

СОДЕРЖАНИЕ:

Исходные данные.....	3
1. <u>Определение расчётных нагрузок</u>	5
2. <u>Расчёт натяжения проводов</u>	8
3. <u>Определение температуры беспровесного положения контактных проводов</u>	9
4. <u>Определение допустимых длин пролётов</u>	10
5. <u>Схемы питания и секционирования контактной сети</u>	13
6. <u>Трассировка контактной сети на станции и перегоне</u>	14
7. <u>Расчёт анкерного участка полукompенсированной цепной подвески</u>	16
8. <u>Подбор типовых опор для перегона</u>	21
Литература.....	25

Исходные данные:

Характеристика цепной подвески.

На перегоне: система подвески – одинарная, компенсированная, полукосая на прямых участках и вертикальная на кривых участках пути с рессорным тросом.

На станции: на главном пути – полукомпенсированная цепная подвеска с рессорным тросом, площадь сечения подвески такая же, как на перегоне; на остальных станционных путях – полукомпенсированные подвески ПБСМ-95 + МФ-85 со смещёнными струнами.

Характеристика подвески:
несущий трос – М-95;
контактный провод – МФО-100;
род тока – переменный.

Климатические условия:

Низшая температура – -30°C ;

Высшая температура – $+50^{\circ}\text{C}$;

Толщина стенки гололёда: $b = 5 \text{ мм}$.

Ветровой район – 1.

Гололёд цилиндрической формы с плотностью 900 кг/м^3 .

Температура гололёдных образований: -5°C .

Температура, при которой наблюдаются ветры максимальной интенсивности, равна $+5^{\circ}\text{C}$;

проектируемый участок расположен в местности, не защищённой от ветра.

Нормативная скорость ветра: $v_{\text{норм}} = 22 \text{ м/с}$. [1, табл. 2.1, с. 32]

Станция.

Схема станции приведена на рис.1.

09, 29, 49, 69, 89

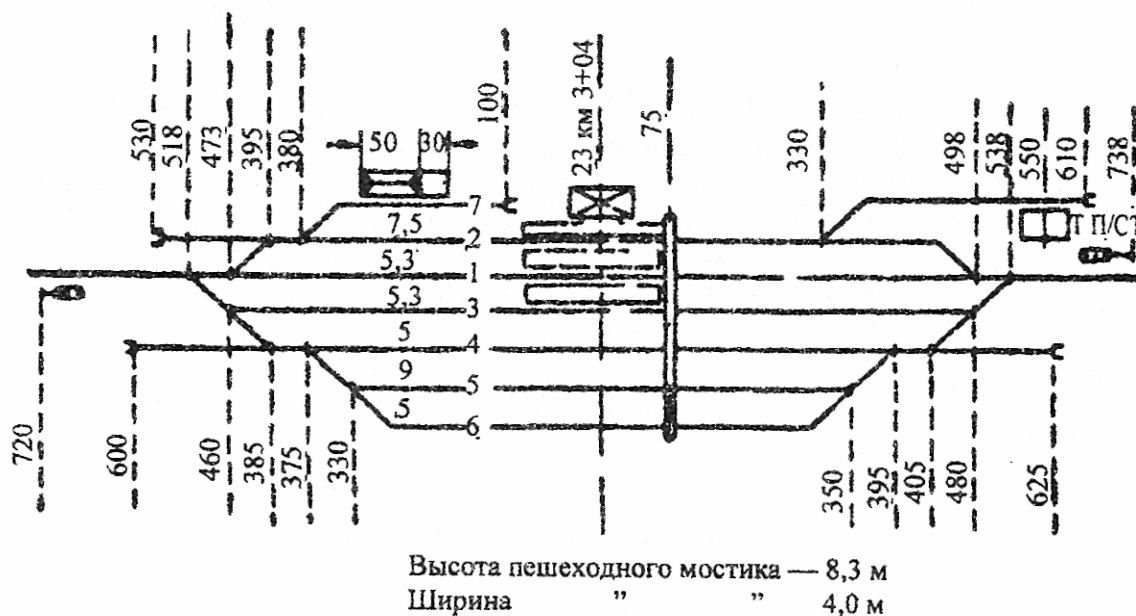


Рисунок 1

На станции электрифицируются все пути, кроме подъездного к тяговой подстанции. Стрелки и стрелочные улицы, примыкающие к главному пути, имеют марки 1/11, остальные стрелки – марки 1/9.

На схеме станции цифрами указаны условные пикеты (расстояние от оси пассажирского здания в метрах) остяков стрелок, входных светофоров и пешеходного мостика. Также указаны расстояния между осями путей.

Перегон.

Таблица 1

Сигналы, сооружения и кривые		Пикеты
		24 км
Входной сигнал заданной станции «О»		1 + 26
Начало кривой R = 600 м, центр слева по ходу километров		4 + 20
Конец кривой		6 + 75
Ось каменной трубы с отверстием 1,1 м		6 + 96
Начало кривой R = 850 м, центр справа		8 + 20
		25 км
Конец кривой		2 + 34
Мост через реку с ездой понизу:	пикет оси моста	6 + 05
	длина моста, м	120
Ось железобетонной трубы с отверстием 3,5 м.		7 + 60
Начало кривой R = 1000 м, центр справа		8 + 34
		26 км
Конец кривой		2 + 34
Входной сигнал следующей станции		6 + 12
Ось переезда шириной 6 м.		6 + 88
Первая стрелка следующей станции		7 + 94

Высота моста через реку 6,5 м. (расстояние от головки рельса до нижней части ветровых конструкций моста).

Справа по ходу километров предполагается укладка 2-го пути.

На расстоянии 300 м по обе стороны моста путь расположен на насыпях высотой 7 м.

1. Определение расчётных нагрузок.

1.1. Определяем вертикальные нагрузки контактной подвески М-95 + МФО-100.

По справочным таблицам [1, табл. 1.1, 1.2 с. 15, 16] определяем нагрузку от силы тяжести провода.

$g_m = 8.34 \times 10^{-3}$ кН/м.- нагрузка от несущего троса М-95;

$g_k = 8.73 \times 10^{-3}$ кН/м - нагрузка от контактного провода МФО-100;

$g_c = 0.5 \times 10^{-3}$ кН/м - нагрузка от струн;

$g_p = 0.236 \times 9.81 \times 10^{-3} = 2.32 \times 10^{-3}$ кН/м - нагрузка рессорного троса;

Суммарная вертикальная нагрузка на 1 метр контактной подвески при отсутствии гололёда:

$$g = g_m + n \times g_k + g_c,$$

где $n = 1$ – число контактных проводов,

$$g = 8.34 \times 10^{-3} + 1 \times 8.73 \times 10^{-3} + 0.5 \times 10^{-3} = 1.757 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$$

Нагрузка от гололёда на несущем тросе М-95:

$$g_{zm} = 27.7 \cdot 10^{-6} b_m (d_m + b_m), [1, 2.5]$$

где $b_m = b \times k_d \times k_v$ [1. стр. 28-29]

$b_m = 5 \times 0.98 \times 1.1 = 5.39$ мм – толщина стенки гололёда для станции, перегона;

$d_m = 12.6$ мм – диаметр несущего троса.

$$g_{zm} = 27.7 \times 10^{-6} \times 5.39 (12.6 + 5.39) = 2.69 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Нагрузка от гололёда на контактном проводе МФО-100:

$$g_{zk} = 27.7 \times 10^{-6} b_k (d_k + b_k),$$

где $b_k = b_m / 2 = 5.39 / 2 = 2.695$ мм – толщина стенки гололёда на контактном проводе, принимаем, что толщина стенки гололёда на контактном проводе вдвое меньше, чем на несущем тросе;

$d_k = (H + A) / 2 = (10.5 + 14.92) / 2 = 12.71$ мм – диаметр контактного провода, среднее значение между его высотой и шириной

$$g_{zk} = 27.7 \times 10^{-6} \times 2.695 (12.71 + 2.695) = 1.15 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Полная дополнительная нагрузка от гололёда:

$$g_z = g_{zm} + n \times g_{zk},$$
$$g_z = 2.69 \times 10^{-3} + 1 \times 1.15 \times 10^{-3} = 3.84 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Суммарная вертикальная нагрузка на 1 метр контактной подвески с гололёдом для станции, перегона:

$$g_{z\text{общ}} = g + g_z$$
$$g_{zm} = 1.757 \times 10^{-2} + 3.84 \times 10^{-3} = 2.141 \times 10^{-2} \text{ кН/м.}$$

1.2. Определение ветровых нагрузок контактной подвески М-95 + МФО-100.

Ветровая нагрузка на метр троса при максимальной скорости ветра:

$$p_{\text{вм}} = 0.615 \times 10^{-6} v_{\text{max}}^2 \cdot C_x \cdot d, [1, 2.9]$$

где $v_{\text{max}} = v_{\text{норм}} k_{\text{ЗМ}} k_{\text{М}}$ [1, 2.10]

$v_{\text{max}} = 22$ м/с- скорость ветра, для незащищённых от ветра мест станции, перегона;

$C_x = 1.25$ – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления провода ветру с учётом зажимов и струн,

$d = 12.6$ мм – диаметр несущего троса;

$H = 10.5$ мм – высота контактного провода;

$$p_{\text{вм}} = 0.615 \times 10^{-6} \times 22^2 \times 1.25 \times 12.6 = 4.69 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Результирующая нагрузка на трос М-95 при v_{max} :

$$q_v = \sqrt{g^2 + p_{\text{вм}}^2}$$

$$q_v = \sqrt{(1.757 \cdot 10^{-2})^2 + (4.69 \cdot 10^{-3})^2} = 1.818 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м}$$

Ветровая нагрузка при v_{max} на погонный метр контактного провода МФО-100:

$$P_{вк} = 0.615 \times 10^{-6} v_{max}^2 C_x H,$$

$$p_{вк} = 0.615 \times 10^{-6} \times 22^2 \times 1.25 \times 10.5 = 3.91 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Ветровая нагрузка на метр троса М-95, покрытого гололёдом:

$$p_{зм} = 0.615 \times 10^{-6} v_z^2 \cdot C_x \cdot (d+2b),$$

где $v_{zl} = 0.5 \cdot v_{max} = 0.5 \cdot 22 = 11 \text{ м/с}$ – скорость ветра при гололёде принимается равной 0.5 от максимальной скорости ветра данного района,

$$p_{зм} = 0.615 \times 10^{-6} \times 11^2 \times 1.25 (12.6 + 2 \times 5.39) = 2.18 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Результирующая нагрузка на метр троса М-95 при гололёде с ветром:

$$q_z = \sqrt{(g + g_z)^2 + p_{зм}^2}$$

$$q_z = \sqrt{(1.757 \cdot 10^{-2} + 3.84 \cdot 10^{-3})^2 + (4.69 \cdot 10^{-3})^2} = 2.152 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м.}$$

1.3. Определение вертикальных нагрузок контактной подвески ПБСМ-95+МФ-85

$g_m = 7.55 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$ – нагрузка от несущего троса ПБСМ-95;

$g_k = 7.4 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – нагрузка от контактного провода МФ-85;

$g_c = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ кН/м.}$ – нагрузка от силы тяжести зажимов и струн;

Суммарная вертикальная нагрузка на метр троса ПБСМ-95 при отсутствии гололёда:

$$g = g_m + n \cdot g_k + g_c,$$

$$g = 7.55 \times 10^{-3} + 1 \times 7.4 \times 10^{-3} + 0.5 \times 10^{-3} = 1.545 \times 10^{-2} \text{ кН/м.}$$

Нагрузка от гололёда на несущем тросе ПБСМ-95:

$$g_{зм} = 27.7 \cdot 10^{-6} \cdot b_m \cdot (d_m + b_m),$$

где $b_m = 5.39 \text{ мм}$ – толщина стенки гололёда;

$d_m = 12.5 \text{ мм}$ – диаметр несущего троса.

$$g_{зм} = 27.7 \cdot 10^{-6} \times 5.39 \cdot (12.5 + 5.39) = 2.67 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Нагрузка от гололёда на контактном проводе МФ-85:

$$g_{зк} = 27.7 \times 10^{-6} b_k (d_k + b_k),$$

где $b_k = b_m / 2 = 5.39 / 2 = 2.695 \text{ мм.}$ – толщина стенки гололёда на контактном проводе,

примем, что толщина стенки гололёда на контактном проводе вдвое меньше, чем на несущем тросе.

