6} \times 100 = 21{,}5\%$$

фактическая экономия стали для поясов опоры меньше теоретической на 4,3% за счет дискретности сортамента уголков.

При расчетной температуре воздуха ниже минус 40°С конструкции опор изготовливаются из низколегированной конструкционной стали, причем для поясов должен применяться класс стали не ниже С 46/33.

4.3.6. Конструкции свободностоящих одноцепных и двухцепных опор собираются из отдельных монтажных элементов. Сечения элементов составные из двух уголков или из одного уголка. Элементы поясов опор выполняются крестового сечения из двух равнобоких уголков сварной конструкции. Стык поясов на фланцах с восемью болтами нормальной точности работающими на растяжение. Стык поясов приведен на черт. № 9674тм-т3-10. Болты в фланцевом стыке приняты класса 8.8. При максимальном усилии растяжения в стыке 410т в стыке требуется 8 болтов М56.
Фланцевый узел пояса выполнен с основной опорной плитой за которую крепятся болты. Параллельно основной плите в узле устанавливаются горизонтальные и вертикальные ребра которые обеспечивают более равномерную передачу усилий в узле, улучшают условия загружения основной плиты и позволяют снизить ее толщину в 1,5 - 2 раза. Конструкция фланцевого узла с дополнительными ребрами более надежна в работе по сравнению с узлом без ребер.
Опорный узел, изображенный на черт. № 9674тм-т3-10, выполняется традиционной конструкции с нижней опорной плитой и верхней плитой за которую крепятся восемь анкерных болтов.

Сечения основных раскосов ствола опоры приняты таврового сечения из двух уголков сварной конструкции. Усилия в р скосах ствола опоры не превышают 30 т. Крепление раскосов и остальных элементов выполняется на болтах нормальной точности класса 4,6, работающих на срез.
Конструкция одноцепной опоры на оттяжках также собирается из отдельных монтажных элементов. Стойка опоры квадратного сечения 4,5х4,5 м и ее изготовление и монтаж значительно упрощаются, так как имеется много повторяющихся элементов.
Сечение поясов стойки опоры из одиночного уголка. Сборка опоры выполняется на болтах нормальной точности. Шарнирный узел опирания стойки опоры на фундамент предлагается выполнить в двух вариантах. По варианту I опирание выполняется традиционно на опорную плиту со сферической поверхностью и вертикальным штырем выпущенным из фундамента. По варианту II опирание стойки выполняется с помощью шарнира новой конструкции, кото-

рый позволяет производить монтаж опоры, или ее части, способом поворота без применения специального монтажного шарнира, который требуется для варианта опирания I. При этом упрощается и ускоряется монтаж опоры и сокращаются трудозатраты. Опирание стойки по варианту II выполнено с применением изобретения по заявке № 2750138/33 (051364) "Основание опоры линии электропередачи". Решение госкомизобретений о выдаче авторского свидетельства от 29.10.79 г. Заявитель СЗО "Энергосетьпроект" Защита конструкций опор от коррозии производится нанесение нескольких слоев лакокрасочного покрытия.

4.4. Расчеты конструкций опор с применением ЭВМ

Расчет башенных конструкций опор выполнен по программе " *TABOR1* " на алгометрическом языке фортран-4 для ЭВМ ЕС-1030, разработанной в НИЛКЭС СЗО института "Энергосетьпроект" в 1980 г. Программа позволяет выполнить расчет части опоры, которая расположена под нижней траверсой, по всем расчетным схемам загружения. Сечение стержней может приниматься из труб, уголков или составных сечений. По программе выполняется или прямой расчет (определение усилий и подбор сечений при заданных конфигурации башни и размерах секций) или оптимизационный, при котором определяются оптимальные размеры секций и их количество. Тип решетки и сечения элементов подбираются из условия минимума массы секций опоры. Все варианты башенных опор рассчитаны по программе " *TABOR1* " в режиме прямого расчета.

Одноцепная опора по варианту I была рассчитана при размерах нижних баз опирания на фундамент I4,I6,I8,20м.

Из таблицы результатов расчета, приведенной на листе I4 видно, что масса ствола опоры снижается с уменьшением баз опирания и минимальна при базе I4м.

Принятая для опоры по варианту I база опирания I6 м учитывает необходимость обеспечения достаточных конструктивных размеров баз опирания для опор с высотами до нижней траверсы H_5= 52м, H_6= 40 и по условию сооружения фундаментов, а также позволяет уменьшить нагрузки на фундаменты. Необходимость базы опирания

16 м определяется также требуемой жесткостью башни по условию деформативности.

Аналогичные расчеты были выполнены для двухцепной опоры по варианту I при базах опирания на фундамент 18,20,22 м (см.лист 15). Для двухцепной опоры принята база опирания 20 м, которая определяется также требуемой жесткостью по условию деформативности. Следует также отметить, что при базе опирания 20 м сечения поясов опоры могут быть приняты из двух уголков 200х30; при базе опирания 18 м сечения из уголков недостаточно и нужно применять сечение из двух уголков и листа или сварное сечение из листов, что усложнит изготовление конструкции.

Одноцепная опора по варианту I была рассчитана по программе " TABOR1 " в режиме оптимизации. Расчет выполнен для участка ствола опоры под нижней траверсой высотой 95,5 м. Нижняя база опирания принята 16 м, а верхняя база на отм. 95,5 м - 4,5 м. Схема опоры с разбивкой на секции и результаты расчета в оптимальном режиме приведены на листе 12.

По оптимальному расчету ствол разбит на 9 секций с высотами в пределах 6,5÷15,0 м. Конфигурация поясов опоры принята в программе расчета по гиперболической кривой. Узлы переломов поясов имеют место в каждом стыке секций (всего восемь переломов) и они лежат на гиперболической кривой. Пояса в пределах каждой секции прямолинейны. Общая масса участка ствола опоры высотой 95,5 м составляет 114,6 т.

При расчете в прямом режиме масса участка ствола опоры составляет 125,0 т Экономия металла составляет 10,4 т или 8,3%.

Эти результаты показывают, что полученные расходы стали довольно близки к минимальным теоретическим. Следует, однако, отметить, что полученные по расчету в оптимальном режиме высоты пяти нижних секций 14,5, 15,0, 10,5, 9,5, 11,5 м не могут быть реализованы, так как они не отвечают принятой ступени высот опор 12 м.

Конфигурация ствола опоры с восемью переломами поясов не может быть рекомендована по соображениям технологии изготовления опоры.

Определение динамической составляющей ветровой нагрузки при расчете башенных опор выполнялось по программе " DINAM " (и.в.№ 7136тм-т1).

Статический расчет одноцепной опоры на оттяжках (вариант IЦ) выполнен по программе " *OPORA* " (инв.№ 7152тм-тI) по всем расчетным схемам.
Для башенных одноцепных и двухцепной опор (варианты I) выполнен расчет прогибов ствола опор при нормативных нагрузках схемы I по программе " *CONSOL* " (инв.№ 7169тм-тI). Расчет прогибов по программе " *CONSOL* " выполняется по деформированной схеме, учитывающей дополнительные моменты от вертикальных сил, действующих на ствол опоры.

Кривые прогибов для одноцепной и двухцепной опор приведены на листе I3. Использование перечисленных программ для расчета конструкций опор на ЭВМ позволило в короткий срок выполнить большой объем вычислений при расчете вариантов опор, а также произвести расчеты башенных опор при различных базах опирания, что позволило разработать наиболее рациональные схемы конструкций.

5. Выбор типов концевых опор

Как следует из главы 2 на переходах предусматривается подвеска проводов 2хАС 500/336 в фазе, которые передают на концевые опоры расчетное тяжение 55,9 т от одной фазы (см.нагрузки на концевые опоры; лист 5). В ранее выпущенном типовом проекте переходных опор одноцепные и двухцепные концевые опоры для ВЛ 330 кВ были выполнены трехстоечными с креплением проводов непосредственно к стойкам опор. На каждой стойке двухцепных опор крепятся две фазы по вертикали. Опоры рассчитывались на тяжение фазы 2хАСУС-500.
Как показывает опыт сооружения переходов ВЛ 330 кВ трехстоечная концевая опора будет наиболее рациональной и универсальной и для переходов ВЛ 500 кВ. Известные из практики строительства переходов одностоечные концевые опоры и опоры двухстоечные рамного типа не рассматривались по следующим соображениям:

а) Одностоечная опора, испытывающая тяжение всех проводов и тросов перехода, передает очень большие нагрузки на фундаменты, что усложнит их устройство. В отдельных случаях, например, в

слабых грунтах, выполнение фундаментов может представить значительные технические трудности и привести к удорожанию строительства. Поэтому данный тип опоры не рекомендуется в качестве типовой конструкции.

б) Двухстоечные концевые опоры рамного типа передают на фундаменты нагрузки в 1,5 раза большие, чем трехстоечные опоры, что как указывалось выше, может приводить к затруднениям при их сооружении. Отметки верха фундаментов под обе стойки опоры должны выдерживаться одинаковыми, так как соединяющий стойки ригель должен устанавливаться строго горизонтально. Это исключает возможность установки опоры на косогоре без дополнительной планировки, в то время как трехстоечные опоры могут быть установлены на разных отметках по высоте.

При монтаже ригеля опоры могут испытываться затруднения, так как предъявляются повышенные требования к точности установки стоек опоры в плане и по вертикали. Ригель опоры пролетом ~ 27 м должен быть рассчитан на полное тяжение провода 55,9 т, поэтому расход металла на него будет значительным, а в целом масса такой опоры будет не меньше чем трехстоечной. Поскольку двухстоечная опора рамного типа не имеет преимуществ перед трехстоечной она не рекомендуется для разработки.
Одноцепная концевая трехстоечная опора, предлагаемая для разработки в качестве типовой конструкции, приведена на чертеже № 9674тм-т3-7.
двухцепная - на черт. № 9674тм-т3-8. Высота одноцепной и двухцепной опоры до крепления провода 13,5 м. При применении подставок высотой 6 м эта высота составит 19,5 м.
Тросы закрепляются на двух крайних стойках опоры, имеющих тросостойки. Сечение стволов опор - прямоугольное, с большей стороной в направлении основной действующей нагрузки вдоль оси линии. Опоры устанавливаются перпендикулярно оси перехода; в сторону линии допускается угол поворота не более 30^0.
Масса одноцепной опоры без подставок 36,3 т., с подставками 52,5 т.

Масса двухцепной опоры без подставок 76,7 т; с подставками 104,7 т.

Воздушно-изоляционные промежутки для концевых опор приведены на листах 9,10.

Обводка шлейфов проводов выполняется с помощью траверсы вылетом 7,5 м для одноцепной опоры и двух траверс с вылетами 6,8 и 7,5м для двухцепной опоры.

Для оттяжки шлейфа используются две подвесные гирлянды к которым крепится распорка длиной 7 м, что аналогично обводке выполненной на нормальных анкерных угловых опорах ВЛ 500 кВ.

Верхние секции опор, к которым крепятся провода и тросы, выполняются в виде сварных секций на заводе. Размеры этих секций приняты габаритными по условию транспортировки железнодорожным транспортом.

Нижние секции опор и подставки собираются из отдельных монтажных элементов. В качестве концевых опор на переходах могут применяться также нормальные одноцепные анкерные угловые типовые трехстоечные опоры ВЛ 500 кВ, рассчитанные на подвеску проводов до 3хАС 500/64 в фазе.

Высота опор до нижней траверсы 17,0 м. Опоры могут применяться с подставками высотой 5 м или 12 м. Масса опоры без подставок - 17,1 т; масса с подставками высотой 5 м - 22,5 т; масса опоры с подставками высотой 12 м - 30,3 т.

Эти опоры могут применяться на переходах в качестве концевых в тех случаях когда нагрузки на них не превышают принятых при расчете типовых опор.

6. Расчет экономической эффективности

6.1. Характеристика сравниваемых вариантов.

Расчет годового экономического эффекта произведен по следующим сравниваемым вариантам:

- Новое проектное решение - типовые одноцепные переходные опоры с треугольным расположением проводов и двухцепные переходные опоры с двухъярусным расположением проводов для ВЛ 500 кВ с высотой до нижней траверсы до 100 м. Показатели предлагаемых вариантов приведены в таблицах масс одноцепных и двухцепных опор на чертежах № 3674тм-т3-146.

- За базу сравнения приняты конструкции переходных опор ЬЛ 500 кВ, разработанные индивидуально. Показатели базовых вариантов одноцепных и двухцепных переходных опор приведены в табл. 6-I; 6-2.

6.2. Исходные данные для расчета годового экономического эффекта приведены в табл. 6-3 на основании расчетов выполненных в табл. 6-4÷6.

6.3. Расчет годового экономического эффекта.
Годовой экономический эффект ($Э$) определен в соответствии с "Инструкцией по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений", СН 509-78, по формуле (3):

$$Э = [(З_1 + З_{c1})\varphi + Э_э - (З_2 + З_{c2})] \cdot A_2$$

с учетом того, что $\varphi = 1$, $З_1 + З_{c1} = З_б$, $З_2 + З_{c2} = З_н$

формула примет вид: $$Э = (З_б + Э_э - З_н) \cdot A_2,$$

где $З_б$ и $З_н$ - приведенные затраты соответственно по базовому и новому вариантам, определены по формуле (I) Инструкции;

$Э_э$ - экономия в сфере эксплуатации конструкций, определена по формуле (3б) Инструкции.

A_2 - годовой объем с применением новых строительных конструкций.

По данным табл. 6-3 для одноцепных переходных опор с треугольным расположением проводов (5 переходов):

Приведенные затраты составят

- по базовому варианту

$З_{б1} = 827,9 + 0,15 \cdot 88,07 = 841,I$ тыс.руб.

- по предлагаемому варианту

$З_{н1} = 690,4 + 0,15 \cdot II3,45 = 707,4$ тыс.руб.

