МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВТЕХСТРОЙПРОЕКТ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
« ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ »
Северо - Западное отделение

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные опоры ВЛ 35 - 330 кв /Расширение области применения/

Рабочие чертежи
том 2
Расчеты опор

Главный инженер		/К. Крюков/
Нач технического отдела		/В Гальперин/
Нач отдела типового проектирования		/К. Синелобов/
Главный инженер проекта		/Б Новгородцев/

Ленинград - 1973

N5736тм-т 2 Лист 3 87

gost.e-ecolog.ru

Аннотация

В настоящем томе приводятся поверочные расчеты промежуточных и анкерно-угловых опор при подвеске проводов большего сечения на ВЛ 110, 150, 220 и 330 кв, расчет промежуточных опор, применяемых в качестве промежуточных угловых, и расчеты подставок высотой 5 м для анкерно-угловых опор 35 и 110-150 кв

Расчеты опор и подставок выполнены для ветровых и гололедных районов, принятых в расчетах отдельных типов опор в исходных проектах.

Расчеты выполнены по методу предельных состояний согласно нормам ПУЭ-66, СН и П II-Н.9-62, с учетом изменений некоторых пунктов ПУЭ-66, утвержденных решением Министерства энергетики и электрификации СССР №113 от 7 сентября 1967г при рассмотрении проекта унифицированных опор

Состав проекта

	Инвентарный номер
1. Том 1 Пояснительная записка	5736тм-т1
2. Том 2 Расчеты опор	5736тм-т2
3. Том 3 Рабочие чертежи опор	5736тм-т3
4. Том 4 Патентный формуляр (хранить в СЗО ин-та „Энергосетьпроект"	5736тм-т4

литера „а" присвоена в связи с изменением состава проекта 12.2.74

Содержание тома 4

1.	Применение опор для подвески проводов большего сечения	7 ÷ 33
2.	Применение промежуточных опор в качестве промежуточных угловых	34 ÷ 59
3.	Расчет подставок высотой 5м для анкерно-угловых опор 35 и 110-150 кВ.	60 ÷ 79
4.	Расчет подставки С71 высотой 5 м для анкерно-угловой опоры 330кВ У330-1	80 ÷ 83
5.	Расчет подставки Р13 высотой 5 м для промежуточной опоры ПС 330-7	84 ÷ 87

1. Одноцепные ВЛ 110кв, провод АСО-300

1.1. Опора П110-3, I-II район гололедности.

Промежуточная опора П110-3 для I-II районов гололедности (см. расчетный лист №3078тм-ТМ3) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_n = 1,29$ т, которому соответствует нормативное тяжение $\frac{1,29}{1,04} = 1,24$ т

По прочности наиболее загруженного элемента (раскоса D_7^T) можно допустить несколько большее тяжение: $S = \frac{1,24 \times 2,05}{2,0} = 1,27$ т, которому соответствует напряжение в проводе АСО-300 $\sigma_г = \frac{1270}{0,4 \times 328,2} = 9,65$ кг/мм²

В I р.г. наибольшее напряжение в проводе при пролетах 360-400 м < 9,65 кг/мм² (№ 1950тм-т5, лист 31). Поэтому монтаж проводов можно производить с нормальным тяжением по типовому расчету №1950тм-т5. При стреле провеса $f = 11,8$ м находим $\ell_{габ} = 400$ м Принимаем: $\ell_{ветр.} = 400$ м; $\ell_{вес} = 1,25\ \ell_{габ.} = 500$ м

Во II р.г. наибольшее напряжение в проводе при пролетах 360-400 м превышает 9,65 кг/мм². Поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением Из расчета провода, выполненного на базе $\sigma_г = 9,65$ кг/мм², находим для стрелы провеса $f = 11,8$ м

значение $\ell_{габ} = 360$ м

Принимаем: $\ell_{ветр.} = 400$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 450$ м;

Проверка усилий в поясах ствола опоры при подвеске провода АСО-300 с вышеуказанными пролетами в I-II р.г. дана в таблице №1

Нагрузки определены путем умножения пролетов на единичные нагрузки, указанные в работе № 3363 тм

1.2. Опора П110-5, III-IV район гололедности

Промежуточная опора П110-5 для III и IV р.г. (см. расчетный лист № 3078 тм-145) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_п = 1{,}29$ т, которому соответствует нормативное тяжение $\frac{1{,}29}{1{,}04} = 1{,}24$ т

По прочности наиболее загруженного элемента (раскоса $Д_7^т$) можно допустить несколько большее тяжение: $S = \frac{1{,}24 \times 2{,}05}{2{,}0} = 1{,}27$ т, которому соответствует напряжение в проводе АСО-300 $б_г = \frac{1270}{0{,}4 \times 328{,}2} = 9{,}65$ кг/мм²

В III р.г. наибольшее напряжение при пролетах 300-360 м превышает 9,65 кг/мм²

Поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением. Из расчета провода, выполненного на базе $б_г = 9{,}65$ кг/мм², находим для стрелы провеса $f = 11{,}8$ м

значение $\ell_{габ.} = 320$ м

Принимаем: $\ell_{ветр} = 320$ м ; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ} = 400$ м

В IV р.г. наибольшее напряжение при пролетах 250 - 300 м, также превышает 9,65 кг/мм^2

Поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением. Из расчёта провода, выполненного на базе $\sigma_г = 9{,}65$ кг/мм^2 находим для стрелы провеса $f = 11{,}8$ м значение $\ell_{габ.} = 280$ м

Принимаем: $\ell_{ветр.} = 320$м, $\ell_{вес} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 350$м;

Проверка усилий в поясах ствола опоры при подвеске провода АСО-300 с вышеуказанными пролетами в III-IV р.г. дана в таблице №2

Нагрузки определены путем умножения пролетов на единичные нагрузки указанные в работе №3363 тм

2. Двухцепные ВЛ 110кВ, провод АСО-300

2.1. Опора П110-4, I-II район гололедности

Соотношения тяжений и пролетов у двухцепной опоры П110-4 такие же, как у опоры П110-3 (см выше 1.1)

Принимаем пролёты: в I р.г.

$\ell_{габ.} = 400$ м; $\ell_{ветр.} = 400$ м ; $\ell_{вес.} = 1{,}25\ \ell_{габ} = 500$ м

во II р. г. $\ell_{габ.} = 360$ м; $\ell_{ветр.} = 400$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ} = 450$ м

Опора П110-6, III-IV районы гололедности

в III р. г.

$\ell_{габ} = 320$ м ; $\ell_{ветр.} = 320$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 400$ м,

в IV р. г.

$\ell_{габ.} = 280$ м ; $\ell_{ветр.} = 320$ м ; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 350$ м;

Проверка усилий в поясах ствола опоры П110-4 при подвеске провода АСО-300 с вышеуказанными пролётами в I-II р. г. дана в таблице 3.

Проверка усилий в поясах ствола опоры П110-6 при подвеске провода АСО-300 с вышеуказанными пролетами в III-IV р.г. дана в таблице 4

Нагрузки определены путем умножения пролетов на единичные нагрузки, указанные в работе №3363 тм

3. Одноцепные ВЛ 150кв, провод АСО-300

3.1. Опора П150-1, I-IV районы гололедности

Промежуточная опора П150-1 для I-IV районов гололедности (см. расчетный лист №3078 тм-151) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_п = 1{,}29$ т,

которому соответствует нормативное тяжение $\frac{1,29}{1,04} = 1,24$ т

По прочности наиболее загруженного элемента (раскоса D_7) можно допустить несколько большее тяжение $S = \frac{1,24 \cdot 2,05}{2,0} = 1,27$ т, которому соответствует напряжение в проводе АСО-300;

$$\sigma_г = \frac{1270}{0,4 \times 328,2} = 9,65 \ кг/мм^2$$

В I р.г. наибольшее напряжение в проводе при пролетах 300-380 м < $9,65 \ кг/мм^2$ (1950 тм-т5, лист 31). Поэтому монтаж проводов можно производить с нормальным тяжением по типовому расчету № 1950тм-т5. При стреле провеса $f = 10,9$ м находим $\ell_{габ} = 380$ м, однако расчет опоры на нагрузки, соответствующие $\ell_{ветр.} = 380$ м, показывает, что прочность опоры недостаточна, поэтому принимает: $\ell_{ветр.} = 350$ м; $\ell_{вес} = 1,25 \times \ell_{габ} = 475$ м;

Во II, III и IV р.г. наибольшее напряжение при пролетах 300-380 м превышает $9,65 \ кг/мм^2$, поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением. Из расчета провода, выполненного на базе $\sigma_г = 9,65 \ кг/мм^2$, находим для стрелы провеса $f = 10,9$ м, соответственно для II, III и IV районов гололедности, значения габаритных пролетов:

$\ell_{габ.} = 345$ м; $\ell_{габ.} = 300$ м и $\ell_{габ.} = 270$ м

Принимаем: $\ell_{весг.} = 350$ м для II, III и IV р.г.

$\ell_{габ.} = 345$ м ; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 430$ м

$\ell_{габ.} = 305$ м ; $\ell_{вес.} = 1.25 \times \ell_{габ.} = 380$ м

$\ell_{габ.} = 270$ м ; $\ell_{вес.} = 1.25 \times \ell_{габ} = 340$ м

Проверка усилий в поясах ствола опоры, при подвеске провода АСО-300 с вышеуказанными пролетами в I ÷ IV районах гололедности, дана в таблице №5

4. Двухцепные ВЛ 150 кВ, провод АСО-300

4.1. Опора П150-2, I-IV районы гололедности

Промежуточная опора П150-2 для I-IV районов гололедности (см. расчётный лист №3078 тм-152) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_п = 1{,}29$ т, которому соответствует нормативное тяжение $\frac{1.29}{1.04} = 1.24$ т

По прочности наиболее загруженного элемента (раскоса $D_7^г$) можно допустить несколько большее тяжение $S = \frac{1{,}24 \cdot 2{,}05}{2{,}0} = 1{,}27$ т, которому соответствует напряжение в проводе АСО-300:

$$\sigma_г = \frac{1270}{0{,}4 \times 328{,}2} = 9.65 \ кг/мм^2$$

т.е. такое же, как у одноцепной опоры П150-1 (см. выше п. 3)

Поэтому значения габаритных пролетов получаются такие же, как у одноцепной опоры.

Принимаем: $l_{ветр.} = 350$ м в I; II; III и IV р. г. и соответственно:

$l_{габ.} = 380$ м $\quad l_{вес.} = 1{,}25 \times l_{габ.} = 475$ м

$l_{габ.} = 345$ м $\quad l_{вес.} = 1{,}25 \times l_{габ.} = 430$ м

$l_{габ.} = 305$ м $\quad l_{вес.} = 1{,}25 \times l_{габ.} = 380$ м

$l_{габ.} = 270$ м $\quad l_{вес.} = 1{,}25 \times l_{габ.} = 340$ м

Проверка поясов ствола опоры П150-2 выполнена в таблице №6

5. Одноцепные ВЛ 220кВ, провод АСО-500

5.1. Опора П220-3, I-IV районы гололедности

Промежуточная опора П220-3 для I-IV районов гололедности (см. расчетный лист №3080 тм-тб-15) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_n = 2.08$ т, которому соответствует нормативное тяжение $\frac{2.08}{1.04} = 2.0$ т

По прочности наиболее загруженных элементов (раскос D_6 и раскос D_2) тяжение в проводе не может быть больше 2.0 т, которому соответствует напряжение в проводе АСО-500

$\sigma_г = \frac{2000}{0{,}4 \times 541{,}7} = 9{,}23\ кг/мм^2$

В I р.г. наибольшее напряжение в проводе при пролетах 400-480 м меньше 9,23 $кг/мм^2$ (№ 1950 тм - т 5 лист 39). Поэтому монтаж проводов можно производить с нормальным тяжением по типовому расчёту № 1950 тм-т 5.

При стреле провеса $f = 16{,}1$ м находим $\ell_{габ.} = 475$ м, принимаем:

$\ell_{ветр.} = 475$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 595$ м

Во II, III и IV районах гололёда наибольшее напряжение при пролетах 400-480 м превышает 9.23 $кг/мм^2$, поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением.

Из расчета провода, выполненного на базе $\sigma_г = 9.23\ кг/мм^2$, находим для стрелы провеса $f = 16.1$ м, соответственно для II, III и IV районов гололедности, значения габаритных пролетов:

$\ell_{габ.} = 445$ м; $\ell_{габ.} = 400$ м и $\ell_{габ.} = 365$ м

Принимаем: $\ell_{ветр.} = 475$ м для II, III и IV р.г.

$\ell_{габ.} = 445$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 555$ м

$\ell_{габ.} = 400$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 500$ м

$\ell_{габ.} = 365$ м; $\ell_{вес} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 455$ м

Проверка усилий в поясах ствола опоры, при подвеске провода АСО-500 с вышеуказанными пролетами в I-IV районах гололёдности, дана в таблице №7.

6. Двухцепные ВЛ 220кв, провод АСО-500

6.1. Опора П220-2, I-IV район гололедности

Промежуточная опора П220-2 для I-IV районов гололедности (см. расчетный лист №3080 тм-т6-16) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_n = 2.08$ т, которому соответствует нормативное тяжение $\frac{2.08}{1.04} = 2.0$ т

По прочности наиболее загруженного элемента (раскос траверсы $Д_3^I$) тяжение в проводе не может быть больше 2.0 т., которому соответствует напряжение в проводе АСО-500:

$$\sigma_г = \frac{2000}{0.4 \times 541.7} = 9{,}23 \text{ кг/мм}^2$$

В I р.г. наибольшее напряжение в проводе при пролётах 400-480 м меньше 9,23 кг/мм² (№1950 тм-т5 лист 39)

Поэтому монтаж проводов можно производить с нормальным тяжением. по типовому расчету №1950тм-т5

При стреле провеса $f = 13.1$ м находим

$\ell_{габ.} = 425$ м, принимаем:

$\ell_{ветр.} = 425$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ} = 530$ м

Однако, расчет опоры на нагрузки, соответствующие $\ell_{ветр.} = 425$ м и $\ell_{вес.} = 530$ м, показывает, что прочность опоры недостаточна, поэтому принимаем:

$\ell_{ветр.} = 375$ м; $\ell_{вес.} = 430$ м

Во II, III и IV районах гололеда наибольшее напряжение в проводе при пролетах 400÷480 м превышает 9,23 кг/мм, поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением

Из расчёта провода, выполненного на базе $\sigma_г = 9{,}23$ кг/мм^2, находим для стрелы провеса $f = 13{,}1$ м соответственно для II, III и IV районов гололедности, значения габаритных пролётов:

$\ell_{габ.} = 400$ м; $\ell_{габ.} = 360$ м и $\ell_{габ.} = 325$ м

Принимаем:

$\ell_{ветр.} = 375$ м для II, III и IV районов гололедности.

$\ell_{габ.} = 400$ м; $\ell_{вес.} = 430$ м

$\ell_{габ.} = 360$ м; $\ell_{вес.} = 430$ м

$\ell_{габ.} = 325$ м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times 325 = 405$ м.

Проверка усилий в поясах ствола опоры П220-3 при подвеске провода АСО-500 с вышеуказанными пролётами в I-II р. г. дана в таблице 3.

7. Одноцепные ВЛ 330кв, провод 2×АСО-500

7.1. Опора П330-3, I-II районы гололедности

Промежуточная опора П330-3 для I-II районов гололедности (см расчетный лист №3080тм-т8-15) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_n = 3,2$ т, которому соответствует нормативное тяжение $\frac{3,2}{1,04} = 3,08$ т

По прочности наиболее загруженного элемента (раскосы D_{10}, D_{18}) тяжение в проводе не может быть больше 3,08 т которому соответствует напряжение в проводе 2×АСО-500:

$$\sigma_г = \frac{3080}{0,4 \times 2 \times 541,7 \times 0,8} = 8,9 \text{ кг/мм}^2$$

В I р.г. наибольшее напряжение в проводе при пролетах 400-450м меньше 8,9 кг/мм² (№1950 тм-т5 лист 39). Поэтому монтаж проводов можно производить с нормальным тяжением по типовому расчёту №1950тм-т5.

При стреле провеса $f = 14,5$м находим $\ell_{габ.} = 450$м, принимаем:

$\ell_{ветр.} = 450$м; $\ell_{вес.} = 1,25 \times \ell_{габ.} = 560$м

Однако, расчет опоры на нагрузки, соответствующие $\ell_{ветр.} = 450$ м и $\ell_{вес.} = 560$ м показывает, что прочность опоры недостаточна, поэтому принимает $\ell_{ветр.} = 405$ м; $\ell_{вес.} = 505$ м;

Во II р.г. наибольшее напряжение в проводе, при пролетах 400-450 м, превышает 8,9 кг/мм², поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением

Из расчета провода, выполненного на базе $\sigma_г = 8{,}9$ кг/мм², находим для стрелы провеса $f = 14{,}5$ м значение габаритного пролёта. $\ell_{габ.} = 415$ м

Принимаем:

$\ell_{ветр.} = 405$ м для I и II районов гололедности

$\ell_{габ.} = 450$ м ; $\ell_{вес} = 505$ м

$\ell_{габ.} = 415$ м ; $\ell_{вес} = 455$ м

Проверка поясов ствола опоры П330-3 выполнена в табл. №9

8. Двухцепные ВЛ 330 кв, провод 2×АСО-500

8.1. Опора П330-2, I-IV районы гололедности

Промежуточная опора П330-2 для I-IV районов гололедности (см. расчетный лист №3080 тм-т8-16) в аварийном режиме рассчитана на расчетное тяжение $S_п = 3{,}32$ т, которому соответствует нормативное тяжение $\frac{3.32}{1.04} = 3.19$ т

По прочности наиболее загруженного элемента (раскос ствола опоры Дчч) тяжение в проводе не может быть больше 3,19т, которому соответствует напряжение в проводе 2×АС0=500:

$$\sigma_г = \frac{3190}{0{,}8 \times 0{,}4 \times 2 \times 54[illegible]7} = 9.23 \text{ кг/мм}^2$$

В I р.г. наибольшее напряжение в проводе при пролётах 400-450м меньше 9.23 кг/мм² (1950 тм-т5 лист 39). Поэтому монтаж проводов можно производить с нормальным тяжением по типовому расчету №1950 тм-т5

При стреле провеса $f = 11{,}5$м находим $\ell_{габ.} = 395$м, принимаем: $\ell_{ветр.} = 395$м; $\ell_{вес.} = 1{,}25 \times \ell_{габ.} = 495$м

Во II, III и IV р.г. наибольшее напряжение в проводе, при пролетах 400-450м, превышает 9,23 кг/мм², поэтому провод необходимо монтировать с ослабленным тяжением.