$d_k = (H + A) / 2 = (10.8 + 11.76) / 2 = 11.28 \text{ мм}$ – диаметр контактного провода, среднее значение между его высотой и шириной

$$g_{зк} = 27.7 \times 10^{-6} \times 2.695 (11.28 + 2.695) = 1.04 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Полная дополнительная нагрузка от гололёда:

$$g_z = g_{зм} + n \cdot g_{зк}$$

$$g_z = 2.67 \times 10^{-3} + 1 \times 1.04 \times 10^{-3} = 3.71 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Суммарная вертикальная нагрузка на 1 метр троса ПБСМ-95 с гололёдом:

$$g_{zn} = g + g_z$$

$$g_{zn} = 1.545 \times 10^{-2} + 3.71 \times 10^{-3} = 1.916 \times 10^{-2} \text{ кН/м.}$$

1.4. Определение ветровых нагрузок контактной подвески ПБСМ-95 + МФ-85

Ветровая нагрузка на метр троса при максимальной скорости ветра:

$$p_{вт} = 0.615 \times 10^{-6} v_{max}^2 \cdot C_x \cdot d,$$

где $v_{max} = 22 \text{ м/с.}$ – скорость ветра, для незащищённых от ветра мест;

$C_x = 1.25$ – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления провода ветру с учётом зажимов и струн,

$d = 12.5 \text{ мм}$ – диаметр несущего троса;

$H = 10.8 \text{ мм}$ – высота контактного провода;

$$p_{вт} = 0.615 \times 10^{-6} \times 22^2 \times 1.25 \times 12.5 = 4.65 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Результирующая нагрузка на трос ПБСМ-95 при v_{max} :

$$q_v = \sqrt{g^2 + p_{вт}^2}$$

$$q_v = \sqrt{(1.545 \cdot 10^{-2})^2 + (4.65 \cdot 10^{-3})^2} = 1.615 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м}$$

Ветровая нагрузка на погонный метр контактного провода МФ-85 при ветре v_{max} :

$$p_{вк} = 0.615 \cdot 10^{-6} \cdot v_{max}^2 \cdot C_x \cdot H$$

$$p_{вк} = 0.615 \times 10^{-6} \times 11^2 \times 1.25 \times 10.8 = 4.02 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Ветровая нагрузка на метр троса ПБСМ-95, покрытого гололёдом:

$$p_{zm} = 0.615 \times 10^{-6} v_z^2 C_x (d_m + 2b_m)$$

$$p_{zm} = 0.615 \times 10^{-6} 11^2 1.25 (12.5 + 2 \times 5.39) = 2.17 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Результирующая нагрузка на метр троса ПБСМ-95 при гололёде с ветром:

$$q_z = \sqrt{(g + g_z)^2 + p_{zm}^2}$$

$$q_z = \sqrt{(1.545 \cdot 10^{-2} + 3.71 \cdot 10^{-3})^2 + (4.65 \cdot 10^{-3})^2} = 1.929 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м}$$

1.5. Определение ветровых нагрузок на контактную подвеску расположенную на насыпи высотой 7 м.

Ветровая нагрузка на метр троса М-95 при максимальной скорости ветра:

$$p_{вт} = 0.615 \times 10^{-6} v_{max}^2 \cdot C_x \cdot d,$$

где $v_{max} = v_{норм} 1.04 \times 1.12 = 25.6 \text{ м/с}$ – для насыпи и мест с явным усилением ветра [1. стр.32]

$$p_{вт} = 0.615 \times 10^{-6} \times 25.6^2 \times 1.25 \times 12.6 = 6.36 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Результирующая нагрузка на трос М-95 при v_{max} :

$$q_v = \sqrt{g^2 + p_{вт}^2}$$

$$q_v = \sqrt{(1.757 \cdot 10^{-2})^2 + (6.36 \cdot 10^{-3})^2} = 1.869 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м}$$

Ветровая нагрузка при v_{max} на погонный метр контактного провода МФО-100:

$$p_{вк} = 0.615 \times 10^{-6} v_{max}^2 C_x H,$$

$$p_{вк} = 0.615 \times 10^{-6} \times 25.6^2 \times 1.25 \times 10.5 = 5.3 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Ветровая нагрузка на метр троса М-95, покрытого гололёдом:

$$p_{зм} = 0.615 \times 10^{-6} v_z^2 \times C_x (d + 2 b_m),$$

где $v_{гл} = 0.5 \cdot v_{max} = 0.5 \cdot 25.6 = 12.8 \text{ м/с}$ – скорость ветра при гололёде принимается равной 0,5 от максимальной скорости ветра данного района;

$b_m = 5 \times 0.98 \times 1.18 = 5.78 \text{ мм}$ – толщина стенки гололёда для насыпи 7 м;

$b_k = 0.5 \times b_m = 0.5 \times 5.78 = 2.89 \text{ мм}$ – толщина стенки гололёда на контактном проводе на насыпи 7 м;

$$p_{зм} = 0.615 \times 10^{-6} \times 12.8^2 \times 1.25 \cdot (12.6 + 2 \times 5.78) = 3.05 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Нагрузка от гололёда на несущем тросе М-95:

$$g_{зм} = 27.7 \times 10^{-6} \times 5.78 (12.6 + 5.78) = 2.94 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Нагрузка от гололёда на контактном проводе МФО-100:

$$g_{зк} = 27.7 \times 10^{-6} \times 2.89 (12.71 + 2.89) = 1.25 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Полная дополнительная нагрузка от гололёда:

$$g_z = g_{зм} + n \cdot g_{зк}$$

$$g_z = 2.94 \times 10^{-3} + 1 \times 1.25 \times 10^{-3} = 4.19 \times 10^{-3} \text{ кН/м.}$$

Результирующая нагрузка на метр троса М-95 при гололёде с ветром:

$$q_z = \sqrt{(g + g_z)^2 + p_{зл}^2}$$

$$q_z = \sqrt{(1.757 \cdot 10^{-2} + 4.19 \cdot 10^{-3})^2 + (3.05 \cdot 10^{-3})^2} = 2.198 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м}$$

2. Расчёт натяжения проводов.

2.1. Определяем допустимое натяжение несущего троса М-95:

Расчёт на прочность проводов контактной сети производится по допустимому натяжению.

$$T_{дп} = \frac{H_{раз}}{k_3} = \frac{\alpha \sigma_{вр} S}{k_3} \quad [1, 1.2],$$

где $\alpha = 0,95$ - коэффициент, учитывающий разброс механических характеристик и условия скрутки проводов, при менее 37 проволоках в проводе;

$\sigma_{вр} = 0,39 \text{ ГПа}$ – временное сопротивление разрыву материала проволоки, для много-проволочных медных проводов [1, Таблица 1.5];

$S = 94,0 \text{ мм}^2$ – расчётная площадь поперечного сечения провода;

$k_3 = 2$ – номинальный коэффициент запаса прочности, для медных проводов;

$H_{раз} = 39,1 \text{ кН}$ – разрывное усилие провода для М-95.

$$T_{дп} = \frac{0.95 \cdot 0.39 \cdot 94}{2} = 17.4 \text{ кН}$$

Номинальное натяжение несущего троса М-95:

$$T_{ном} \leq 0.9 \cdot T_{дп} = 0.9 \times 17.4 = 15.7 \text{ кН}$$

По таблице 23.1 [1] принимаем натяжение для несущего троса М-95:

допустимое: $T_{дп} = 15.7 \text{ кН}$;

номинальное: $T_{ном} = 14.2 \text{ кН}$.

2.2. Определяем допустимое натяжение контактного провода МФО-100:

$$K_{дон} = \sigma_{дон} \cdot S_{кп} \cdot n \quad [1, 1.3]$$

где $\sigma_{дон} = 0,118 \text{ ГПа}$ – допустимое напряжение контактного провода [1, стр. 18];

$S_{кп} = 100 \text{ мм}^2$ – площадь сечения провода;

$n = 1$ – число контактных проводов.

$$K_{дон} = 0,118 \cdot 100 \cdot 1 = 11,8 \text{ кН}$$

Принимаем натяжение контактного провода МФО-100:
 допустимое: $K_{дон} = 11,8 \text{ кН}$;
 номинальное: $K_{ном} = 9,8 \text{ кН}$.

2.3. Определяем допустимое натяжение несущего троса ПБСМ-95:

$$T_{дп} = \frac{H_{раз}}{k_3} = \frac{\alpha \sigma_{вр} S}{k_3}$$

где $\alpha = 0,95$ - коэффициент, учитывающий разброс механических характеристик и условия скрутки проволок при менее 37 проволоках в проводе;

$\sigma_{вр} = 0,74 \text{ ГПа}$ – временное сопротивление разрыву материала проволоки для многопроволочных биметаллических проводов ПБСМ [1, табл. 1.5];

$S = 93,3 \text{ мм}^2$ – расчётная площадь поперечного сечения провода [1, табл. 1.2];

$k_3 = 2,5$ – номинальный коэффициент запаса прочности;

$H_{раз} = 61,8 \text{ кН}$ – разрывное усилие провода ПБСМ-95.

$$T_{дон} = \frac{0,95 \cdot 0,74 \cdot 93,3}{2,5} = 26,2 \text{ кН}$$

По таблице 1.4 [1] натяжение несущего троса ПБСМ-95 принимаем:
 допустимое: $T_{дон} = 19,6 \text{ кН}$;
 номинальное: $T_{ном} = 17,6 \text{ кН}$.

2.4. Определяем допустимое натяжение контактного провода МФ-85:

$$K_{дон} = \sigma_{дон} \cdot S_{кп} \cdot n$$

где $\sigma_{дон} = 0,118 \text{ ГПа}$ – допустимое напряжение контактного провода;

$S_{кп} = 85 \text{ мм}^2$ – площадь сечения провода;

$n = 1$ – число контактных проводов.

$$K_{дон} = 0,118 \cdot 85 \cdot 1 = 10,03 \text{ кН}$$

Принимаем натяжение контактного провода МФ-85:
 допустимое: $K_{дон} = 10 \text{ кН}$;
 номинальное: $K_{ном} = 8,3 \text{ кН}$.

3. Определение температуры беспровесного положения контактных проводов.

Температуру t_o , при которой контактные провода принимают беспровесное положение, определяют по формулам:

При простых опорных струнах

$$t_o = \frac{t_{max} + t_{min}}{2} - (10..15) \quad , [3. \text{ стр.11}]$$

где 10 – при двойном контактном проводе;

15 – при одиночном контактном проводе.

$$t_o = \frac{50 - 30}{2} - 15 = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

При подвеске с рессорными (эластичными) струнами:

$$t_o = \frac{t_{max} + t_{min}}{2} \quad [3. \text{ стр.11}] \quad ,$$

$$t_o = \frac{50 - 30}{2} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. Определение допустимых длин пролётов.

Максимальная длина пролёта допустимая по ветровому отклонению определяется с учётом взаимодействия контактных проводов и несущего троса, при расчёте будем использовать максимально допустимую длину пролёта $l=70$ м.

Приведённое натяжение несущего троса определим по формуле [1, 9.8]

$$T_i = \frac{l}{\frac{l}{T_i} + \frac{8 \cdot h}{q_v \cdot l^2}}$$

где $T_H = 14.2$ кН – номинальное натяжение несущего троса М-95 при ветровом режиме станция главные пути, перегон;

$T_H = 17.6$ кН – номинальное натяжение несущего троса ПБСМ-95 при ветровом режиме станция боковые пути;

$h = 0.9$ м – длина гирлянды изоляторов состоящей из четырёх изоляторов;

$q_v = 1.818 \times 10^{-2}$ кН/м – результирующая нагрузка несущего троса М-95 при ветровом режиме станция главные пути, перегон;

$q_v = 1.615 \times 10^{-2}$ кН/м – результирующая нагрузка несущего троса ПБСМ-95 при ветровом режиме станция боковые пути;

$q_v = 1.869 \times 10^{-2}$ кН/м – результирующая нагрузка несущего троса М-95 при ветровом режиме перегон насыпь 7 м;

Приведённое натяжение несущего троса М-95 станция главные пути, перегон:

$$T_i = \frac{l}{\frac{l}{14.2} + \frac{8 \cdot 0.9}{1.818 \cdot 10^{-2} \cdot 70^2}} = 6.613 \quad \text{кН/м}$$

Приведённое натяжение несущего троса ПБСМ-95 станция боковые пути:

$$T_i = \frac{l}{\frac{l}{17.6} + \frac{8 \cdot 0.9}{1.615 \cdot 10^{-2} \cdot 70^2}} = 6.765 \quad \text{кН/м}$$

Приведённое натяжение несущего троса М-95 перегон насыпь 7 м:

$$T_i = \frac{l}{\frac{l}{14.2} + \frac{8 \cdot 0.9}{1.869 \cdot 10^{-2} \cdot 70^2}} = 6.709 \quad \text{кН/м}$$

Действие струн

$$P_{c0} = \frac{\left(\frac{P_{\hat{a}\hat{e}}}{K_i} + \frac{P_{\hat{a}\hat{o}}}{T_i} \right)}{\frac{8 \cdot \lambda_o}{g_{\hat{e}} \cdot l} + \left(\frac{l}{K_i} + \frac{l}{T_i} \right)} \quad , [1, 9.16]$$

где $\lambda_o = 0.8$ м – минимальная длина струн;

$K_n = 9.8$ кН – натяжение контактного провода МФО-100;

$g_k = 8.73 \times 10^{-3}$ кН/м – нагрузка от силы тяжести контактного провода МФО-100;

$K_n = 8.3$ кН – натяжение контактного провода МФ-85;

$g_k = 7.4 \times 10^{-3}$ кН/м – нагрузка от силы тяжести контактного провода МФ-85;

$p_{вк} = 3.91 \times 10^{-3}$ кН/м – ветровая нагрузка на контактном проводе МФО-100;

$p_{вк} = 4.02 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на контактный провод МФ-85;
 $p_{вк} = 5.3 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на контактный провод МФО-100;
 $p_{вм} = 4.69 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на трос М-95 при максимальном ветре;
 $p_{вм} = 4.65 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на трос ПБСМ-95 при максимальном ветре;
 $p_{вм} = 6.36 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на трос М-95 при максимальном ветре насыпь
 7 м;

Действие струн станция главные пути, перегон

$$p_{c0} = \frac{\left(\frac{3.91 \cdot 10^{-3}}{9.8} + \frac{4.69 \cdot 10^{-3}}{6.613} \right)}{\frac{8 \cdot 0.8}{8.73 \cdot 10^{-3} \cdot 70} + \left(\frac{1}{9.8} + \frac{1}{6.613} \right)} = 1.033 \times 10^{-4} \text{ кН/м}$$

Действие струн станция боковые пути

$$p_{c0} = \frac{\left(\frac{4.02 \cdot 10^{-3}}{8.3} + \frac{4.65 \cdot 10^{-3}}{6.765} \right)}{\frac{8 \cdot 0.8}{7.4 \cdot 10^{-3} \cdot 70} + \left(\frac{1}{8.3} + \frac{1}{6.765} \right)} = 9.28 \times 10^{-5} \text{ кН/м}$$