Экономия в сфере эксплуатации:

$$Э_{э1} = \frac{6,69-5,58}{0,02+0,15} = 6,5 \text{ тыс.руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$Э_1 = 841,1+6,5-707,4 = 140,3 \text{ тыс.руб.}$$

По данным табл. 6-3 для двухцепных переходных опор с двухярусным расположением проводов (I переход) -

Приведенные затраты составят:

- по базовому варианту

$$З_{б1} = 312,4+0,15 \cdot 33,2 = 317,4 \text{ тыс.руб.}$$

- по предлагаемому варианту

$$З_{п1} = 233,6+0,15 \times 28,9 = 237,9 \text{ тыс.руб.}$$

Экономия в сфере эксплуатации

$$Э_{э1} = \frac{2,53 - 1,9}{0,02+0,15} = 3,7 \text{ тыс.руб.}$$

Годовой экономический эффект

$$Э_1 = 317,5+3,7-237,9 = 83,3 \text{ тыс.руб.}$$

Таким образом, годовой экономический эффект при сооружении 6 переходов в год составит:

$$Э = 140,3 + 83,3 = 223,6 \text{ тыс.руб.}$$

6.4. Выводы

В результате выполненного расчета экономической эффективности получены следующие технико-экономические показатели:

I) одноцепные опоры:	на годовой объем внедрения (5 переходов)	на I переход
- экономия металла, т	122,4	24,5
- экономия капитальных вложений (сметная стоимость СМР), тыс.руб.	46,2	9,24
- годовой экономический эффект, тыс.руб.	140,3	-

2) двухцепные опоры:	на годовой объем внедрения (I переход)
- экономия металла, т	140,4
- экономия капитальных вложений (сметная стоимость строительно-монтажных работ), тыс.руб.	63,8
- годовой экономический эффект, тыс.руб.	83,3

Таблица 6-I

Показатели базовых вариантов одноцепных переходных опор ВЛ 500 кВ

Обоснование	Наименование ВЛ, перехода, шифр переходной опоры	По аналогу					Приведенные к сопоставимым условиям к варианту типовых опор на треугольным расположением проводов				
		Высота до нижней траверсы, м	Материал	Масса т	Соединения	Гирлянды	Высота, до нижней траверсы, м	Материал	Масса, т	Соединения	Гирлянды
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Альбом I009тм-т2 лист 40	ВЛ 500 кВ "Тюмень-Сургут" Переход через Обь, АТП-58	58,0	ВМСтЗсп	95	Заводские сварные монтажные на болтах	натяжная 2х22х ЛС-22 2х24х ЛС-22	58,0	ВМстЗсп-91,0 метизы -4,0	95,0	монтажных элементов на болтах	3х3IхПС 300Б-3 шт.
То же лист 46	ВЛ 500 кВ "Рыбинск-Череповец". Переход через р.Волгу	50,0	ВМСтЗпс (угловой прокат)	I53,7	сварка	натяжная 4х22-ЛС-30	50,0	БМстЗпс-I46,9 метизы 6,8	I53,7	-"-	-"-
То же лист 48	ВЛ 500 кВ "Рыбинск-Череповец" Переход через р.Согожу	50,0	-"-	I53,7	-"-	-"-	50,0	-"-	I53,7	-"-	-"-
Выполнено по [illegible] I70I-25-[illegible]	ВЛ 500 кВ "Братск-Тулун" Переход через р.Тангуй, ПА-68	60,0	Низколегированная сталь	63,5			60,0	Ст3-45,4 I4Г2-I5,4 метизы - 2,7	63,5	-"-	-"-
-"- № 8583-25-6	ВЛ 500 кВ "Карменово-Бугульма" Переход через р.Белую, ПА-78А	70,0	I4Г2-26,54т Ст3	I06			70,0	Ст3-75,26 I4Г2-26,54 метизы-4,2	I06,0	-"-	-"-

Таблица 6-2

Показатели базовых вариантов двухцепных переходных опор ВЛ 500 кВ

Обоснование	Наименование ВЛ, перехода, шифр переходной опоры	По аналогу							Приведенные к сопоставимым условиям и вариантам шлейфов опор с двухрядным расположением цепей				
		Высота до нижней траверсы, м	Материал	Масса, т			Соединения	Гирлянды	Высота до нижней траверсы, м	Материал	Масса, т	Соединения	Гирлянды
				Единицы	К-во, шт	Всего							
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
Альбом I009тм-т2 лист 40	ВЛ 500 кВ "Тюмень-Сургут" Переход через Юганскую Обь, АТП-58	58,0	ВМСт3сп	95	2	I90	Заводские сварные, монтажные на болтах	2х24 ДС-22 2х22-ДС22	58,0	ВМСт3сп-I82,6 МСтизы-7,4	I90,0	монтажных элементов на болтах	3х3I хПС 300Б -6шт
То же лист 46	ВЛ 500 кВ "Рыбинск - Череповец" Переход через р.Волгу	50,0	ВМСт3пс (уголковый прокат)	I53,7	2	307,4	сварные	4х22-ДС30	50,0	ВМСт3пс-294,4 МСтизы I3,0	307,4	-"-	-"-
То же лист 48	ВЛ 500 кВ "Рыбинск - Череповец" Переход через р.Согожу	50,0	-"-	I53,7	2	307,4	-"-	-"-	50,0	-"-	307,4	-"-	-"-
Выполнено ОДП №7I0I--25-36, л.1,2	ВЛ 500 кВ "Братск-Тулун" Переход через р.Тангуй, ПА-68	60,0	низколегированная сталь	63,5	2	I27,0			60,0	Ст3-98,3 I4Г2-23,7 МСтизы 5,00	I27,0	-"-	-"-
То же № 8583--25-6	ВЛ 500 кВ "Карламово-Бугульма" Переход через р.Белую, ПА-78А	70,0	I4Г2-26,54т Ст.3	I06	2	272,0			70,0	Ст3-I5I,3 I4Г2-53,08 МСтизы 7,62	2I2,0	-"-	-"-

Таблица 6-3

Исходные данные для расчета годового экономического эффекта

Обоснование	Показатели	Единицы измерения	Одноцепные переходные опоры с треугольным расположением проводов		Двухцепные переходные опоры с двухъярусным расположением проводов	
			базовые варианты	предлагаемые варианты	базовые варианты	предлагаемые варианты
I	2	3	4	5	6	7
Табл. 9674тм-т3	Масса	т	1143,8	1021,4	2287,6	1585,8
	2. Количество переходов	шт	5	5	5	5
	3. Количество типоразмеров	шт	5	3	5	3
Табл. 6-4; 6-5	Сметная стоимость опор и гирлянд изоляторов в деле	тыс. руб.	780,7	734,5	1561,6	1242,8
	5. Затраты на проектирование: а) ежегодные - на индивидуальное проектирование опор для перехода	-"-	100,0 (20х5)	-	100,0 (20,0х5)	-
	б) единовременные - на разработку типового проекта	-"-	-	40,0	-	20,0
	6. Годовой объем строительно-монтажных работ с применением новых строительных конструкций (A_2)	шт. переходов	-	5	-	1

1	2	3	4	5	6	7
За вычетом 6% ценовых накоплений	7.x) Сметная себестоимость строительно-монтажных работ					
	(739,5х0,94)	тыс. руб.	-	690,4	-	-
	(730,7+100)х0,94	-"-	827,9	-	-	-
	(1561,6+100)х0,94 / 5	-"-	-	-	312,4	-
	(1242,8х0,94) / 5	-"-	-	-	-	233,6
	8. Капитальные вложения в основные производственные фонды					
	(780,7+100)х0,1	тыс. руб.	88,07	-	-	-
	(734,5х0,1)+40	-"-	-	113,45	-	-
	(1561,6+100)х0,1 / 5	-"-	-	-	33,2	-
	(1242,8х0,1)+20 / 5	-"-	-	-	-	28,9
7294тм прилож.2 табл.3	9. Годовые издержки в сфере эксплуатации	-"-				
	(734,5х0,0076)		-	5,58	-	-
	(780,7+100)х0,0076	-"-	6,69	-	-	-
	(1561,6+100)х0,0076 / 5	-"-	-	-	2,53	-
	(1242,8х0,0076) / 5	-"-	-	-	-	1,9

1	2	3	4	5	6	7
1294тм	10. Норма отчислений на реновацию	%	-	2,0	-	2,0
СН509-78	11. Нормативный коэффициент экономической эффективности	-	0,15	0,15	0,15	0,15

Примечание: x) Данные по п.п. 7-9 рассчитаны на годовой объем внедрения

Стоимостные показатели одноцепных переходных опор ВЛ 500 кВ по сравниваемым вариантам

Таблица 6-4

Обоснование	Показатели	Свободностоящая одностоечная опора с треугольным расположением проводов (Вар.I) (I опора)								Суммарные значения (5 опор)	
		Базовые варианты, приведенные в сопоставимые условия				Предлагаемые варианты				Базовые варианты	предлагаемые варианты
		высота				высота					
		50 м	50 м	58 м	60 м	70 м	52м	64м	76 м		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Таблица масс одноцепных опор по вариантам 9674тм-т3	I. Масса, т	I53,7	I53,7	95,0	63,5	I06,0	84,3	I05,4	I3I,3	57I,9	5I0,7
	2. Сметная стоимость строительно-монтажных работ, тыс.руб.	I00,09	I00,09	66,79	47,29	76,09	6I,39	75,69	93,09	390,35	367,25
Расчет по программе ПЭ-5 И.в.И9619тм-т5	в том числе:										
	Стоимость опоры, т.р.	96,0	96,0	62,7	43,2	72,0	57,3	7I,6	9,0	369,9	346,8
Табл.6-6 ЭЛП 35-750кВ 3-8-I4, т.ч. 3-2-9 п.5	То же гирлянд изоляторов, тыс.руб.	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	20,45	20,45
	3. Затраты на проектирование:										
	типовое, тыс.руб.									-	20,0
	индивидуальное, т.р.									50,0	-

Стоимостные показатели двухцепных переходных опор ВЛ 500 кВ по сравниваемым вариантам

Таблица 6-5

Обоснование	Показатели	Двухцепные свободностоящие переходные опоры с двухъярусным расположением проводов (Вар.I)								Суммарные данные (5 опор)	
		базовые варианты, приведенные в сопоставимые условия					предлагаемые варианты типовых опор			базовые варианты	предлагаемые варианты
		Высота					Высота				
		50м	50м	58м	60м	70м	52м	64м	76м		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Таблица масс двухцепных опор 9674тм-т3	I. Масса, т	307,4	307,4	I30,0	I27,0	2I2,0	I34,7	I63,3	I96,9	II43,8	792,9
Расчет по программе ПВ-5, инв.№9619тм-т2	2. Сметная стоимость строительно-монтажных работ, тыс.руб.	200,I8	200,I8	I33,58	94,58	I52,I8	I4I,78	II9,08	99,68	780,7	62I,4
	в том числе:										
Табл.6-6 ЭЩ 35-750кВ табл.3-8-I4, т.ч. 3-2-9, п.5	Стоимость опоры, тыс.руб.	I92,0	I92,0	I25,4	86,4	I44,0	I33,6	II0,9	9I,5	739,8	580,5
	то же гирлянд изоляторов, тыс.руб.	8,I8	8,I8	8,I8	8,I8	8,I8	8,I8	8,I8	8,I8	40,9	40,9
	3. Затраты на проектирование:										
	типовое, тыс.руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	50,0	-
	индивидуальное, тыс.руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I0,0

Расчет стоимости гирлянд изоляторов

Обоснование	Тип опоры	Количество цепей и изоляторов в цепи гирлянды		Количество гирлянд	Сметная стоимость тыс.руб.
		натяжной	поддерживающей		
I	2	3	4	5	6
ЭЛП 35-750 3-8-14 т.ч. 3-2-9 п.5	1. С треугольным расположением проводов	-	3х3IхПС300Б	3	$\left\{\left[\frac{(0,693-2x24x0,0103)x3}{2} + 3x\ 3Ix\ 0,0103\sqrt{x1,086}\right\} x\ 3 = \frac{4,09}{}$
То же	2. Рамное	-	8х3IхПС300Б	3	4,09
3-8-20, т.ч. 3-2-10 п.5	3. С анкерной подвеской средней фазы	6х3IхПС 210Б (ПС22А)	-	2	$\left\{\left[\frac{(0,940-3x21x0,0129)x6}{3} + 6\ x\ 3Ix0,0129\sqrt{x1,086}\right\} x2 = \frac{5,76}{}$
3-8-14, т.ч. 3-2-9 п.5		-	3х3IхПС300Б	4	$\left\{\left[\frac{(0,693-2x24x0,0103)x3}{2} + 3\ x\ 3Ix0,0103\sqrt{x1,086}\right\} x4=5,45$
					Итого по типу 3 : 11,21

7. Выводы и рекомендации

1. На основании рассмотрения различных типов переходных опор предлагается разработать промежуточные свободностоящие переходные опоры: одноцепные с треугольным расположением проводов и двухцепные Дунайского типа.

2. Наряду со свободностоящими опорами предлагается разработать одноцепную одностоечную опору на оттяжках с симметричным расположением восьми оттяжек.

3. Общее количество предлагаемых типов переходных опор составит:

1. одноцепная свободностоящая переходная опора
1 одноцепная переходная опора на оттяжках
1 двухцепная свободностоящая переходная опора

Повышение переходных свободностоящих опор обеспечивается путем исключения одной или нескольких нижних секций высотой 12 м, а для опоры на оттяжках исключается средняя секция стойки.

4. Предлагается разработать одну одноцепную и одну двухцепную концевые опоры с высотой до крепления провода 13,5 м. Для концевых опор применяются полустойки высотой 6м. В качестве концевых опор могут также применяться нормальные одноцепные анкерные угловые типовые опоры ЬЛ 500 из в продольных нагрузок, принятых в их расчетах.

5. Сравнение технико-экономических показателей предлагаемых типовых переходных опор с опорами, установленными на сооруженных переходах, показывает, что при строительстве 6 переходов в год новые переходные опоры дадут экономию стали около 263 т, а в денежном выражении около 223 тыс.руб. в год.

6. В случае, если будут приняты к исполнению на стадии рабочих чертежей ни все предложенные конструкции, то предлагается работу выполнять в два этапа:

I этап - одноцепная свободностоящая переходная опора со всеми модификациями и одноцепная концевая опора - IУ кв. 1981 г. - стоимость проектирования - 30 тыс.руб.

II этап - одноцепная переходная опора на оттяжках и двухцепная свободностоящая переходная опора со всеми модификациями и двухцепная концевая опора - IУ кв. 1982 г. - стоимость проектирования - 45 тыс.руб.