Из расчёта провода, выполненного на базе $\sigma_г = 9{,}23$ кг/мм², находим для стрелы провеса $f = 14{,}5$м значения габаритных пролетов, соответственно для II, III и IV р.г.

$\ell_{габ.} = 370$ м; $\ell_{габ.} = 340$ м и $\ell_{габ.} = 305$ м

Принимаем:

$\ell_{ветр.} = 395$ м для I, II, III и IV р.г.

$\ell_{габ.} = 396$ м $\quad \ell_{вес.} = 1{,}25 \times 396 = 495$ м

$\ell_{габ.} = 370$ м $\quad \ell_{вес.} = 1{,}25 \times 370 = 465$ м

$\ell_{габ.} = 340$ м $\quad \ell_{вес.} = 1{,}25 \times 340 = 425$ м

$\ell_{габ.} = 305$ м $\quad \ell_{вес.} = 1{,}25 \times 305 = 380$ м

Проверка поясов ствола опоры П330-2 выполнена в табл. N 10

9. Анкерно-угловые опоры 110кВ, провод АС0-300

9.1. Одноцепная У110-1, I-IV районы гололедности, угол поворота ВЛ $\alpha = 60°$,

По схеме II максимальная составляющая вдоль траверсы от тяжения провода:

$P_2 = 9{,}65 \times 328{,}2 \times 1{,}4 = 4450$ кг

От давления ветра на провода:

$P_1 = 1{,}07 \times 300 \times 0{,}866 \times 1{,}4 \approx 390$ кг

$P_п = 4450 + 390 = 4840$ кг

Расчет опоры выполнен на нагрузку 4765 кг (см. черт. N 3078 тм-155). Так как полученная нагрузка превышает принятую только на 1%, то выполнение поверочного расчета не требуется.

9.2. Двухцепная У110-2; I-IV районы гололедности, угол поворота ВЛ $\alpha = 50°$

По схеме II максимальная составляющая вдоль траверсы от тяжения провода:

$P_2 = 9,65 \times 2 \times 328,2 \times 0,423 \times 1,4 = 3770$ кг

От давления ветра на провода:

$P_1 = 1,11 \times 320 \times 0,906 \times 1,4 = 450$ кг

$P_п = 3770 + 450 = 4220$ кг

Расчет опоры выполнен на нагрузку 3650 + 590 = 4240 кг (см. черт. №3078тм-156). Так как полученная нагрузка не превышает принятую, то выполнение поверочного расчета не требуется.

10. Анкерно-угловые опоры 220кв, провод АКО-500

10.1. Одноцепная У220-3, I-IV районы гололедности, угол поворота ВЛ $\alpha = 60°$

По схеме II максимальная составляющая вдоль траверсы от тяжения провода:

$P_2 = 9,23 \times 2 \times 541,7 \times 0,5 \times 1,4 = 7010$ кг

От давления ветра на провода:

$P_1 = 1,18 \times 475 \times 0,866 \times 1,4 = 680$ кг

$P_п = 7010 + 680 = 7690$ кг

Расчет опоры выполнен на нагрузку 7590 кг (см. черт. 3080тм-т7-6). Так как полученная нагрузка превышает принятую только на 1%, то выполнение

поверочного расчета не требуется.

10.2. Двухцепная У220-2, I-IV районы гололедности, угол поворота ВЛ $\alpha = 50°$

По схеме II максимальная составляющая вдоль траверсы от тяжения провода:

$P_2 = 9,23 \times 2 \times 541,7 \times 0,5 \times 1,4 = 7010$ кг

От давления ветра на провода:

$P_1 = 1,34 \times 375 \times 0,866 \times 1,4 = 610$

$P_п = 7010 + 610 = 7620$ кг

Расчёт опоры выполнен на нагрузку 7565 кг (см. черт. № 3080тм-т7-5). Так как полученная нагрузка превышает принятую только на 0,5%, то выполнение поверочного расчета не требуется.

11. Анкерно-угловые опоры 330кв, провод 2хАСО-500

11.1. Одноцепная У330-1, I-II районы гололедности, угол поворота ВЛ $\alpha = 60°$

По схеме II максимальная составляющая вдоль траверсы от тяжения провода:

$P_2 = 8,9 \times 2 \times 541,7 \times 2 \times 0,5 \times 1,4 = 13500$ кг

От давления ветра на провода:

$P_1 = 0,75 \times 2 \times 405 \times 0,866 = 525$ кг

$P_п = 13300 + 525 = 14025$ кг

Расчет опоры выполнен на нагрузку 15150 кг (см. черт. №3080 тм-т9-4). Так как полученная нагрузка не превышает принятую, то выполнение поверочного расчета не требуется.

11.2. Двухцепная У330-2; I-IV районы гололедности, угол поворота ВЛ $\alpha = 60°$

По схеме II максимальная составляющая вдоль траверсы от тяжения провода.

$P_2 = 9{,}23 \times 2 \times 541{,}7 \times 2 \times 0{,}5 \times 1{,}4 = 14000$ кг

От давления ветра на провода:

$P_1 = 1{,}34 \times 395 \times 2 \times 0{,}866 \times 1{,}4 = 1290$ кг

$P_п = 14000 + 1290 = 15290$ кг

Расчет опоры выполнен на нагрузку 15060 кг (см. черт. №3080 тм-т9-5) Так как полученная нагрузка превышает принятую только на 1.5%, то выполнение поверочного расчета не требуется.

Проверка поясов ствола опоры П110-3 (см. расчет №3078тм-т4 лист 32)

Таблица №1

Сечения, отметки и базы	Схема I; Iр-н гололеда			Схема I°; Iр-н гололеда				Схема II; II р-н гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и тросы M_{II} и от ветра на констр. опоры (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос	От ветра на конструкцию опоры		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на констр. опоры: ∥ тросам $M_{W_{II}}$	⊥ тросам $M_{W_\perp}$			
3-3 ▽18,0 м в=1,0 м	0,25×7,0 = 1,75 0,485×5,0 = 2,42 0,485×2×1,0 = 0,97 1,705 M_{II} = 5,14 $M_{н.у.}$ = 2,84 ΣM_{II} = 7,98	$M_{W_{II}}$ = 1,93	0,225×1 = 0,225 0,6×3 = 1,8 0,104×7,0 = 0,73 2,76	0,18×7,0 = 1,26 0,345×5,0 = 1,73 0,345×2×1,0 = 0,69 1,215 M_{II} = 3,68 $M_{н.у.}$ = 2,84 ΣM_{II} = 6,52	$M_{W_{II}}$ = 1,6	$M_{W_\perp}$ = 1,72	0,225×1 = 0,225 0,6×3 = 1,8 0,104×7,0 = 0,73 2,76	0,335×7,0 = 2,45 0,365×5,0 = 1,83 0,365×2×1,0 = 0,73 1,43 M_{II} = 5,01 $M_{W_{II}} = \frac{1,93}{4,8} = 0,4$ $M_{н.у}$ = 6,1 ΣM_{II} = 11,51	0,695×1,0 = 0,695 1,455×3 = 4,365 0,104×7,0 = 0,73 5,79
	$U_3 = \frac{7,98 + 1,93}{2 \times 1,0} + \frac{2,76}{4,0} = 4,95 + 0,69 = 5,64$т			$U_3 = \frac{6,52 + 1,6 + 1,72}{2 \times 1,0} + \frac{2,76}{4,0} = 4,91 + 0,69 = 5,6$т				$U_3 = \frac{11,51}{2 \times 1,0} + \frac{5,79}{4,0} = \underline{7,2}$ т	
2-2 ▽7,0 м в=2,1 м cos δ=0,998	7,98 1,705×11,0 = 18,78 1,705 M_{II} = 26,76	$M_{W_{II}}$ = 11,97	2,76 0,104×11,0 = 1,14 3,9	6,52 1,215×11,0 = 13,3 1,215 M_{II} = 19,82	$M_{W_{II}}$ = 9,89	$M_{W_\perp}$ = 10,54	2,76 0,104×11,0 = 1,14 3,9	11,51 1,43×11,0 = 15,8 1,43 M_{II} = 27,31 $M_{W_{II}}$ = 2,49	5,79 0,104×11,0 = 1,14 6,93
	$U_2 = \frac{26,76 + 11,97}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,9}{4 \times 0,998} = 9,25 + 0,98 = 10,23$т			$U_2 = \frac{19,82 + 9,89 + 10,54}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,9}{4 \times 0,998} = 9,6 + 0,98 = \underline{10,58}$				$U_2 = \frac{27,31 + 2,49}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{6,93}{4 \times 0,998} = 8,83$ т	
1-1 ▽1,0 м в=2,7 м cos δ=0,998	26,76 1,705×6,0 = 10,2 M_{II} = 36,96	$M_{W_{II}}$ = 20,9	3,9 0,104×6,0 = 0,62 4,52	19,82 1,215×6,0 = 7,3 „ M_{II} = 27,12	$M_{W_{II}}$ = 17,19	$M_{W_\perp}$ = 18,14	3,9 0,104×6,0 = 0,62 4,52	29,8 1,43×6,0 = 8,6 M_{II} = 38,4 $M_{W_{II}}$ = 5,2	6,93 0,104×6,0 = 0,62 7,55
	$U_1 = \frac{36,96 + 20,9}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{4,52}{4 \times 0,998} = 10,8 + 1,13 = 11,93$т			$U_1 = \frac{27,12 + 17,19 + 18,14}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{4,52}{4 \times 0,998} = 11,6 + 1,13 = \underline{12,73}$ т				$U_1 = \frac{38,4 + 5,2}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{7,55}{4 \times 0,998} = 9,99$т	

Напряжение в поясах ствола опоры:
(см. расчетный лист №3078тм-143)

U_3 = 7,2 т $\quad \sigma_3 = \frac{7200}{6,5} = 1110$ кг/см²

U_2 = 10,58 т $\quad \sigma_2 = \frac{10580}{6,3} = 1680$ кг/см²

U_1 = 12,73 т $\quad \sigma_1 = \frac{12730}{9,09} = 1400$ кг/см²

Проверка поясов ствола опоры П110-5 (см расчет № 3078 тм-т4 лист 33)

Таблица № 2

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема I^a; III район гололеда				Схема II; IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и тросы M_{II} и от ветра на констр. опоры (тм)	Вертикальные нагрузки
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры MW_{II}	G (т)	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на констр. опоры: II траверсе MW_{II}	⊥ траверсе $MW_{\perp}$	G (т)		G (т)
3-3 ▽ 18,0 м в = 1,0 м	0,21 × 10,0 = 2,1 0,39 × 7,0 = 2,73 0,39 × 2 × 1,0 = 0,78 1,38 M_{II} = 5,61 $M_{н.у}$ = 2,24 ΣM = 7,85	MW_{II} = 3,7	0,18 × 1 = 0,18 0,535 × 3 = 1,6 0,1 × 10,0 = 1,0 2,78	0,15 × 10,0 = 1,50 0,275 × 7,0 = 1,92 0,275 × 2 × 1,0 = 0,55 0,975 M_{II} = 3,97 $M_{н.у.}$ = 2,24 ΣM_{II} = 6,21	MW_{II} = 3,02	$MW_{\perp}$ = 3,16	2,78	0,445 × 10,0 = 4,45 0,48 × 7,0 = 3,36 0,48 × 2 × 1,0 = 0,96 1,885 M_{II} = 8,77 $MW_{II} = \frac{3,7}{4,8}$ = 0,77 $M_{н.у}$ = 10,5 ΣM = 19,27	1,31 × 1 = 1,31 2,2 × 3 = 6,6 0,1 × 10,0 = 1,0 8,91
	$U_3 = \frac{7,85+3,7}{2\times1,0} + \frac{2,78}{4,0} = 5,77+0,69 = 6,46$ т			$U_3 = \frac{6,21+3,02+3,16}{2\times1,0} + \frac{2,78}{4} = 6,2+0,69 = 6,89$ т				$U_3 = \frac{19,27}{2\times1,0} + \frac{8,91}{4} = 11,86$ т	
2-2 ▽ 7,0 м в = 2,1 м cos γ = 0,998	7,85 1,38 × 11,0 = 15,2 1,38 M_{II} = 23,05	MW_{II} = 15,91	2,78 0,1 × 11,0 = 1,1 3,88	6,21 0,975 × 11,0 = 10,7 0,975 M_{II} = 16,91	MW_{II} = 13,08	$MW_{\perp}$ = 13,77	3,88	19,27 1,885 × 11,0 = 20,7 M_{II} = 39,97 MW_{II} = 3,32	8,91 0,1 × 11,0 = 1,1 10,01
	$U_2 = \frac{23,05+15,91}{2\times2,1\times0,998} + \frac{3,88}{4\times0,998} = 9,3+0,97 = 10,27$ т			$U_2 = \frac{16,91+13,08+13,77}{2\times2,1\times0,998} + \frac{3,88}{4\times0,998} = 10,4+0,97 = 11,37$ т				$U_2 = \frac{39,97+3,32}{2\times2,1\times0,998} + \frac{10,01}{4\times0,998} = 12,71$ т	
1-1 ▽ 1,0 м в = 2,7 м cos γ = 0,998	23,05 1,38 × 6,0 = 8,27 M_{II} = 31,32	MW_{II} = 26,03	3,88 0,1 × 6,0 = 0,6 4,48	16,91 0,975 × 6,0 = 5,85 M_{II} = 22,76	MW_{II} = 21,35	$MW_{\perp}$ = 22,34	4,48	43,29 1,885 × 6,0 = 11,3 M_{II} = 54,59 MW_{II} = 5,4	10,01 0,1 × 6,0 = 0,6 10,61
	$U_1 = \frac{31,32+26,03}{2\times2,7\times0,998} + \frac{4,48}{4\times0,998} = 10,6+1,12 = 11,72$ т			$U_1 = \frac{22,76+21,35+22,34}{2\times2,7\times0,998} + \frac{4,48}{4\times0,998} = 12,3+1,12 = 13,42$ т				$U_1 = \frac{54,59+5,4}{2\times2,7\times0,998} + \frac{10,61}{4\times0,998} = 13,76$ т	

Напряжение в поясах ствола опоры:
(см. р. лист № 3078 тм - 145)

U_3 = 11,86 т $\quad \sigma_3 = \frac{11860}{6,5}$ = 1830 кг/см^2

U_2 = 12,71 т $\quad \sigma_2 = \frac{12710}{6,3}$ = 2020 кг/см^2

U_1 = 13,760 т $\quad \sigma_1 = \frac{13760}{9,09}$ = 1520 кг/см^2

Проверка поясов ствола опоры П110-4 (см. расчет 3078 тм-т4, лист 35)

Таблица №3

Сечения, отметки и базы	Схема I; I район гололеда			Схема I*; I район гололеда				Схема II; II район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальн. нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос и от ветра на констр. опоры (тм)	Вертикальн. нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на констр. опоры M_{W_n}		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на констр. опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	⊥ траверсе $M_{W_\perp}$			
3-3 ▽ 18,0 м в = 1,0 м	0,865 × 13,0 = 3,42 0,485 × 2 × 9,0 = 8,74 0,485 × 2 × 5,0 = 4,85 0,485 × 2 × 1,0 = 0,97 3,175 M_{II} = 17,98	$M_{W_{II}}$ = 6,82	0,225 × 1 = 0,225 0,6 × 6 = 3,6 0,109 × 13,0 = 1,42 5,245	0,19 × 13,0 = 2,47 0,345 × 2 × 9,0 = 6,21 0,345 × 2 × 5,0 = 3,45 0,345 × 2 × 1,0 = 0,69 2,26 M_{II} = 12,82	$M_{W_{II}}$ = 5,7	$M_{W_\perp}$ = 6,32	5,245	0,355 × 13,0 = 4,6 0,365 × 2 × 9,0 = 6,57 0,365 × 2 × 5,0 = 3,65 0,365 × 2 × 1,0 = 0,73 2,545. M_{II} = 15,55 $M_{W_{II}}$ = 1,4 ΣM_{II} = 16,94	0,695 × 1 = 0,695 1,455 × 6 = 8,73 0,109 × 13,0 = 1,42 10,845
	$U_3 = \frac{17,98 + 6,82}{2 \times 1,0} + \frac{5,245}{4} = 12,4 + 1,3 = 13,7$ т			$U_3 = \frac{12,82 + 5,7 + 6,32}{2 \times 1,0} + \frac{5,245}{4} = 18,42 + 1,3 = \underline{13,72}$ т				$U_3 = \frac{16,94}{2 \times 1,0} + \frac{10,845}{4,0} = 11,19$ т	
2-2 ▽ 7,0 м в = 2,1 м cos γ = 0,998	17,98 3,175 × 11,0 = 35,00 3,175 M_{II} = 52,98	$M_{W_{II}}$ = 22,67	5,245 0,109 × 11,0 = 1,2 6,445	12,82 2,26 × 11,0 = 24,8 2,26 M_{II} = 37,62	$M_{W_{II}}$ = 18,86	$M_{W_\perp}$ = 20,63	6,445	16,94 2,545 × 11,0 = 28,0 2,545 M_{II} = 44,94 $M_{W_{II}}$ = 4,74	10,845 0,109 × 11,0 = 1,2 12,045
	$U_2 = \frac{52,98 + 22,67}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{6,445}{4 \times 0,998} = 18,1 + 1,6 = 19,7$ т			$U_2 = \frac{37,62 + 18,86 + 20,63}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{6,445}{4 \times 0,998} = 18,3 + 1,6 = \underline{19,9}$ т				$U_2 = \frac{44,94 + 4,74}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{12,045}{4 \times 0,998} = 14,87$	
1-1 ▽ 1,0 м в = 2,7 м cos γ = 0,998	52,98 3,175 × 6,0 = 19,0 M_{II} = 71,98	$M_{W_{II}}$ = 35,03	6,445 0,109 × 6,0 = 0,65 7,095	37,62 2,26 × 6,0 = 13,6 M_{II} = 51,22	$M_{W_{II}}$ = 29,0	$M_{W_\perp}$ = 31,42	7,095	49,68 2,545 × 6,0 = 15,3 M_{II} = 64,98 $M_{W_{II}}$ = 7,3	12,045 0,109 × 6,0 = 0,65 12,695
	$U_1 = \frac{71,98 + 35,03}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{7,095}{4 \times 0,998} = 19,8 + 1,8 = 21,6$ т			$U_1 = \frac{51,22 + 29,0 + 31,42}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{7,095}{4 \times 0,998} = 20,7 + 1,8 = \underline{22,5}$ т				$U_1 = \frac{64,98 + 7,3}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{12,695}{4 \times 0,998} = 16,58$ т	

Напряжение в поясах ствола опоры:
(см. расч. лист №3078 тм-144)