Действие струн перегон насыпь 7м

$$p_{c0} = \frac{\left(\frac{5.3 \cdot 10^{-3}}{9.8} + \frac{6.36 \cdot 10^{-3}}{6.709} \right)}{\frac{8 \cdot 0.8}{8.73 \cdot 10^{-3} \cdot 70} + \left(\frac{1}{9.8} + \frac{1}{6.709} \right)} = 1.388 \times 10^{-4} \text{ кН/м}$$

Эквивалентная нагрузка

$$p = p_{\text{вк}} - \frac{2}{3} \cdot p_{c0} \quad , [1, 9.25]$$

Определим эквивалентную нагрузку от ветра для станции главные пути, перегон:

$$p = 3.91 \cdot 10^{-3} - \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 3.84 \cdot 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Определим эквивалентную нагрузку от ветра для боковых путей станции:

$$p = 4.02 \cdot 10^{-3} - \frac{2}{3} \cdot 0.9 \cdot 10^{-4} = 3.96 \cdot 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Определим эквивалентную нагрузку от ветра для перегона насыпь 7 м:

$$p = 5.3 \cdot 10^{-3} - \frac{2}{3} \cdot 1.4 \cdot 10^{-4} = 5.21 \cdot 10^{-3} \text{ кН/м}$$

Максимальная длина пролёта:

$$l_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K_i}{p} \cdot \left(b_{\text{д}} + \sqrt{b_{\text{д}}^2 - a^2} \right)} \quad , [1, 9.45]$$

где $a = 0.3 \text{ м}$ - зигзаг контактного провода;

$b_{\text{д}} = b_{\text{д}} - \gamma_{\text{к}} = 0.5 - 0.02 = 0.48 \text{ м}$ - максимально допустимое отклонение провода от оси токоприёмника на прямой с учётом среднего дополнительного смещения за счёт прогиба опоры $\gamma_{\text{к}} = 0.02 \text{ м}$;

Определяем максимальную длину пролёта контактной подвески М-95 + МФО-100 на главных путях станции и прямых перегона:

$$l_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{9.8}{3.84 \cdot 10^{-3}} \cdot (0.48 + \sqrt{0.48^2 - 0.3^2})} = 93.4 \quad \text{м}$$

Определяем максимальную длину пролёта контактной подвески ПБСМ-95 + МФ-85 на боковых путях станции:

$$l_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{8.3}{3.96 \cdot 10^{-3}} \cdot (0.48 + \sqrt{0.48^2 - 0.3^2})} = 84.7 \quad \text{м}$$

Определяем максимальную длину пролёта контактной подвески М-95 + МФО-100 на перегоне насыпь 7 м:

$$l_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{9.8}{5.21 \cdot 10^{-3}} \cdot (0.48 + \sqrt{0.48^2 - 0.3^2})} = 80.2 \quad \text{м}$$

Так как наибольшая длина пролёта на прямом участке пути не должна превышать 70 м, принимаем длину пролёта контактной подвески на главных путях станции, прямых перегона, насыпи 7 м и боковых путях станции $l_{max} = 70 \text{ м}$.

Максимально допустимая длина пролёта в кривой:

$$l_{max} = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot K_i}{p + \frac{K_i}{R}} \cdot (b_{\ddot{a}} + a)} \quad , [1, 9.41]$$

где $b_{\ddot{a}} = 0.45 - 0.02 = 0.43 \text{ м}$ – максимально допустимое отклонение провода от оси токоприёмника на кривой с учётом среднего дополнительного смещения за счёт прогиба опоры; $a = 0.4 \text{ м}$ – зигзаг контактного провода в кривой.

Определим максимально допустимую длину пролёта в кривой $R = 600 \text{ м}$:

$$l_{max} = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot 9.8}{3.84 \cdot 10^{-3} p + \frac{9.8}{600}} \cdot (0.43 + 0.4)} = 56.8 \quad \text{м}$$

Определим максимально допустимую длину пролёта в кривой $R = 850 \text{ м}$:

$$l_{max} = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot 9.8}{3.84 \cdot 10^{-3} + \frac{9.8}{850}} \cdot (0.43 + 0.4)} = 65.1 \quad \text{м}$$

Определим максимально допустимую длину пролёта в кривой $R = 1000 \text{ м}$:

$$l_{max} = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot 9.8}{3.84 \cdot 10^{-3} + \frac{9.8}{1000}} \cdot (0.43 + 0.4)} = 69.1 \quad \text{м}$$

Максимальные длины пролётов контактной подвески.

Таблица №1.

		Тип подвески	Длина пролёта, м	
			Расчет	Примем
Станция	Главный путь	М-95 + МФО-100	93.4	70
	Боковые пути	ПБСМ-95 + МФ-85	84.7	
Перегон	Прямой участок	М-95 + МФО-100	93.4	
	Насыпь 7 м		80.2	56
	Кривая радиусом $R = 600 \text{ м}$.		56.8	
	Кривая радиусом $R = 850 \text{ м}$.		65.1	
	Кривая радиусом $R = 1000 \text{ м}$.		69.1	69

5. Схемы питания и секционирования контактной сети.

5.1. Схемы секционирования контактной сети.

Схема питания и секционирования контактной сети должна быть спроектирована так, чтобы были обеспечены возможно меньшие потери напряжения и энергии в сети при нормальном режиме работы и минимальные нарушения графика движения поездов при выходе из работы какой-либо секции контактной сети. При этом на станциях необходимо обеспечить максимальную самостоятельность маршрутов.

При условии выполнения требования о минимальном нарушении движения поездов из-за отключения какой-либо секции в схеме секционирования контактной сети должно быть использовано как можно меньше секционных изоляторов и разъединителей. В процессе составления схем секционирования предусматривают продольное и поперечное секционирование и секционирование с обязательным заземлением отключаемой секции.

Продольное секционирование – это разделение контактной сети вдоль электрифицированной линии у каждой тяговой подстанции и каждого поста секционирования. Кроме того, выделяют в отдельные продольные секции контактные сети перегонов и станций. На станциях, имеющих несколько электрифицированных парков или групп путей, каждый парк или каждую группу обычно выделяют в отдельные секции. На очень больших станциях в отдельные секции целесообразно также выделять контактные сети обеих горловин. Если на линии имеются крупные тоннели или мосты с ездой понизу, контактные сети этих искусственных сооружений следует выделять в отдельные секции.

При поперечном секционировании в первую очередь предусматривают разделение контактных подвесок каждого из главных путей, как на перегонах, так и на станциях, разъездах и обгонных пунктах. Кроме того, на станциях с числом путей, примыкающих к каждому из главных, более трёх проектируют дополнительное поперечное секционирование. Число поперечных секций на таких станциях определяется не только количеством, но и назначением отдельных путей.

Поперечное секционирование выполняют также в парках или группах путей в тех случаях, когда число путей в каждом парке или группе более пяти. При электрификации только головной части путей парка в одной секции может быть и более пяти путей. Число путей в секции зависит также от их назначения и объёма работы.

Секционирование с обязательным заземлением отключённой секции осуществляют для следующих путей вне зависимости от общего числа электрифицируемых путей станции: каждого из погрузочно-разгрузочных, снабжения пассажирских составов водой и налива ёмкостей, осмотра крышевого оборудования и отстоя электроподвижного состава, электродепо и пунктов экипировки. Обязательное заземление отключённой секции осуществляется специальным секционным разъединителем с ручным приводом и заземляющим контактом.

5.2. Схема питания контактной сети.

На станциях с тяговыми подстанциями при переменном токе предусматривают раздел фаз, устраивая для каждого из главных путей с одной стороны станции изолирующее сопряжение анкерных участков с нейтральной вставкой. На другой стороне таких станций по каждому пути изолирующее сопряжение без нейтральной вставки. При этом на станциях с числом электрифицированных путей пять и более (кроме главных) проектируют схему с отдельной питающей линией для станции.

На схеме питания и секционирования контактной сети расчётной станции (см. Графическую часть) контактная сеть станционных путей получает питание по воздушной питающей линии через разъединитель Ф3 (нормально включенный). Контактная сеть боковых путей станции получает питание через разъединители П1 и П2. Пути предназначенные для погрузо-разгрузочных работ выделены в отдельные секции и запитаны через разъединители с заземляющими ножами 31 и 32 (нормально включенные).

Питание контактной сети перегонов осуществляется отдельными воздушными питающими линиями через разъединители Ф1 и Ф5 (нормально включенные)

6. Трассировка контактной сети на станции и перегоне.

Согласно схемы питания и секционирования контактной сети станции в левой горловине – выполнено трехпролетное изолирующее сопряжение, в правой горловине изолирующее сопряжение с нейтральной вставкой. После расстановки опор на станции определяем длины анкерных участков по главному пути: анкерный участок Iкн – 1598 м, анкерный участок Iакн – 840 м. Анкерный участок Iкн состоит из: 4 пролетов по 70 м, 2 пролетов по 65 м, 3 пролетов по 63 м, 8 пролетов по 61 м, 3 пролетов по 55 м, 2 пролетов по 52 м, и по одному пролету длиной 56 м, 50 м, 47 м, 45 м и 44 м.

Пролеты с воздушными промежутками должны располагаться по отношению к стрелкам так, чтобы при снятии напряжения с контактной сети перегона сохранялась возможность перестановки сцепа двух электровозов с одного пути станции на другой

Выбор способа прохода контактной подвески в искусственных сооружениях. Выбор способа прохода контактной подвески в искусственных сооружениях производят в зависимости от типа и конструкции сооружения, от высоты его над уровнем головок рельсов и длины в направлении вдоль электрифицированных путей. Принятый способ прохода должен обеспечивать движение поездов с установленной скоростью, определённую равномерность эластичности контактной подвески и её необходимую надёжность в эксплуатационных условиях, для чего обязательно выдерживают габаритные расстояния, приведённые, например, в [5. § 43].

Под искусственными сооружениями (пешеходные и сигнальные мостики, однопутные и двухпутные путепроводы и т.п.), длина которых вдоль пути меньше расстояния между струнами цепной подвески (8 - 12 м.) или равна ему, может быть осуществлен один из следующих способов прохода контактной подвески:

- использование искусственного сооружения в качестве опоры;
- пропуск подвески без крепления к искусственному сооружению;
- анкеровка несущего троса на искусственное сооружение или включение в несущий трос изолированной штанги, прикреплённой к сооружению.

Если расстояние от низа моста до уровня головок рельсов меньше 8,5 м, то мост не следует использовать в качестве опоры [3. стр. 76]. По заданию это расстояние равно 8,3 м. Принимаем вариант с использованием изолированного отбойника, прикреплённого к сооружению [см. Графическую часть.].

Искусственные сооружения (мосты, путепроводы, тоннели), встречающиеся на перегонах и станциях электрифицируемой линии, часто не позволяют смонтировать типовую цепную подвеску. Способ прохода контактной подвески в искусственных сооружениях выбирают в зависимости от напряжения в контактной сети, высоты искусственного сооружения над уровнем верха головок рельсов, длины его вдоль электрифицированных путей, скорости движения поездов.

Размещение контактной подвески в искусственных сооружениях при ограниченных габаритах связано с решением двух задач:

- обеспечение необходимых воздушных зазоров между контактной подвеской и заземлёнными частями искусственных сооружений;
- выбор материала, конструкции и способа закрепления поддерживающих устройств.

На мостах с ездой понизу в большинстве случаев применяют цепную подвеску двух вариантов размещения:

- несущий трос сверху моста на специальных стойках, с изолированным отбойником для контактного провода;
- несущий трос внутри моста крепиться на ветровых связях, отбойниками для контактного провода.

Используем первый способ крепления несущего троса сверху моста на специальных стойках, с изолированным отбойником для контактного провода (см. Графическую часть).

Расчет высоты стойки:

$$h_{min} = (h_{k.min} + f_{k.max} + e_{min} + F_{max} + h_u) - h, [5. (464)]$$

где $h_{k.min} = 5750$ мм – минимальное расстояние от уровня головки рельса (УГР) до контактного провода;

$f_{k.max} = 38$ мм – максимальная стрела провеса контактного провода;

$e_{min} = 500$ мм – минимальное расстояние между несущим тросом и контактным проводом в середине пролета;

$F_{max} = 617$ мм – максимальная стрела провеса несущего троса;

$h_u = 900$ мм – длина изоляторного звена или гирлянды;

$h = 6500$ мм – высота моста.

$$h_{min} = [5750 + 38 + 500 + 617 + 900] - 6500 = 1305 \text{ мм.}$$

Спецификация анкерных участков на станции

№ участка Длина подвески	Икн	Іа кн	Ікн	3кн	4кн	5кн	6кн	7кн	8кн	9кн
Несущий трос										
М-95	1598	840								
ПБСМ-95			1138	1075	1283	743	648	540	334	319
Контактный провод										
МФО-100	1598	840								
МФ-85			1138	1075	1283	743	648	540	334	319

Спецификация анкерных участков на перегоне

№ участка Длина подвески	Іб(нв)	I	III
Несущий трос М-95	398	1396	730
Контактный провод МФО-100	398	1396	730

Типы опор и их количество

Тип опор	СС136.6-2	СС136.6-3	Всего
Количество опор на станции	64	24	88
Количество опор на перегоне	28	9	37

7. Расчёт анкерного участка полукомпенсированной цепной подвески.

7.1. Определяем расчётный (эквивалентный) пролёт.

Эквивалентным пролётом называют такой пролёт, в котором при изменении температуры и дополнительной нагрузки натяжение провода будет изменяться по тому же закону, как и в анкерном участке при действительно имеющихся пролётах.

Расчёт производится для одного анкерного участка на главном пути станции (подвеска М-95 + МФО-100).