8. Выписка из патентного формуляра и в.№ 9674тм-т4 Типового проекта "Переходные опоры ВЛ 500 кВ высотой до 100 м" инв.№ 9674тм-т2.

Данный проект обладает патентной чистотой в отношении СССР, Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, Чехословакии и Югославии.

В разработанном проекте все составные элементы проекта обладают патентной чистотой
Комплектующих изделий не обладающих патентной чистотой не имеется.
В данном проекте использовано изобретение по заявке № 2750138/29-33 от 09.04.79 г. "Основание опоры линии электропередачи" по которой имеется решение Госкомизобретений от 29.10.79 г. о выдаче авторского свидетельства.

Патентный формуляр составлен 5 ноября 1980 г.

Проверка патентной чистоты проводится в связи с новой разработкой проекта и возможностью применения его в социалистических странах.

Выписку составил (Н.С.Федорова)
инженер НИЛЭС
5 ноября 1980 г.

Отчет о патентных исследованиях по техническому проекту
"Переходные опоры ВЛ 500 кВ высотой до 100 м", инв.№ 9674тм

Ниже кратко излагаются результаты патентных исследований, проведенных при выполнении данной работы

I. Просмотрены следующие патентные материалы

Предмет поиска (тема, объект, техническое решение и их основные части)	Страна	Классы МКИ	Классы НКИ	Дата и номера просмотренных патентных документов	Наименование источника
1	2	3	4	5	6
Переходные металлические опоры:	СССР	Е04С 3/32 Е04Н12/08	-	с 1919 г. по 30.09.80 г. с № 198 по № 768025	I. Библиографический указатель патентов действующий в СССР по состоянию на 01.01.74+ 80 г.г.
I.I. одноцепные	Великобритания	-"-	20(I) 20(2)	с 1959 г. по 27.02.80 г. с № 540077 по № 2027782	2. Бюллетень Госкомизобретений СССР "Открытие изобретения, промышлен.образцы, товарные знаки".
I.2.двухцепные					
I.3.Концевые опоры	США		I89	с 1949 г. по 29.01.80 г. с № 2459551 по № 4186437	

1	2	3	4	5	6
	Франция	-"-	-	с 1945 г. по 16.05.80 г. с № 902805 по № 2436526	8. Журнал "Изобретения в СССР и за рубежом"
	ФРГ	-"-	-	с 1950 г. по 14.05.80 г. с № 750287 по № 2944099	4. Библиографический указатель "Изобретения за рубежом"
	Япония	-"-	8902	с 1963 г. по 04.04.80 г. с № 3418 по № 55-12840	5. Перечни авторских свидетельств и зарубежных патентов по опорам и основаниям опор линий электропередачи высокого напряжения, СЗО Энергосетьпроект (см.отчет о патентных исследованиях* рациональных конструкций фундаментов для районов с вечномерзлыми грунтами" разработанный СЗО Энергосетьпроект в 1980 г. инв.№ 9532тм-т3)
	Болгария	-"-	-	с 01.06.1965г. по 31.10.78г. с № 7022 по № 25460	
	Венгрия	-"-	-	с 01.01.1966г. по 31.12.79г. с № 136336 по № 174365	
	ГДР	-"-	-	с 01.01.1966г. по 31.03.80г. с № 303 по № 140774	* по теме „ Исследования...

1	2	3	4	5	6
	Польша	-"-	-	с 01.01.1966г. по 31.03.80г. с № 33655 по № 108275	
	Румыния	-"-	-	с 01.01.1966 г. по 30.06.77г. с № 39532 по № 62055	
	Чехословакия	-"-	-	с 01.01.1966г. по 31.01.80г. с № 49747 по № 195388	
	Югославия	-"-	-	с 01.01.1966г. по 31.01.80 г. с № 17023 по № 34810	

2. Просмотрена следующая научно-технич. литература

№№ пп	Наименование источника информации	Авторы	Год, место и орган издания
I	Реферативный журнал электротехника и энергетика Б. Электрические станции сети и системы	-	ВИНИТИ, Москва, за период с 1962 г. по 5 ноября 1980 г.

3. Перечень отечественных и зарубежных изобретений, выявленные в результате патентного поиска:

№№ пп	Наименование изобретения	Охранные документы, полученные в СССР и за рубежом, и поданные заявки (страна, №, класс, дата приоритета, начало срока действия)	Примечание
I	2	3	4
3.I	Основание опоры линии электропередачи	заявка СССР № 2750138/29-33 от 09.04.79 г. МКИ-Е04Н 12/00 по которой имеется решение Госкомизобретений от 29.10.79 г. о выдаче авторского свидетельства	
3.2	Опора для воздушных ЛЭП	Патент Великобритании № 761194 МКИ-Е04С 3/32 НКИ-20(I) Н1Д 20(2) F 2с Заявлено 30.12.54г	

I	2	3	4
3.3	Усовершенствование в мачтах и опорах	Патент Великобритании № 791809 МКИ-E04C 3/32 НКИ-20(I) 87(2) Заявлено 29.07.54	
3.4	Опора башенного типа	Патент США № 2198955 МКИ-E04C 3/32 НКИ-189-22 Заявлено - 28.02.32г.	
3.5	"Мачты, опоры башенного типа..."	Патент США № 2738039 МКИ-E04C 3/32 E04 12/00 НКИ-183-26 Заявлено 17.04.51г.	
3.6	Металлическая мачта для высоковольтных линий электропередачи	Патент ФРГ № 1229706 МКИ-E04C 3/32 E04 12/08 Заявлено-01.12.66г.	
3.7	Стальная опора для линий электропередачи сверхвысокого напряжения	Патент Японии № 45-17701 НКИ-60Е II Заявлено 13.03.65 Опублик.18.06.70г.	

4. Перечень отечественных изобретений, использованных в проекте:

№№ пп	Наименование изобретения	Охранные документы, полученные в СССР и поданные заявки (№, класс, заявитель, авторы, дата приоритета, дата публикации)	Наименование технического решения
I	2	3	4
4.I	Основания опоры линии электропередачи		

I	2	3	4
		Заявка СССР № 2750138/29-33 от 09.04.79г. МКИ-Е04Н 12/00 заявитель - СЗО Энергосетьпроект Авторы: М.А.Цейтлин, А.Н.Андреева и В.А.Жегло-ва По заявке имеется решение Госкомизобретений от 29.10.79г. о выдаче авторского свидетельства	Основание проектируемой переходной опоры ВЛ 500кВ высотой до 100 м с оттяжками

5. Данные о патентной чистоте принципиальных схемных, конструктивных и технологических решений, узлов, элементов, операций, комплектующих изделий и других составных частей объекта

№ п/п	Наименование узла элемента, комплектующего изделия, и других составных частей объекта	Обозначение (№ чертежей, стандартов, и т.п.)	Действующие патенты, лишающие составные части объекта патентной чистоты, (номер, страна, начало срока действия)	Страна	Обладает или нет патентной чистотой ("да", "нет") с указанием даты последних просмотренных патентных материалов
I	2	3	4	5	6
	Переходные металлические опоры:			СССР	да, на 30.09.80 г.
	5.1. одиночные	9674тм-т3-1÷4;11	не выявлены	Болгария	да, на 31.10.78г.
	5.2. двухцепные	9674тм-т3-5;6	не выявлены	Венгрия	да на 31.12.79 г.
	5.3 Концевые опоры	9674тм-т3-7;8	не выявлены	ГДР	да, на 31.03.80 г.
				Польша	да на 31.03.80 г.
				Румыния	да, на 30.06.77 г.
				Чехословакия	да, на 31.01.80 г.
				Югославия	да, на 31.01.80 г.

5.4. Общая характеристика патентной чистоты объекта: технические решения, заложенные в данном проекте, обладают патентной чистотой в отношении СССР, Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, Чехословакии и Югославии.

6. Выводы и рекомендации

6.1. При дальнейшей разработке данного проекта на последующей стадии рекомендуется проверить возможность использования технических решений 7 изобретений, указанных в разделах 3 и 4.

6.2. В настоящем проекте использовано 1 изобретение, указанное в разделе 4.

6.3. Настоящий проект обладает патентной чистотой в странах и на дату указанные в разделе 5.

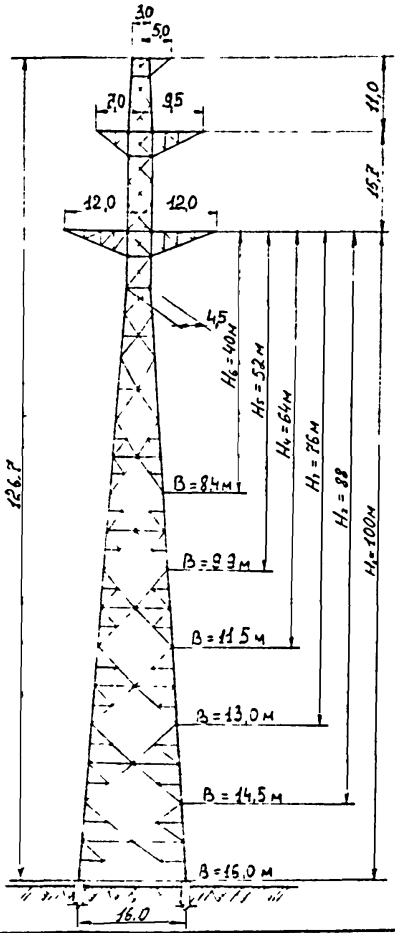
Зав.НИЛКЭС	А.И.Курносов
Гл.инженер проекта	А.Н.Андреева
Руководитель группы	М.А.Цейтлин
Начальник патентно-лицензионного сектора	А.Н.Филимонов
Руководитель группы	В.П.Алексеев

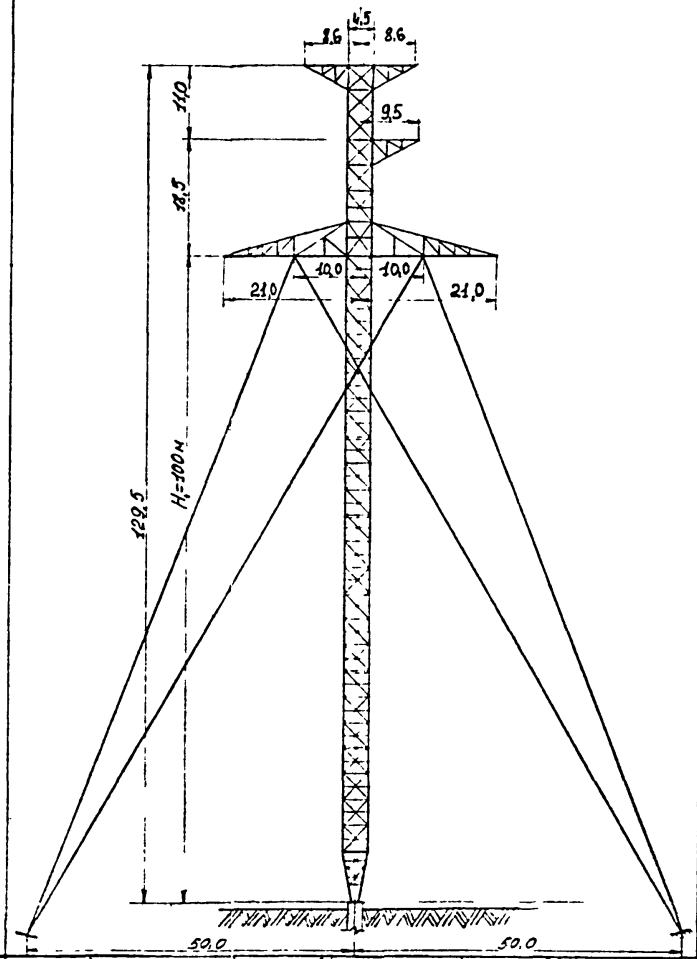
5 ноября 1980 г.

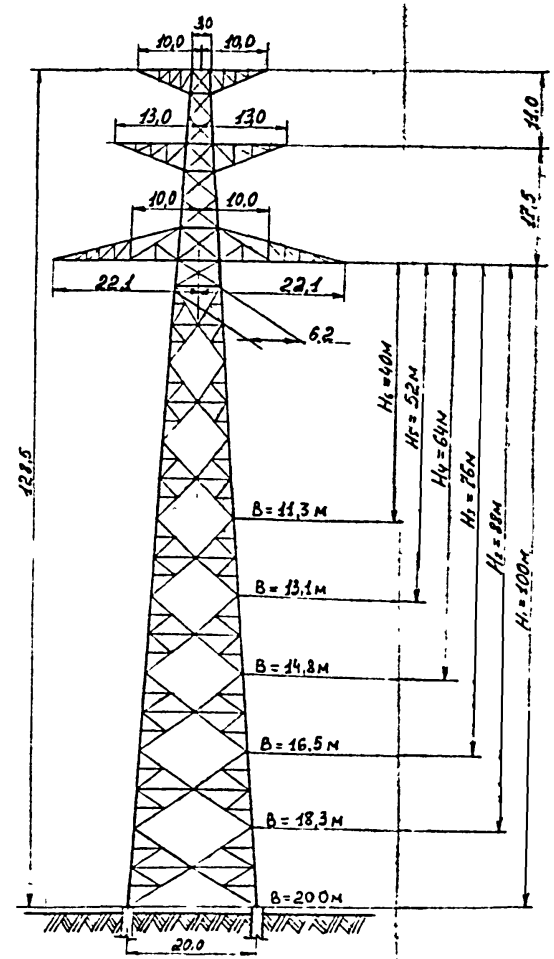
Обзорный лист переходных опор ВЛ 500 кВ.