$U_3 = 13,72$ т $\quad \sigma_3 = \frac{13,72}{6,5} = 2100$ кг/см²

$U_2 = 19,9$ т $\quad \sigma_2 = \frac{19,9}{10,86} = 1830$ кг/см²

$U_1 = 22,5$ т $\quad \sigma_1 = \frac{22,5}{10,86} = 2070$ кг/см²

Проверка поясов ствола опоры П 110-6 (см. расчет 3078 тм-т4 лист 36)

Таблица №4

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема I^{а}; III район гололеда				Схема II; IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузки на провода и трос и от ветра на констр. опоры (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры MW_{II}		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе MW_{II}	I траверсе $MW_{\perp}$			
4-4 ▽24,0м в=1,0м	0,23×11,0=2,53 0,4×2×6,0=4,8 0,4×2×1,0=0,8 1,83 M_{II}=8,13	MW_{II}=4,85	0,18×1=0,18 0,535×4=2,14 0,109×11,0=1,2 3,52	0,18×11,0=1,98 0,28×2×6,0=3,36 0,28×2×1,0=0,56 1,3 M_{II}=5,9	MW_{II}=4,0	$MW_{\perp}$=4,26	3,52	0,5×11,0=5,5 0,5×2×6,0=6,0 0,5×2×1,0=1,0 2,5 M_{II}=12,5 MW_{II}=1,01	1,31×1=1,31 2,195×4=8,78 0,109×11,0=1,2 11,28
	$U_3' = \frac{8,13+4,85}{2\times1,0} + \frac{3,52}{4} = 6,5+0,88 = 7,38$ т			$U_3' = \frac{5,9+4,0+4,26}{2\times1,0} + \frac{3,52}{4} = 7,08+0,88 = 7,96$ т				$U_3' = \frac{12,5+1,01}{2\times1,0} + \frac{11,28}{4} = 9,58$ т	
3-3 ▽18,0м в=1,0м	8,13 1,83×6,0=11,0 0,4×2×1,0=0,8 2,63 M_{II}=19,93	MW_{II}=11,97	3,52 0,535×2=1,07 0,109×6,0=0,65 5,24	5,9 1,3×6,0=7,8 0,28×2×1,0=0,56 1,86 M_{II}=14,26	MW_{II}=9,95	$MW_{\perp}$=10,76	5,24	13,51 2,5×6,0=15,0 0,5×2×1,0=1,0 3,5 M_{II}=29,51 MW_{II}=2,49	11,28 2,195×2=4,39 0,109×6,0=0,65 16,32
	$U_3 = \frac{19,93+11,97}{2\times1,0} + \frac{5,24}{4} = 15,9+1,31 = 17,21$ т			$U_3 = \frac{14,26+9,95+10,76}{2\times1,0} + \frac{5,24}{4} = 17,5+1,31 = 18,81$ т				$U_3 = \frac{29,51+2,49}{2\times1,0} + \frac{16,32}{4} = 20,08$ т	
2-2 ▽7,0м в=2,1м. cos φ=0,998	19,93 2,63×11,0=28,9 2,63 M_{II}=48,83	MW_{II}=31,59	5,24 0,109×11,0=1,2 6,44	14,26 1,86×11,0=20,4 1,86 M_{II}=34,66	MW_{II}=26,26	$MW_{\perp}$=28,27	6,44	32,0 3,5×11,0=38,5 3,5 M_{II}=70,5 MW_{II}=6,58	16,32 0,109×11,0=1,2 17,52
	$U_2 = \frac{48,83+31,59}{2\times2,1\times0,998} + \frac{6,44}{4\times0,998} = 19,1+1,61 = 20,71$ т			$U_2 = \frac{34,66+26,26+28,27}{2\times2,1\times0,998} + \frac{6,44}{4\times0,998} = 21,2+1,61 = 22,81$ т				$U_2 = \frac{70,5+6,58}{2\times2,1\times0,998} + \frac{17,52}{4\times0,998} = 22,78$ т	
1-1 ▽1,0 м. в=2,7м. cos φ=0,998	48,83 2,63×6,0=15,8 M_{II}=64,63	MW_{II}=46,0	6,44 0,109×6,0=0,65 7,09	34 66 1,86×6,0=11,1 M_{II}=45,76	MW_{II}=38,09	$MW_{\perp}$=40,78	7,09	77,08 3,5×6,0=21,0 M_{II}=98,08 MW_{II}=9,6	17,52 0,109×6,0=0,65 18,17
	$U_1 = \frac{64,63+46,0}{2\times2,7\times0,998} + \frac{7,09}{4\times0,998} = 20,5+1,77 = 22,27$			$U_1 = \frac{45,76+38,09+40,78}{2\times2,7\times0,998} + \frac{7,09}{4\times0,998} = 23,1+1,77 = 24,87$ т				$U_1 = \frac{98,08+9,6}{2\times2,7\times0,998} + \frac{18,17}{4\times0,998} = 24,54$ т	

Напряжение в поясах ствола опоры:
(см. расч. лист N 3078 тм-146)

$U_3' = 9,58$ т $\quad \sigma_3 = \frac{9580}{6,5} = 1470$ кг/см^2

$U_3 = 20,08$ т $\quad \sigma_3 = \frac{20080}{10,73} = 1870$ кг/см^2

$U_2 = 22,81$ т $\quad \sigma_2 = \frac{22810}{14,2} = 1610$ кг/см^2

$U_1 = 24,87$ $\quad \sigma_1 = \frac{24870}{14,2} = 1750$ кг/см^2

Проверка поясов ствола опоры П150-1 (см. расчет 3078тм-т5, лист 19)

Таблица №5

Сечения, отметки и базы	Схема I; I район гололеда Изгибающие моменты (тм) От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкц. опоры	Вертикальн. нагрузки, G (т)	Схема I*; I район гололеда; Изгибающие моменты (тм) От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на констр. опоры ∥ траверсе $M_{W\parallel}$	⊥ траверсе $M_{W\perp}$	Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II; IV район гололеда Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос и от ветра на констр. опоры (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
3-3 ▽18.00 м в = 1.0 м	0,22×10,0 = 2,2 0,425×7,0 = 2,98 0,425×2×1,0 = 0,85 1,495 M_{II} = 6,03 $M_{н.у.}$ = 2,23 ΣM_{II} = 8,26	$M_{W_{II}}$ = 3,77	0,215×1 = 0,215 0,63×3 = 1,89 0,098×10 = 0,98 3,09	0,16×10,0 = 1,6 0,300×7,0 = 2,1 0,300×2×1,0 = 0,60 1,06 M_{II} = 4,3 $M_{н.у.}$ = 2,23 ΣM_{II} = 6,53	$M_{W_{II}}$ = 3,09	$M_{W_\perp}$ = 3,27	0,215×1,0 = 0,215 0,53×3 = 1,59 0,098×10 = 0,98 3,09	0,505×10,0 = 5,05 0,524×7,0 = 3,66 0,524×2×1,0 = 1,048 2,077 M_{II} = 9,76 $M_{н.у.}$ = 2,135×4,2 = 8,96 $M_{W_{II}}$ = 0,79	1,2×1 = 1,2 2,09×3 = 6,27 0,045×3 = 0,135 0,098×10,0 = 0,98 8,59
	$U_3 = \frac{8,26+3,77}{2\times1,0} + \frac{3,09}{4} = 6,02 + 0,78 = 6,94$ т			$U_3 = \frac{6,53+3,09+3,27}{2\times1,0} + \frac{3,09}{4} = 6,45 + 0,78 = 7,23$ т				$U_3 = \frac{9,76+8,96+0,79}{2\times1,0} + \frac{8,59}{4} = 11,91$ т	
2-2 ▽7.0 м в = 2.1 м cosγ = 0,998	8,26 1,495×11,0 = 16,45 1,495 M_{II} = 24,75	$M_{W_{II}}$ = 16,16	3,09 0,098×11,0 = 1,08 4,17	6,53 1,06×11,0 = 11,68 M_{II} = 18,21	$M_{W_{II}}$ = 13,27	$M_{W_\perp}$ = 14,09	3,09 0,098×11,0 = 1,08 4,17	18,72 2,077×11,0 = 22,8 2,077 M_{II} = 41,52 $M_{W_{II}}$ = 3,36	8,59 0,098×11,0 = 1,08 9,67
	$U_2 = \frac{24,75+16,16}{2\times2,1\times0,998} + \frac{4,17}{4\times0,998} = 9,72 + 1,04 = 10,76$ т			$U_2 = \frac{18,21+13,27+14,09}{2\times2,1\times0,998} + \frac{4,17}{4\times0,998} = 10,9 + 1,04 = 11,94$ т				$U_2 = \frac{41,52+3,36}{2\times2,1\times0,998} + \frac{9,67}{4\times0,998} = 13,11$ т	
1-1 ▽1.0 м в = 2.7 м cosγ = 0,998	24,75 1,495×6,0 = 8,97 M_{II} = 33,72	$M_{W_{II}}$ = 26,38	4,17 0,098×6,0 = 0,58 4,75	18,21 1,06×6,0 = 6,36 M_{II} = 24,57	$M_{W_{II}}$ = 21,59	$M_{W_\perp}$ = 22,76	4,17 0,098×6,0 = 0,59 4,75	41,52 2,077×6,0 = 12,45 M_{II} = 53,97 $M_{W_{II}}$ = 5,49	9,67 0,098×6,0 = 0,58 10,25
	$U_1 = \frac{33,72+26,38}{2\times2,7\times0,998} + \frac{4,75}{4\times0,998} = 11,11 + 1,19 = 12,3$ т			$U_1 = \frac{24,57+21,59+22,76}{2\times2,1\times0,998} + \frac{4,75}{4\times0,998} = 16,4 + 1,19 = 17,59$ т				$U_1 = \frac{53,97+5,49}{2\times2,7\times0,998} + \frac{10,25}{4\times0,998} = 13,56$ т	

Напряжение в поясах ствола опоры:
(см. р. лист №3078тм-151)

$U_3 = 11,91$ т; $\sigma_3 = \frac{11910}{6,5} = 1830$ кг/см²

$U_2 = 13,11$ т $\sigma_2 = \frac{13110}{6,3} = 2080$ кг/см²

$U_1 = 17,59$ т $\sigma_1 = \frac{17590}{9,09} = 1940$ кг/см²

Проверка поясов ствола опоры П150-2 (см. расчет 3078 тм-т5, лист 20)

Таблица №6

Сечения, отметки, базы	Схема I; I район гололеда			Схема I^{a}; I район гололеда			Схема II; IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W II}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W II}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на констр. опоры: II траверсе $M_{W II}$; ⊥ траверсе $M_{W \perp}$			
4-4 ▽ 24,0 м в = 1,0 м	0,25×11,0 = 2,75 0,45×2×7,0 = 6,3 0,45×2×1,0 = 0,9 2,05 M_{II} = 9,95	$M_{W II}$ = 5,14	0,215×1 = 0,215 0,625×4 = 2,5 0,107×11,0 = 1,18 3,895	0,175×11,0 = 1,93 0,320×2×7,0 = 4,49 0,320×2×1,0 = 0,64 1,455 M_{II} = 7,06	$M_{W II}$ = 4,29	$M_{W \perp}$ = 4,65	0,215×1 = 0,215 0,625×4 = 2,5 0,107×11,0 = 1,18 3,895	0,548×11,0 = 6,03 0,545×2×7,0 = 7,64 0,545×2×1,0 = 1,09 2,728 M_{II} = 14,76 $M_{W II}$ = 1,07	1,2×1 = 1,2 2,035×4 = 8,14 0,107×11,0 = 1,18 10,52
	$U_3' = \frac{9,95 + 5,14}{2 \times 1,0} + \frac{3,895}{4} = 7,55 + 0,98 = 8,53$ т			$U_3' = \frac{7,06 + 4,29 + 4,65}{2 \times 1,0} + \frac{3,895}{4} = 8,0 + 0,98 = 8,98$ т				$U_3' = \frac{14,76 + 1,07}{2 \times 1,0} + \frac{10,52}{4} = 10,53$ т
3-3 ▽ 18,0 м в = 1,0 м	9,95 0,45×2×1,0 = 0,9 2,05×6,0 = 12,3 2,95 M_{II} = 23,15	$M_{W II}$ = 12,45	3,895 0,625×2 = 1,25 0,107×6,0 = 0,64 5,79	7,06 0,32×2×1,0 = 0,64 1,455×6,0 = 8,75 2,095 M_{II} = 16,45	$M_{W II}$ = 10,46	$M_{W \perp}$ = 11,42	3,895 0,625×2 = 1,25 0,107×6,0 = 0,64 5,79	14,76 2,728×6,0 = 16,4 0,545×2×1,0 = 1,09 3,818 M_{II} = 32,25 $M_{W II}$ = 2,6	10,52 2,035×2 = 4,07 0,107×6,0 = 0,64 15,24
	$U_3 = \frac{23,15 + 12,45}{2 \times 1,0} + \frac{5,79}{4} = 17,8 + 1,45 = 19,25$ т			$U_3 = \frac{16,45 + 10,46 + 11,42}{2 \times 1,0} + \frac{5,79}{4} = 19,16 + 1,45 = 20,61$ т				$U_3 = \frac{32,25 + 2,6}{2 \times 1,0} + \frac{15,24}{4} = 21,21$ т
2-2 ▽ 7,0 в = 2,1 м cos γ = 0,998	23,15 2,95×11,0 = 32,4 2,95 M_{II} = 55,55	$M_{W II}$ = 32,72	5,79 0,107×11,0 = 1,18 6,97	16,45 2,095×11,0 = 23,0 2,095 M_{II} = 39,45	$M_{W II}$ = 27,37	$M_{W \perp}$ = 29,65	5,79 0,107×11,0 = 1,8 6,97	32,25 3,818×11,0 = 42,0 3,818 M_{II} = 74,25 $M_{W II}$ = 6,74	15,24 0,107×11,0 = 1,8 17,04
	$U_2 = \frac{55,55 + 32,72}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{6,97}{4 \times 0,998} = 24,0 + 1,74 = 22,74$ т			$U_2 = \frac{39,45 + 27,37 + 29,65}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{6,97}{4 \times 0,998} = 23,0 + 1,74 = 24,74$ т				$U_2 = \frac{74,25 + 6,74}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{17,04}{4 \times 0,998} = 23,57$ т
1-1 ▽ 1,0 м в = 2,7 м cos γ = 0,998	55,55 2,95×6,0 = 17,7 M_{II} = 73,25	$M_{W II}$ = 47,53	6,97 0,107×6,0 = 0,64 7,61	2,095×6,0 = 12,6 39,45 M_{II} = 52,05	$M_{W II}$ = 39,57	$M_{W \perp}$ = 42,60	6,97 0,107×6,0 = 0,64 7,61	74,25 3,818×6,0 = 22,9 M_{II} = 97,15 $M_{W II}$ = 9,92	17,04 0,107×6,0 = 0,64 17,68
	$U_1 = \frac{73,25 + 47,53}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{7,61}{4 \times 0,998} = 22,4 + 1,9 = 24,3$ т			$U_1 = \frac{52,05 + 39,57 + 42,60}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{7,61}{4 \times 0,998} = 25,0 + 1,9 = 26,9$ т				$U_1 = \frac{97,15 + 9,92}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{17,68}{4 \times 0,998} = 24,32$ т

Напряжения в поясах ствола опоры:
(см. расчётный лист №3078 тм-т52)

$U_3' = 10,53$ т

$U_3 = 21,21$ т

$U_2 = 24,74$ т

$\sigma_3' = \frac{10530}{6,5} = 1630$ кг/см²

$\sigma_3 = \frac{21210}{10,73} = 1980$ кг/см²

$\sigma_2 = \frac{24740}{14,2} = 1740$ кг/см²

$U_1 = 26,90$ т $\quad \sigma_1 = \frac{26900}{14,2} = 1900$ кг/см²

Проверка поясов ствола опоры П220-3 (см. расчёт № 3080 тм-т 2, лист 16)

Таблица № 7

Сечения, отметки, базы	Схема I; I район гололеда; Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос $M_{\parallel}$	От ветра на констр. опоры M	Вертикальн. нагрузки G (т)	Схема I^{a}, I район гололеда; Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос $M_{\parallel}$	От ветра на констр. опоры: $\parallel$ траверсе $M_{w\parallel}$	$\parallel$ траверсе $M_{w\perp}$	Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II; IV район гололеда; Изгибающ. моменты от нагрузок на провода и трос $M_{\parallel}$ и от ветра на конструкцию опоры $M_{w\parallel}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
3-3 ▽21,6 м 3'-3' ▽21,3 м $b_ш$ = 8,43 м $b_{уз}$ = 2,82 м $\cos\gamma$ = 0,998	0,400×14,4 = 5,76 0,74×10,4 = 7,7 0,74×2×3,9 = 5,76 2,62 $M_{\parallel}$ = 19,22 $M_{н.у.}$ = 7,4	$M_{w\parallel}$ = 10,8	0,400×1 = 0,4 1,295×3 = 3,885 0,137×14,4 = 1,98 6,265	0,29×14,4 = 4,17 0,525×10,4 = 5,46 0,525×2×3,9 = 4,1 1,865 $M_{\parallel}$ = 13,73 $M_{н.у.}$ = 7,4	$M_{w\parallel}$ = 9,42	$M_{w\perp}$ = 11,0	0,400×1 = 0,4 1,295×3 = 3,885 0,137×14,4 = 1,98 6,265	0,765×14,4 = 11,0 0,785×10,4 = 8,16 0,785×2×3,9 = 6,13 3,12 $M_{\parallel}$ = 25,29 $M_{н.у.}$ = 2,05 $M_{w\parallel}$ = 2,25	1,9×1 = 1,9 3,505×3 = 10,785 0,137×14,4 = 1,98 14,665
	$U_3 = \frac{19,22+7,4+10,8}{2\times2,43\times0,998} + \frac{6,265}{4\times0,998} = 8,4 + 1,57 = 9,97$ т			$U_3 = \frac{13,73+7,4+9,42}{2\times2,43\times0,998} + \frac{11,0}{2\times1,82\times0,998} + \frac{6,265}{4\times0,998} = 10,94$ т				$U_2 = \frac{25,29+20,5+2,25}{2\times2,43\times0,998} + \frac{14,665}{4\times0,998} = 13,57$ т	
2-2 ▽10,1 м 2'-2' ▽9,1 м $b_ш$ = 3,74 м $b_{уз}$ = 2,51 м $\cos\gamma$ = 0,998	26,22 2,62×11,5 = 30,2 2,62 $M_{\parallel}$ = 56,42	$M_{w\parallel}$ = 34,78	6,265 0,137×11,5 = 1,58 7,845	21,13 1,865×11,5 = 21,45 1,865 $M_{\parallel}$ = 42,58	$M_{w\parallel}$ = 30,58	$M_{w\perp}$ = 35,57	6,265 0,137×11,5 = 1,58 7,845	45,79 3,12×11,5 = 35,8 3,12 $M_{\parallel}$ = 81,59 $M_{w\parallel}$ = 7,25	14,665 0,137×11,5 = 1,58 16,25
	$U_2 = \frac{56,42+34,78}{2\times3,74\times0,998} + \frac{7,845}{4\times0,998} = 12,2 + 1,96 = 14,16$ т			$U_2 = \frac{42,58+30,58}{2\times3,74\times0,998} + \frac{35,57}{2\times2,51\times0,998} + \frac{7,845}{4\times0,998} = 18,86$ т				$U_2 = \frac{81,59+7,25}{2\times3,74\times0,998} + \frac{16,25}{4\times0,998} = 15,96$ т	
1-1 ▽1,3 м $b_ш$ = 4,78 м $b_{уз}$ = 2,97 м $\cos\gamma$ = 0,998	56,42 2,62×8,8 = 23,1 $M_{\parallel}$ = 79,52	$M_{w\parallel}$ = 60,11	7,845 0,137×8,8 = 1,21 9,055	42,58 1,865×8,8 = 16,42 $M_{\parallel}$ = 59,0	$M_{w\parallel}$ = 53,38	$M_{w\perp}$ = 57,26	7,845 0,137×8,8 = 1,21 9,055	81,59 3,12×8,8 = 27,5 $M_{\parallel}$ = 109,09 $M_{w\parallel}$ = 12,5	16,25 0,137×8,8 = 1,21 17,46
	$U_1 = \frac{79,52+60,11}{2\times4,78\times0,998} + \frac{9,055}{4\times0,998} = 14,6 + 2,26 = 16,86$ т			$U_1 = \frac{59,0+53,38}{2\times4,78\times0,998} + \frac{57,26}{2\times2,97\times0,998} + \frac{9,055}{4\times0,998} = 23,71$ т				$U_1 = \frac{109,09+12,5}{2\times4,78\times0,998} + \frac{17,46}{4\times0,998} = 17,06$ т	