Длина эквивалентного пролёта определяется по формуле:

$$l_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n l_i^3}{l_a}},$$

где l_a – длина анкерного участка;
 n – число пролётов в анкерном участке;
 i – номер пролёта.

$$l_{\text{э}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 70^3 + 2 \cdot 65^3 + 3 \cdot 63^3 + 8 \cdot 61^3 + 3 \cdot 55^3 + 2 \cdot 52^3 + 56^3 + 50^3 + 47^3 + 45^3 + 44^3}{1598}} = 60.5 \quad \text{м}$$

7.2. Определяем исходный режим.

Исходный расчётный режим (режим, при котором возможно наибольшее натяжение несущего троса) определяется по величине критического пролёта $l_{\text{кр}}$.

Для полукомпенсированной подвески критический пролёт определяется по формуле:

$$l_{\text{кр}} = (T_{\text{max}} + K) \sqrt{\frac{24\alpha(t_{\text{гл}} - t_{\text{min}})}{q_{\text{гл}}^2 - g^2 + \frac{2gK(q_{\text{гл}} - g)}{T_0}}} \quad [2. 23.15]$$

где $T_{\text{max}} = T_{\text{дон}} = 15.7 \text{ кН}$ – допустимое натяжение несущего троса;
 $24\alpha = 408 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – коэффициент температурного расширения материала провода или проволок, из которых изготовлен провод или трос [2. Таблица 23.4];

$K = 9.8 \text{ кН}$ – допустимое натяжение контактного провода МФО-100;

$q_{\text{гл}} = 2.12 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$ – результирующая нагрузка на трос при гололёде;

$g = 1.76 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$ – суммарная вертикальная нагрузка на трос;

$t_{\text{гл}} = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура гололёдообразования;

$t_{\text{min}} = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$ – минимальная температура.

$$l_{\text{эδ}} = (15.7 + 9.8) \cdot \sqrt{\frac{408 \cdot 10^{-6}(-5 + 30)}{(2.12 \cdot 10^{-2})^2 - (1.76 \cdot 10^{-2})^2 + \frac{2 \cdot 1.76 \cdot 10^{-2} \cdot 9.8 \cdot (2.12 \cdot 10^{-2} - 1.76 \cdot 10^{-2})}{15.7}}} = 174.1 \cdot (i)$$

Так как $l_{\text{кр}} > l_{\text{э}}$, то исходным режимом для расчёта выбирается режим минимальной температуры.

7.3. Определение точного значения натяжения несущего троса при беспровесном положении контактного провода.

Температуру беспровесного положения контактного провода примем равной среднему значению температур в районе электрифицируемой линии:

$$t_0 = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}, \quad [4. \text{ стр. 143}]$$

где $t_{\max} = +50^\circ\text{C}$
 $t_{\min} = -30^\circ\text{C}$

$$t_0 = \frac{50 - 30}{2} = 10^\circ\text{C}$$

Определяем точное значение натяжения несущего троса при беспровесном положении контактного провода:

$$t_0 = t_1 + \frac{T_{\max} - T_0}{\alpha ES} - \frac{l_9^2}{24\alpha} \left[\frac{\left(q_1 + g \frac{K_1}{T_0} \right)^2}{(T_{\max} + K_1)^2} - \frac{g^2}{T_0^2} \right],$$

где $t_1 = t_{\min} = -30^\circ\text{C}$ – минимальная температура;
 $T_{\max} = T_{\text{дн}} = 15.7 \text{ кН}$ – допустимое натяжение несущего троса;
 $24\alpha = 408 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ – коэффициент температурного расширения материала провода или проволоки, из которых изготовлен провод или трос [2. Таблица 23.4];
 $K = 9.8 \text{ кН}$ – номинальное натяжение контактного провода МФО-100;
 $g = 1.757 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$ – суммарная вертикальная нагрузка на трос;
 $t_{\text{сл}} = -5^\circ\text{C}$ – температура гололёдообразования;
 $\alpha ES = 0.204$;
 $l_9 = 60.5 \text{ м}$;

$$t_0 = -30 + \frac{15.7 - 10.435}{0.204} - \frac{60.5^2}{408 \cdot 10^{-6}} \cdot \left[\frac{\left(1.757 \cdot 10^{-2} + 1.757 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{9.8}{10.435} \right)^2}{(15.7 + 9.8)^2} - \frac{(1.757 \cdot 10^{-2})^2}{10.435^2} \right] = 10^\circ\text{C}$$

Методом подбора определяем натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода – $T_0 = 10.435 \text{ кН}$.

7.4. Определение натяжений несущего троса в зависимости от температуры для расчётного пролёта.

Для расчётов воспользуемся уравнением:

$$t_i := \left(t_1 - \frac{q_1^2 \cdot l_y^2}{24 \cdot \alpha \cdot T_1^2} + \frac{T_1}{\alpha ES} \right) + \frac{q_1^2 \cdot l_y^2}{24 \cdot \alpha \cdot T_i^2} - \frac{T_i}{\alpha ES} \quad [2. 23.12]$$

где $q_1 = g = 1.757 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$ – вес несущего троса и провода.

Подставляя в уравнение [2. 23.12] различные значения T_x , определяем соответствующие значения t_x , которые должны лежать в пределах заданного диапазона температур (от t_{\min} до t_{\max}).

При $T_4 = 10.435 \text{ кН}$

$$t_4 = \left[-30 - \frac{(1.757 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 60.5^2}{4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 15.7^2} + \frac{15.7}{0.204} \right] + \frac{(1.757 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 60.5^2}{4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 10.435^2} - \frac{10.435}{0.204} = 10^\circ\text{C}$$

$$t_i = \begin{pmatrix} -30 \\ -18.8 \\ -3.9 \\ 10 \\ 25.8 \\ 50 \end{pmatrix} \cdot ^\circ C \quad T_i = \begin{pmatrix} 15.7 \\ 14 \\ 12 \\ 10.435 \\ 9 \\ 7.4 \end{pmatrix} \cdot \text{eI}$$

7.5. Определение натяжений несущего троса при дополнительных нагрузках.

Режим гололёда с ветром.

$$q_i = q_z = 2.152 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м.}$$

$$q_i = q_v = 1.818 \cdot 10^{-2} \text{ кН/м} - \text{результатирующая нагрузка на трос М-95 при } v_{\max}.$$

Расчёт будем вести подбором. При $T_r = 13.19 \text{ кН}$.

$$t_{\hat{a}} = \left[-30 - \frac{(1.757 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 60.5^2}{4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 15.7^2} + \frac{15.7}{0.204} \right] + \frac{(2.152 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 60.5^2}{4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 13.19^2} - \frac{13.19}{0.204} = -5^\circ C$$

Режим максимального ветра. При $T_B = 11.14 \text{ кН}$.

$$t_{\hat{a}} = \left[-30 - \frac{(1.757 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 60.5^2}{4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 15.7^2} + \frac{15.7}{0.204} \right] + \frac{(1.818 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 60.5^2}{4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 11.14^2} - \frac{11.14}{0.204} = 5^\circ C$$

Полученные значения T_r и T_B отмечены точками на графике монтажных кривых.

7.6. Определение стрел провеса несущего троса и контактного провода для действительного пролёта.

Стрелу провеса несущего троса F_i определяем по формуле:

$$F_i = \frac{q_i}{g_i \cdot T_i} \cdot \left[\frac{g_i \cdot l^2}{8} + \frac{g_{pi} \cdot a^2}{2} + \frac{g_{ki} \cdot d^2}{2} + H_i \cdot b_i - K \cdot (f_i - e_i) \right] \quad [2. 23.5]$$

Стрелу провеса контактного провода f_i определяем по формуле:

$$f_i = \frac{g_i \cdot (l - 2 \cdot c)}{8 \cdot (T_i + K)} \cdot \left(1 - \frac{g \cdot T_i}{g_i \cdot T_o} \right) \quad [2. 23.7]$$

где $g_p = 2.32 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – нагрузка от силы тяжести рессорного троса;

$g_{зк} = 9.78 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – нагрузка от силы тяжести контактного провода и гололёда на нём;

$q_l = g = 1.757 \times 10^{-2} \text{ кН/м.}$ – нагрузка от силы тяжести контактной подвески;

$g_k = 8.73 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – нагрузка от контактного провода;

$H_0 = 0,2 \text{ кН}$ – натяжение рессорного троса;

$T_o = 9,76 \text{ кН}$

T_i – натяжение несущего троса;

$K = 9.8 \text{ кН}$ – натяжение контактного провода;

$a = 7 \text{ м}$

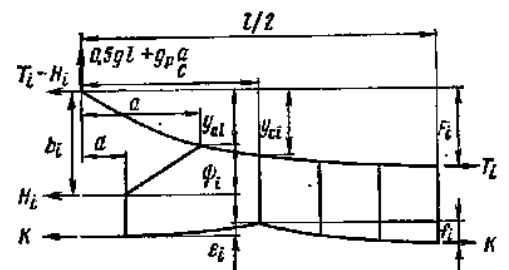
$b_i = 1 \text{ м}$

$c = 10 \text{ м}$

$d = 2 \text{ м}$

$e_i = 0$

$l = 70 \text{ м}$



$$f_1 = \frac{1.757 \cdot 10^{-2} \cdot (70 - 2 \cdot 10)^2}{8 \cdot (15.7 + 9.8)} \cdot \left(1 - \frac{15.7}{10.435}\right) = -0.1086 \cdot i$$

$$F_1 = \frac{1}{15.7} \cdot \left(\frac{1.757 \cdot 10^{-2} \cdot 70^2}{8} + \frac{2.32 \cdot 10^{-3}}{2} + \frac{8.73 \cdot 10^{-3} \cdot 2^2}{2} + 0.2 \cdot 1 + 9.8 \cdot 0.1086 \right) = 0.767 \cdot i$$

$$t_i = \begin{pmatrix} -30 \\ -18.8 \\ -3.9 \\ 10 \\ 25.8 \\ 50 \end{pmatrix} \cdot i^{\circ C} \quad T_i = \begin{pmatrix} 15.7 \\ 14 \\ 12 \\ 10.435 \\ 9 \\ 7.4 \end{pmatrix} \cdot i^{\circ C} \quad F_i = \begin{pmatrix} 0.767 \\ 0.839 \\ 0.946 \\ 1.052 \\ 1.176 \\ 1.361 \end{pmatrix} \cdot i \quad f = \begin{pmatrix} -0.1086 \\ -0.0788 \\ -0.0378 \\ 0 \\ 0.0402 \\ 0.0928 \end{pmatrix} \cdot i$$

7.7. Определение натяжения и стрелы провеса ненагруженного несущего троса.

Для расчёта температуры ненагруженного несущего троса от натяжения воспользуемся формулой [2. 23.13]:

$$t_i = \left(t_0 - \frac{g^2 \cdot l^2}{24\alpha \cdot T_0^2} + \frac{T_0}{\alpha ES} \right) + \frac{g_m^2 \cdot l^2}{24\alpha \cdot T_{pi}^2} - \frac{T_{pi}}{\alpha ES}$$

где $g_m = 8,34 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – нагрузка от силы тяжести несущего троса;

$g = 1,76 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$ – нагрузка от силы тяжести контактной подвески

$T_0 = 10.435 \text{ кН}$ – натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода;

$l = 70 \text{ м}$

$t_0 = 10^{\circ C}$

Для расчёта стрелы провеса ненагруженного несущего троса воспользуемся формулой:

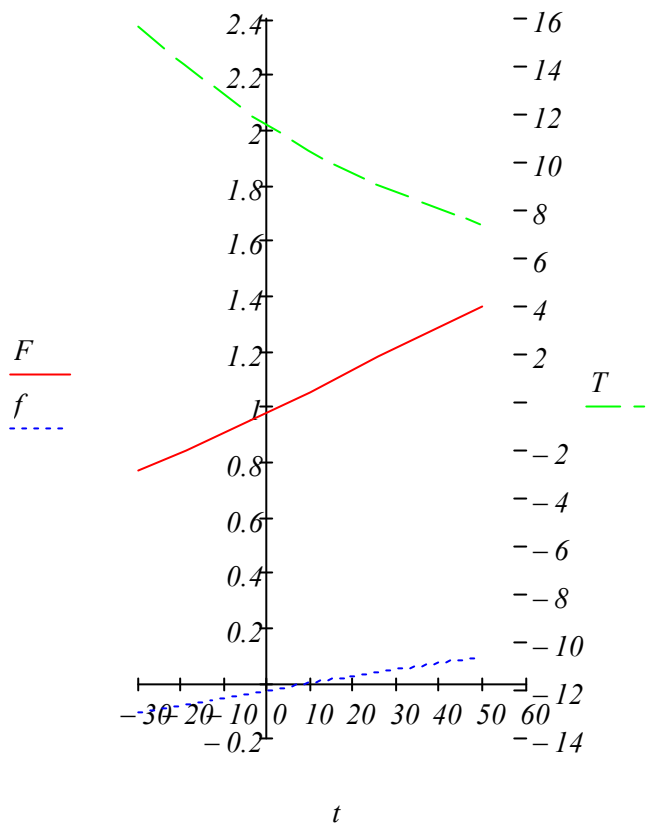
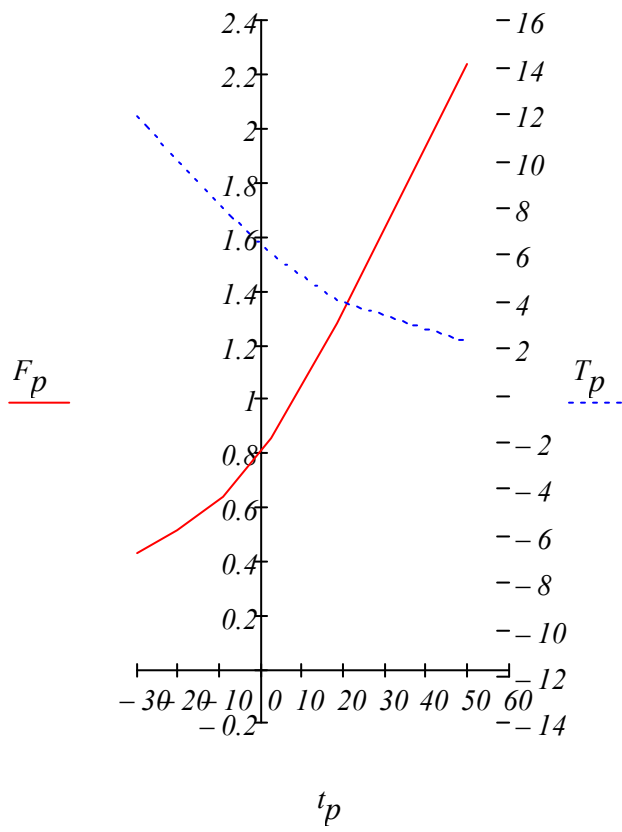
$$F_i = \frac{g_m \cdot l^2}{8 \cdot T_{pi}}$$