ип опор	ПП 500-1/40 ÷ 1/100	ПП 500-3/40 ÷ 3/100	ПП 500-2/40 ÷ 2/100
эп-ость	одноцепные		двухцепные

Схемы опор



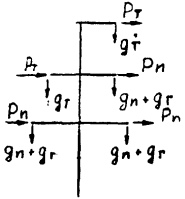
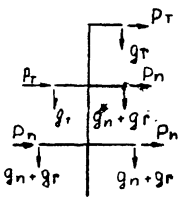
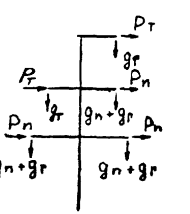


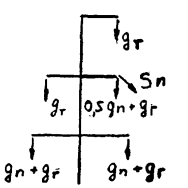
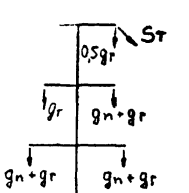


са	ПП500-1/40-65.2	ПП500-1/52-84.3	ПП500-1/64-105.4	ПП500-3/40-87.3	ПП500-3/52-93.0	ПП500-3/64-111.1	ПП500-2/40-280.9	ПП500-2/52-236.9	ПП500-2/64-196.9
	ПП500-1/76-131.3	ПП500-1/88-160.7	ПП500-1/100-195.3	ПП500-3/76-123.8	ПП500-3/88-136.4	ПП500-3/100-141.5	ПП500-2/76-163.3	ПП500-2/88-134.7	ПП500-2/100-112.4

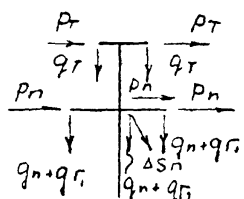
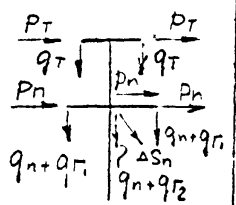
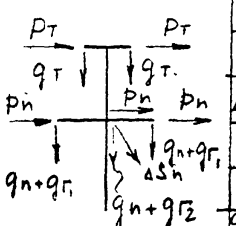
ЭСП	Обзорный лист предлагаемых переходных опор.	№9674 тм-т2	Листы 1

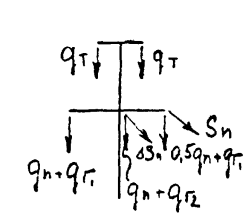
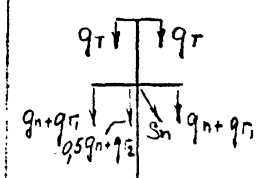
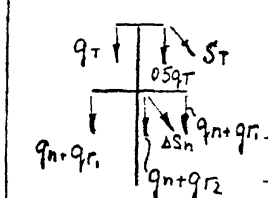
Нагрузки от проводов и тросов для одноцепной опоры.

№№ схем	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Обозначение нагрузок	Нормативные нагрузки (кг)	Коэффициенты перегрузки	Коэффициенты сочетания	Расчетные нагрузки (кг)
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда, ветер направлен вдоль осей траверс $t=-5°C$ $C=0$ $Q=Q_{max}$		$P_п$	7600	1,2	–	9120
			$P_т$	2400	1,2	–	2880
			$g_п$	12000	1,1	–	13200
			$g_т$	3800	1,1	–	4180
			$g_г$	3000	1,1	–	3300
Ia	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда Ветер направлен под $\angle 45°$ к осям траверс. $t=-5°C$ $C=0$ $Q=Q_{max}$		$P_п$	3800	1,2	–	4560
			$P_т$	1200	1,2	–	1440
			$g_п$	12000	1,1	–	13200
			$g_т$	3800	1,1	–	4180
			$g_г$	3000	1,1	–	3300
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом Ветер направлен вдоль осей траверс $t=-5°C$ $C\neq0$ $Q=0{,}25Q_{max}$		$P_п$	6300	1,4	–	8820
			$P_т$	2600	1,4	–	3640
			$g_п$	12000 13300	1,1 2	–	13200 26600
			$g_т$	3800 5000	1,1 2	–	4180 10000
			$g_г$	3000	1,1	–	3300

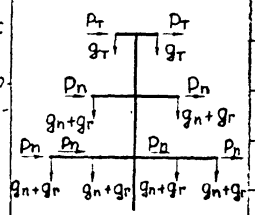
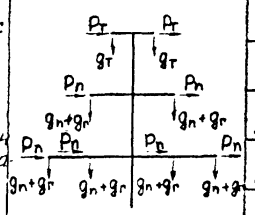
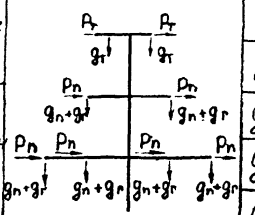
№№ схем	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Обозначение нагрузок	Нормативные нагрузки (кг)	Коэффициенты перегрузки	Коэффициенты сочетания	Расчетные нагрузки (кг)
III	Оборван провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опоре $t=-5°C$ $C\neq0$ $Q=0$		$S_п$	5000	1,3	0,9	5850
			$g_п$	12000 13300	1,1 2	– 0,9	13200 23940
			$g_т$	3800 5000	1,1 2	– 0,9	4180 9000
			$g_г$	3000	1,1	–	3300
IV	Оборван один трос Провода не оборваны $t=-5°C$ $C\neq0$ $Q=0$		$S_т$	2000	1,3	0,9	2340
			$g_п$	12000 13300	1,1 2	– 0,9	13200 23940
			$g_т$	3800 5000	1,1 2	– 0,9	4180 9000
			$g_г$	3000	1,1	–	3300

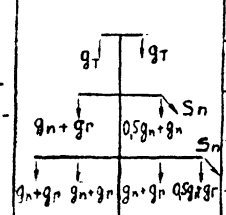
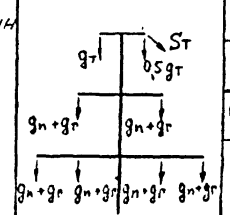
Нагрузки от проводов и тросов для одноцепной опоры типа ПА

№№ схем	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Обознач. нагрузок	Нормативные нагрузки (кг)	Коэффициент перегрузки	Коэффициент сочетания	Расчетные нагрузки (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда, ветер направлен вдоль осей траверс: $t=-5°C$, $C=0$, $Q=Q_{max}$		P_n	7600	1,2	–	9120
			P_T	2400	1,2	–	2880
			ΔS_n	4000	1,3	–	5200
			q_n	12000	1,1	–	13200
			q_T	3800	1,1	–	4180
			$q_{\Gamma_1}/q_{\Gamma_2}$	3000/7000	1,1	–	3300/7700
I^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда, ветер направлен под $\angle 45°$ к осям траверс. $t=-5°C$, $C=0$, $Q=Q_{max}$		P_n	3800	1,2	–	4560
			P_T	1200	1,2	–	1440
			ΔS_n	4000	1,3	–	5200
			q_n	12000	1,1	–	13200
			q_T	3800	1,1	–	4180
			$q_{\Gamma_1}/q_{\Gamma_2}$	3000/7000	1,1	–	3300/7700
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль осей траверс $t=-5°C$, $C\neq0$, $Q=0{,}25Q_{max}$		P_n	6300	1,4	–	8820
			P_T	2600	1,4	–	3640
			ΔS_n	4000	1,3	–	5200
			q_n	12000 13300	1,1 2	–	13200 26600
			q_T	3800 5000	1,1 2	–	4180 10000
			$q_{\Gamma_1}/q_{\Gamma_2}$	3000/7000	1,1	–	3300/7700

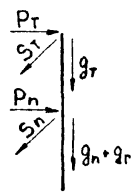
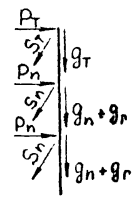
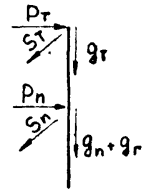
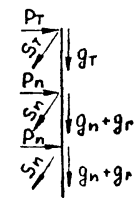
№№ схем	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Обознач. нагрузок	Нормативные нагрузки (кг)	Коэффициент перегрузки	Коэффициент сочетания	Расчетные нагрузки (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8
III^a	Оборван крайний провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору. $t=-5°C$, $C\neq0$, $Q=0$		S_n	5000	1,3	0,9	5850
			ΔS_n	4000	1,3	0,9	4680
			q_n	12000 13300	1,1 2	– 0,9	13200 23940
			q_T	3800 5000	1,1 2	– 0,9	4180 9000
			$q_{\Gamma_1}/q_{\Gamma_2}$	3000/7000	1,1	–	3300/7700
III^б	Оборван средний провод (крепление провода анкерное) $t=-5°C$, $C\neq0$, $Q=0$		S_n	10000	1,3	0,9	46800
			q_n	12000 13300	1,1 2	– 0,9	13200 23940
			q_T	3800 5000	1,1 2	– 0,9	4180 9000
			$q_{\Gamma_1}/q_{\Gamma_2}$	3000/7000	1,1	–	3300/7700
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны $t=-5°C$, $C\neq0$, $Q=0$		S_T	2000	1,3	0,9	2340
			ΔS_n	4000	1,3	0,9	4680
			q_n	12000 13300	1,1 2	– 0,9	13200 23940
			q_T	3800 5000	1,1 2	– 0,9	4180 9000
			$q_{\Gamma_1}/q_{\Gamma_2}$	3000/7000	1,1	–	3300/7700

Нагрузки от проводов и тросов для двухцепной опоры.

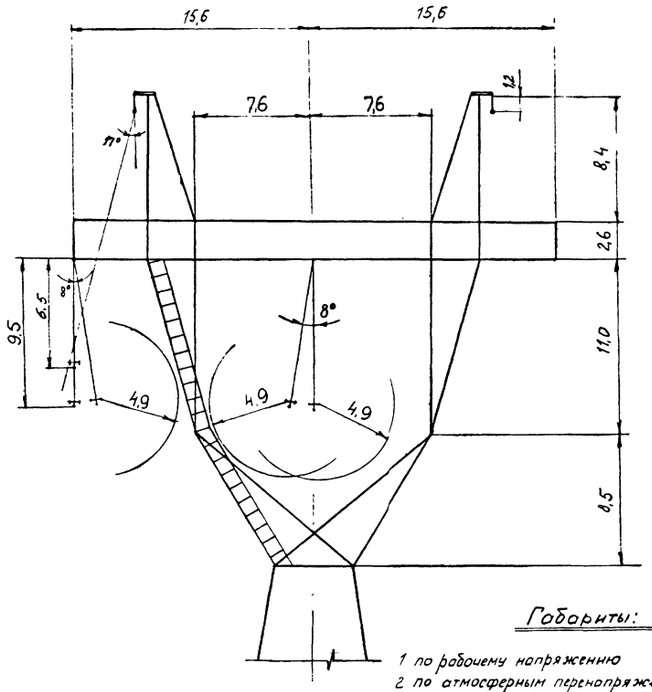
№№ схем	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Обозначение нагрузок	Нормативные нагрузки (кг)	Коэффициенты перегрузки	Коэффициенты сочетания	Расчетные нагрузки (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8
I	Провода и трос не оборваны, и свободны от гололеда, ветер направлен вдоль осей траверс $t=-5°C$ $C=0$ $Q=Q_{max}$		P_n	7600	1,2	–	9120
			$P_т$	2400	1,2	–	2880
			g_n	12000	1,1	–	13200
			$g_т$	3800	1,1	–	4180
			$g_г$	3000	1,1	–	3300
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к осям траверс. $t=-5°C$ $C=0$ $Q=Q_{max}$		P_n	3800	1,2	–	4560
			$P_т$	1200	1,2	–	1440
			g_n	12000	1,1	–	13200
			$g_т$	3800	1,1	–	4180
			$g_г$	3000	1,1	–	3300
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль осей траверс $t=-5°C$ $C\neq0$ $Q=0{,}25Q_{max}$		P_n	6300	1,4	–	8820
			$P_т$	2600	1,4	–	3640
			g_n	12000 13300	1,1 2	–	13200 26600
			$g_т$	3800 5000	1,1 2	–	4180 10000
			$g_г$	3000	1,1	–	3300

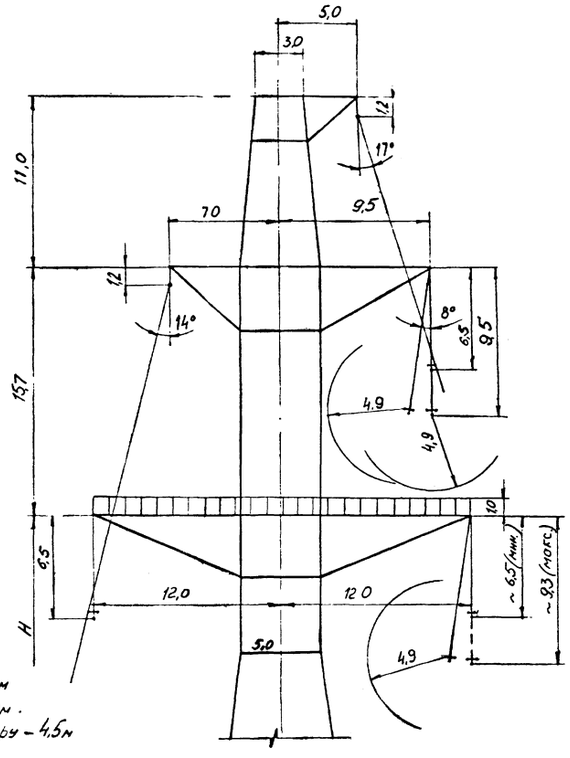
№№ схем	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Обозначение нагрузок	Нормат. нагрузки (кг)	Коэффициенты перегрузки	Коэффициенты сочетания	Расчетные перегрузки (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8
III	Оборваны два провода дающие наибольший изгибающий или крутящий момент на опору $t=-5°C$ $C\neq0$ $Q=0$		S_n	5000	1,3	0,9	5850
			g_n	12000 13300	1,1 2	– 0,9	13200 23940
			$g_т$	3800 5000	1,1 2	– 0,9	4180 9000
			$g_г$	3000	1,1	–	3300
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. $t=-5°C$ $C\neq0$ $Q=0$		$S_т$	2000	1,3	0,9	2340
			g_n	12000 13300	1,1 2	– 0,9	13200 23940
			$g_т$	3800 5000	1,1 2	– 0,9	4180 9000
			$g_г$	3000	1,1	–	3300