Напряжения в поясах ствола опоры: $U_3 = \frac{13570}{7,28} = 1860$ кг/см²

(см. расчётный лист № 3080 тм-т 6-15)

$U_2 = \frac{18860}{9,31} = 2030$ кг/см²

$U_1 = \frac{23710}{13,1} = 1810$ кг/см²

Проверка поясов ствола опоры П220-2 (см. расчет №3080тм-т2 лист 17)

Таблица №8

Сечения, отметки, базы	Схема I; I район гололеда			Схема I°; I район гололеда				Схема II; IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провод и трос $M_в$ и от ветра на конструкцию опоры $M_{w_в}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т),
	От нагрузок на провод и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$		От нагрузок на провод и трос $M_в$	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{w_{II}}$	I траверсе $M_{w_\perp}$			
3-3 ▽25,1м 3'-3' ▽24,8м $в_ш$ = 2.42м $в_{уз}$ = 1.79м cosδ=0,998	0,340×15,9 = 5,4 0,670×2×10,4=13,9 0,670×2×3,9 = 5,22 3,02 M_{II} = 24,52	$M_{w_{II}}$ = 13,45	0,29×1 = 0,29 0,965×4 = 3,86 0,165×15,9=2,62 6,77	0,24×15,9 = 3,82 0,475×2×10,4 = 9,88 0,475×2×3,9 = 3,7 2,14 M_{II} = 17,4	$M_{w_{II}}$ = 11,91	$M_{w_\perp}$ = 13,62	0,29×1 = 0,29 0,965×4 = 3,86 0,165×15,9=2,62 6,77	0,65×15,9=10,3 0,70×2×10,4=14,6 0,70×2×3,9 = 5,45 3,45 M_{II} = 30,35 $M_{w_в}$ = 2,8	1,69×1 = 1,69 3,215×4 = 12,86 0,165×15,9=2,63 17,18
	$U_3 = \frac{24,52+13,45}{2\times2,42\times0,998} + \frac{6,77}{4\times0,998} = 7,85+1,69 = 9,54т$			$U_3 = \frac{17,4+11,91}{2\times2,42\times0,998} + \frac{13,62}{2\times1,79\times0,998} + \frac{6,77}{4\times0,998} = 6,1+3,82+1,7 = 11,62т$					$U_3 = \frac{30,35+2,8}{2\times2,42\times0,998} + \frac{17,18}{4\times0,998} = 11,15т$
2-2 ▽13,6м 2'-2' ▽12,6м $в_ш$ = 3,75м $в_{уз}$ = 2,52м cosδ=0,998	24,52 3,02×11,5 = 35,1 0,67×2×8,9 = 11,9 4,36 M_{II} = 71,52	$M_{w_{II}}$ = 43,15	6,77 0,965×2 = 1,93 0,165×11,5 = 1,9 10,6	17,4 2,14×11,5 = 24,6 0,475×2×8,9 = 8,45 3,09 M_{II} = 50,45	$M_{w_{II}}$ = 38,71	$M_{w_\perp}$ = 45,31	6,77 0,965×2 = 1,93 0,165×11,5 = 1,9 10,6	30,35 3,45×11,5 = 39,7 0,70×2×8,9 = 12,5 4,85 M_{II} = 82,55 $M_{w_{II}}$ = 9,0	17,18 3,215×2 = 6,43 0,165×11,5 = 1,9 25,523
	$U_2 = \frac{71,52+43,15}{2\times3,75\times0,998} + \frac{10,6}{4\times0,998} = 15,3+2,66 = 17,96т$			$U_2 = \frac{50,45+38,71}{2\times3,75\times0,998} + \frac{45,31}{2\times2,52\times0,998} + \frac{10,6}{4\times0,998} = 11,63+9,0+2,66 = 23,29т$					$U_2 = \frac{82,55+9,0}{2\times3,75\times0,998} + \frac{25,523}{4\times0,998} = 18,6т$
1-1 ▽1,7м 1'-1' ▽3,0м $в_ш$ = 5,13м $в_у$ = 3,08м cosδ=0,998	71,52 4,36×11,9 = 52,0 ΣM_{II} = 123,52	$M_{w_{II}}$ = 87,74	10,6 0,165×11,9 = 1,97 12,57	50,45 3,09×11,9 = 36,8 M_{II} = 87,25	$M_{w_{II}}$ = 78,98	$M_{w_\perp}$ = 79,64	10,6 0,165×11,9 = 1,97 12,57	82,55 4,85×11,9 = 57,77 M_{II} = 140,32 $M_{w_{II}}$ = 18,3	25,523 0,165×11,9 = 1,97 27,493
	$U_1 = \frac{123,52+87,74}{2\times5,13\times0,998} + \frac{12,57}{4\times0,998} = 20,6+3,14 = 23,74т$			$U_1 = \frac{87,25+78,98}{2\times5,13\times0,998} + \frac{79,64}{2\times3,08\times0,998} + \frac{12,57}{4\times0,998} = 16,25+12,95+3,14 = 32,34т$					$U_1 = \frac{140,32+18,3}{2\times5,13\times0,998} + \frac{27,493}{4\times0,998} = 22,4т$

Напряжения в поясах ствола опоры: (см. расчетный лист №3080тм-тб-16)

U_3 = 11,62т $\quad \sigma_3 = \frac{11620}{7,27} = 1600$ кг/см²

U_2 = 23,29т $\quad \sigma_2 = \frac{23290}{11,1} = 2100$ кг/см²

U_1 = 32,34т $\quad \sigma_1 = \frac{32340}{15,5} = 2090$ кг/см²

Проверка поясов ствола опоры П330-3 (см. расчет 3080тм-т4 лист 17/86)

Таблица №9

Сечения, отметки, базы	Схема I; I район гололеда			Схема I^a; I район гололеда			Схема II; IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкции опоры $M_{W_{II}}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкции опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкции опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$; ⊥ траверсе $M_{W_\perp}$			
3-3 ▽23,35м $B_{ш.}$=2,5м 3'-3' ▽24,0м $B_{уз.}$=1,82м cosγ=0,998	0,342×14,35 = 4,91 1,260×9,65 = 12,2 1,260×2×2,15 = 5,41 4,122 M_{II}=22,52 $M_{н.у.}$=2,18×7,3=15,9	$M_{W_{II}}$=12,4	0,340×1 = 0,340 2,18×3 = 6,54 1,7 8,58	0,242×14,35 = 34,8 0,891×9,65 = 8,6 0,891×2×2,15 = 3,83 2,915 M_{II} 15,91 $M_{н.у.}$ = 15,9	$M_{W_{II}}$ = 10,4 $M_{W_\perp}$ = 10,8	0,340×1 = 0,340 2,18×3 = 6,54 1,7 8,58	0,400×14,35 = 5,75 0,85×9,61 = 8,17 0,85×2×2,15 = 3,66 2,95 17,58 $M_{н.у.}$=1,64×7,3=12,0 $M_{W_{II}}$ = 2,6	0,845×1 = 0,845 1,64×3 = 4,92 1,7 7,465
	$U_3 = \frac{22,52+15,9+12,4}{2\times2,5\times0,998} + \frac{8,58}{4\times0,998} = 10,2+2,15 = 12,35$т			$U_3 = \frac{31,81+10,4}{2\times2,5\times0,998} + \frac{10,8}{2\times1,82\times0,998} + \frac{8,58}{4\times0,998} = 8,46+2,96+2,15 = 13,57$т			$U_3 = \frac{29,58+2,6}{2\times2,5\times0,998} + \frac{7465}{4\times0,998} = 8,32$т	
2-2 ▽11,7м $B_{ш.}$=3,92м 2'-2' ▽12,6м $B_{уз.}$=2,5м cosγ=0,998	38,42 4,122×11,65 = 48,0 4,122 86,42	$M_{W_{II}}$ = 43,0	8,58 2,2 10,78	31,81 2,915×11,65 = 34,8 2,915 66,61	$M_{W_{II}}$ = 36,3 $M_{W_\perp}$ = 40,85	8,58 2,2 10,78	29,58 2,95×11,65 = 34,4 2,95 63,98 $M_{W_{II}}$ = 9,0	7,465 2,2 9,665
	$U_2 = \frac{86,42+43,0}{2\times3,92\times0,998} + \frac{10,78}{4\times0,998} = 16,6+2,7 = 19,3$т			$U_2 = \frac{66,61+36,3}{2\times3,92\times0,998} + \frac{40,85}{2\times2,5\times0,998} + \frac{10,78}{4\times0,998} = 13,15+8,15+2,7 = 24,0$т			$U_2 = \frac{63,98+9,0}{2\times3,92\times0,998} + \frac{9,665}{4\times0,998} = 11,72$т	
1-1 ▽3,3м $B_{ш.}$=4,92м 1'-1' ▽2,2м $B_{уз.}$=3,12м cosγ=0,998	86,42 4,122×8,4 = 34,6 121,02	$M_{W_{II}}$ = 73,4	10,78 2,2 12,98	66,61 2,915×8,4 = 24,5 91,11	$M_{W_{II}}$ = 61,6 $M_{W_\perp}$ = 78,95	10,78 2,2 12,98	63,98 2,95×8,4 = 24,8 88,78 $M_{W_{II}}$ = 15,2	9,665 2,2 11,865
	$U_1 = \frac{121,02+73,4}{2\times3,3\times0,998} + \frac{12,98}{4\times0,998} = 29,5+3,24 = 32,74$т			$U_1 = \frac{91,11+61,6}{2\times4,92\times0,998} + \frac{78,95}{2\times3,12\times0,998} + \frac{12,98}{4\times0,998} = 15,5+12,7+3,24 = 31,44$т			$U_1 = \frac{88,78+15,2}{2\times4,92\times0,998} + \frac{11,865}{4\times0,998} = 13,51$т	

Напряжения в поясах ствола опоры:
(см. расчетный лист №3080тм-т8-15)

U_3 = 13,57т $\quad \sigma_3 = \frac{13570}{7,6} = 1790$ кг/см^2

U_2 = 24,0т $\quad \sigma_2 = \frac{24000}{11,48} = 2090$ кг/см^2

U_1 = 31,44 $\quad \sigma_1 = \frac{31440}{16,45} = 1910$ кг/см^2

Проверка поясов ствола опоры П330-2 (см. расчет 3080 тм-т4 лист 18/86)

Таблица №10

Сечения, отметки, базы	Схема I; I район гололеда			Схема I°; I район гололеда				Схема II; IV район гололеда;	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$ (тм	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	I траверсе $M_{W_{\perp}}$			
3-3 ▽24,0 м B_w=2,79м	0,35×19,5 = 6,84 1,38×2×12,5=34,5 1,38×2×5,0 = 13,8 5,87 M_{II}=55,14	$M_{W_{II}}$=24,94	0,33×1 = 0,33 2,12×4 = 8,48 0,212×19,5=4,14 12,95	0,25×19,5 = 4,88 0,98×2×12,5=24,6 0,98×2×5,0 = 9,8 4,17 M_{II}=39,28	$M_{W_{II}}$=23,49	$M_{W_{\perp}}$=26,51	0,33×1 = 0,33 2,12×4 = 8,48 0,212×19,5=4,14 12,95	0,675×19,5 = 13,2 1,46×2×12,5=36,5 1,46×2×5,0 = 14,6 6,515 M_{II}=64,3 $M_{W_{II}}$=5,2	1,59×1 = 1,59 6,0 ×4 =24,0 0,212×19,5= 4,14 29,73
3'-3' ▽24,1 м B_{y3}=2,11м cosγ=0,998	$U_3=\frac{55,14+24,94}{2\times2,79\times0,998}+\frac{12,95}{4\times0,998}=14,5+3,24=17,74$ т			$U_3=\frac{39,28+23,49}{2\times2,79\times0,998}+\frac{26,51}{2\times2,11\times0,998}+\frac{12,95}{4\times0,998}=11,25+6,3+3,24=$ $=20,79$ т				$U_2=\frac{64,3+5,2}{2\times2,79\times0,998}+\frac{29,73}{4\times0,998}=12,5+7,4=$ $=19,9$ т	
2-2 ▽12,9 м B_w=4,08м	55,14 5,87×11,1 = 65,2 1,38×2×9,6 = 26,5 8,63 M_{II}=146,84	$M_{W_{II}}$=71,12	12,95 2,12×2 = 4,24 0,212×11,1= 2,36 19,55	39,28 4,17×11,1 = 46,4 0,98×2×9,6 = 18,8 6,13 M_{II}=104,48	$M_{W_{II}}$=65,52	$M_{W_{\perp}}$=68,28	12,95 2,12×2 = 4,24 0,212×11,1= 2,36 19,55	64,3 6,515×11,1 = 72,4 1,46×2×9,6= 28,1 9,435 M_{II}=164,8 $M_{W_{II}}$=14,8	29,73 6,0 ×2 = 12,0 0,212×11,1 = 2,36 44,09
2'-2' ▽11,9 B_{y3}=2,83м cosγ=0,998	$U_2=\frac{146,84+71,12}{2\times4,08\times0,998}+\frac{19,55}{4\times0,998}=26,7+4,9=31,6$ т			$U_2=\frac{104,48+65,52}{2\times4,08\times0,998}+\frac{68,28}{2\times0,998\times2,83}+\frac{19,55}{4\times0,998}=20,8+12,1+4,9=$ $=37,8$ т				$U_2=\frac{164,8+14,8}{2\times4,08\times0,998}+\frac{44,09}{4\times0,998}=22,0+11,0=$ $=33,0$ т	
L-L ▽1,7 м B_w=5,54м B_{y3}=3,46м cosγ=0,998	146,84 8,63×11,2 = 96,6 M_{II}=243,44	$M_{W_{II}}$=136,84	19,55 0,212×11,2= 2,38 21,93	104,48 6,13×11,2 = 68,6 M_{II}=173,08	$M_{W_{II}}$=124,47	$M_{W_{\perp}}$=127,0	19,55 0,212×11,2= 2,38 21,93	164,8 9,435×11,2 = 106,0 M_{II}=270,8 $M_{W_{II}}$=28,5	44,09 0,212×11,2 = 2,38 46,47
	$U_1=\frac{243,44+136,84}{2\times5,54\times0,998}+\frac{21,93}{4\times0,998}=34,4+5,47=39,87$ т			$U_1=\frac{173,08+124,47}{2\times5,54\times0,998}+\frac{127,0}{2\times3,46\times0,998}+\frac{21,93}{4\times0,998}=26,9+18,4+5,47=$ $=50,77$ т				$U_1=\frac{270,8+28,5}{2\times5,54\times0,998}+\frac{46,47}{4\times0,998}=27,1+11,6=$ $=38,7$ т	

Напряжения в поясах ствола опоры:
(см. расчётный лист №3080тм-т8-16)

U_3 = 20,79 т $\quad \sigma_3=\frac{20790}{11,4}=1830$ кг/см²

U_2 = 37,8 т $\quad \sigma_2=\frac{37800}{22,0}=1720$ кг/см²

U_1 = 50,77 т $\quad \sigma_1=\frac{50770}{27,2}=1870$ кг/см²

Применение опоры П150-1 в качестве промежуточно-угловой ВЛ 110кВ

Расчет предельных углов поворота ВЛ, определяемых условиями прочности опоры.

Расчет прочности опоры производится для пояса средней секции $U_г$, имеющего наибольшие напряжения (см. №3078тм-151)

I р-н гололеда Угол поворота $\boxed{\alpha = 3^\circ}$

$$l_{габ.} = l_{вес.} = l_{ветр.} = 395\,м$$

I схема Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда.

Ветер направлен вдоль оси траверс.

$t = -5^\circ C$; $C = 0$; $q_п^н = 50\,кг/м^2$;

$q_т^н = 69\,кг/м^2$.

Давление ветра на пролет провода, троса

$$P_п = 0{,}93 \cdot 395 \cdot 1{,}2 = 441\,кг$$

$$P_т = \frac{240 \cdot 395}{380} = 250\,кг$$ (см. №3078тм-т5, лист 9)

Вес пролёта провода, троса

$$G_п = 0{,}93 \cdot 395 \cdot 1{,}1 = 404\,кг$$

$$G_т = 0{,}411 \cdot 395 \cdot 1{,}1 = 178\,кг$$

Вес гирлянды изоляторов

$q_г = 58 \cdot 1,1 = 64$ кг

Суммарная вертикальная нагрузка

$G_п + q_г = 404 + 64 = 468$ кг

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 9,03 \cdot 274,7 \cdot 0,0262 \cdot 1,3 = 169$ кг

$T_т = 1780 \cdot 2 \cdot 0,0262 = 93$ кг (см. №3078тм-тб, лист 8)

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$P_п + T_п = 441 + 169 = 610$ кг

$P_т + T_т = 250 + 93 = 343$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. №3078 тм-т 5, лист 19)

Сечение 2-2	$0,343 \times 10 = 3,43$	
Δ 7.00 м	$0,61 \times 7,0 = 4,27$	
$в = 2,1$ м	$0,61 \times 2 \times 1,0 = 1,22$	
$\cos\gamma = 0,998$	2,17	8,92

$M_{н.у.} = 0,468 \cdot 4,2 = 1,97$

10,89

$2,17 \times 11,0 = 23,8$

$\Sigma M_{II} = 34,69$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{W_{II}} = 16,16$ тм (см. № 3078 тм-т5, лист 19)

Вертикальные нагрузки

$$0,178 \times 1 = 0,178$$
$$0,468 \times 3 = 1,41$$
$$0,098 \times 10 = 0,98$$
$$0,098 \times 11 = 1,08$$
$$G = 3.65 т$$

Усилие в поясе

$$U_2 = \frac{34,69 + 16,16}{2 \cdot 2,1 + 0,998} + \frac{3,65}{4 \cdot 0,498} = 12,2 + 0,92 = 13,12 т$$

Напряжение в поясе U_2

$$\sigma = \frac{U_2}{F\varphi} = \frac{13,12}{6,3} = 2090 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

$F\varphi = 6,3$ (см. черт. № 3078 тм-151)

II р-н гололеда $l_{габ.} = l_{ветр.} = l_{вес.} = 380$ м

Угол поворота ВЛ $\alpha = 4°$

I схема Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда.

Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $c = 0$; $q_п^н = 50$ кг/м²

$q_т^н = 69$ кг/м²

Давление ветра на пролет провода, троса

$P_п = 0{,}93 \cdot 380 \cdot 1{,}2 = 424$ кг

$P_т = 240$ кг (см. №3078 тм-т5, лист 9)

Вес пролета провода, троса

$G_п = 0{,}93 \cdot 380 \cdot 1{,}1 = 390$ кг

$G_т = 0{,}411 \cdot 380 \cdot 1{,}1 = 172$ кг

Вес гирлянды изоляторов

$q_г = 58 \cdot 1{,}1 = 64$ кг

Суммарная вертикальная нагрузка

$G_п + q_г = 390 + 64 = 454$ кг

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 8{,}41 \cdot 274{,}7 \cdot 0{,}0349 \cdot 1{,}3 = 210$ кг

$T_т = 1220 \cdot 2 \cdot 0{,}0349 = 85$ кг (см. №3078тм-т6, лист 8)

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$P_п + T_п = 424 + 210 = 634$ кг

$P_т + T_т = 240 + 85 = 325$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. №3078тм-т5, лист 19)

Сеч. 2-2

Δ 7.00 м

$b = 2,1$ м

$\cos\gamma = 0,998$

$0,325 \times 10 = 3,25$

$0,634 \times 7,0 = 4,45$

$0,634 \times 2 \times 1,0 = 1,27$

$2,23 \qquad 8,97$

$M_{н.у.} = 0,45 \cdot 4,2 = 1,89$

$10,86$

$2,23 \times 11,0 = 24,6$

$\Sigma M_{II} = 35,46$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{WII} = 16,16$ тм (см. № 3078тм-т5, лист 19)

Вертикальные нагрузки

$0,17 \times 1 = 0,17$

$0,454 \times 3 = 1,36$

$0,098 \cdot 10 = 0,98$

$0,098 \cdot 11 = 1,08$

$G = 3,59$ т

Усилие в поясе

$$U_2 = \frac{35,46 + 16,16}{2 \cdot 2,1 \cdot 0,998} + \frac{3,59}{4 \cdot 0,99} = 12,3 + 0,9 = 13,2\text{ т}$$

Напряжение в поясе U_2

$$\sigma = \frac{U_2}{F\varphi} = \frac{13,2}{6,3} = 2100\ \text{кг/см}^2 \approx [2100]$$

$F\varphi = 6,3$ (см. № 3078 тм – 151)

II схема Провода и трос не обморожены и покрыты гололедом.

Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $c = 10$ мм ; $q_n^н = 12{,}5$ кг/м²

$q_т^н = 17$ кг/м²

Давление ветра, на пролёт провода, троса

$P_п = 0{,}62 \cdot 380 \cdot 1{,}4 = 330$ кг

$P_т = 315$ кг (см. №3078 тм-т5, лист 9)

Вес пролета, провода, троса

$G_п = 0{,}93 \cdot 380 \cdot 1{,}1 + 0{,}89 \cdot 380 \cdot 2{,}0 = 390 + 676 = 1066$ кг

$G_т = 0{,}411 \cdot 380 \cdot 1{,}1 + \frac{490 \cdot 380}{460} = 173 + 404 = 577$ кг (см. №3078 тм-т5, лист 9)

Вес гирлянды изоляторов

$q_г = 58 \cdot 1{,}1 = 64$ кг

Суммарная вертикальная нагрузка

$G_п + q_г = 1066 + 64 = 1130$ кг

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 11{,}3 \cdot 274{,}7 \cdot 0{,}0349 \cdot 1{,}3 = 282$ кг

$T_т = 1890 \cdot 2 \cdot 0{,}0349 = 132$ кг

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы.

$P_п + T_п = 330 + 282 = 612$ кг

$P_т + T_т = 315 + 132 = 447$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос $M_и$ (см. №3078тм-т5, лист 19)

Сеч. 2-2

Δ 7.00 м

$b = 2{,}1$ м

$\cos\varphi = 0{,}998$

0,447	× 10	=	4,47
0,612	× 7,0	=	4,29
0,612	× 2 × 1,0	=	1,22
2,28			9,98

$M_{н.у.} = 1{,}13 \cdot 4{,}2 =$ 4,75

14,73

$2{,}28 \cdot 11 =$ 25,1

$\Sigma M_{II} = 39{,}83$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{WII} = 3{,}36$ тм (см. №3078тм-т5, лист 19)

Вертикальные нагрузки

0,58	· 1	=	0,58
1,13	· 3	=	3,39
0,098	· 10	=	0,98
0,098	· 11	=	1,08
		G =	6,03 т

Усилие в поясе

$$U_2 = \frac{39{,}83 + 3{,}36}{2 \cdot 2{,}1 \cdot 0{,}998} + \frac{6{,}03}{4 \cdot 0{,}998} = 10{,}3 + 1{,}51 = 11{,}81 \text{ т}$$

Напряжение в поясе U_2

$$\sigma = \frac{U_2}{F\varphi} = \frac{11{,}81}{6{,}3} = 1880 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

$F\varphi = 6{,}3$ (см. №3078 тм - 151)

Схема не является расчетной

III р-н гололеда Угол поворота ВЛ $\alpha = 3°$

$\ell_{габ.} = \ell_{ветр.} = \ell_{вес.} = 330$ м

I схема Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда

Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $C = 0$; $q_п^н = 50$ кг/м^2;

$q_т^н = 69$ кг/м^2.

Давление ветра на пролет провода, троса

$P_п = 0{,}93 \cdot 330 \cdot 1{,}2 = 368$ кг

$P_т = \frac{205 \cdot 330}{320} = 212$ кг (см. №3078тм-т5, лист 11)

Вес пролета провода, троса

$G_п = 0{,}93 \cdot 330 \cdot 1{,}1 = 338$ кг

$G_т = 0{,}411 \cdot 330 \cdot 1{,}1 = 149$ кг

Вес гирлянды изоляторов

$q_г = 58 \cdot 1{,}1 = 64$ кг

Суммарная вертикальная нагрузка

$G_п + q_г = 338 + 64 = 402$ кг

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 6{,}31 \cdot 274{,}7 \cdot 0{,}0262 \cdot 1{,}3 = 118$ кг

$T_т = 845 \cdot 2 \cdot 0{,}0262 = 44$ кг (см. №3078тм-т6, лист 10)

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$P_п + T_п = 368 + 118 = 486$ кг

$P_т + T_т = 212 + 44 = 256$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. №3078тм-т5, лист 19)

Сечение 2-2

Δ 7.00 м

$в = 2.1$ м

$\cos\gamma = 0{,}998$

$0{,}256 \times 10 = 2{,}56$	
$0{,}486 \times 7{,}0 = 3{,}40$	
$0{,}486 \times 2 \times 1{,}0 = 0{,}97$	
$1{,}71$	$6{,}93$
$M_{н.у.} = 4{,}02 \cdot 4{,}2 = 1{,}69$	
	$8{,}62$
$1.71 \times 11 = 18{,}9$	
$\Sigma M_{II} =$	$27{,}52$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{wII} = 16{,}16$ тм (см. №3078тм-т5, лист 19)

Вертикальные нагрузки

$0{,}15 \times 1$	$= 0{,}15$
$0{,}402 \times 3$	$= 1{,}21$
$0{,}098 \times 10$	$= 0{,}98$
$0{,}098 \times 11$	$= 1{,}08$
G	$= 3{,}42$ т

Усилие в поясе

$$U_2 = \frac{27{,}52 + 16{,}16}{2 \cdot 2.1 \quad 0{,}998} + \frac{3{,}42}{4 \cdot 0{,}998} = 10{,}4 + 0{,}85 = 11{,}25\text{т}$$

Напряжение в поясе U_2

$$\sigma = \frac{U_2}{F\varphi} = \frac{11,25}{6,3} = 1780 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

$F\varphi = 6,3$ (см. № 3078 тм-151)

Схема не является расчетной

II схема Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом

Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $c = 15$ мм; $q_п^н = 14,0$ кг/м^2

$q_т^н = 17$ кг/м^2

Давление ветра на пролет провода, троса

$$P_п = 0,87 \cdot 330 \cdot 1,4 = 401 \text{ кг}$$

$$P_т = \frac{360 \cdot 330}{320} = 371 \text{ кг (см. № 3078тм-т5, лист 11)}$$

Вес пролета провода, троса

$$G_п = 0,93 \cdot 330 \cdot 1,1 + 1,55 \cdot 330 \cdot 2 = 338 + 1022 = 1360 \text{ кг}$$

$$G_т = 0,411 \cdot 330 \cdot 1,1 + \frac{2 \cdot 330}{400} = 149 + 676 = 825 \text{ кг}$$

(см. № 3078 тм-т 5, лист 11)

Вес гирлянды изоляторов

$$q_г = 58 \cdot 1,1 = 64 \text{ кг}$$

Суммарная горизонтальная нагрузка

$G_п + q_г = 1360 + 64 = 1424$ кг

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 11,3 \cdot 274,7 \cdot 0,0262 \cdot 1,4 = 228$ кг

$T_т = 2020 \cdot 2 \cdot 0,0262 = 106$ кг (см. №3078 тм-т6, лист 10)

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$P_п + T_п = 401 + 228 = 629$ кг

$P_т + T_т = 371 + 106 = 477$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос $M_н$ (см. №3078 тм-т5, лист 19)

Сечение 2-2

Δ 7.00 м

в = 2.1 м

cos γ = 0,998

0,477 × 10	=	4,77
0,629 × 7,0	=	4,40
0,629 × 2·1,0	=	1,26
2,36		10,43

$M_{н.у.} = 1,42 \cdot 4,2$ = 5,96

16,38

2,36 × 11,0 = 26,0

$\Sigma M_н$ = 42,38 тм

Вертикальные нагрузки

0,825 · 1	=	0,82
1,42 · 3	=	4,26
0,098 · 10	=	0,98
0,098 · 11	=	1,08
	G =	7,14 т

Усилие в поясе

$$U_2 = \frac{42,38 + 3,36}{2 \cdot 2,1 \cdot 0,998} + \frac{7,14}{4 \cdot 0,998} = 10,9 + 1,79 = 12,69\,т$$

Напряжение в поясе U_2

$$\sigma = \frac{U_2}{F_Ф} = \frac{12,69}{6,3} = 2010\ кг/см^2 < [2100]$$

$F_Ф = 6,3$ (см. №3078 тм-151)

IV Р-н гололёда

Угол поворота ВЛ $\alpha = 2°$

II схема

Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $c = 20мм$; $q_п^н = 14,0\ кг/м^2$

$q_т^н = 17\ кг/м^2$

$l_{гол.} = l_{ветр.} = l_{вес.} = 290\,м$

Давление ветра на пролет провода, троса

$$P_п = 1,03 \cdot 290 \cdot 1,4 = 418\ кг$$

$$P_т = \frac{450 \cdot 290}{360} = 408\ кг$$ (см. №3078 тм-т5, лист 11)

Вес пролета провода, троса

$$G_п = 0,93 \cdot 290 \cdot 1,1 + 2,35 \cdot 290 \cdot 2,0 = 1657\ кг$$

$$G_т = \frac{160 \cdot 290}{350} + \frac{1170 \cdot 290}{350} = 128 + 968 = 1096\ кг$$

(см. № 3078 тм-т5, лист 11)

Вес гирлянды изоляторов

$q_г = 58 \cdot 1,1 = 64$ кг

Суммарная вертикальная нагрузка

$1657 + 64 = 1721$ кг

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 11,3 \cdot 274,7 \cdot 0,0175 \cdot 1,4 = 152$ кг

$T_т = 2020 \cdot 2 \cdot 0,0175 = 71$ кг (см. №3078тм-т6, лист10)

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$P_п + T_п = 418 + 152 = 570$ кг

$P_т + T_т = 408 + 71 = 479$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос $M_н$ (см. №3078тм-т5, лист19)

Сечение 2-2

Δ 7,00 м

в = 2,1 м

cosγ = 0,998

0,479 × 10	= 4,79
0,57 × 7,0	= 3,98
0,57 ×2×1,0	= 1,14
2,19	9,91

$M_{н.у.} = 1,66 \cdot 4,2 = 6,96$

16,87

$2,19 \cdot 11,0 = 24,1$

$\Sigma M_н = 40,97$ тм

Вертикальные нагрузки

1,1 · 1	= 1,10
1,72 · 3	= 5,16
0,098 · 10	= 0,98
0,098 · 11	= 1,08
G	= 8,32 т

Усилие в поясе

$$U_2 = \frac{40,97 + 3,36}{2 \cdot 2,1 \cdot 0,998} + \frac{8,32}{4 \cdot 0,998} = 10,6 + 2,06 = 12,66\ т$$

Напряжение в поясе U_2

$$\sigma = \frac{U_2}{F_\Phi} = \frac{12,66}{6,3} = 2010\ кг/см^2 < [2100]$$

$F_\Phi = 6,3$ (см. №3078тм-151)

Применение опоры П 150-2 в качестве промежуточно - угловой ВЛ 110кв

Расчет предельных углов поворота ВЛ, определяемых условиями прочности опоры.

Расчет прочности опоры производится для пояса нижней секции U_1, имеющего наибольшие напряжения (см. N 3078тм-152).

Провод АСО-240

I р-н гололеда.

Угол поворота ВЛ $\alpha = 3°$

$e_{вес} = e_{ветр.} = 260$м $e_{габ} = 395$м

I схема Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда

Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $c = 0$; $q_n^н = 53\ кг/м^2$; $q_т^н = 77\ кг/м^2$

Давление ветра на пролет провода, троса.

$$P_n = 0.985 \cdot 260 \cdot 1,2 = 307\ кг$$

$$P_т = \frac{225 \cdot 260}{320} = 183\ кг$$ (см. N3078 тм-Т5, лист 13)

Вес пролета провода, троса

$$G_n = 0.93 \cdot 260 \cdot 1,1 = 266\ кг$$
$$G_т = 0.411 \cdot 260 \cdot 1,1 = 117\ кг$$

Вес гирлянды изоляторов

$$q_г = 58 \cdot 1,1 = 64\ кг$$

Суммарная вертикальная нагрузка

$$G_n + q_г = 266 + 64 = 330\ кг$$

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 9,04 \cdot 274,7 \cdot 0,0262 \cdot 1,3 = 169$ кг

$T_т = 1850 \cdot 2 \cdot 0,0262 = 97$ кг (см. N 3078 тм-т6, лист 25)

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$P_п + T_п = 307 + 169 = 476$ кг

$P_т + T_т = 183 + 97 = 280$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. N 3078 тм-т5, лист 20)

Сечение 1-1

∇ 1,0 м
$B = 2,7$ м
$\cos\varphi = 0,998$

$0,280 \cdot 34,0$	$= 9,5$
$0,476 \cdot 2 \cdot 30,0$	$= 28,6$
$0,476 \cdot 2 \cdot 24,0$	$= 22,8$
$0,476 \cdot 2 \cdot 18,0$	$= 17,1$
ΣM_{II}	$= 78,0$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкции опоры

$M_{WII} = 47,53$ тм (см. N 3078 тм-т5, лист 20)

Вертикальные нагрузки

$0,117 \cdot 1$	$= 0,117$
$0,33 \cdot 6$	$= 1,973$
	$3,90$
G	$= 5,99$ т

Усилие в поясе

$$U_1 = \frac{78,0 + 47,53}{2 \cdot 2,7 \cdot 0,998} + \frac{5,99}{4 \cdot 0,998} = 23,1 + 1,4 = 24,5 \text{ т.}$$

Напряжение в поясе U_1

$$\sigma = \frac{U_1}{F\varphi} = \frac{24,5}{14,2} = 1730 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

$F\varphi = 14,2$ (см. N 3078 тм – 152)

6 болтов ϕ 20 имеют несущую способность $6 \times 4,08 = 24,48$ т.

II р-н гололеда

Угол поворота ВЛ $\alpha = 3°$

$c_{вес} = c_{ветр} = 260$ м $\quad c_{габ} = 380$ м

I схема. Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда.

Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $C = 0$ $\quad q_n^н = 53$ кг/м^2; $\quad q_т^н = 77$ кг/м^2

Давление ветра на пролет провода, троса

$$P_n = 0,985 \cdot 260 \cdot 1,2 = 308 \text{ кг}$$

$$P_т = \frac{226 \cdot 260}{320} = 183 \text{ кг (см. N 3078 тм-т5, лист 13).}$$

Вес пролета провода, троса

$$G_n = 0,93 \cdot 260 \cdot 1,1 = 267 \text{ кг}$$

$$G_т = 0,411 \cdot 260 \cdot 1,1 = 118 \text{ кг}$$

Вес гирлянды изоляторов

$$q_г = 58 \cdot 1,1 = 64 \text{ кг}$$

Суммарная вертикальная нагрузка

$$G_n + q_г = 267 + 64 = 331 \text{ кг}$$

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$$T_n = 2 \cdot 8,4 \cdot 274,7 \cdot 0,0262 \cdot 1,3 = 159 \text{ кг}$$

$$T_т = 2 \cdot 1040 \cdot 0,0262 = 55 \text{ кг}$$

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы.

$$P_n + T_n = 308 + 159 = 467 \text{ кг}$$

$$P_т + T_n = 183 + 55 = 238 \text{ кг}$$

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос

M_{II} (см. N 3078 тм-т5, лист 20)

Сечение 1-1

∇ 1,0 м
b = 2,7 м
$\cos\varphi$ = 0,998

$0{,}238 \cdot 34{,}0 = 8{,}1$
$0{,}467 \cdot 2 \cdot 30{,}0 = 28{,}0$
$0{,}467 \cdot 2 \cdot 24{,}0 = 22{,}4$
$0{,}467 \cdot 2 \cdot 18{,}0 = 16{,}8$

$\Sigma M_{II} = 75{,}3$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{W_{II}} = 47{,}53$ тм (см. N 3078 тм-т5, лист 20)

Вертикальные нагрузки

$0{,}118 \cdot 1 = 0{,}118$
$0{,}267 \cdot 6 = 1{,}6$
$3{,}90$

$G = 5{,}618$

Усилие в поясе

$$U_1 = \frac{75{,}3 + 47{,}53}{2 \cdot 2{,}7 \cdot 0{,}998} + \frac{5{,}618}{4 \cdot 0{,}998} = 22{,}7 + 1{,}4 = 24{,}1\ т.$$

Напряжение в поясе U_1

$$\sigma = \frac{U_1}{F\varphi} = \frac{24{,}1}{14{,}2} = 1700\ кг/см^2 < [2100]$$

$F\varphi$ = 14,2 (см. N 3078тм-152)

6 болтов ϕ 20 имеют несущую способность

$6 \times 4{,}08 = 24{,}48 > 24{,}1$ т.