При $T_{pi} = 11.9 \text{ кН}$:

$$t_{pi} = \left[10 - \frac{(1.757 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 70^2}{4.08 \cdot 10^{-4} \cdot 10.435^2} + \frac{10.435}{0.204} \right] + \frac{(8.34 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 70^2}{24 \cdot \alpha \cdot 11.9^2} - \frac{11.9}{0.204} = -30^{\circ C}$$

$$F_{pi} = \frac{8.34 \times 10^{-3} \cdot 70^2}{8 \cdot 11.9} = 0.429 \cdot i$$

$$t_{pi} = \begin{pmatrix} -30 \\ -20.1 \\ -9.3 \\ 2.6 \\ 18.6 \\ 50 \end{pmatrix} \cdot i^{\circ C} \quad T_{pi} = \begin{pmatrix} 11.9 \\ 10 \\ 8 \\ 6 \\ 4 \\ 2.2795 \end{pmatrix} \cdot i^{\circ C} \quad F_{pi} = \begin{pmatrix} 0.429 \\ 0.511 \\ 0.639 \\ 0.851 \\ 1.277 \\ 2.241 \end{pmatrix} \cdot i$$



Подбор типовых опор для перегона.

8.1. Промежуточная опора. Режим максимального ветра.

Горизонтальная нагрузка от давления ветра на трос:

$$P_m = P_m \cdot l,$$

где $p_{em} = p_m = 6,2 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на метр троса при максимальном ветре,
 $l = 70 \text{ м}$ – длина пролета.

$$P_m = 6,2 \times 10^{-3} \times 70 = 0,434 \text{ кН},$$

Горизонтальная нагрузка от давления ветра на контактный провод:

$$P_k = P_{kv} \cdot l,$$

где $P_{kv} = p_{kp} = 6,25 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на контактный провод.

$$P_k = 6,25 \times 10^{-3} \times 70 = 0,438 \text{ кН},$$

Нагрузка от зигзага:

$$P_{из.к} = \frac{4 \cdot K \cdot a}{l}$$

$$P_{з.з} = \frac{4 \cdot 9,8 \cdot 0,3}{70} = 0,168 \cdot \text{ед}$$

где $K = 9,8 \text{ кН}$ – номинальное натяжение контактного провода МФ-100;

$a = 0,3 \text{ м}$ – величина зигзага;

Горизонтальная нагрузка от давления ветра на опору:

$$P = C_x \cdot \frac{V^2}{16} \cdot F_p$$

$$P = 0,7 \cdot \frac{22^2}{16} \cdot 2,212 \cdot 10^{-2} = 0,468 \cdot \text{ед}$$

где $C_x = 0,7$ – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления ветру для конических опор;

$V = v_{max} = 22 \text{ м/с}$ – скорость ветра;

расчётная площадь опоры:

$$F_p = 0,6 \cdot \left(\frac{a+b}{2} \right) \cdot h$$

$$F_p = 0,6 \cdot \left(\frac{0,29 + 0,44}{2} \right) \cdot 10,1 = 2,212 \cdot \text{ед}^2$$

где $a = 0,29 \text{ м}$ – размер сечения опоры в верхней части;

$b = 0,44 \text{ м}$ – размер сечения опоры на уровне земли;

$h = 10,1 \text{ м}$ – высота опоры.

вес подвески с изоляторами

$$G_n = g \cdot l + G_{из},$$

где $g = 1,76 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$ – суммарная вертикальная нагрузка на 1 метр троса;

$G_{из} = 0,3 \text{ кН}$ – вес гирлянды изоляторов.

$$G_n = 1,76 \times 10^{-2} \times 70 + 0,3 = 1,532 \text{ кН}.$$

$G_k = 0,5 \text{ кН}$ – сила тяжести консоли с тягой;

$Z_{\Pi} = 3,32 \text{ м}$ – плечо приложения силы тяжести контактной подвески;

$Z_K = 1,97 \text{ м}$ – плечо приложения силы тяжести консоли;

$h_m = 8,8 \text{ м}$ – высота несущего троса;

$h_{кп} = 7 \text{ м}$ – высота контактного провода.

Определяем изгибающий момент:

$$M_{\theta} = G_n \cdot Z_n + G_k \cdot Z_k + P \cdot \frac{h_{on}}{2} + (P_m + P_{из.м}) \cdot h_m + (P_k + P_{из.к}) \cdot h_{кп}$$

$$M_{\theta} = 1,532 \cdot 3,32 + 0,5 \cdot 1,97 + 0,619 \cdot \frac{10,1}{2} + (0,434 + 0) \cdot 8,8 + (0,438 + 0,206) \cdot 7 = 17,52 \text{ кНм}$$

Режим гололёда с ветром.

Горизонтальная нагрузка от давления ветра на трос при гололёде:

$$P_{m2} = P_{2л} \cdot l,$$

где $p_{эл} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ кН/м}$ – ветровая нагрузка на метр троса при максимальном ветре с гололёдом,

$l = 70 \text{ м}$ – длина пролета.

$$P_{мг} = 2,1 \times 10^{-3} \times 70 = 0,147 \text{ кН},$$

Горизонтальная нагрузка от давления ветра на контактный провод:

$$P_{\kappa} = P_{\kappa\kappa\kappa} \cdot l,$$

где ветровая нагрузка на контактный провод при ветре $v_{max} = 11 \text{ м/с}$ с гололёдом:

$$P_{\kappa\kappa\kappa} = p_{\kappa\kappa} = 0,615 \times 10^{-6} \times 1,04 v_{max}^2 C_x d_{\kappa},$$

$$P_{\kappa\kappa\kappa} = p_{\kappa\kappa} = 0,615 \times 10^{-6} \times 1,04 \times 11^2 \times 1,25 \times 12,71 = 1,23 \times 10^{-3} \text{ кН/м}.$$

$$P_{\kappa\kappa} = 1,23 \times 10^{-3} \times 70 = 8,61 \times 10^{-2} \text{ кН}$$

Нагрузка от зигзага:

$$P_{из.к} = \frac{4 \cdot K \cdot a}{l}$$

$$P_{из.к} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 0,3}{70} = 0,206 \text{ кН},$$

где $K = 12 \text{ кН}$ – допустимое натяжение контактного провода МФ-100;

$a = 0,3 \text{ м}$ – величина зигзага;

Горизонтальная нагрузка от давления ветра на опору при гололёде:

$$P_{\Gamma} = C_x \cdot \frac{V^2}{16} \cdot F_p$$

$$P_{\Gamma} = 0,7 \cdot \frac{11^2}{16} \cdot 2,212 \cdot 10^{-2} = 0,117 \text{ кН}$$

где $C_x = 0,7$ – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления ветру для конических опор;

$V = v_{max} = 11 \text{ м/с}$ – скорость ветра при гололёде;

расчётная площадь опоры:

$$F_p = 0,6 \cdot \left(\frac{a+b}{2} \right) \cdot h$$

$$F_p = 0,6 \cdot \left(\frac{0,29 + 0,44}{2} \right) \cdot 10,1 = 2,212 \text{ м}^2$$

где $a = 0,29 \text{ м}$ – размер сечения опоры в верхней части;

$b = 0,44 \text{ м}$ – размер сечения опоры на уровне земли;

$h = 10,1 \text{ м}$ – высота опоры.

вес контактной подвески с изоляторами

$$G_{нз} = g_{\kappa} \cdot l + G_{из},$$

где $g_{\kappa} = g_{общ} = 2,11 \times 10^{-2} \text{ кН/м}$ – суммарная вертикальная нагрузка на 1 метр троса с гололёдом;

$G_{из} = 0,3 \text{ кН}$ – вес гирлянды изоляторов.

$$G_{нз} = 2,11 \times 10^{-2} \times 70 + 0,3 = 1,777 \text{ кН}.$$

$G_{кз} = 0,87 \text{ кН}$ – сила тяжести консоли с тягой при гололёде;

$Z_{\Pi} = 3,32 \text{ м}$ – плечо приложения силы тяжести контактной подвески;

$Z_K = 1,97 \text{ м}$ – плечо приложения силы тяжести консоли;

$h_m = 8,8 \text{ м}$ – высота несущего троса;

$h_{КП} = 7 \text{ м}$ – высота контактного провода.

где $G_{нз} = l g_{общ} = 70 \times 2,11 \times 10^{-2} = 1,477 \text{ кН}$ – вертикальная нагрузка на метр троса покрытого гололёдом;

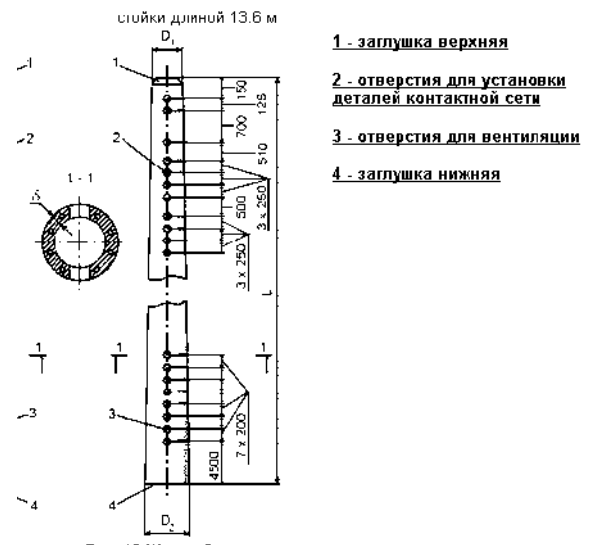
Определяем изгибающий момент:

$$M_z = 2G_{n2} \cdot Z_n + 2G_{к2} \cdot Z_k + P_z \cdot \frac{h_{on}}{2} + 2(P_{m2} + P_{из.м}) \cdot h_m + 2(P_{к2} + P_{из.к}) \cdot h_{кп}$$

$$M_z = 1.777 \cdot 3.32 + 0.87 \cdot 1.97 + 0.117 \cdot \frac{10.1}{2} + (0.147 + 0) \cdot 8.8 + (8.61 \cdot 10^{-2} + 0.206) \cdot 7 = 11.54 \quad \text{кНм}$$

Принимаем промежуточную опору на прямом участке пути: СС136.6-2. Нормативный допустимый изгибающий момент в УОФ – 59 кН·м, в уровне пяты консоли – 35 кН·м.

СС136.6-2 - стойка типа СС, длиной 13600 мм, толщиной стенки 60 мм, второй несущей способности - нормативным изгибающим моментом 59 кН (6,0 тсм). Для изготовления стоек применяется бетон особо низкой влагопроницаемости марки 500.



1.2. Переходная опора.

Режим максимального ветра.

$$M_{вн} = G_n \cdot (3.59 + 3.09) + G_k \cdot 1.9 + P \cdot 5.05 + (P_m - P_{из.ма}) \cdot 9 +$$

$$+ (P_m + P_{из.м}) \cdot 8.65 + (P_k + P_{из.к}) \cdot 7 + (P_k - P_{из.ка}) \cdot 7.35$$

где $G_n = 1.532 \text{ кН}$ – вертикальная нагрузка на метр;

$G_{к2} = 0,56 \text{ кН}$ – сила тяжести консоли с тягой;

$P = 0,619 \text{ кН}$ – горизонтальная нагрузка от давления ветра на опору;

$P_m = 6,2 \times 10^{-3} \times 55 = 0,341 \text{ кН}$ – горизонтальная нагрузка от давления ветра на трос;

$P_k = 6,25 \times 10^{-3} \times 55 = 0,344 \text{ кН}$ – ветровая нагрузка на контактный провод при ветре;

$P_{из.м} = 12 \times 0,25/50 = 0,06 \text{ кН}$ – нагрузка от изгиба несущего провода;

$P_{из.м.а} = T \times (G + z) / l = 12 \times (3,25 + 0,25) / 55 = 0,76 \text{ кН}$ – нагрузка от изгиба несущего провода на анкерровку;

$P_{из.к} = 4 \times 10 \times 0,3/50 = 0,24 \text{ кН}$ – нагрузка от изгиба контактного провода;

$P_{из.к.а} = 10 \times (3,25 + 3 \times 0,3) / 55 = 0,755$ – нагрузка от изгиба контактного провода на анкерровку;

Определим изгибающий момент на уровне УОФ

$$M_{вн} = 1.532 \cdot (3.59 + 3.09) + 0.56 \cdot 1.9 + 0.619 \cdot 5.05 + (0.341 - 0.76) \cdot 9 +$$

$$+ (0.341 + 0.06) \cdot 8.65 + (0.344 + 0.24) \cdot 7 + (0.344 - 0.755) \cdot 7.35 = 15.19 \quad \text{кНм}$$