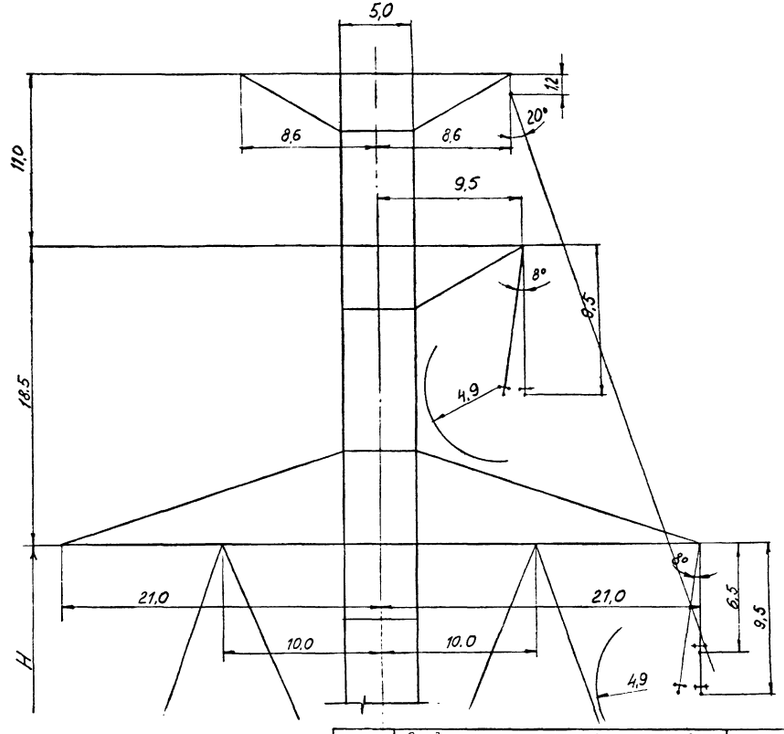
Нагрузки на одноцепную и двухцепную концевую опору

№№ схем	Расчетные условия	Схемы нагрузок: стойки одноцепной опоры	Схемы нагрузок: стойки двухцепной опоры	Обозн. нагруз.	Норм. нагруз (кг)	Коэф. перегрузки	Коэф. сочетан.	Расчет нагруз (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I к	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда, ветер направлен вдоль осей траверс. $t=-5°C$, $C=0$, $Q=Q_{max}$			$P_п$	3100	1,2	–	3720
				$P_т$	1000	1,2	–	1200
				$S_п$	34 700	1,3	–	45100
				$S_т$	9900	1,3	–	12 900
				$g_п$	4000	1,1	–	4400
				$g_т$	1300	1,1	–	1430
				$g_г$	3500	1,1	–	3850
II к	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль осей траверс. $t=-5°C$, $C\neq 0$, $Q=0{,}25Q_{max}$			$P_п$	2600	1,4	–	3640
				$P_т$	1100	1,4	–	1540
				$S_п$	43000	1,3	–	55 900
				$S_т$	11 730	1,3	–	15300
				$g_п$	4000 4400	1,1 2	–	4400 8800
				$g_т$	1300 1700	1,1 2	–	1430 3400
				$g_г$	3500	1,1	–	3850

Нагрузки от проводов и тросов на концевые опоры. 3.407.1-143.2 Лист 5

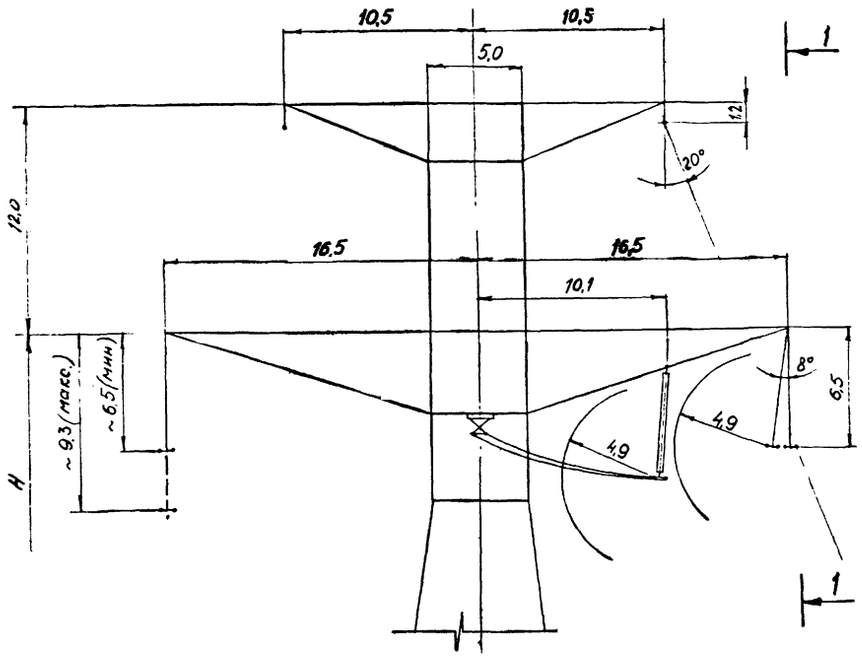




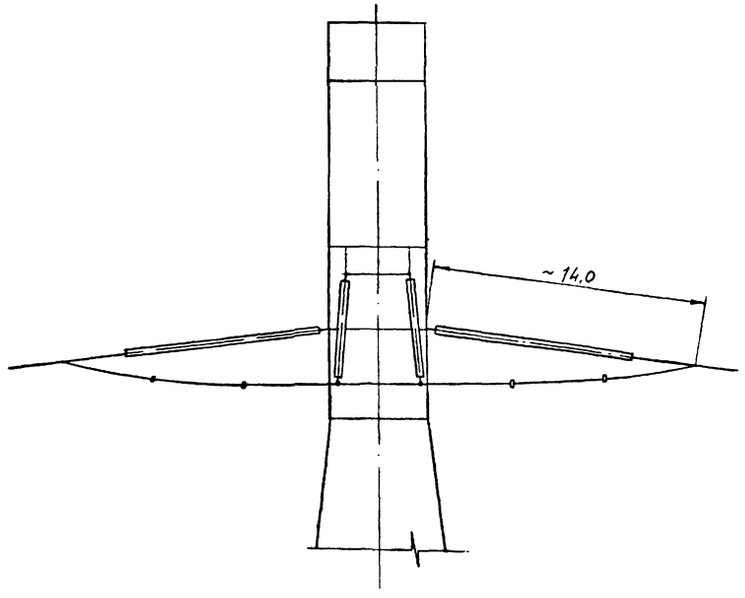


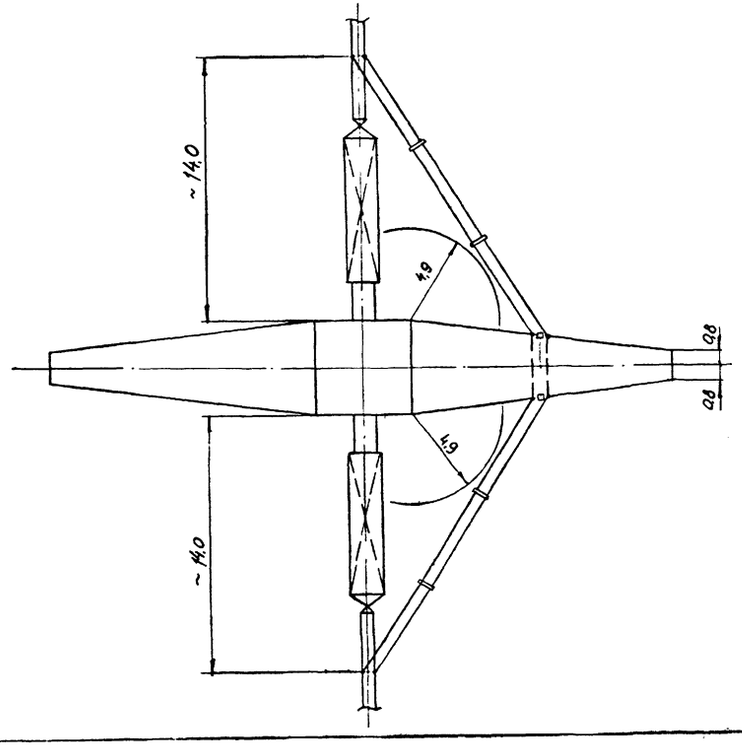
Габариты:

1 по рабочему напряжению — 1,15 м
2 по атмосферным перенапряжениям — 4,9 м.
3 по условию безопасного подъема на опору — 4,5 м



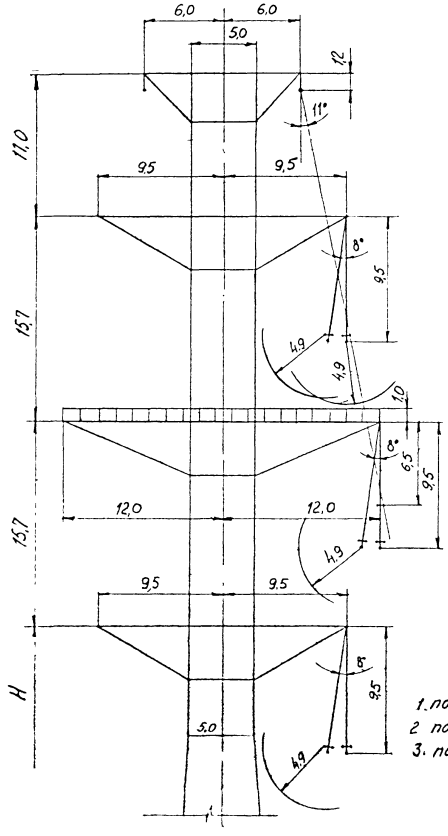
1–1

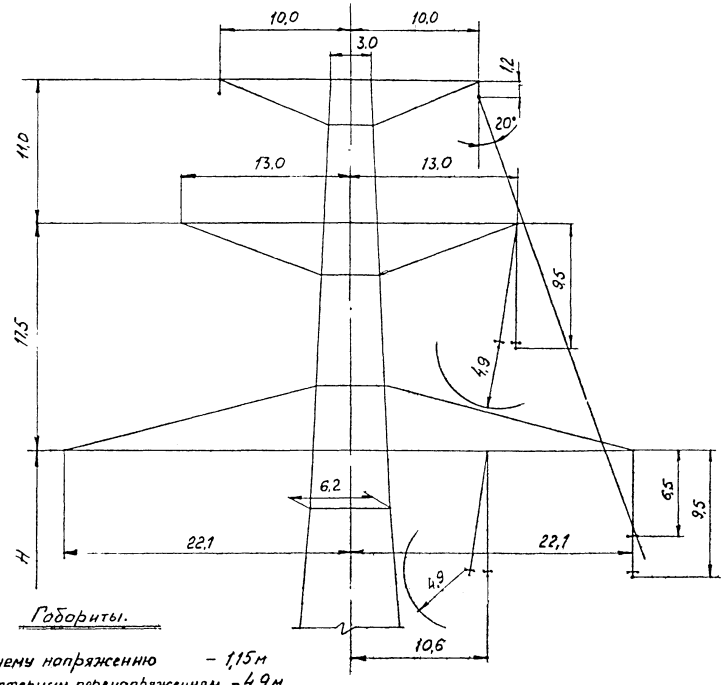




Габариты:

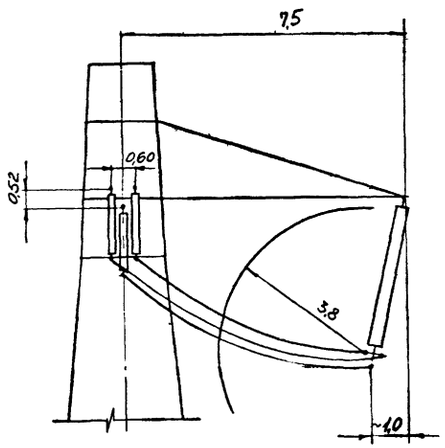
1. по рабочему напряжению – 1,15 м
2. по атмосферным перенапряжениям – 4,9 м
3. по условию безопасного подъема на опору – 4,5 м





Габариты.

1. по рабочему напряжению – 1,15 м
2. по атмосферным перенапряжениям – 4,9 м
3. по условию безопасного подъема на опору – 4,5 м



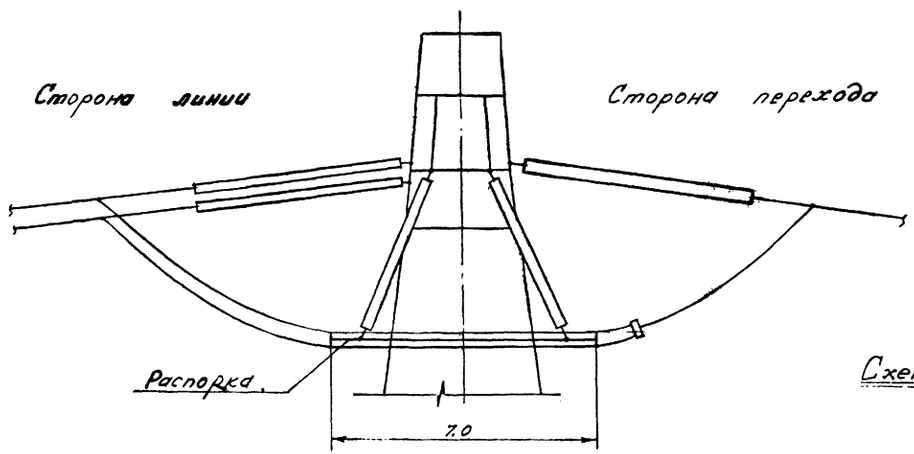
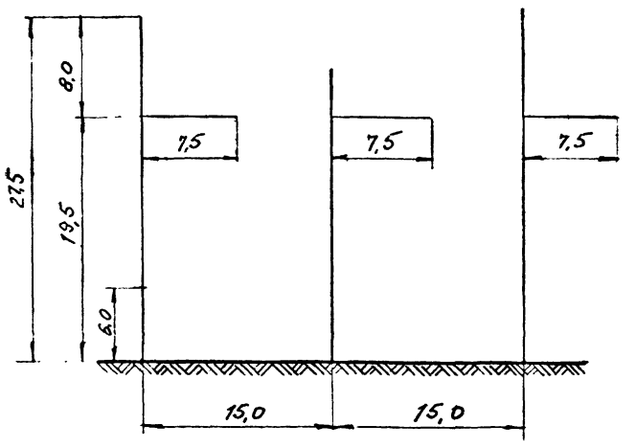
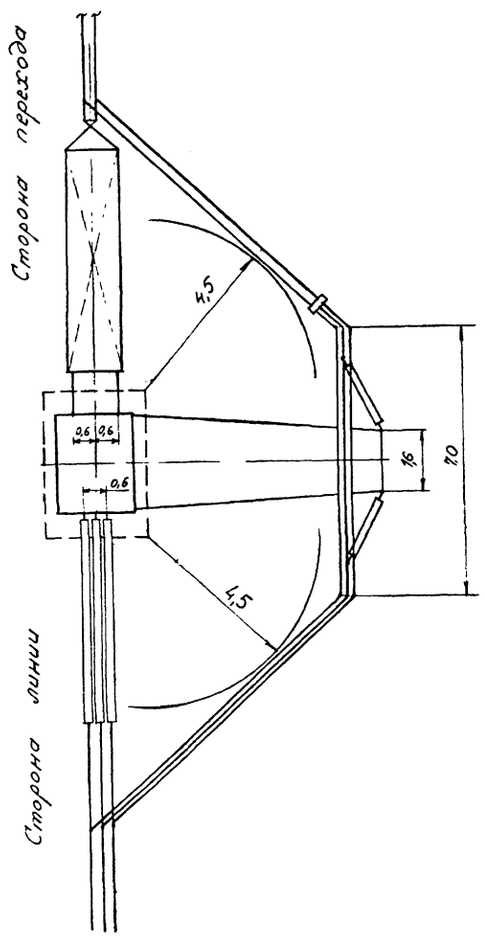
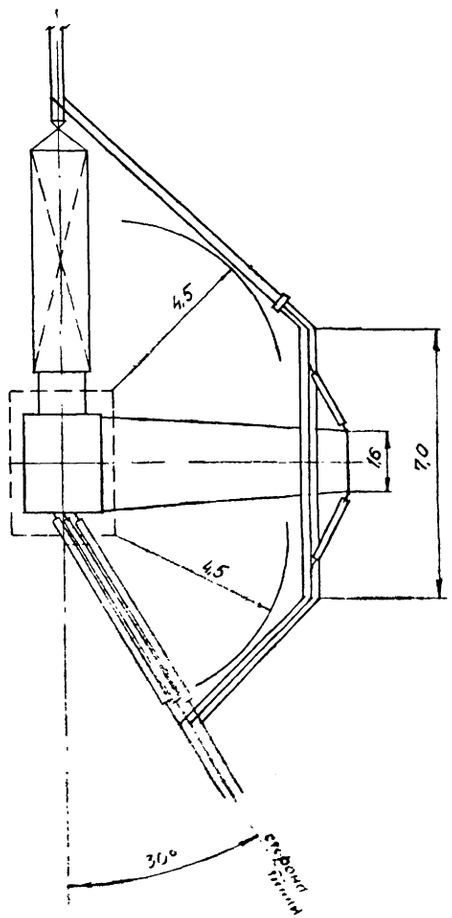