II р-н гололеда

Угол поворота ВЛ $\alpha = 3°$

$\ell_{габ.} = \ell_{вес.} = \ell_{ветр.} = 260$ м

II схема. Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом: ветер направлен вдоль оси траверс $t = -5°C$; $c = 10$ мм; $q_{п}^{н} = 13.0$ кг/м^2; $q_{т}^{н} = 19.0$ кг/м^2

Давление ветра на пролет провода, троса

$$P_п = 0.66 \cdot 260 \cdot 1.4 = 240 \text{ кг}$$

$$P_т = \frac{290 \cdot 260}{320} = 240 \text{ кг}$$

Вес пролета провода, троса

$$G_п = 0.93 \cdot 260 \cdot 1.1 + 0.89 \cdot 260 \cdot 2.0 = 267 + 463 = 730 \text{ кг}$$

$$G_т = 0.411 \cdot 260 \cdot 1.1 + \frac{490 \cdot 260}{460} = 118 + 277 = 395 \text{ кг}$$

(см. N 3078 - т5, лист 13)

Вес гирлянды изоляторов

$$q_г = 58 \cdot 1.1 = 64 \text{ кг}$$

Суммарная вертикальная нагрузка

$$G_п + q_г = 730 + 64 = 794 \text{ кг}$$

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$$T_п = 2 \cdot 11.3 \cdot 274.7 \cdot 0.0262 \cdot 1.3 = 211 \text{ кг}$$

$$T_т = \frac{1580 \cdot 0.0262}{0.423} = 98 \text{ кг (см. N 3078тм-т6, лист 25)}$$

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$$P_п + T_п = 240 + 211 = 451 \text{ кг}$$

$$P_т + T_т = 240 + 98 = 338 \text{ кг}$$

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. N 3078 тм-т 5 лист 20)

Сечение 1-1

∇ 1,0 м
b = 2,7 м
$\cos\gamma$ = 0,998

$0{,}338 \cdot 34{,}0 = 11{,}5$
$0{,}451 \cdot 2 \cdot 30{,}0 = 27{,}0$
$0{,}451 \cdot 2 \cdot 24{,}0 = 21{,}6$
$0{,}451 \cdot 2 \cdot 18{,}0 = 16{,}3$

$\Sigma M_{II} = 76{,}4$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{wII} = 9{,}92$ тм (см. N 3078 тм-т 5, лист 20)

Вертикальные нагрузки

$0{,}395 \cdot 1 = 0{,}395$
$0{,}794 \cdot 6 = 4{,}76$
3.9

$G = 9{,}055$ т

Усилие в поясе

$$U_1 = \frac{76{,}4 + 9{,}92}{2 \cdot 2{,}7 \cdot 0{,}998} + \frac{9{,}055}{4 \cdot 0{,}998} = 16{,}0 + 2{,}3 = 18{,}3\ т$$

Схема не является расчетной

III р-н гололеда

Угол поворота $\alpha = 5°$

$\ell_{вес} = \ell_{ветр} = 220$ м, $\ell_{габ} = 330$ м

I схема Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда

Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $C = 0$; $q_n^н = 53$ кг/м²; $q_т^н = 77$ кг/м²

Давление ветра на пролет провода, троса

$P_п = 0,985 \cdot 220 \cdot 1,2 = 260$ кг

$P_т = \frac{225 \cdot 220}{320} = 155$ кг (см. N 3078 тм-т5, лист 15)

Вес пролета провода, троса

$G_п = 0,93 \cdot 220 \cdot 1,1 = 226$ кг

$G_т = 0,411 \cdot 220 \cdot 1,1 = 100$ кг

Вес гирлянды изоляторов

$q_г = 58 \cdot 1,1 = 64$ кг

Суммарная вертикальная нагрузка

$G_п + q_г = 226 + 64 = 290$ кг

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$T_п = 2 \cdot 6,3 \cdot 274,7 \cdot 0,0436 \cdot 1,3 = 200$ кг

$T_т = \frac{1760 \cdot 0,0436}{0,72} = 107$ кг

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$P_п + T_п = 260 + 200 = 460$ кг

$P_т + T_т = 155 + 107 = 262$ кг

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. N 3078 тм-т5, лист 20)

Сечение 1-1

∇ 1.0 м
b = 2,7 м
$\cos\gamma$ = 0,998

0,262 · 34,0	= 8,9
0,46 · 2·30,0	= 27,6
0,46 · 2·24,0	= 22,1
0,46 · 2·18,0	= 16,6
ΣM_{II}	= 75,2 тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

M_{WII} = 47,53 тм (см. N 3078 тм-т5, лист 20)

Вертикальные нагрузки

0,1 · 1	= 0,1
0,28 · 6	= 1,74
	3,90
G	= 5,74 т

Усилие в поясе

$$U_1 = \frac{75{,}2 + 47{,}53}{2 \cdot 2{,}7 \cdot 0{,}998} + \frac{5{,}74}{4 \cdot 0{,}998} = 22{,}7 + 1{,}45 = 24{,}15\ т$$

Напряжение в поясе U_1

$$\sigma = \frac{U_1}{F\varphi} = \frac{24{,}15}{14{,}2} = 1700\ кг/см^2 < [2100]$$

$F\varphi$ = 14,2 (см. N 3078 тм-152)

Схема не является расчетной.

6 болтов ϕ 20 имеют несущую способность

6 × 4,08 = 24,48 т. > 24,15 т.

II Схема. Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.

$t=-5°C$; $c=15$ мм; $q_n^н = 14$ кг/м^2; $q_т^н = 19{,}0$ кг/м^2

Давление ветра на пролет провода, троса

$$P_п = 0{,}87 \cdot 220 \cdot 1{,}4 = 268 \text{ кг}$$

$$P_т = \frac{400 \cdot 220}{330} = 267 \text{ кг} \quad (\text{см. N 3078тм-т 5, лист 15})$$

Вес пролета провода, троса

$$Gп = 0{,}93 \cdot 220 \cdot 1{,}1 + 1{,}55 \cdot 220 \cdot 2 = 225 + 682 = 907 \text{ кг}$$

$$Gт = 0{,}411 \cdot 220 \cdot 1{,}1 + \frac{820 \cdot 220}{400} = 100 + 450 = 550 \text{ кг}$$

(см N 3078тм-т5, лист 15)

Вес гирлянды изоляторов

$$q_г = 58 \cdot 1{,}1 = 64 \text{ кг.}$$

Суммарная вертикальная нагрузка

$$Gп + q_г = 907 + 64 = 971 \text{ кг.}$$

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$$Tп = 2 \cdot 11.3 \cdot 274{,}7 \cdot 0{,}0436 \cdot 1{,}4 = 382 \text{ кг}$$

$$Tт = \frac{1580 \cdot 0.0436}{0.391} = 176 \text{ кг (см N 3078тм-т6, лист 27)}$$

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы

$$Pп + Tп = 268 + 382 = 650 \text{ кг}$$

$$Pт + Tт = 267 + 176 = 443 \text{ кг}$$

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. N 3078 тм-т5, лист 20)

Сечение 1-1

∇ 1,0 м

$b = 2{,}7$ м

$\cos\gamma = 0{,}998$

$0{,}443 \cdot 34{,}0 = 15{,}4$

$0{,}65 \cdot 230{,}0 = 39{,}0$

$0{,}65 \cdot 2 \cdot 24{,}0 = 31{,}2$

$0{,}65 \cdot 2 \cdot 18{,}0 = 23{,}3$

$\Sigma M_{II} = 108{,}9$ тм

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{W\,II} = 9{,}92$ тм (см. N 3078 тм-т 5, лист 20)

Вертикальные нагрузки

$0{,}55 \cdot 1 = 0{,}55$

$0{,}91 \cdot 6 = 5{,}45$

$3{,}9$

$G = 9{,}9$ т

Усилие в поясе

$$U_1 = \frac{108{,}9 + 9{,}92}{2 \cdot 2{,}7 \cdot 0{,}998} + \frac{9{,}9}{4 \cdot 0{,}998} = 22{,}0 + 2{,}5 = 24{,}5\ \text{т}.$$

Напряжение в поясе U_1

$$\sigma = \frac{U_1}{F\varphi} = \frac{24{,}5}{14{,}2} = 1730\ \text{кг/см} < [2400]$$

$F\varphi = 14{,}2$ (см. N 3078 тм - 152)

6 болтов ϕ20 имеют несущую способность $24{,}48 \approx 24{,}5$ т.

IV р-н гололеда

Угол поворота $\alpha = 4°$ $\ell_{габ} = 290$ м.

$\ell_{вес.} = \ell_{ветр} = 220$ м

II схема. Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом Ветер направлен вдоль оси траверс

$t = -5°C$; $C = 20$ мм; $q^{н}_{п} = 14{,}0$ кг/м^2; $q^{н}_{т} = 19{,}0$ кг/м^2.

Давление ветра на пролет провода, троса

$$P_п = 1{,}03 \cdot 220 \cdot 1{,}4 = 317 \text{ кг}$$

$$P_т = \frac{495 \cdot 220}{350} = 310 \text{ кг (см. N 3078 тм-Т5, лист 15)}$$

Вес пролета провода, троса

$$G_п = 0{,}93 \cdot 220 \cdot 1{,}1 + 2{,}35 \cdot 220 \cdot 2{,}0 = 1260 \text{ кг}$$

$$G_т = \frac{160 \cdot 220}{350} + \frac{1170 \cdot 220}{350} = 102 + 735 = 837 \text{ кг}$$

(см. N 3078 тм – Т5, лист 15)

Вес гирлянды изоляторов

$$q_г = 58 \cdot 1{,}1 = 64 \text{ кг}$$

Суммарная вертикальная нагрузка

$$G_п + q_г = 1260 + 64 = 1324 \text{ кг}$$

Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса

$$T_п = 2 \cdot 11{,}3 \cdot 27{,}4 \cdot 0{,}0349 \cdot 1{,}4 = 304 \text{ кг}$$

$$T_т = \frac{1700 \cdot 0{,}0349}{0{,}423} = 140 \text{ кг (см. N 3078 тм – т6, лист 27).}$$

Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы.

$$P_п + T_п = 317 + 304 = 621 \text{ кг.}$$

$$P_т + T_т = 310 + 140 = 450 \text{ кг}$$

Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M_{II} (см. N 3078тм-т5, лист 20)

Сечение 1-1

∇ 1.0м

$b = 2{,}7$м

$\cos\gamma = 0{,}998$

$0{,}45 \cdot 34{,}0 = 15{,}3$

$0{,}621 \cdot 2 \cdot 30{,}0 = 37{,}2$

$0{,}621 \cdot 2 \cdot 24{,}0 = 29{,}8$

$0{,}621 \cdot 2 \cdot 18{,}0 = 22{,}3$

$\Sigma M_{II} = 104{,}6$тм.

Изгибающий момент от ветра на конструкцию опоры

$M_{W_{II}} = 9{,}92$тм (см. N 3078тм-т5, лист 20)

Вертикальные нагрузки

$0{,}837 \cdot 1 = 0{,}837$

$1{,}324 \cdot 6 = 7{,}95$

3.9

$G = 12{,}69$ т

Усилие в поясе

$$U_1 = \frac{104{,}6 + 9.92}{2 \cdot 2{,}7 \cdot 0.998} + \frac{12{,}69}{4 \cdot 0{,}998} = 21{,}2 + 3{,}2 = 24{,}5\text{т}$$

Напряжение в поясе U_1

$$\delta = \frac{U_1}{F\varphi} = \frac{24{,}5}{14{,}2} = 1730\ \text{кг/см}^2 < [2100]$$

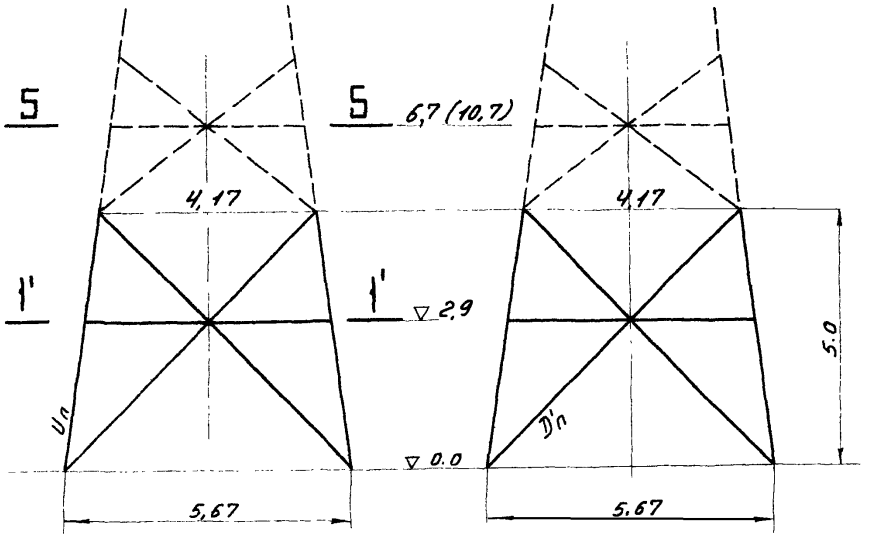
$F\varphi = 14{,}2$ (см. N 3078тм-152)

6 болтов ϕ20 имеют несущую способность

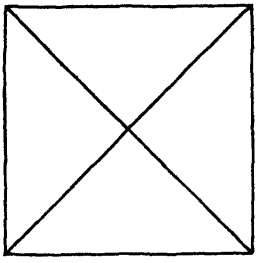
$6 \times 4{,}08 = 24{,}48 \cong 24{,}5$т

Расчет подставок для анкерно-угловых и промежуточных опор.

Расчет подставки под опору У35-1



Разрез 1'-1'

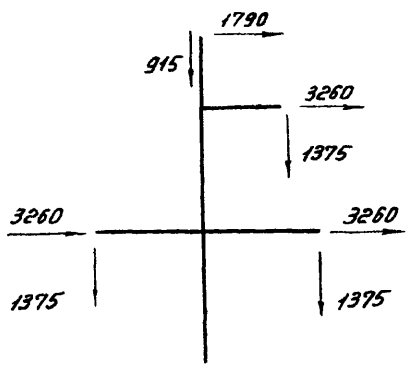


(10,7) - отметка, указанная в расчёте опоры

Расчет пояса подставки

Усилия в поясах нижней секции опоры У35-1 определены по схеме II IV р-н гололёда, $\alpha = 60°$ (без разности тяжений)

(см. расчёт № 3078 тм-т 3 лист 13/31)



Изгибающие моменты и перерезывающие силы на ▽ 6,7 м (10,7)

От нагрузок на провода и трос		От ветра на конструкцию опоры		Вертикальная нагрузка
Q_{II}	M_{II}	$Q_{w\,II}$	$M_{w\,II}$	G
На ▽ 6,7				
11,57 т	124,56 тм	0,381 т	2,55 тм	8,435 т
На ▽ 2,9				
$11,57 \cdot 3,8 =$	$124,56 + 44,00 = 168,56$	$0,381 \cdot 3,8 =$	$2,55 + 1,45 = 4,00$	$8,435 + 0,21 \cdot 3,8 = 0,8 = 9,235$

Усилие в поясе подставки

$$U_п = \frac{168,56 + 4,0}{2 \cdot 4,8 \cdot 0,989} + \frac{9,235}{4 \cdot 0,989} = 18,25 + 2,33 = 20,58 \text{ т}$$

$\ell = 290$ см $\angle 140 \times 9$ $\lambda = \frac{290}{2,79} = 104$;

$\varphi = 0,568$

$$\sigma = \frac{20,58}{24,7 \cdot 0,568 \cdot 0,9} = 1630 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

Расчет раскосов подставки

Грань $\perp$ осям траверс

Усилия в раскосах опоры определены по схеме III, IV р-н гололеда, $\alpha = 0°$ (см. расчет 3078 тм-т3 лист 16/31).

изгибающий момент $M_\perp$	перерезывающая сила $Q_\perp$	крутящий момент $M_{кр}$
на ▽ 6,7		
49,86 тм	5,1 т	16,0 т
на ▽ 2,9		
$5,1 \cdot 3,8 = \frac{49,86}{19,40}$		
69,26 тм	5,1 т	16,0 т

$$D'_п = \frac{\frac{5,1}{2} - \frac{69,26}{4,8} \cdot 0,15}{2 \cdot 0,713} + \frac{16,0}{4 \cdot 4,8 \cdot 0,713} = 0,27 + 1,17 = 1,44 \text{ т}$$

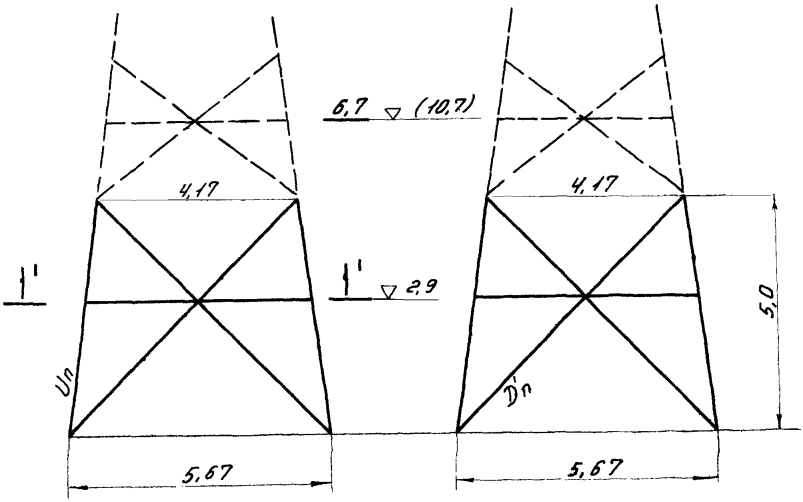
$\ell = 410 \cdot см$ $\quad \angle\ 110 \times 8$ $\quad \lambda = \frac{410}{2,18} = 188;$

$M_p = 0,774;$ $\quad \lambda = 188 \cdot 0,774 = 146 < [150]$

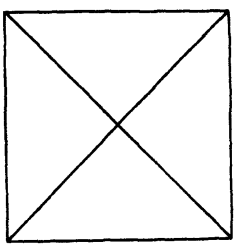
$\varphi = 0,336;$

$$\sigma = \frac{1440}{17,2 \cdot 0,336 \cdot 0,75} = 330 \ кг/см^2$$

Расчёт подставки под опору У35-2

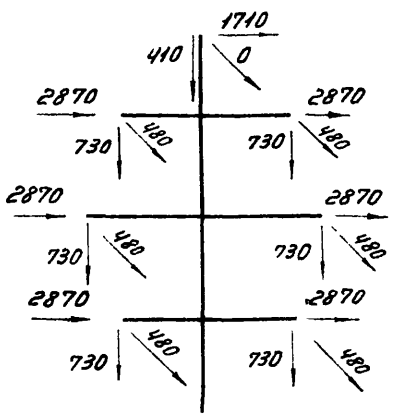


Разрез 1'-1'



Расчет пояса подставки

Усилия в поясах нижней секции опоры У35-2 определены по схеме II III р-н гололеда, $\alpha = 60°$ (с разностью тяжений) (см. расчет № 3078 тм-т3 лист 29/31).