Определим изгибающий момент на уровне пяты консоли:

$$M_{нв} = G_n \cdot (3.59 + 3.09) + G_k \cdot 1.9 + P_v \cdot 1.55 + (P_m - P_{из.ма}) \cdot 2 +$$

$$+ (P_m + P_{из.м}) \cdot 1.6 + (P_k + P_{из.к}) \cdot 0 + (P_k - P_{из.ка}) \cdot 0.35$$

$$P_v = C_x \cdot \frac{V^2}{16} \cdot F_{pv}$$

где

$$F_{pv} = 0.6 \cdot \left(\frac{a + c}{2} \right) \cdot 3.1$$

$$F_{pv} = 0.6 \cdot \left(\frac{0.29 + 0.34}{2} \right) \cdot 3.1 = 0.586 \quad \text{м}^2$$

$$P_{\text{в}} = 0.7 \cdot \frac{25.3^2}{16} \cdot 0.586 \cdot 10^{-2} = 0.0164 \quad \text{кН}$$

$$M_{\text{ен}} = 1.532 \cdot (3.59 + 3.09) + 0.56 \cdot 1.9 + 0.619 \cdot 1.55 + (0.341 - 0.76) \cdot 2 + \blacksquare \\ \blacksquare + (0.341 + 0.06) \cdot 1.6 + (0.344 + 0.24) \cdot 0 + (0.344 - 0.755) \cdot 0.35 = 11.92 \quad \text{кНм}$$

Режим гололёда с ветром.

$$M_{\text{эн}} = G_{\text{нз}} \cdot (3.59 + 3.09) + G_{\text{кз}} \cdot 1.9 + P_{\text{з}} \cdot 5.05 + (P_{\text{мз}} - P_{\text{из.ма}}) \cdot 9 + \blacksquare \\ \blacksquare + (P_{\text{мз}} + P_{\text{из.м}}) \cdot 8.65 + (P_{\text{кз}} + P_{\text{из.к}}) \cdot 7 + (P_{\text{кз}} - P_{\text{из.ка}}) \cdot 7.35$$

где $G_{\text{нз}} = 1.477 \text{ кН}$ – вертикальная нагрузка на метр троса покрытого гололёдом;

$G_{\text{кз}} = 0,87 \text{ кН}$ – сила тяжести консоли с тягой при гололёде;

$P_{\text{з}} = 0,117 \text{ кН}$ – горизонтальная нагрузка от давления ветра на опору при гололёде;

$P_{\text{мз}} = 0,147 \text{ кН}$ – горизонтальная нагрузка от давления ветра на трос при гололёде;

$P_{\text{кз}} = 8,61 \times 10^{-2} \text{ кН}$ – ветровая нагрузка на контактный провод при ветре с гололёдом;

$P_{\text{из.ма}} = T \times (\Gamma + z) / l = 12 \times (3,25 + 0,25) / 55 = 0,76 \text{ кН}$ – нагрузка от изгиба несущего провода на анкеровку;

$P_{\text{из.м}} = 12 \times 0,25 / 50 = 0,06 \text{ кН}$ – нагрузка от изгиба несущего провода;

$P_{\text{из.к}} = 4 \times 10 \times 0,3 / 50 = 0,24 \text{ кН}$ – нагрузка от изгиба контактного провода;

$P_{\text{из.ка}} = 10 \times (3,25 + 3 \times 0,3) / 55 = 0,755$ – нагрузка от изгиба контактного провода на анкеровку;

Определим изгибающий момент на уровне УОФ

$$M_{\text{эн}} = 1.477 \cdot (3.59 + 3.09) + 0.87 \cdot 1.9 + 0.177 \cdot 5.05 + (0.147 - 0.76) \cdot 9 + \blacksquare \\ + (0.147 + 0.06) \cdot 8.65 + (8.61 \cdot 10^{-2} + 0.24) \cdot 7 + (8.61 \cdot 10^{-2} - 0.755) \cdot 7.35 = 6.053 \quad \text{кНм}$$

Определим изгибающий момент на уровне пяты консоли:

$$M_{\text{нз}} = G_{\text{нз}} \cdot (3.59 + 3.09) + G_{\text{кз}} \cdot 1.9 + P_{\text{вз}} \cdot 1.55 + (P_{\text{мз}} - P_{\text{из.ма}}) \cdot 2 + \blacksquare \\ \blacksquare + (P_{\text{мз}} + P_{\text{из.м}}) \cdot 1.6 + (P_{\text{кз}} + P_{\text{из.к}}) \cdot 0 + (P_{\text{кз}} - P_{\text{из.ка}}) \cdot 0.35$$

где $P_{\text{вз}} = C_x \cdot \frac{V^2}{16} \cdot F_{\text{пв}}$

$$F_{\text{пв}} = 0.6 \cdot \left(\frac{a + c}{2} \right) \cdot 3.1$$

$$F_{\text{пв}} = 0.6 \cdot \left(\frac{0.29 + 0.34}{2} \right) \cdot 3.1 = 0.586 \quad \text{м}^2$$

$$P_{\text{в}} = 0.7 \cdot \frac{11^2}{16} \cdot 0.586 \cdot 10^{-2} = 0.031 \quad \text{кН}$$

$$M_{\text{нз}} = 1.477 \cdot (3.59 + 3.09) + 0.87 \cdot 1.9 + 0.177 \cdot 1.55 + (0.147 - 0.76) \cdot 2 + \blacksquare \\ \blacksquare + (0.147 + 0.06) \cdot 1.6 + (8.61 \cdot 10^{-2} + 0.24) \cdot 0 + (8.61 \cdot 10^{-2} - 0.755) \cdot 0.35 = 10.67 \quad \text{кНм}$$

Принимаем промежуточную опору на прямом участке пути: СС136.6-2. Нормативный допустимый изгибающий момент в УОФ – 59 кН · м, в уровне пяты консоли – 35 кН · м.

8.3. Промежуточная опора в кривой.

Режим максимального ветра

$$M_{\text{кв}} = G_{\text{н}} \cdot 3.17 + G_{\text{к}} \cdot 1.9 + P \cdot 5.05 + (P_{\text{м}} + P_{\text{из.м}}) \cdot 8.3 + (P_{\text{к}} + P_{\text{из.к}}) \cdot 6.5$$

где $G_{\text{н}} = 1,76 \times 10^{-2} \times 64 + 0,3 = 1,426 \text{ кН}$ – вертикальная нагрузка контактной подвески;

$G_{\text{кз}} = 0,56 \text{ кН}$ – сила тяжести консоли с тягой;

$P = 0,619 \text{ кН}$ - горизонтальная нагрузка от давления ветра на опору;

$P_m = 6,2 \times 10^{-3} \times 55 = 0,341 \text{ кН}$ - горизонтальная нагрузка от давления ветра на трос;

$P_{\kappa} = 6,25 \times 10^{-3} \times 55 = 0,344 \text{ кН}$ - ветровая нагрузка на контактный провод при ветре;

$P_{из.т} = T l / R = 14,5 \times 64 / 800 = 1,16 \text{ кН}$ - нагрузка от изгиба несущего провода;

$P_{из.к} = 10 \times 64 / 800 = 0,8 \text{ кН}$ - нагрузка от изгиба контактного провода;

Определим изгибающий момент на уровне УОФ

$$M_{кв} = 1,4126 \cdot 3,17 + 0,56 \cdot 1,9 + 0,619 \cdot 5,05 + (0,341 + 1,16) \cdot 8,3 + (0,344 + 0,8) \cdot 6,5 = 28,56 \text{ кНм}$$

Режим гололёда с ветром.

$$M_{к2} = G_n \cdot 3,17 + G_{\kappa} \cdot 1,9 + P \cdot 5,05 + (P_{т.2} + P_{из.т}) \cdot 8,3 + (P_{\kappa.2} + P_{из.к}) \cdot 6,5$$

где $G_{n2} = 2,11 \times 10^{-2} \times 64 + 0,3 = 1,65 \text{ кН}$. – вертикальная нагрузка на метр троса покрытого гололёдом;

$G_{к2} = 0,87 \text{ кН}$ – сила тяжести консоли с тягой при гололёде;

$P_2 = 0,117 \text{ кН}$ - горизонтальная нагрузка от давления ветра на опору при гололёде;

$P_{т2} = 0,147 \text{ кН}$ - горизонтальная нагрузка от давления ветра на трос при гололёде;

$P_{к2} = 8,61 \times 10^{-2} \text{ кН}$ - ветровая нагрузка на контактный провод при ветре с гололёдом;

$P_{из.т} = 14,5 \times 64 / 800 = 1,16 \text{ кН}$ - нагрузка от изгиба несущего провода;

$P_{из.к} = 10 \times 64 / 800 = 0,8 \text{ кН}$ – нагрузка от изгиба контактного провода;

Определим изгибающий момент на уровне УОФ

$$M_{к2} = 1,65 \cdot 3,17 + 0,87 \cdot 1,9 + 0,117 \cdot 5,05 + (0,147 + 1,16) \cdot 8,3 + (8,61 \cdot 10^{-2} + 0,8) \cdot 6,5 = 24,08 \text{ кНм}$$

Принимаем промежуточную опору в кривом участке пути: СС136.6-2. Нормативный допустимый изгибающий момент в УОФ – 59 кН·м, в уровне пяты консоли – 35 кН·м.

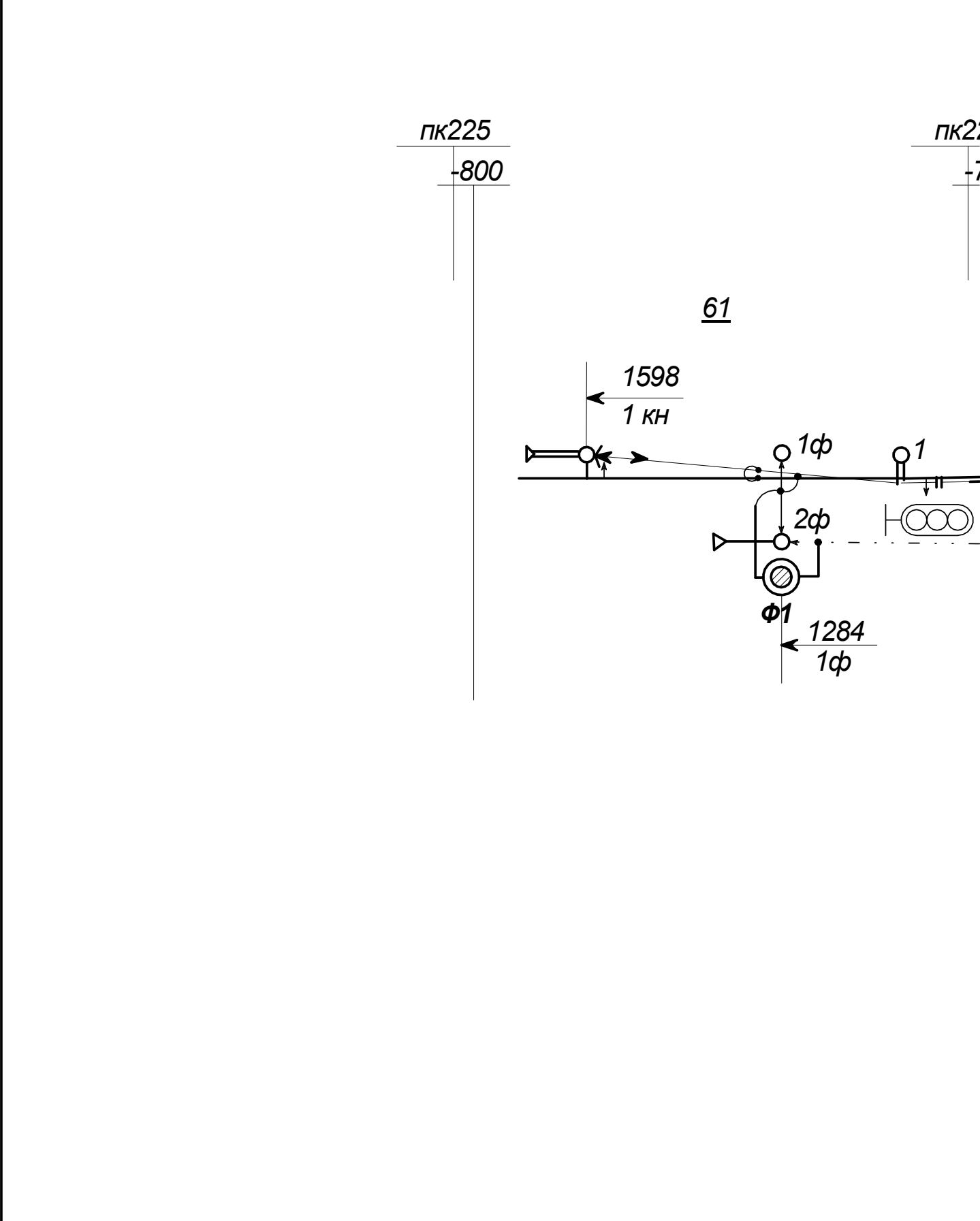
Анкерная опора.

В качестве анкерных опор принимаем опоры СС133.6-3. Нормативный допустимый изгибающий момент в УОФ – 79 кН·м, в уровне пяты консоли – 47 кН·м.