Схема одноцепной опоры К500-1



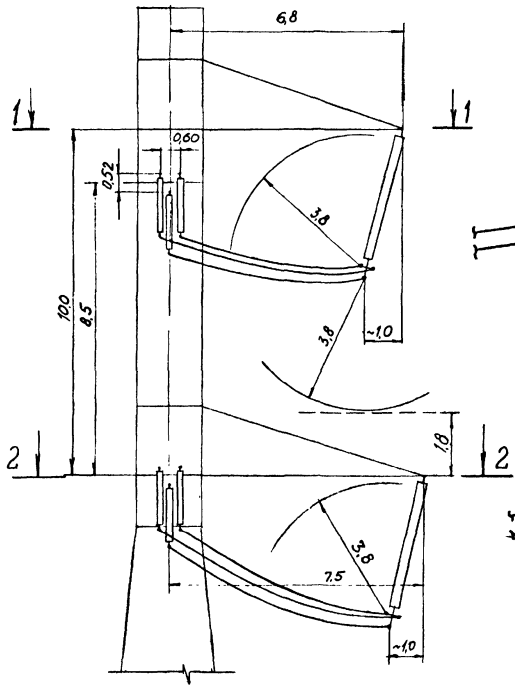


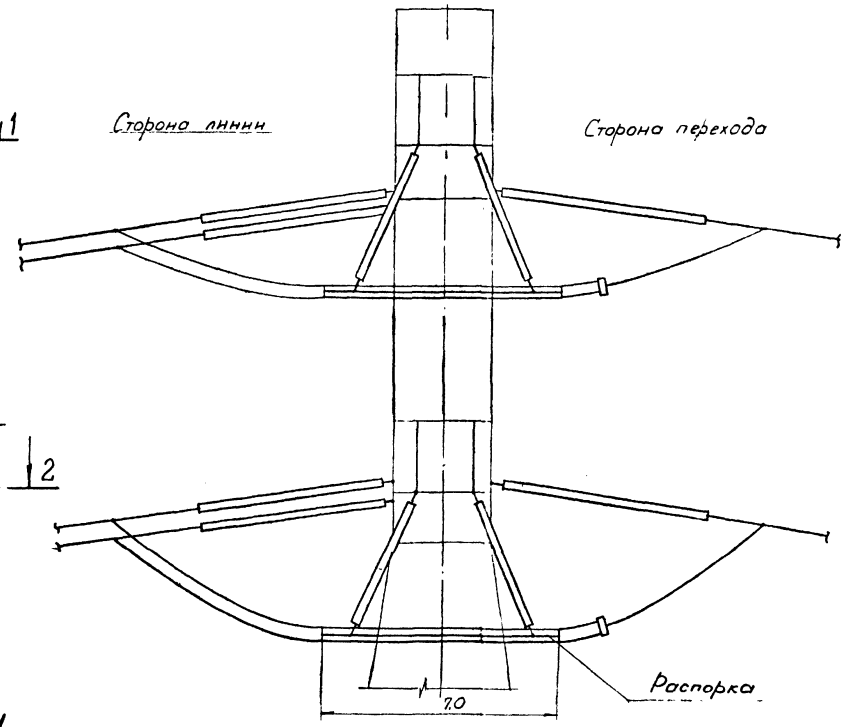


Габариты.

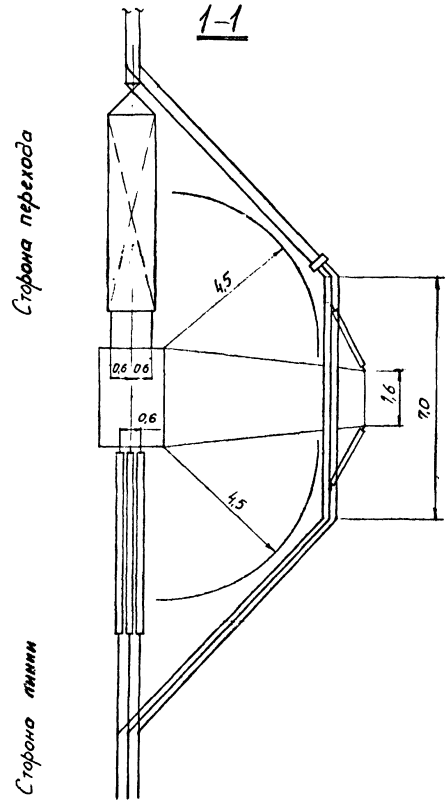
1 по рабочему напряжению – 1,15 м
2 по атмосферным перенапряжениям – 3,2 м
3 по условию безопасного подъема на опору – 4,5 м
4 по требованию правил техники безопасности – 3,8 м

Примечание: опора устанавливается перпендикулярно оси перехода. В сторону линии допускается угол поворота не более 30°.





1-1



2-2

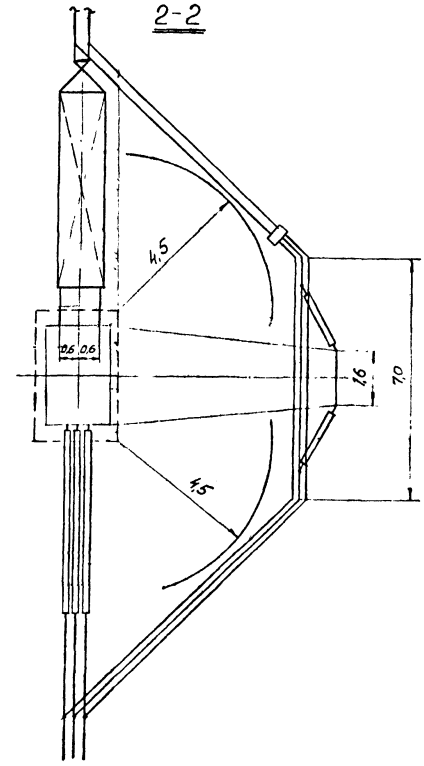
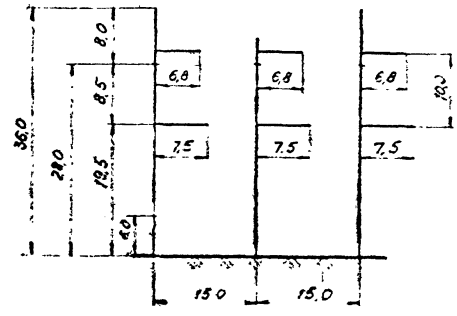


Схема двухцепной опоры К500-2

Габариты:

1 по рабочему напряжению – 1,15 м
2 по атмосферным перенапряжениям – 3,2 м
3 по условию безопасного подъема на опору – 4,5 м
4 по требованию правил техники безопасности – 3,8 м

Примечание опора устанавливается перпендикулярно оси перехода. В сторону линии допускается угол поворота не более 30°



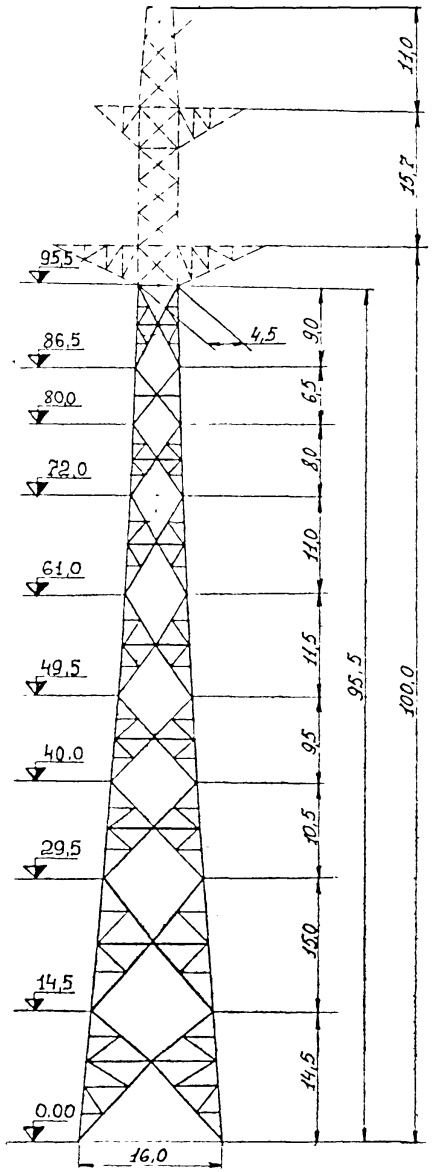
ЭСП | Воздушно-изоляционные расстояния опоры К 500-2 | КЭ674тм-т2 | Лист 10

Сравнение весовых показателей для поясов одноцепной опоры по варианту I при высоте $H_1 = 100$ м

Отметки секций м	Расчетное усилие сжатия т.	Сечение *		Масса поясов кг	
		Ст 3	Сталь 14Г2	Ст 3	Ст.14Г2
0,00 - 12,0 12,0	- 484,0	условное сечение $F_{усл} = 255 см^2$	┼ 2∠ 200×25	9619	7104
12,0 - 24,0 12,0	- 454,0	условное сечение $F_{усл} = 239 см^2$	┼ 2∠ 200×25	9014	7104
24,0 - 36,0 12,0	- 450,0	┼ 2∠ 200×30	┼ 2∠ 200×25	8410	7104
36,0 - 48,0 12,0	- 366,0	┼ 2∠ 200×25	┼ 2∠ 200×20	7104	5770
48,0 - 60,0 12,0	- 322,0	┼ 2∠ 200×25	┼ 2∠ 200×20	7104	5770
60,0 - 71,0 11,0	- 282,0	┼ 2∠ 200×20	┼ 2∠ 200×14	5289	3766
71,0 - 80,5 9,5	- 248,0	┼ 2∠ 200×14	┼ 2∠ 200×14	4568	3253
80,5 - 91,0 10,5	- 212,0	┼ 2∠ 200×16	┼ 2∠ 200×12	4090	3108
91,0 - 113,9 12,9	- 171,0	┼ 2∠ 200×12	┼ 2∠ 200×12	4417	3818
			Итого:	59615	46797
			Разность масс поясов:	12818	

Экономия стали: $\frac{12818}{59615} \cdot 100 = 21,5\%$.

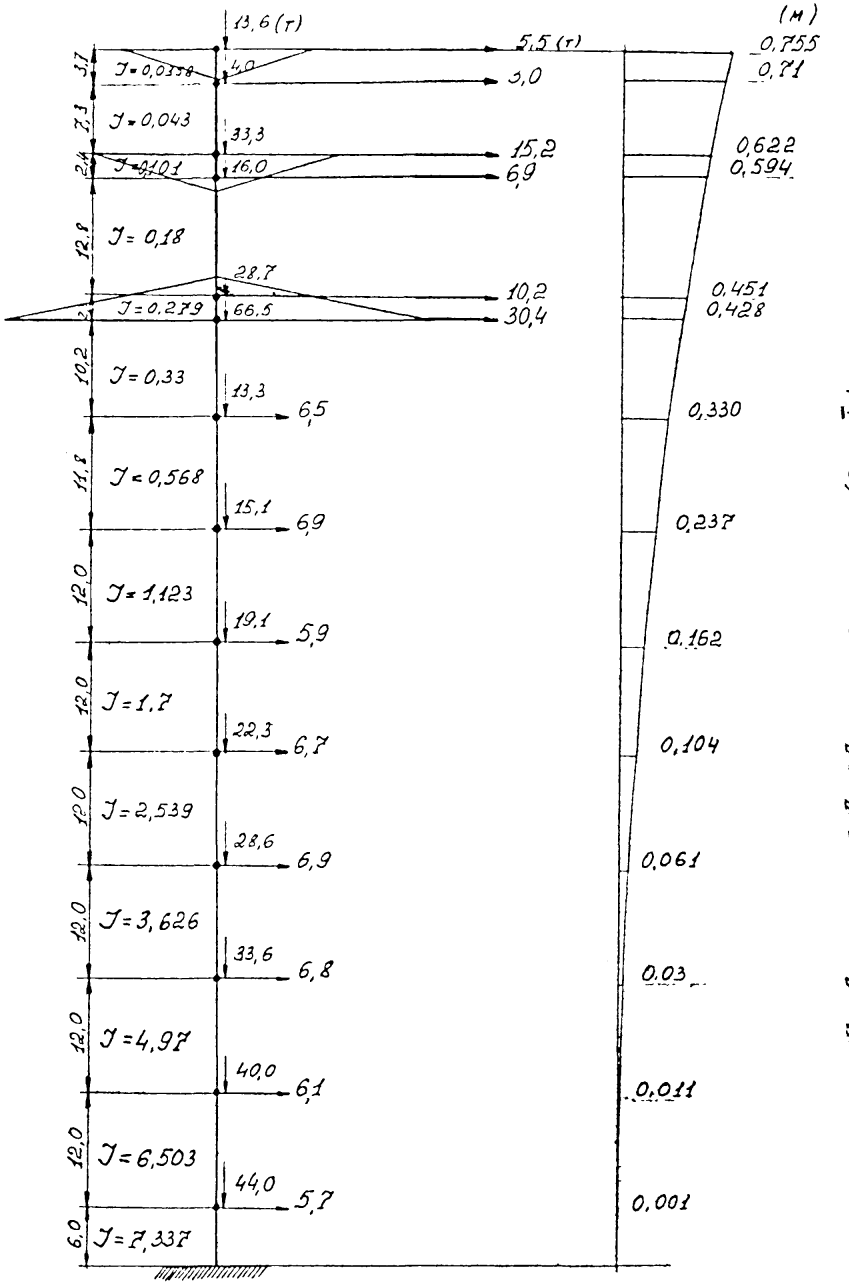
* Условное сечение принято в тех случаях когда нехватает сортамента из ∠ 200×200.