Изгибающие моменты и перерезывающие силы.

От нагрузок на провода и трос				От ветра на конструкцию опоры		Вертикальная нагрузка
$Q_{\parallel}$	$Q_{\perp}$	$M_{\parallel}$	$M_{\perp}$	$Q_{w\parallel}$	$M_{w\parallel}$	G
на ▽ 6,7						
18,93 т	2,88 т	236,9 тм	34,02 тм	0,534 т	4,66 тм	10,11 т
на ▽ 2,9						
		236,9			4,66	10,11
		34,02		0,534 · 3,8 =	2,03	0,27 · 3,8 = 1,03
(18,93+2,88) · 3,8 =		83,00				
		353,92 тм			6,69 тм	11,14 т

Усилие в поясе подставки

$$U_п = \frac{353,92 + 6,69}{2 \cdot 4,8 \cdot 0,989} + \frac{11,14}{4 \cdot 0,989} = 38,2 + 2,82 = 41,2\ т$$

$\ell = 285$ см $\angle 160 \times 10$ $\lambda = \frac{285}{3,19} = 89$; $\varphi = 0,696$

$$\sigma = \frac{41,2}{31,4 \cdot 0,9 \cdot 0,696} = 2100\ кг/см^2$$

Расчет раскосов подставки

Грань ⊥ осям траверс

Усилия в раскосах опоры нижней секции определены по схеме III к, IV р-н гололеда, $\alpha = 0°$ (см. расчет № 3078 тм-т3 лист 31/31)

изгибающий момент $M_\perp$	перерезывающая сила $Q_\perp$	крутящий момент $M_{кр}$
на ▽ 6,7		
155 тм	11,6 т	16,2 тм
на ▽ 2,9		
$11,6 \cdot 3,8 = \frac{155,0}{44,0}$	11,6 т	16,2 тм
199,0 тм		

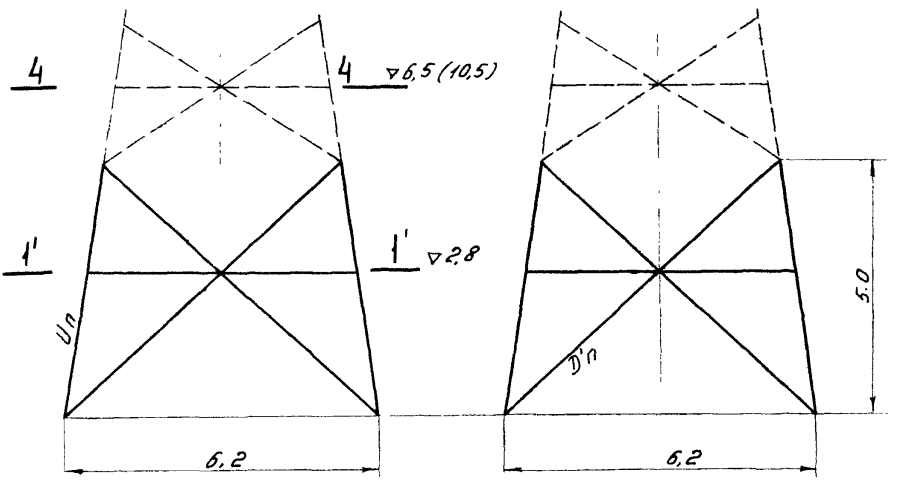
$$D'_п = \frac{\frac{11,6}{2} - \frac{199,0}{4,8} \cdot 0,15}{2 \cdot 0,713} \pm \frac{16,2}{4 \cdot 4,8 \cdot 0,713} = 1,47\ т$$

$\angle 110 \times 8$ $\ell = 410$ см $\lambda = \frac{410}{2,18} = 188$;

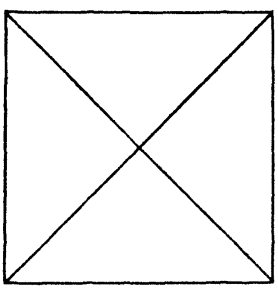
$M_p = 0,776$; $\lambda = 188 \cdot 0,776 = 146 < [150]$

$\varphi = 0,336$; $\sigma = \frac{1470}{17,2 \cdot 0,336 \cdot 0,75} = 340\ кг/см^2$

Расчет подставки
под опору У110-1

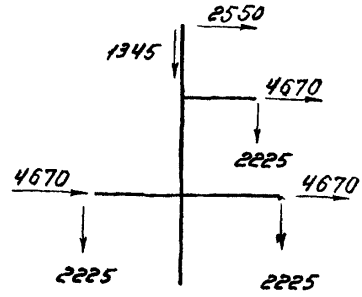


Разрез 1'-1'



Расчет пояса подставки

Усилия в поясах нижней секции опоры У110-1 определены по схеме II, IV р-н гололеда, $\alpha = 55°$ (без разности тяжений) (см. расчёт № 3078 тм-т6 лист 13/35)



Изгибающие моменты и перерезывающие силы

От нагрузок на провода и трос		От ветра на конструкцию опоры		Вертикальная нагрузка
Q_{II}	M_{II}	Q_{wII}	M_{wII}	G
на ▽ 6,5				
15,58 т	191,6 тм	0,6 т	5,52 тм	13,3
на ▽ 2,8				
	191,6		5,52	13,3
$15,58 \cdot 3,7 =$	57,6	$0,6 \cdot 3,7 =$	2,22	$0,27 \cdot 3,7 = 1,0$
	249,2 тм		7,74	14,3

Усилие в поясе подставки

$$U_п = \frac{249,2 + 7,74}{2 \cdot 5,4 \cdot 0,989} + \frac{14,3}{4 \cdot 0,989} = 24,0 + 3,6 = 27,6\ т$$

$l = 280$ см. $\angle$ 140 × 9 $\quad \lambda = \frac{280}{2,79} = 100; \quad \varphi = 0,6;$

$$\sigma = \frac{27,6}{24,7 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 2080\ кг/см^2$$

Расчёт раскосов подставки

Грань ⊥ осям траверс

Усилия в раскосах опоры определены по схеме II к, IV р-н гололеда, $\alpha = 0°$

(см. расчёт № 3078 тм-тб лист 15/35)

изгибающий момент $M_\perp$	перерезывающая сила $Q_\perp$	крутящий момент $M_{кр}$
на ▽ 6,5		
164,34 тм	15,07 т	21,7 тм
на ▽ 2,8		
164,34		
$15,07 \cdot 3,7 = 55,60$	15,07	21,7
219,94 тм		

$$D'_n = \frac{\frac{15,07}{2} - \frac{219,94}{5,3} \cdot 0,15}{2 \cdot 0,737} + \frac{21,7}{4 \cdot 5,3 \cdot 0,737} =$$

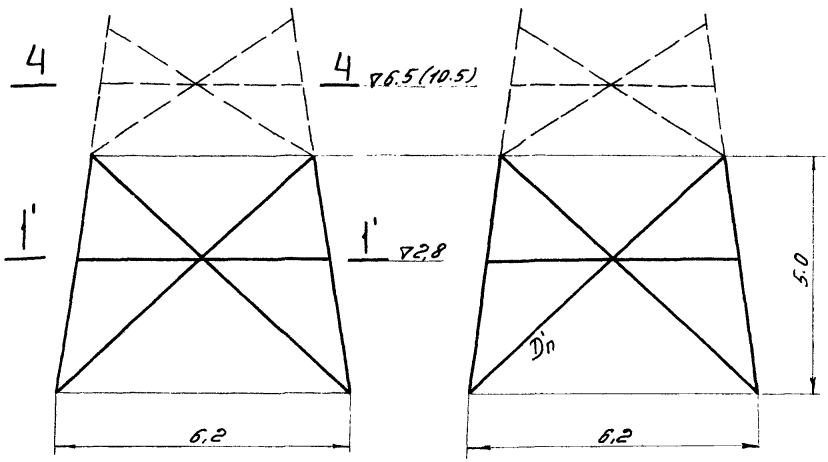
$= 0,87 + 1,4 = 2,28$ т

$\ell = 420$ см $\angle 110 \times 8$ $\lambda = \frac{420}{2,18} = 193$

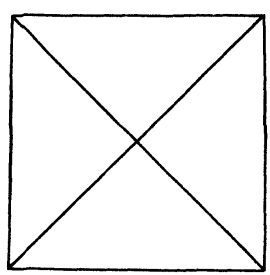
$\mu_n = 0,774$; $\lambda_p = 193 \cdot 0,774 = 149$ $\varphi = 0,324$

$$\sigma = \frac{2280}{17,2 \cdot 0,324 \cdot 0,75} = 545 \text{ кг/см}^2 < 2400$$

Расчёт подставки под опору У110-2



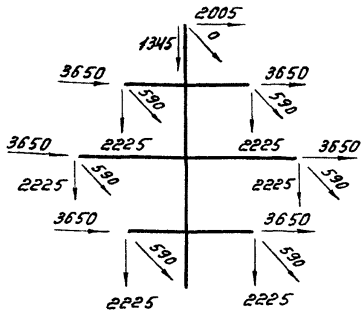
Разрез 1'-1'



Расчёт пояса подставки

Усилия в поясах нижней секции опоры У110-2 определены по схеме II, IV р-н гололёда $\alpha = 50°$ (с разностью тяжений)

(см. расчёт № 3078 тм-т 6 лист 30/85)



Изгибающие моменты и перерезывающие силы от нагрузок на провода и трос				от ветра на конструкцию опоры		вертикальная нагрузка
$Q_{\parallel}$	$Q_{\perp}$	$M_{\parallel}$	$M_{\perp}$	$Q_{W\parallel}$	$M_{W\parallel}$	G
на ▽ 6,5						
23,9 т	3,54 т	330,5 тм	46,1 тм	0,735 т	8,46 тм	22,09 т
на ▽ 2,8						
		330,5			8,46	22,09
		46,1				
		$(23,9+3,54)\cdot 3,7 = 103,0$		$0,735\cdot 3,7 = 2,72$		$0,317\cdot 3,7 = 1,17$
		479,6 тм			11,18 тм	23,26 т

Усилие в поясе подставки

$$U_n = \frac{479,6 \cdot 11,18}{2\cdot 5,3\cdot 0,989} + \frac{23,26}{4\cdot 0,989} = 47,0 + 5,9 = 52,9\ т$$

$l = 280$ см $\quad \angle 180\times 11$; $\quad \lambda = \frac{280}{3,59} = 78$; $\quad \varphi = 0,762$

$$\sigma = \frac{52,9}{38,8\cdot 0,9\cdot 0,762} = 1980\ кг/см^2 < 2100$$

Расчет раскосов подставки

Грань ⊥ осям траверс

Усилия в раскосах опоры нижней секции определены по схеме III, IV р-н гололеда, $\alpha = 0°$ (см. расчет №3078 тм-тб лист 33/35)

изгибающий момент $M_\perp$	перерезывающая сила $Q_\perp$	крутящий момент $M_{кр}$
на ▽ 6,5 82,84 тм	6,42 т	18,9 тм
на ▽ 2,8 82,84 $6,42 \cdot 3,7 = 23,80$ 106,64 тм	6,42 т	18,9 тм

$$D'_n = \frac{\frac{6,42}{2} - \frac{106,64}{5,3} \cdot 0,15}{2 \cdot 0,737} + \frac{18,9}{4 \cdot 5,3 \cdot 0,737} =$$

$= 0,1 + 1,2 = 1,3$ т

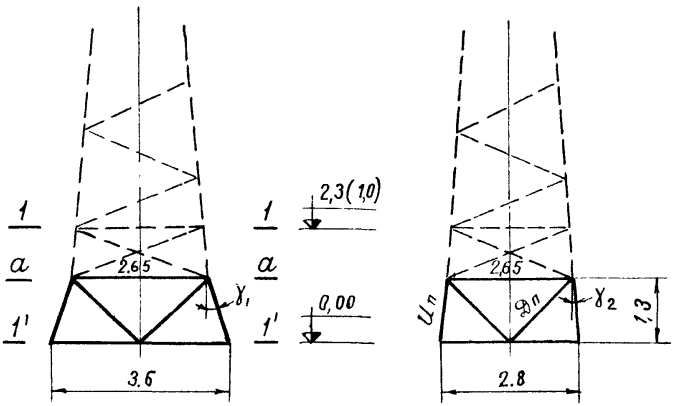
$\ell = 420$ см $\angle 110 \times 8$ $\lambda = \frac{420}{2,18} = 193$;

$\mu_P = 0,774$; $\lambda = 193 \cdot 0,774 = 149 < [150]$

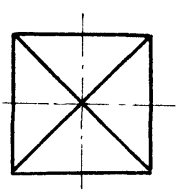
$\varphi = 0,324$

$$\sigma = \frac{1300}{17,2 \cdot 0,324 \cdot 0,75} = 320 \text{ кг/см}^2 < 2100$$

Расчет подставки Р5 под опору ПС 110-10



Разрез по а-а



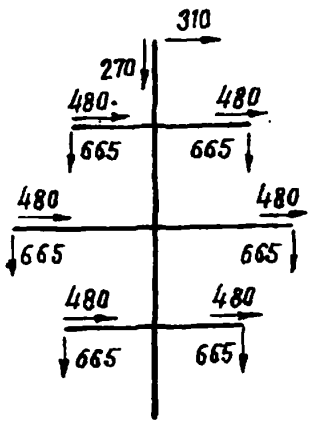
$\cos\gamma_1 = 0{,}945$

$\cos\gamma_2 = 0{,}998$

▼ 1,0 – отметка, указанная в расчете опоры (см. № 3079тм-т3 л. 30/84)

Расчет пояса подставки.

Усилия в поясах нижней секции опоры ПС110-10 определены по сх. $\underline{I}^{a}$, $\underline{III}$ р-н гололеда (см. расчет № 3079тм-т.3 л. 38/84).



Изгибающие моменты и перерезывающие силы

От нагрузок на провода и трос		От ветра на конструкц. опоры				Вертикальная нагрузка
Q_{II}	M_{II}	QW_{II}	MW_{II}	$QW_{\perp}$	$MW_{\perp}$	G
На ↓ 2,3 (1,0м)						
8,62	79,53	3,77	66,42	3,95	70,83	8,62
на ↓ 0.00						
	79,53		66,42		70,83	8,62
8,62 × 2,3	19,87	3,77 × 2,3 =	8,68	3,951 × 2,3 =	9,07	0,128 × 2,3 = 0,28
	$M_{I} = 99,4$		$MW_{I} = 75,10$		$MW_{\perp} = 79,9$	$G = 8,9$

Усилие в поясе подставки

$$U_{п} = \frac{99,4 + 75,1}{2 \times 3,6 \times 0,945} + \frac{79,9}{2 \times 2,8 \times 0,998} + \frac{8,9}{4 \times 0,998} =$$

$$= 25,6 + 14,3 + 2,2 = 42,1 \text{ т.}$$

Напряжение в поясе подставки

$L\ 140 \times 9 \quad \ell = 130\ см \quad r_y = 2{,}79\ см. \quad F = 24{,}7\ см^2$

$\lambda = \frac{130}{2{,}79} = 47 \times 1{,}13 = 53 \qquad \varphi = 0{,}881$

$$\sigma = \frac{42100}{24{,}7 \times 0{,}881} = \frac{42100}{21{,}8} = 1930\ кг/см^2 < [2100]$$

Расчет раскосов подставки.