Литература:

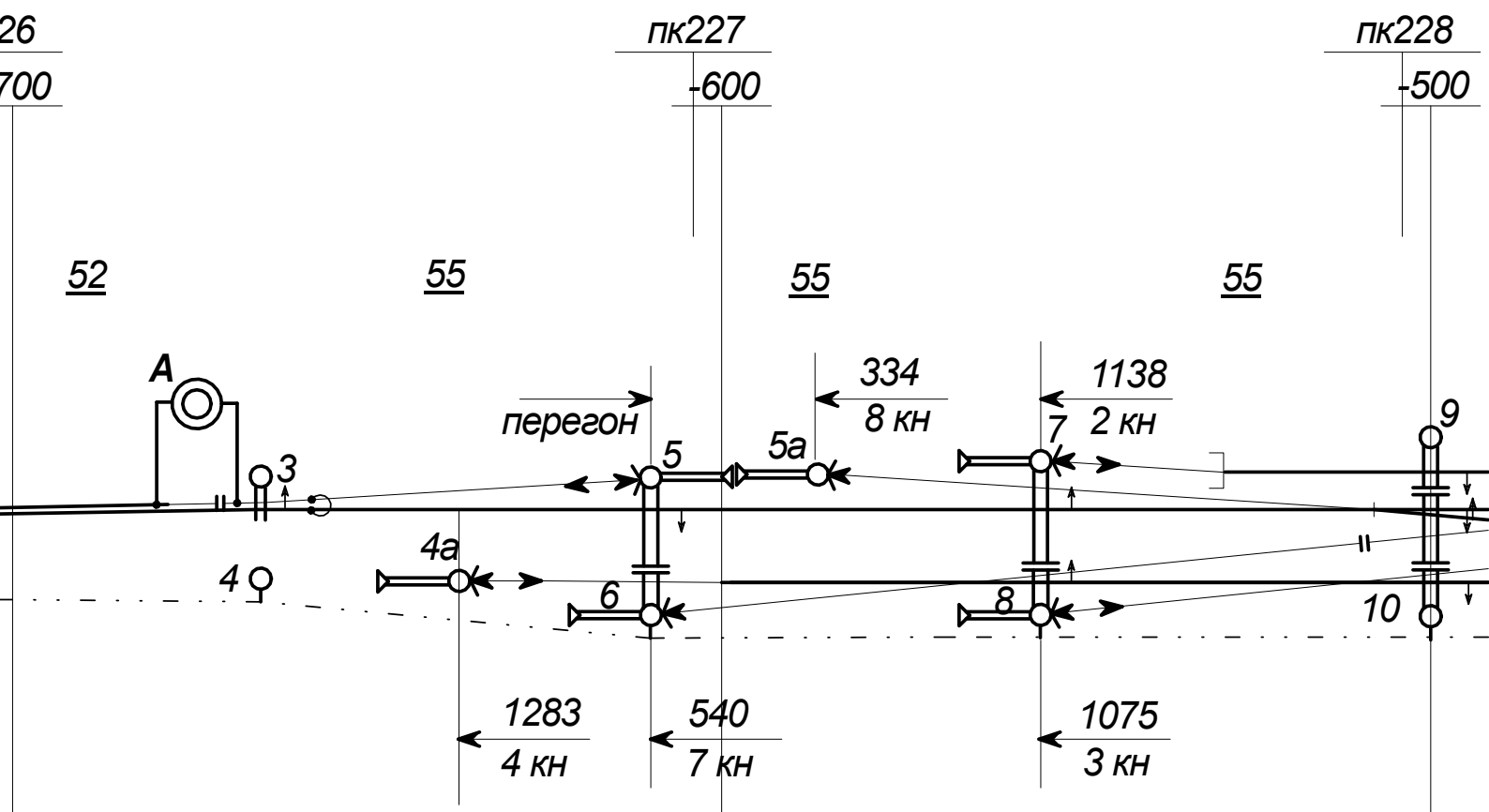
1. Марквардт К.Г. Контактная сеть. М.: Транспорт, 1994.
2. Фрайфельд А. В. Проектирование контактной сети. М. Транспорт, 1984.
3. Контактные сети и линии электропередачи. М. пособие и задание на курсовой проект. М., РГОТУПС 2004.
4. Михеев В. П. Контактные сети и линии электропередачи. М.: Маршрут, 2003.

№ опор		1φ	1
Габарит опор	3.1	3.1	3.1
пикетаж опор	$\frac{26}{74}$	$\frac{64}{36}$	$\frac{87}{13}$
Несущая способность опор типа СС136.6	3	2	2



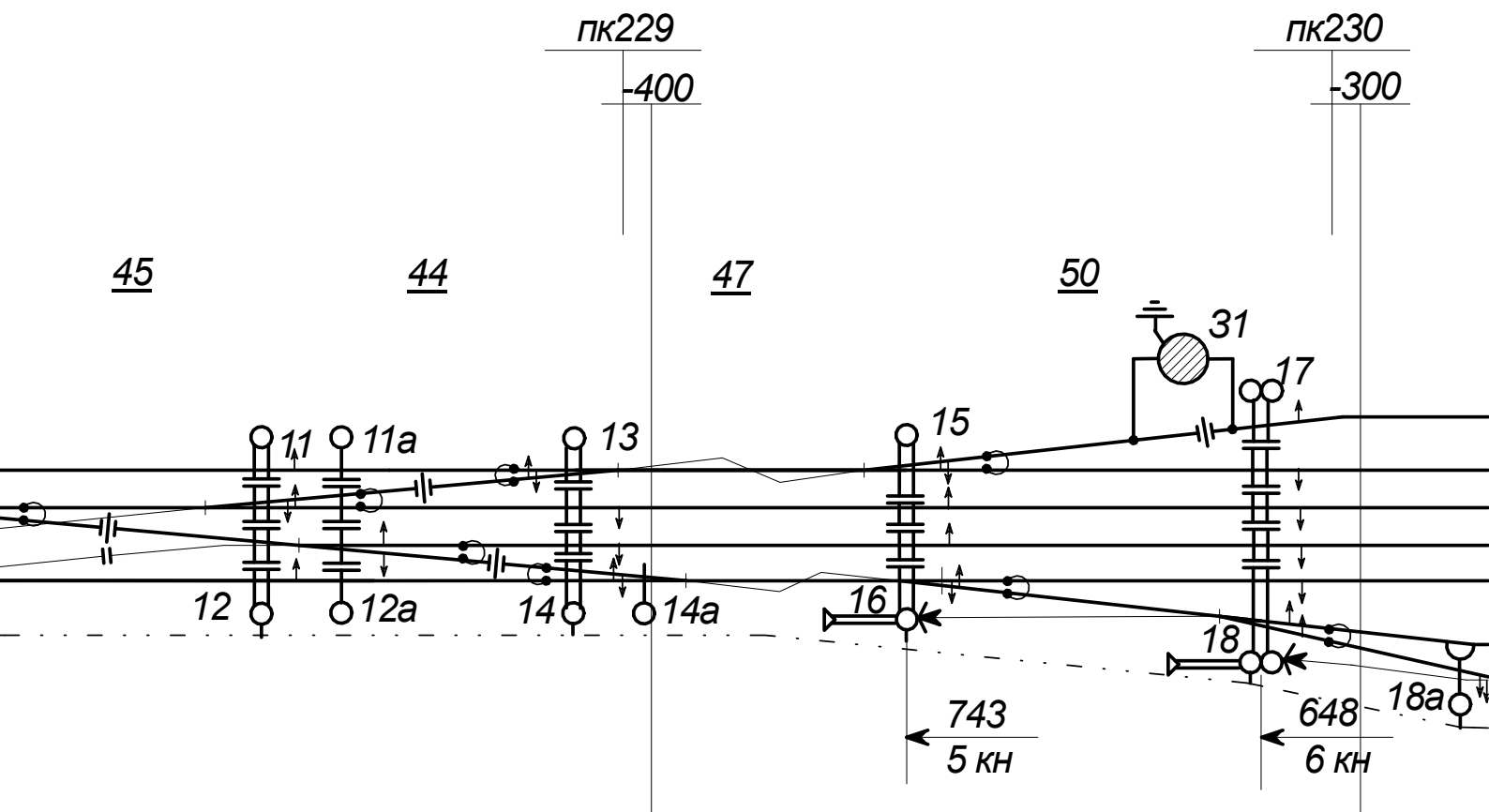
№ опор		2φ	
Габарит опор		3.1	
пикетаж опор		$\frac{64}{36}$	
Несущая способность опор типа СС136.6		2	

3	5	5a	7	9
39.1	3.1	3.1	8.4	3.1
$\frac{39.1}{6}$	$\frac{94}{6}$	$\frac{173}{83}$	$\frac{498.4}{51}$	$\frac{4194}{2}$
2	3	3	3	2

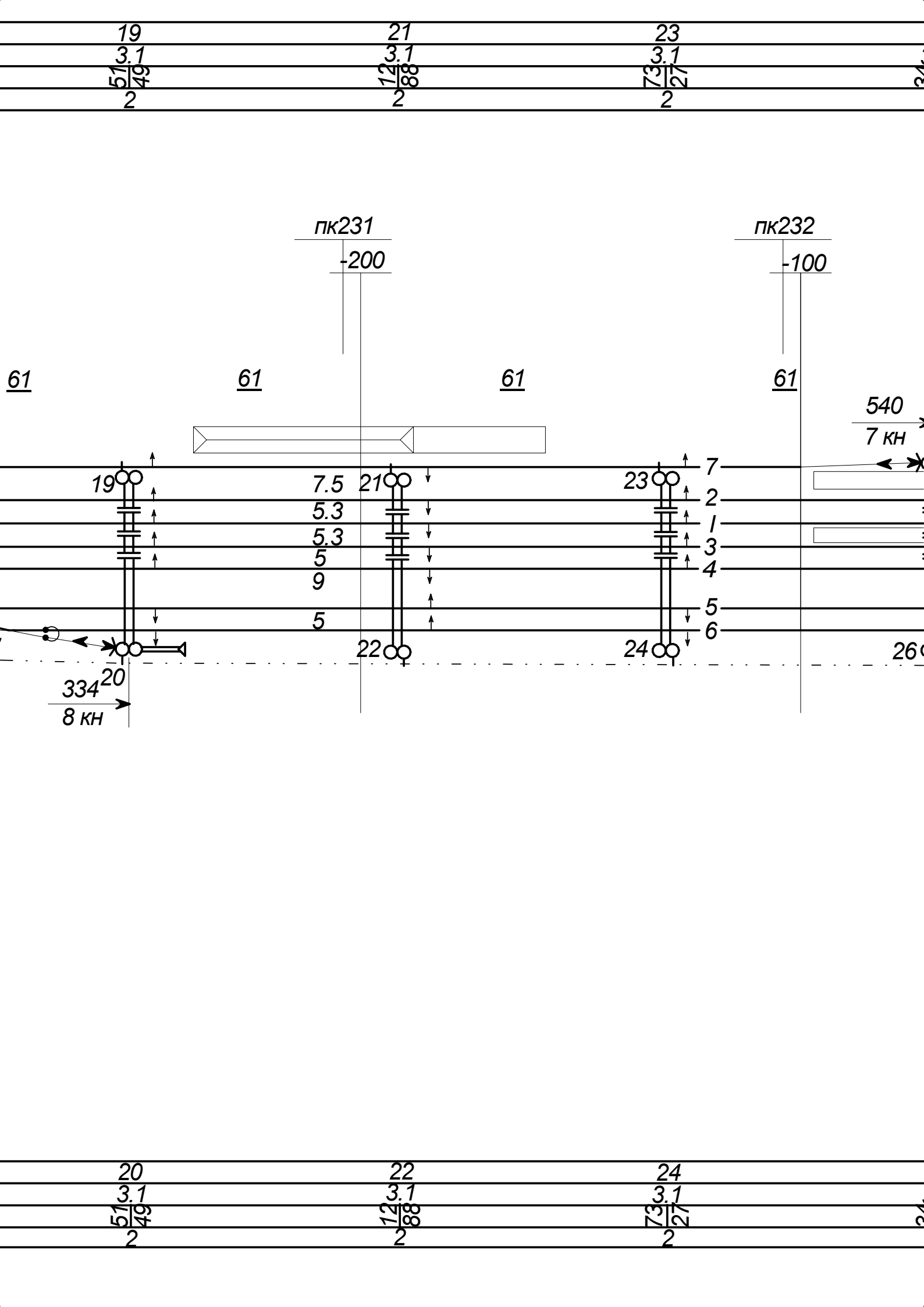


4	4a	6	8	10
3.1	3.1	3.1	8.4	3.1
$\frac{39.1}{6}$	$\frac{39.1}{6}$	$\frac{94}{6}$	$\frac{498.4}{51}$	$\frac{4194}{2}$
2	3	3	3	2