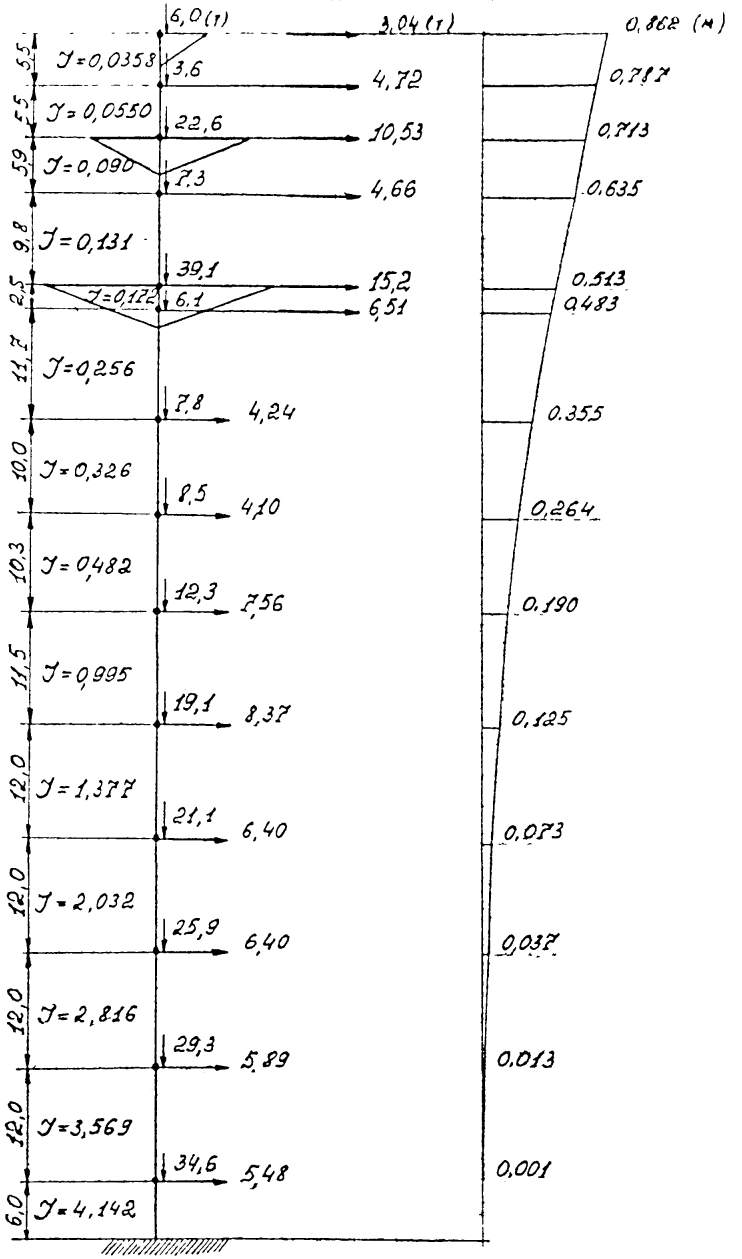
Результаты расчета опоры по варианту I В оптимальном режиме. по прогр. „ТАВОР1"

Отметки, высота секций м	Расчетные усилия (т)			Сечения			Масса секций * т
	пояса	верхние раскосы	нижние раскосы	пояса	верхние раскосы	нижние раскосы	
0,00 - 14,5 14,5	-486,7	±11,7	±13,3	┼200×25 (14Г2)	⊓2∠140×9	⊓2∠160×10	25,16
14,5 - 29,5 15,0	-455,2	±8,5	±7,6	┼200×25 (14Г2)	⊓2∠160×10	⊓2∠160×10	22,82
29,5 - 40,0 10,5	-426,3	±8,1	±7,5	┼200×25 (14Г2)	⊓2∠110×8	⊓2∠125×8	14,00
40,0 - 49,5 9,5	-397,4	±9,1	±9,1	┼200×20 (14Г2)	⊓2∠110×8	⊓2∠110×8	11,00
49,5 - 61,0 11,5	-359,8	±14,3	±12,7	┼200×20 (14Г2)	⊓2∠110×8	⊓2∠110×8	11,80
61,0 - 72,0 11,0	-314,4	±18,3	±16,3	┼200×16 (14Г2)	⊓2∠110×8	⊓2∠110×8	9,86
72,0 - 80,0 8,0	-270,0	±18,2	±16,9	┼200×14 (14Г2)	⊓2∠110×8	⊓2∠110×8	7,16
80,0 - 86,5 6,5	-233,2	±20,3	±19,2	┼200×12 (14Г2)	⊓2∠125×8	⊓2∠140×9	4,87
86,5 - 95,5 9,0	-185,4	±28,5	±25,9	┼200×12 (14Г2)	⊓2∠110×8	⊓2∠110×8	7,95
						Итого:	114,62

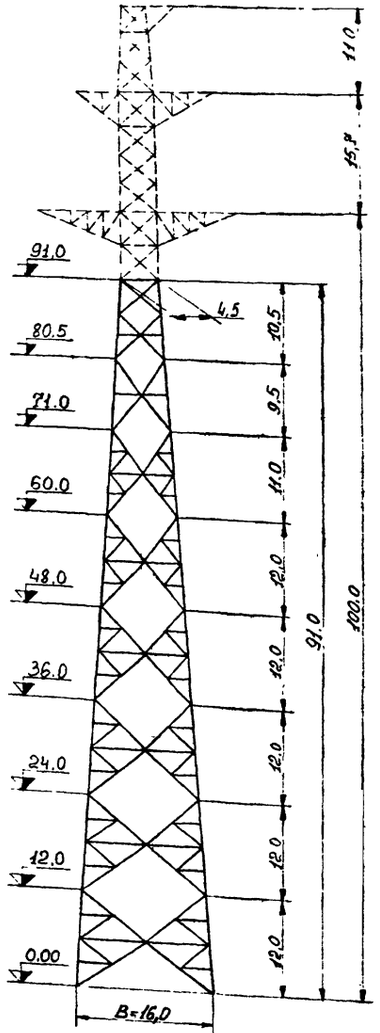
* Масса секций дается без учета фасонок метизов и лестниц.



Кривая прогибов двухцепной опоры. (Вар. I)



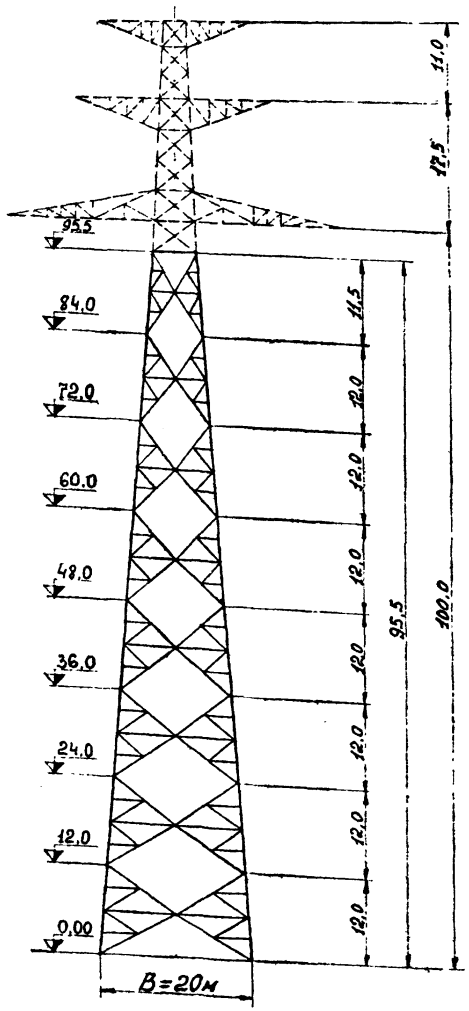
Кривая прогибов одноцепной опоры. (Вар. I)



Весовые показатели для одноцепной опоры по Варианту I при базах опирания 14, 16, 18, 20 м

Отметки, высота секций м	B=14м				B=16м				B=18м				B=20м			
	Расчетные усилия/Сечения			Масса* секций т	Расчетные усилия/Сечения			Масса* секций т	Расчетные усилия/Сечения			Масса* секций т	Расчетные усилия/Сечения			Масса* секций т
	пояса	верхние раскосы	нижние раскосы		пояса	верхние раскосы	нижние раскосы		пояса	верхние раскосы	нижние раскосы		пояса	верхние раскосы	нижние раскосы	
0,00 - 12,0 12,0	$\frac{-545,3}{\top 200\times30\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 16,9}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 19,4}{\text{Г2}\angle 140\times\ldots}$	23,1	$\frac{-485,0}{\top 200\times25\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 14,8}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	$\frac{\pm 16,6}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	25,6	$\frac{-437,9}{\top 200\times25\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 13,3}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	$\frac{\pm 14,6}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	32,1	$\frac{-400,2}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 12,0}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	$\frac{\pm 13,2}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	34,5
12,0 - 24,0 12,0	$\frac{-507,2}{\top 200\times30\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 21,4}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	$\frac{\pm 20,3}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	20,7	$\frac{-453,7}{\top 200\times25\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 18,5}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	$\frac{\pm 17,6}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	22,1	$\frac{-411,5}{\top 200\times25\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 16,4}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	$\frac{\pm 15,7}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	25,8	$\frac{-377,2}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 15,1}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	$\frac{\pm 14,5}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	24,4
24,0 - 36,0 12,0	$\frac{-455,9}{\top 200\times25\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 22,4}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 21,0}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	16,9	$\frac{-410,3}{\top 200\times25\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 19,2}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	$\frac{\pm 18,1}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	19,3	$\frac{-374,3}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 16,6}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	$\frac{\pm 15,6}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	20,8	$\frac{-344,7}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 14,3}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	$\frac{\pm 13,5}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	24,1
36,0 - 48,0 12,0	$\frac{-403,6}{\top 200\times25\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 22,8}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 21,0}{\text{Г2}\angle 125\times\ldots}$	14,9	$\frac{-366,4}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 19,4}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 17,9}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	15,5	$\frac{-336,7}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 16,8}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 15,6}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	17,1	$\frac{-312,1}{\top 200\times16\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 14,8}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	$\frac{\pm 13,7}{\text{Г2}\angle 160\times10}$	19,0
48,0 - 60,0 12,0	$\frac{-350,6}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 23,9}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 21,6}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	12,6	$\frac{-322,4}{\top 200\times20\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 19,9}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 17,9}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	13,9	$\frac{-299,1}{\top 200\times16\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 17,0}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 15,3}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	13,1	$\frac{-279,3}{\top 200\times14\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 14,7}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	$\frac{\pm 13,3}{\text{Г2}\angle 140\times9}$	13,8
60,0 - 71,0 11,0	$\frac{-302,0}{\top 200\times16\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 21,9}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 19,5}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	9,6	$\frac{-282,2}{+ 200\times14\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 18,2}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 16,1}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	10,1	$\frac{-265,3}{\top 200\times13\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 15,3}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 13,5}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	9,6	$\frac{-250,5}{+ 200\times13\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 12,9}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 11,3}{\text{Г2}\angle 125\times8}$	10,2
71,0 - 80,5 9,5	$\frac{-260,7}{\top 200\times13\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 20,0}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 17,9}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	7,4	$\frac{-248,9}{+ 200\times12\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 16,3}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 14,3}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	8,2	$\frac{-237,9}{\top 200\times12\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 13,5}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 11,7}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	7,5	$\frac{-228,3}{\top 200\times12\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 10,7}{2\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 9,2}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	7,7
80,5 - 91,0 10,5	$\frac{-216,8}{\top 200\times12\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 25,7}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 21,5}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	7,3	$\frac{-212,9}{+ 200\times12\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 21,9}{\text{Г2}\angle 110\times\ldots}$	$\frac{\pm 17,9}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	8,1	$\frac{-208,9}{\top 200\times12\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 18,0}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 14,1}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	7,4	$\frac{-205,4}{\top 200\times12\ (14Г2)}$	$\frac{\pm 14,5}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	$\frac{\pm 11,1}{\text{Г2}\angle 110\times8}$	7,4
			Итого:	112,5			Итого:	122,8			Итого:	133,4			Итого:	141,1

* Масса секций дается без учета фасонок метизов и лестниц.