Грань ⊥ оси траверс

$S_n = 1290\ кг.$

$M_{кр} = 1{,}29 \times 4{,}2 = 5{,}42\ тм.$

$b_o = 1{,}0\ м \qquad b = 2{,}8\ м. \qquad \cos\beta = 0{,}707$

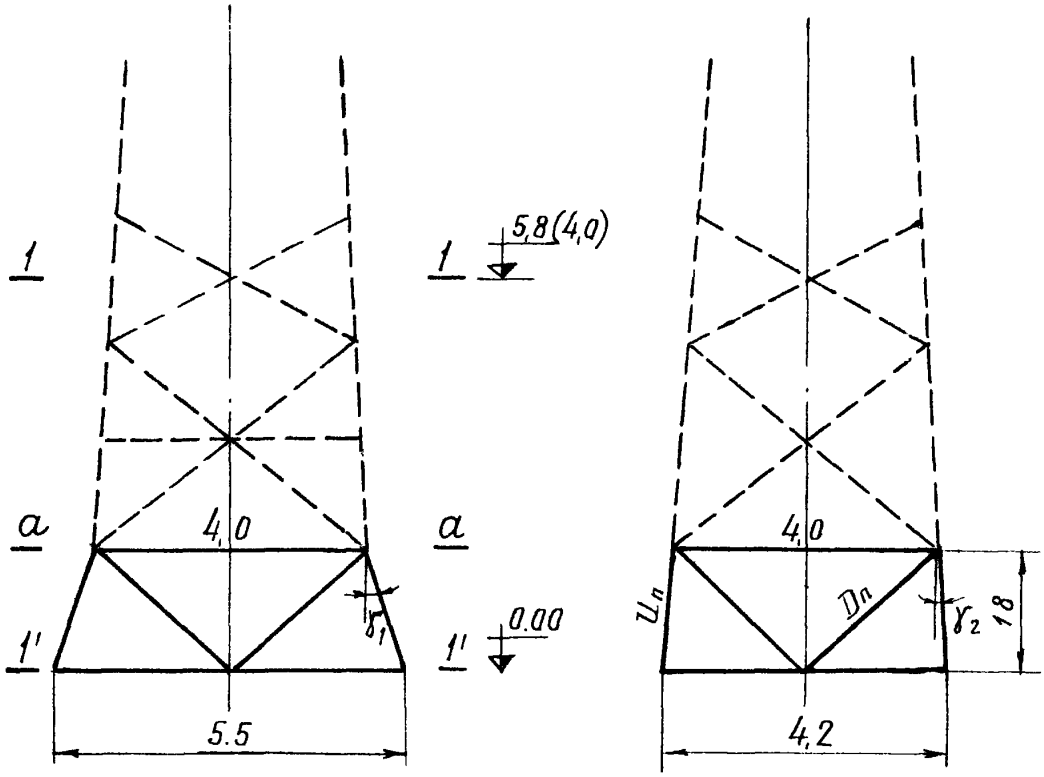
$$D_n = \frac{5{,}42}{4 \times 2{,}8 \times 0{,}707} + \frac{1{,}29 \times 1{,}0}{4 \times 2{,}8 \times 0{,}707} = 0{,}6 + 0{,}12 = 0{,}72\ т$$

$L\ 70 \times 6 \quad F = 8{,}15\ см^2 \quad r_y = 1{,}38\ см. \quad \ell = 180\ см.$

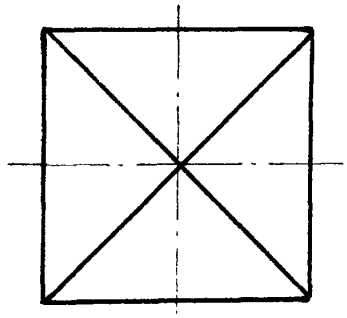
$\lambda = \frac{180}{1{,}38} = 131 \qquad \varphi = 0{,}396$

$$\sigma = \frac{720}{8{,}15 \times 0{,}396 \times 0{,}75} = \frac{720}{2{,}42} = 300\ кг/см^2$$

Расчет подставки Р6 под опору ПС 220-6



Разрез по а-а



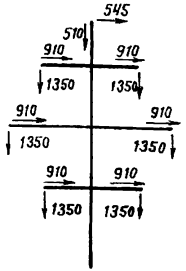
$Cos\gamma_1 = 0,922$

$Cos\gamma_2 = 0,998$

4,0 - отметка, указанная в расчете опоры (см. N 3081 тм-т3 стр. 18)

Расчет пояса подставки.

Усилия в поясах нижней секции опоры ПС 220-6 определены по сх. I а, III р-н гололеда (см. расчет № 3081 тм-т 3 л. 18/75).



Изгибающие моменты и перерезывающие силы

От нагрузок на провода и трос		От ветра на конструкцию опоры				Вертикальная нагрузка
Q_{II}	M_{II}	$Q_{W_{II}}$	$M_{W_{II}}$	$Q_{W_{\perp}}$	$M_{W_{\perp}}$	G
На ↓ 5,8 (4,0)						
6,005	156,91	7,39	136,41	7,8	148,14	15,73
На ↓ 0,00						
	156,91		136,41		148,14	15,73
$6,005 \times 5,8 =$	34,79	$7,39 \times 5,8 =$	42,79	$7,8 \times 5,8 =$	45,16	$0,19 \times 5,8 =$ 1,07
	$M_{II} = 191,7$		$M_{W_{II}} = 179,2$		$M_{W_{\perp}} = 193,3$	$G = 16,80$

Усилие в поясе подставки.

$$U_{II} = \frac{191,7 + 179,2}{2 \times 5,5 \times 0,922} + \frac{193,3}{2 \times 4,2 \times 0,998} + \frac{16,8}{4 \times 0,998} =$$

$$= 36,6 + 23,0 + 4,2 = 63,8 \text{ т.}$$

Напряжение в поясе подставка

$\ell = 180$ см; L 180×11 $r_y = 3{,}59$ $F = 38{,}8$ см²

$$\lambda = \frac{180}{3{,}59} = 50 \times 1{,}13 = 57 \qquad \varphi = 0{,}869$$

$$\sigma = \frac{63800}{38{,}8 \times 0{,}869} = \frac{63800}{33{,}7} = 1890 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

Расчет раскосов подставки

Грань ⊥ оси траверс.

$S_п = -2080$ кг.

$M_{кр} = 2{,}08 \times 6{,}0 = 12{,}48$ тм.

$B_0 = 1{,}13$ м $\quad B = 4{,}2 \quad \cos\beta = 0{,}743$

$$D_п = \frac{M_{кр}}{4 B \cos\beta} + \frac{S_п B_0}{4 B \cos\beta}$$

$$D_п = \frac{12{,}48}{4 \times 4{,}2 \times 0{,}743} + \frac{2{,}08 \times 1{,}13}{4 \times 4{,}2 \times 0{,}743} = 1{,}0 + 0{,}19 = 1{,}19 \text{ т}$$

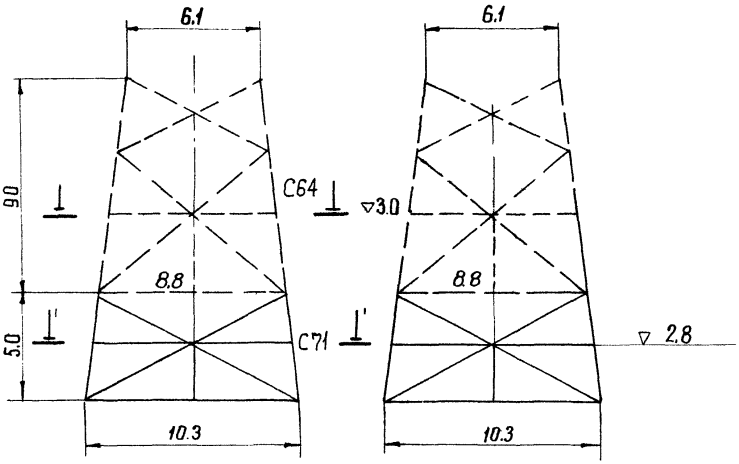
Напряжение в раскосе

L 90×7 $F = 12{,}3$ см² $r = 1{,}79$ см. $\ell = 270$ см

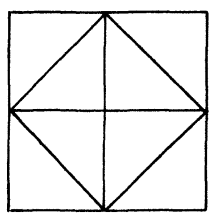
$$\lambda = \frac{270}{1{,}79} = 151 \qquad \varphi = 0{,}317$$

$$\sigma = \frac{1190}{12{,}3 \times 0{,}317 \times 0{,}75} = \frac{1190}{2{,}93} = 410 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

Расчет подставки С71



1'-1'

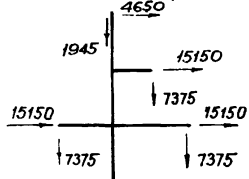


Расчет подставки С71 под опору У330-1

Расчет выполнен по схеме II, являющейся расчетной для поясов нижней секции опоры У330-1 (см. расчет № 3080тм-Т5 лист 14/53)

Расчет пояса подставки

Схема II; IV р.г; $\alpha = 60°$; без разности тяжения; провод 2×АСО-400; трос С-70;



Средний коэффициент увеличения скоростного напора по высоте нормальной опоры К = 1,41; при установке опоры на подставку коэффициент увеличивается до К = 1,525

Таким образом ветровое давление на нормальную опору, установленную на подставке, увеличивается в $\frac{1,525}{1,41} = 1,08$ раза, что и учтено в расчете.

Изгибающие моменты и перерезывающие силы

От нагрузок на провода и трос		От ветра на конструкцию опоры		Вертикальные нагрузки
Q_{II}	M_{II}	$Q_{W_{II}}$	$M_{W_{II}}$	G
На отметке 3,0 + 5,0 м				
50,14	1058,9	$\frac{6.67}{4.8} \times 1,08 = 1,5$	$21.8 \times 1,08 = 23,6$	42,96
На отметке 2,8 м				
$50,14 \times 5,2 =$	1058,9 262,0	$1,5 \times 5,2 =$ $0.248 \times 2.6 =$	23,6 7,8 0,65	42,96 $0,57 \times 5,2 =$ 2,97
	1320,9		32,1	45,93

Усилие в поясе подставки

$$Ц_п = \frac{1320,9 + 32,1}{2 \times 9,49 \times 0,989} + \frac{45,93}{4 \times 0,989} = 72,1 + 11,6 =$$

$$= 83,7\ т$$

$l = 276\ см \quad L\ 200 \times 16 \quad r_y = 3,96$

$$\lambda = \frac{276}{3,96} = 70 \quad \varphi = 0,81$$

$$\sigma = \frac{83700}{62,0 \times 0,81 \times 0,9} = 1850\ кг/см^2$$

Расчет раскосов подставки

Усилия в раскосах определены по формуле:

$$Д = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из}}{6} tg\gamma}{2 \cos\beta} + \frac{M_{кр}}{46 \cos\beta};$$

Грань II осям траверс

Схема III; IV р. г.; $\alpha = 60°$; без разности тяжений (см. расчет № 3080тм-т 2 лист 15/53)

Изгибающие моменты $M_и$ от вертикальн. нагрузки		Поперечная сила $Q_и$	Крутящий момент $M_{кр}$
от тяжения			
На отметке 3,0 + 5,0 м			
33,6 700,9	12,57	33,6	84,0
На отметке 2,8			
700,9			
33,6 × 5,2 = 175,0			
875,9	12,57	33,6	84,0

$tg\gamma = 0,15; \quad \beta = 27°30' \quad \cos\beta = 0,887$

$$\mathcal{D}_n = \frac{\frac{33,6}{2} - \frac{875,9 + 12\,57}{9,49} \times 0,15}{2 \times 0,887} + \frac{84,0}{4 \times 9,49 \times 0,887} =$$

$$= \frac{16,8 - 14,1}{1,774} + 2,32 = 1,52 + 2,49 = 4,01\ т$$

$L\ 160 \times 10 \qquad l = 580\ см\ ; \qquad \eta_y = 3,19\ см,$

$$\lambda = \frac{580}{3,19} = 182 \qquad \mathcal{A}_p = 0,779 \qquad \lambda_0 = 182 \times 0,779 = 142 < 150$$

$$\varphi = 0,352$$

$$\sigma = \frac{4010}{31,4 \times 0,352 \times 0,75} = 490\ кг/см^2$$

Грань $\perp$ осям траверс

Схема III к; концевая; IV р,г; $\alpha = 0°$

(См расчет N 3080тм-т 5 лист 17/53)

Изгибающие моменты от тяжения $M_\perp$ (тм)	Поперечная сила $Q_\perp$ (т)	Крутящий момент $M_{кр}$ (тм)
На отметке 30+5,0м		
27,55 599,8	27,55	158,5
На отметке 28м		
599,8		
27,55 × 5,2 = 143,3		
743,1	27,55	158,5

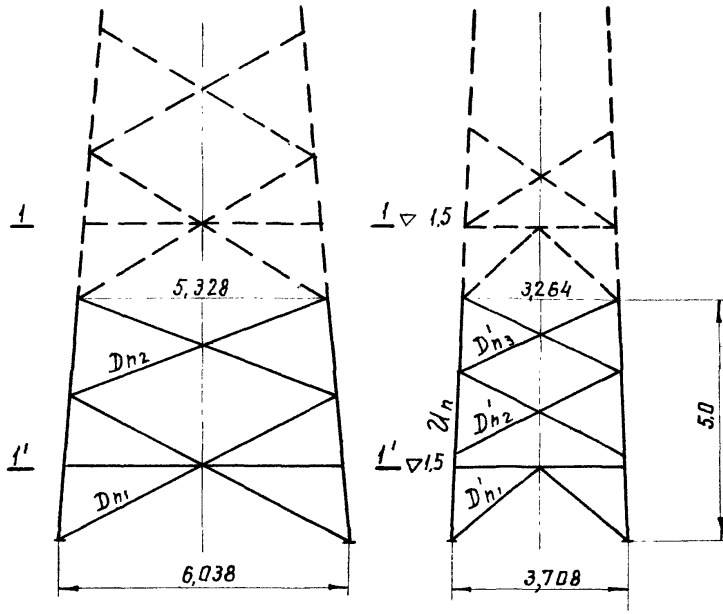
$$\mathcal{D}'_n = \frac{\frac{27,55}{2} - \frac{743,1}{9,49} \times 0,15}{2 \times 0,953} + \frac{158,5}{4 \times 9,49 \times 0,953} =$$

$$= \frac{13,78 - 11,7}{1,906} + 4,36 = 1,09 + 4,36 = 5,45\ т$$

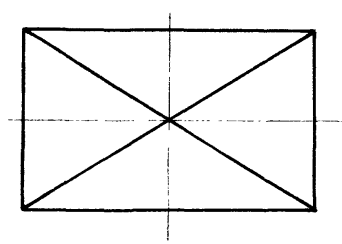
$L\ 160 \times 10$

$$\sigma = \frac{5450}{31,4 \times 0,352 \times 0,75} = 660\ кг/см^2$$

Расчет подставки Р13.



ПО 1-1

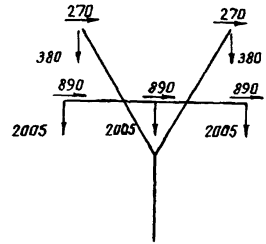


Расчёт подставки Р13 под опору ПС330-7.

Расчёт выполнен по схеме $I^а$ являющейся расчётной для поясов нижней секции опоры ПС330-7. (см. расчет N 3081тм-т 2, лист 110/178).

Расчёт пояса подставки.

Схема $I^а$; I район гололёда, провод 2×АСО-400; трос С-70.



Средний коэффициент увеличения скоростного напора по высоте нормальной опоры $K=1,32$. при установке опоры на подставку коэффициент увеличивается до $K=1,44$.

Таким образом ветровое давление на нормальную опору, установленную на подставке увеличивается в $\frac{1,44}{1,32}=1,09$ раза, что и учтено в расчёте.

Изгибающие моменты и перерезывающие силы.

От ветра на провода и тросы		От ветра на конструкцию опоры				Вертик. нагрузки
Q_{II}	M_{II}	$Q_{w_{II}}$	$M_{w_{II}}$	$Q_{w_{\perp}}$	$M_{w_{\perp}}$	G
На отметке		▽ 1,5 + 5,0				
3,21	79,9	3,355×1,09= =3,657	56,19×1,09= =61,25	4,21×1,09= =4,59	58,39×1,09= =63,65	12,38
На отметке		▽ 1,5				
	79,9		61,25		63,65	12,38
3,21 × 5,0 = 16,05		3,657×5,0=	18,29	4,59×5,0=	22,95	0,19×5,0=0,95
		0,415×2,5=	1,04	0,625×2,5=	1,56	
3,21	95,95	4,072	80,58	5,215	88,16	13,33

Усилие в поясе подставки:

$$U_n = \frac{95,95 + 80,58}{2 \times 5,8 \times 0,997} + \frac{88,16}{2 \times 3,5 \times 0,998} + \frac{13,33}{4 \times 0,997} =$$

$$= 15,25 + 12,65 + 3,35 = 31,25 т$$

$l = 190$ см $\angle 125 \times 8$

$$\lambda = \frac{190 \times 1,14}{3,87} = 56 \qquad \varphi = 0,872$$

$$\sigma = \frac{31250}{19,7 \times 0,872} = 1830 \text{ кг/см}^2$$

Расчёт раскосов подставки.

Усилия в раскосах определены по формуле:

$$D = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{уз}}{B} tg\gamma}{2 \cdot \cos\beta} + \frac{M_{кр}}{4B \cos\beta};$$

Грань II осям траверс.

Схема III; IV район гололеда; провод 2×АСО-400; трос С-70.

$S_n = 3,32$ т

$M_{кр} = 3,32 \times 8,7 = 28,8$ тм,

$B_{уз} = 3,3$ м, $\cos\beta = 0,933$

$B_{уз} = 3,5$ м, $\cos\beta = 0,891$

$$D_{n_2} = \frac{28,8}{4 \times 3,3 \times 0,933} = 2,33 т$$

$$D_{n_1} = \frac{28,8}{4 \times 3,5 \times 0,891} = 2,31 т.$$

$M_{уз}^{D'_{n_3}} = 3,32 \times 26,25 = 87,0$ тм, $B_ш = 5,35$ м, $B_{уз} = 3,3$ м, $\cos\beta = 0,906$

$M_{уз}^{D_{n_2}} = 3,32 \times 27,85 = 92,5$ тм, $B_ш = 5,6$ м, $B_{уз} = 3,4$ м, $\cos\beta = 0,891$

$M_{уз}^{D'_{n_1}} = 3,32 \times 29,00 = 96,4$ тм, $B_ш = 5,8$ м, $B_{уз} = 3,5$ м, $\cos\beta = 0,7826$

$tg\gamma = 0,044$

$$D'_{n_3} = \frac{\frac{3,32}{2} - \frac{87,0}{3,3} \cdot 0,044}{2 \cdot 0,906} + \frac{28,8}{4 \cdot 5,35 \cdot 0,906} = 0,278 + 1,48 = 1,76\,т$$

$$D'_{n_2} = \frac{1,66 - \frac{92,5}{3,4} \cdot 0,044}{2 \cdot 0,891} + \frac{28,8}{4 \cdot 5,6 \cdot 0,891} = 0,258 + 1,45 = 1,71\,т$$

$$D'_{n_1} = \frac{1,66 - \frac{96,4}{3,5} \cdot 0,044}{2 \cdot 0,7826} + \frac{28,8}{4 \cdot 5,8 \cdot 0,7826} = 0,288 + 1,59 = 1,88\,т$$

$D_{n_1} = 2,31\,т.$ $\quad \angle\ 90 \times 7$ $\quad \ell = 340\,см$

$\lambda = \frac{340}{1,78} = 191;$ $\quad \mu_p = 0,775;$ $\quad \lambda_0 = 191 \times 0,775 = 148$

$\varphi = 0,328$

$$\sigma = \frac{2310}{12,3 \times 0,328 \times 0,75} = 765\,кг/см^2$$

$D'_{n_1} = 1,88\,т.$ $\quad \angle\ 63 \times 5$ $\quad \ell = 240\,см$

$\lambda = \frac{240}{1,25} = 192;$ $\quad \mu_p = 0,774;$ $\quad \lambda_0 = 192 \cdot 0,774 = 149$

$\varphi = 0,324$

$$\sigma = \frac{1880}{6,13 \times 0,324 \times 0,75} = 1260\,кг/см^2$$

Раскосы D_{n_2} – выполнены из $\angle\ 80 \times 6$

Раскосы D'_{n_2} и D'_{n_3} – выполнены из $\angle\ 63 \times 5$

gost.e-ecolog.ru