Весовые показатели для двухцепной опоры по варианту I при базах опирания 18, 20 и 22 м

Отметки, высота секций м	B=18м Расчетные усилия пояса	B=18м Сечения верхние раскосы	B=18м Сечения нижние раскосы	Масса секций* т	B=20м Расчетные усилия пояса	B=20м Сечения верхние раскосы	B=20м Сечения нижние раскосы	Масса секций* т	B=22м Расчетные усилия пояса	B=22м Сечения верхние раскосы	B=22м Сечения нижние раскосы	Масса секций* т
0,00 - 12,0 12,0	-598,1 2∠200×20 +480×25 (14Г2)	±20,8 Г2∠160×10	±23,0 Г2∠160×10	34,0	-547,5 +200×30 (14Г2)	±19,8 Г2∠180×11	±21,7 Г2∠180×11	37,0	-506,1 +200×30 (14Г2)	±19,1 Г2∠180×11	±20,2 Г2∠180×11	41,1
12,0 - 24,0 12,0	-560,1 +200×30 (14Г2)	±24,7 Г2∠160×10	±23,9 Г2∠160×10	29,4	-514,1 +200×30 (14Г2)	±23,1 Г2∠160×10	±22,4 Г2∠180×11	31,0	-476,1 +200×25 (14Г2)	±22,0 Г2∠180×11	±21,5 Г2∠180×11	34,1
24,0 - 36,0 12,0	-504,2 +200×30 (14Г2)	±25,3 Г2∠140×9	±24,3 Г2∠160×10	25,3	-463,3 +200×25 (14Г2)	±23,8 Г2∠160×10	±22,9 Г2∠160×10	28,2	-429,5 +200×25 (14Г2)	±22,3 Г2∠160×10	±21,6 Г2∠180×11	31,0
36,0 - 48,0 12,0	-447,6 +200×25 (14Г2)	±25,8 Г2∠140×9	±24,6 Г2∠140×9	21,1	-411,9 +200×25 (14Г2)	±24,2 Г2∠140×9	±23,1 Г2∠160×10	24,0	-382,7 +200×20 (14Г2)	±22,6 Г2∠160×10	±21,7 Г2∠160×10	25,9
48,0 - 60,0 12,0	-390,2 +200×20 (14Г2)	±26,8 Г2∠140×9	±25,2 Г2∠140×9	17,6	-360,3 +200×20 (14Г2)	±24,7 Г2∠140×9	±23,3 Г2∠140×9	19,6	-335,2 +200×20 (14Г2)	±23,5 Г2∠140×9	±22,3 Г2∠160×10	21,5
60,0 - 72,0 12,0	-330,9 +200×20 (14Г2)	±28,6 Г2∠140×9	±26,4 Г2∠140×9	15,9	-306,8 +200×16 (14Г2)	±26,5 Г2∠125×8	±24,6 Г2∠140×9	15,5	-286,4 +200×16 (14Г2)	±24,7 Г2∠140×9	±23,0 Г2∠140×9	17,7
72,0 - 84,0 12,0	-266,3 +200×14 (14Г2)	±31,5 Г2∠125×8	±28,5 Г2∠125×8	11,3	-248,3 +200×13 (14Г2)	±29,2 Г2∠125×8	±26,5 Г2∠125×8	11,7	-233,2 +200×12 (14Г2)	±27,2 Г2∠125×8	±24,7 Г2∠140×9	13,1
84,0 - 95,5 11,5	-198,6 +180×11 (14Г2)	±34,4 Г2∠125×8	±30,5 Г2∠125×8	8,8	-186,2 +180×11 (14Г2)	±32,0 Г2∠125×8	±28,2 Г2∠125×8	9,4	-176,8 +180×11 (14Г2)	±29,9 Г2∠125×8	±26,4 Г2∠125×8	9,8
		Итого:	163,4			Итого:	176,4			Итого:	194,2	

* Масса секций дается без учета фасонок, метизов и лестниц.

Обзор больших переходов

Отделение	К-во переходов	В том числе: По напряжен 35-110	220	330	500	По цепности 1Ц	2Ц	Схема перехода К-П-П-К	К-АП-К	К-К	Пролеты: Переходной	Смежный	Высота перех. опор от ниж. пров. до траверс	Марки: проводов	тросов	Температура наиболее холодной 5-дневки	Наименование перехода	Сроки строительства	Примечания
Днепропетровское ОКП	1			1			1		1		810-920	500,512	60, 70	2×АСУС-500	С-150	≥ -40	Запорожская ГРЭС п/ст Никопольская Каховское водохр.	73/76	5 опор в створе
Киевский ОКП	5			1			1	1			1000	272, 372	70	2×АСУС-500	С-140	≥ -40	Трихаты - Николаев через Юж. Буг	76	
				1		1		1			1000	300, 400	81	2×АСУС-500	С-140	≥ -40	Новобазарская - ТЭЦ 5 через Днепр	76	
		1					1	1			665	175 300	67	АСУС-185	С-120	≥ -40	Херсон - Цюрупинск через Днепр	76	Напряж 150 кВ
				1			1	1			650	300, 370	70	АСУС-400	С-70	≥ -40	Чернобыльск ГРЭС - Чернигов через Днепр	77	
				1			1	1			790	335, 475	60	АСУС-500	С-140	≥ -40	через Припять	77	
Томское отд	7	1					1	1			1244	266 240	84	С-300	С-140	≥ -40	Эл снабжение Молочного з-да	75/76	
			1				1	1			1708 1230 1470	500/600	110	АСУС-300	С-200	< -40	Якутск - Джебарики - Хая через Лену	75/77	
			1			1		1			1135	344/320	59/69	АСУС-300	С-100	< -40	через Алдан	76/77	
			1				1	1			1286	345/345	120	АСУС-500	С-120	≥ -40	Парабель - Сосninская через Обь	75/76	
			1				1		1		680	200/200	58/69,5	АСУ-300	С-70	≥ -40	через протоку Оби	75/76	
			1			1		1			610	420	71	АСО-500	С-70	≥ -40	с Маганак - Еланская через р Томь	76	
		1					1	1			800	280/280	60	АСУ-240	С-70	≥ -40	Эл снабжение Сосninского месторожд через прот Оби	75	
Волгоградское ОКП	3	1				1		1			320	244/204	31	АС-185	С-50	≥ -40	Бузанская - Володаровка через Белый Ильмень	75	
		2				2		2			589, 420	216/435	575 31, 34	АСУ-300 АСО-300	С-70	≥ -40	Ахтубинская - Бузанская с Бузан и Ахтубу	75	
Казахское ОКП	4		1			1		1			1000	300/355	59	АСУС-300	С-100	≥ -40	Сарбай - Лисаковка с Карамамарское б/х	75	
			1			1		1			650	280/325	59	АСУ-400	С-70	≥ -40	Ермаковская ГРЭС - п/ст. Промышленная с Иртыш	76	
		1				1		1			588	297/08	34	АСУ-300	С-70	≥ -40	УКГЭС - Левобережная через Иртыш	75	
		1				1		1			940	300/220	59 43	АСУС-300	С-100	≥ -40	Лебяжье - Жумускер через Иртыш	76/77	
Красноярский ОКП	2	1				1		1			1100	425	67	С-140	С-140	≤ -40	Енисейск - Подтесово через Енисей	76/77	
			1				1			1	700	300	30	АС-300	С-70	≤ -40	Шушенская - Означенное через Енисей	76/77	
Итого	22	9	8	5	–	11	11	19	2	1									

№ п/п	Отделение или ОКП	К-во переходов	В том числе по напряжению 35-110	220	330	500	По цепности 1ц	2ц	Схема перехода К-П-К	К-Я-К	К-К	Пролеты переходной	смежные	Высота переходных опор до нижней траверсы	Марки проводов	Марки тросов	Температура наиболее холодной 5 дней	Наименование перехода	Сроки стр-ва	Примечания
7	ОДП	7				1	1				1	1171	—	17	2×АСУС-500	—	≥ -40	Нурек - Регар через Сай	75	
						1	1		1			1075	300/237	60	2×АСУС-500	С-135	≤ -40	Братск - Тулун через Тангуй	76	опоры Г
						1	1		1			1055	677/300	70	2×АСУС-500	С-228	≥ -40	Карманово - Бугульма чер Белую	76	опоры П
						1	1				1	1450	575/60	50	2×АСУС-500	С-135	≤ -40	Усть Ил - Братск чер Ангару	75	
						1	1				1	1488	534/60	55	2×АСУС-500	С-135	≤ -40	« Братск I через Ангару	75	
						1	1				1	1500	343/60	50	2×АСУС-500	С-135	≤ -40	« Братск II через Ангару	75	
						1	1		1			940	302/408	85	2×АСУС-500	С-140	≥ -40	Уриклин ГРЭС - Бекетово г Суундук	24	
8	Горьковское	4				1	1			1		1460	433/555	90	2×АСУС-500	С-200	≥ -40	через Волгу	75	
						1	1			1		1300	655/357	90	2×АСУС-500	С-167	≥ -40	через Оку	75/76	ПБ одна опора
			1					1	1			430	512/197	50	2×АСУС-500	С-100	≥ -40	через Суру	75/76	опоры ПБ
9	Дальневосточное	2				1	1			1		1230	436/471	82	АСУС-300	С-100	≥ -40	через Волгу	76	
				1			1		1			685	300/250	29 и 17	2АСУС-500	С-135	≥ -40	Зейская ГЭС - Хабаровск г Зею	75/76	
10	Тульское	4			1		1		1			715	340/500	35	АСУС-300	С-95	≥ -40	Прим ГРЭС - Лесозаводск г Иман	75/76	
			1					1	1			550	295/305	46	2×АСУ-300	С-70	≥ -40	г Хвыстохранилище	76	
			1					1	1			550	275/525	40	АЖ-185	С-70	≥ -40	г. Оку	75	
			1					1	1			575	300	40	АЖ-185	С-70	≥ -40	г Оку	75	
11	Южное	13	1				1		1			500	393/215	27,5; 24,5	АСУ-300	С-70	≥ -40	г Оку	75	
				1			1		1			530	170/130	47,5; 37,5	АСУС-185	С-70	≥ -40	п/с Задано - п/с Конет г Дон	75	
					1		1				1	650	700/360	79	АСУ-400	С-100	≥ -40	п/с Р20 - Азов г Дон	75	
						1	1				1	1000	—	42	2АСУС-300	С-100	≥ -40	Ставрополь - Светлоград г б/к	76	
						1	1				1	1860	—	17	3×АСУС-300	С-100	≥ -40	Ингури - Армавир г. Ущелье	76/77	
					1		1		1			1560	—	22	3×АСУС-300	С-100	≥ -40		76/77	
			1				1				1	700	200	55	2×АСО-300	С-70	≥ -40	Дербент - Хаумаа г Польгерегай	76	
						1	1		1			830	—	11/25	АСУС-185	С-70	≥ -40	Карачаевск - Черкесск г Ущелье	75	
					1		1					700	180/200	55	3×АСО-300	С-70	≥ -40	Ставрол. ГРЭС - Центральная г. Кубань	до 80	
	Итого	30	6	2	4	14	22	4	15	3	8	709	150/200	55	2×АСО-300	С-70	≥ -40	Гирюрт - Прохладная г Терек	до 80	

Отделение	Количество переходов	В том числе: По напряжению 35-110	220	330	500	По цепности 1ц	2ц	Схема перехода: Ж-П-П-Ж	Ж-АА-Ж	К-К	Пролеты: Переходный	Смежный	Высота перех. опор до нижней траверсы	Марки: проводов	тросов	Температура наиболее холодной пятидневки	Наименование перехода	Сроки строительства	Примечан.
		1				1		1			600	200/150	50	АСУ-185	С-70	≥-40	Насосная-Гулькевичи т. Кубань	до 80	
			1			1		1			500	180/200	48	АСО-300	С-70	≥-40	Славянск-Крымская т. Кубань	до 80	
		1					1	1			500	180/200	48	АСУ-185	С-70	≥-40	К п/ст. Вешенская т. Дон	до 80	
			1				1	1			1000	200/200	150	2×С-300	С-300	≥-40	Волжский-Краснооктябрьский т. Волгу	до 80	
Сибирское	2		1				1	1			1215	410/335	28; 114	2×С-300	С-300	≤-40	Абалакаво-Раздолинск т. Енисей	75	
			1				1	1			1980	330/480	114	2×С-300	С-300	≤-40	" " т. Ангара	75	
Латвийский ОКП	4			1			1	1			700	300	60	АСУС-300	С-100	≥-40	Даугавпилс-Дружный ГРЭС т. Даугава	79/80	Пусть 339 Пусть 410
		1				1				1	500	—	60	АС-400	С-70	≥-40	Кегумская ГЭС1-ГЭС2 т. Даугава	76/77	
		1					1	1			565	137	50	АС-150	С-70	≥-40	РПВосток-ГПП Графит т. в/х	76/77	
		1					1	1			350	300/400	60	АС-185	С-70	≥-40	т. р. Прегель	76	
СЗО	9		1				1		1		1669	492/417	164/68	АСУС-500	С-300	≥-40	Объект 1937 т. Амур	75/76	
			1				1	1			1400	480/575	78/116	2×С-300	С-300	≥-40	Арх. ТЭЦ-Первомайск т. С. Двина	76/77	
				1			1		1		576	231/235	64	2×АСО-500	С-70	≥-40	Объект 611 через Неву	76/77	
			1				1	1			890	525/370	66	АСУС-300	С-300	≤-40	Печора-Усинск т. Усу	75/76	
			1				1	1			890	241/210	70	АСУС-500	С-140	≥-40	Эл. снабж. КС-18 т. Волгу	76/77	
				1			1	1			1150	403/400	126	2×АСУС-300	С-120	≥-40	Конаково-Калинин т. Волгу	75/76	
		1					1	1			675	350/530	54	АСУС-185	С-300	≥-40	Кашин-Калязин т. Волгу	75/76	Сх. К-П-П-К
		1					1	1			1100, 1200	250/360	96	С-300	С-300	≥-40	Эл-снабж. Кегостр. ЛД Кт. С. Двина	76/78	Сх. К-П-П-К
					1*)	1		1			1170	500/488	148	4×АСУ-300	АСУС-300	≥-40	Конаково-Ленинград т. Волгу	75/76	ПЭП 150×8 Сх. К-ПА-К
	15	7	8	3	1	4	15	16	2	1									
Лист 1	22	0	8	5	—	11	11	19	2	1									
Лист 2	30	6	2	4	14	22	4	15	3	8									
Итого	67	22	18	12	15	37	30	50	7	10									

gost.e-ecolog.ru