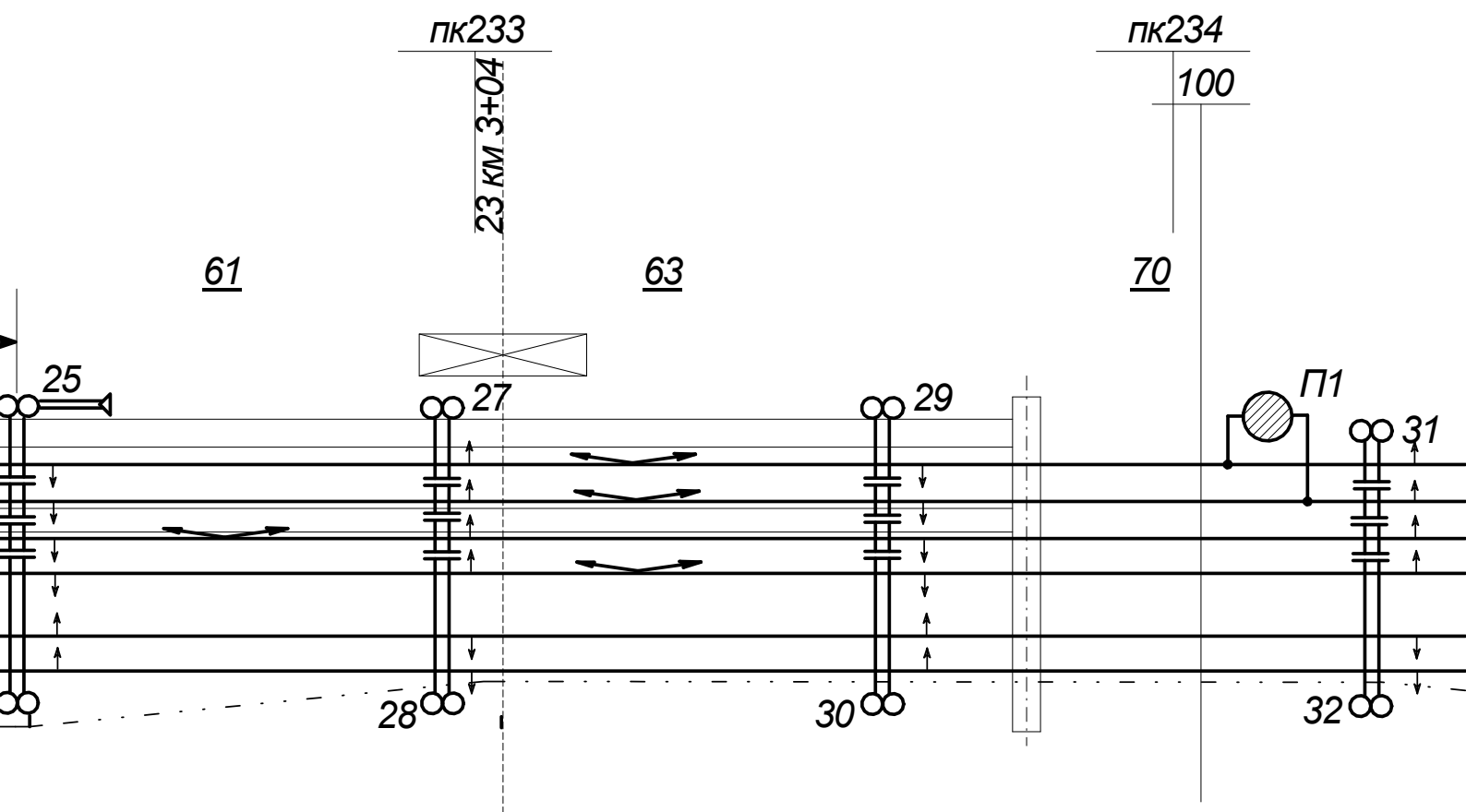
11	11a	13	15	17
3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
$\frac{49}{51}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{93}{17}$	$\frac{40}{60}$	$\frac{90}{10}$
2	2	2	2	2



12	12a	14	14a	16	18	18a
3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
$\frac{49}{51}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{93}{17}$	$\frac{93}{17}$	$\frac{40}{60}$	$\frac{90}{10}$	$\frac{90}{10}$
2	2	2	2	2	2	2



25	27	29	31
3.1	3.1	3.1	3.1
54.66	95.5	58.42	28.72
3	2	2	2



26	28	30	32
3.1	3.1	3.1	3.1
54.66	95.5	58.42	28.72
3	2	2	2

33
3.1
98.1
2

35
3.1
68.1
2

37
3.1
38.1
2

ПК235

200

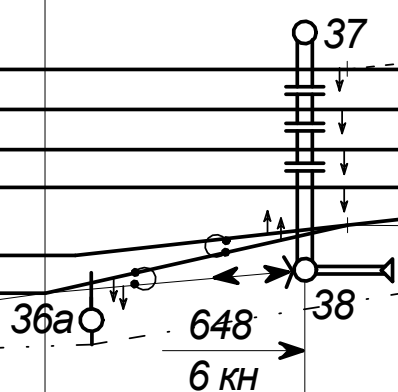
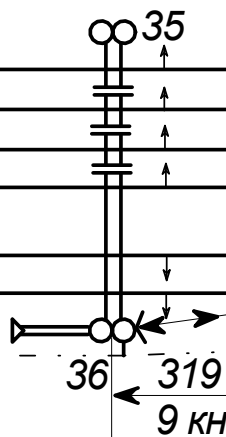
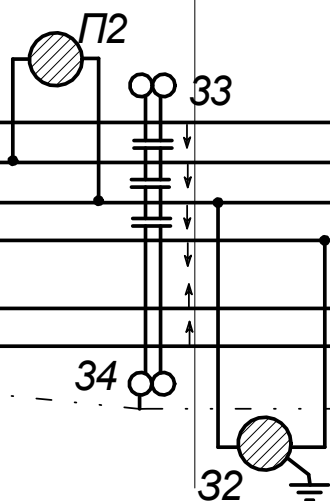
ПК236

300

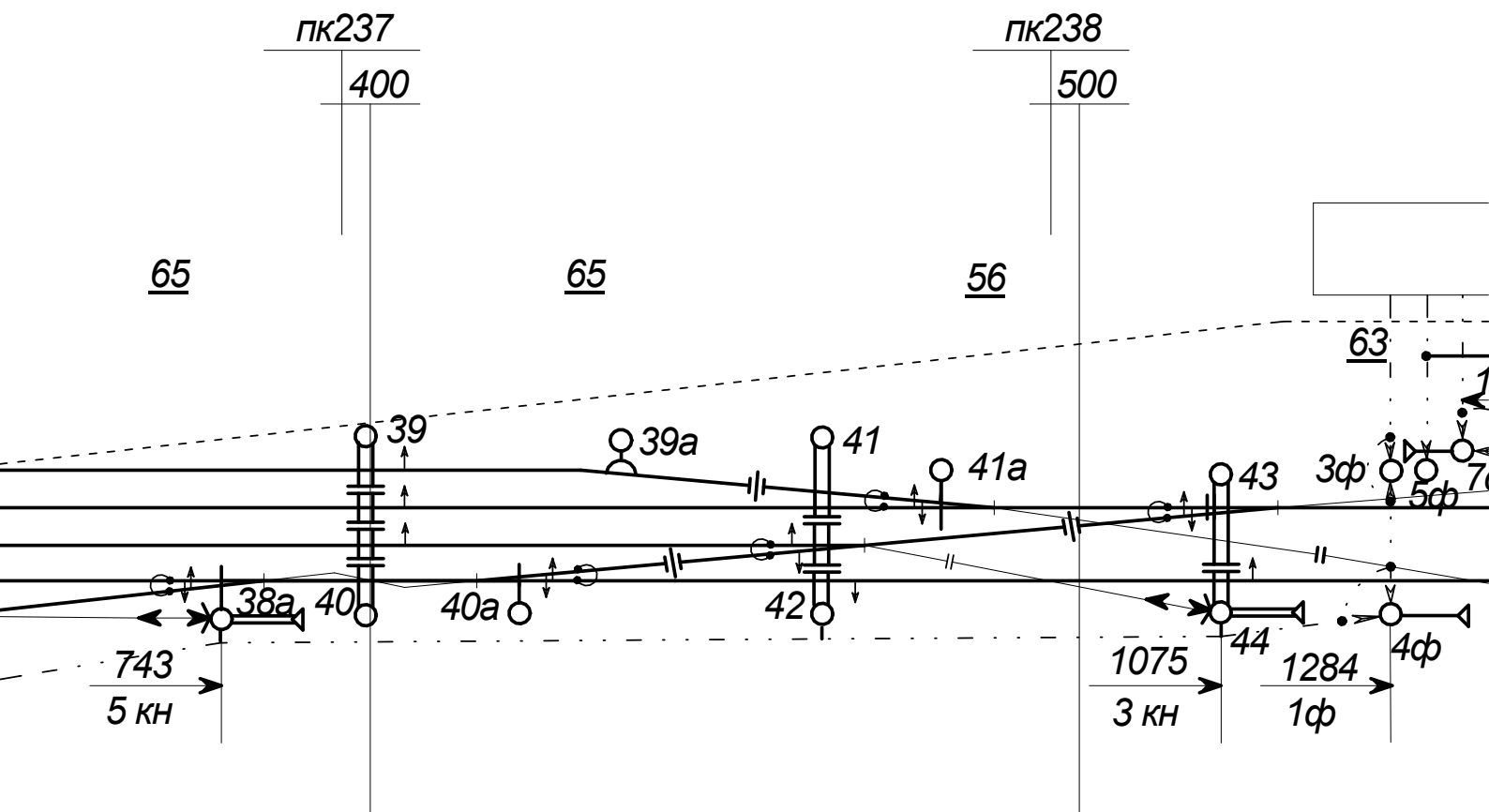
70

70

70

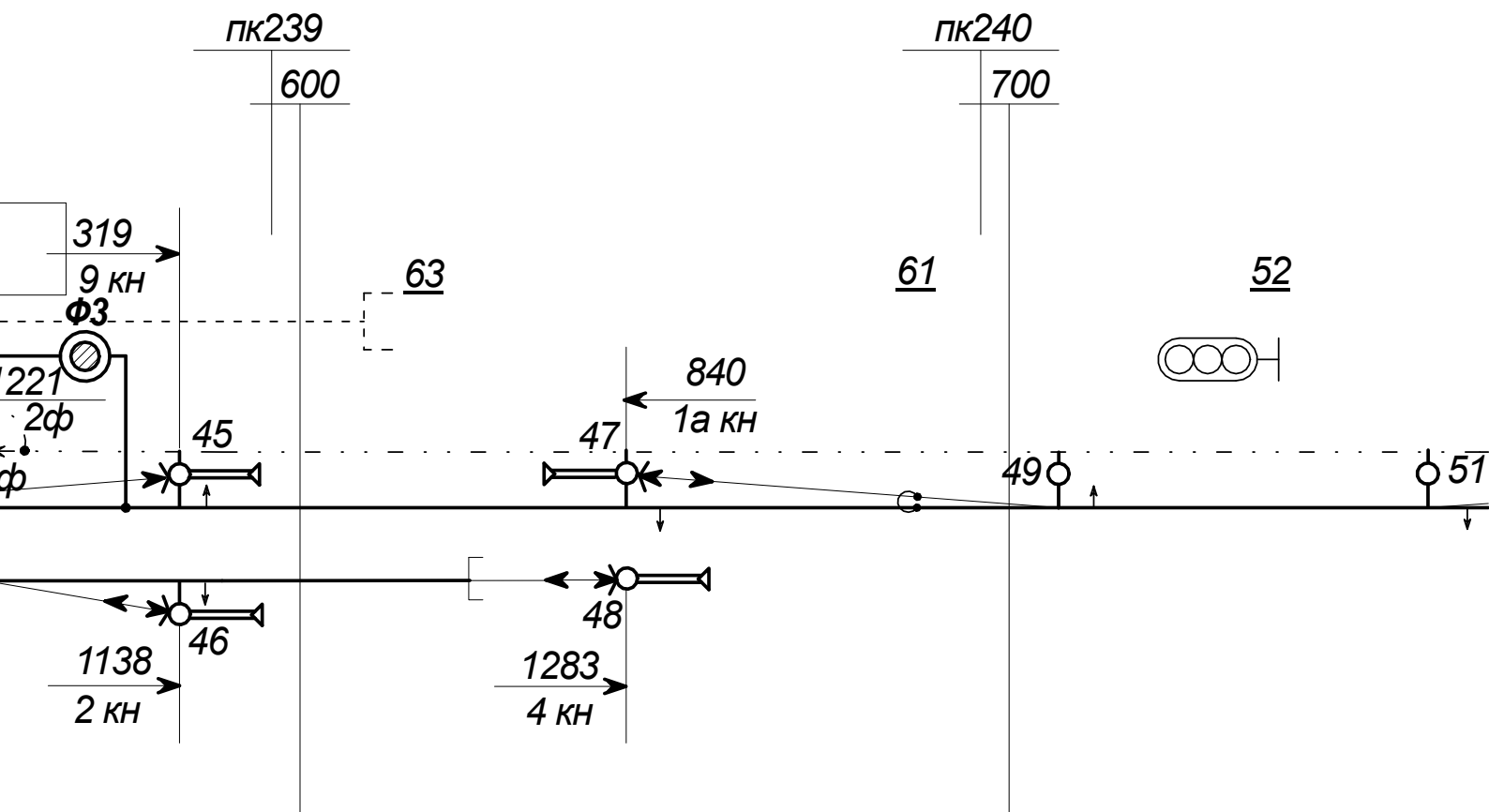


39	39a	41	41a	43	3φ	5φ
3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{68}{32}$	$\frac{85}{15}$	$\frac{24}{76}$	$\frac{48}{52}$	$\frac{51}{49}$
2	2	2	2	2	2	2



38a	40	40a	42	44	4φ
3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
$\frac{38}{62}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{68}{32}$	$\frac{24}{76}$	$\frac{48}{52}$
2	2	2	2	2	2

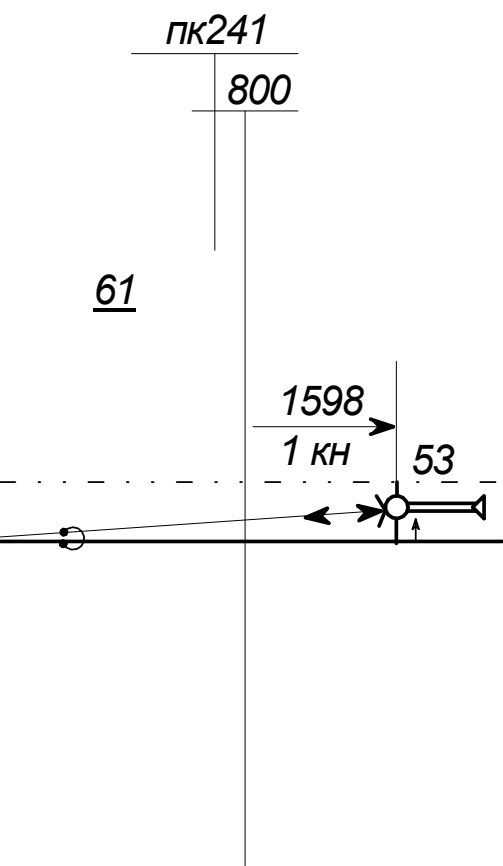
07φ	45	47	49	51
3.8	3.1	3.1	3.1	3.5
54	87	50	11	63
46	13	50	89	37
2	3	3	2	2



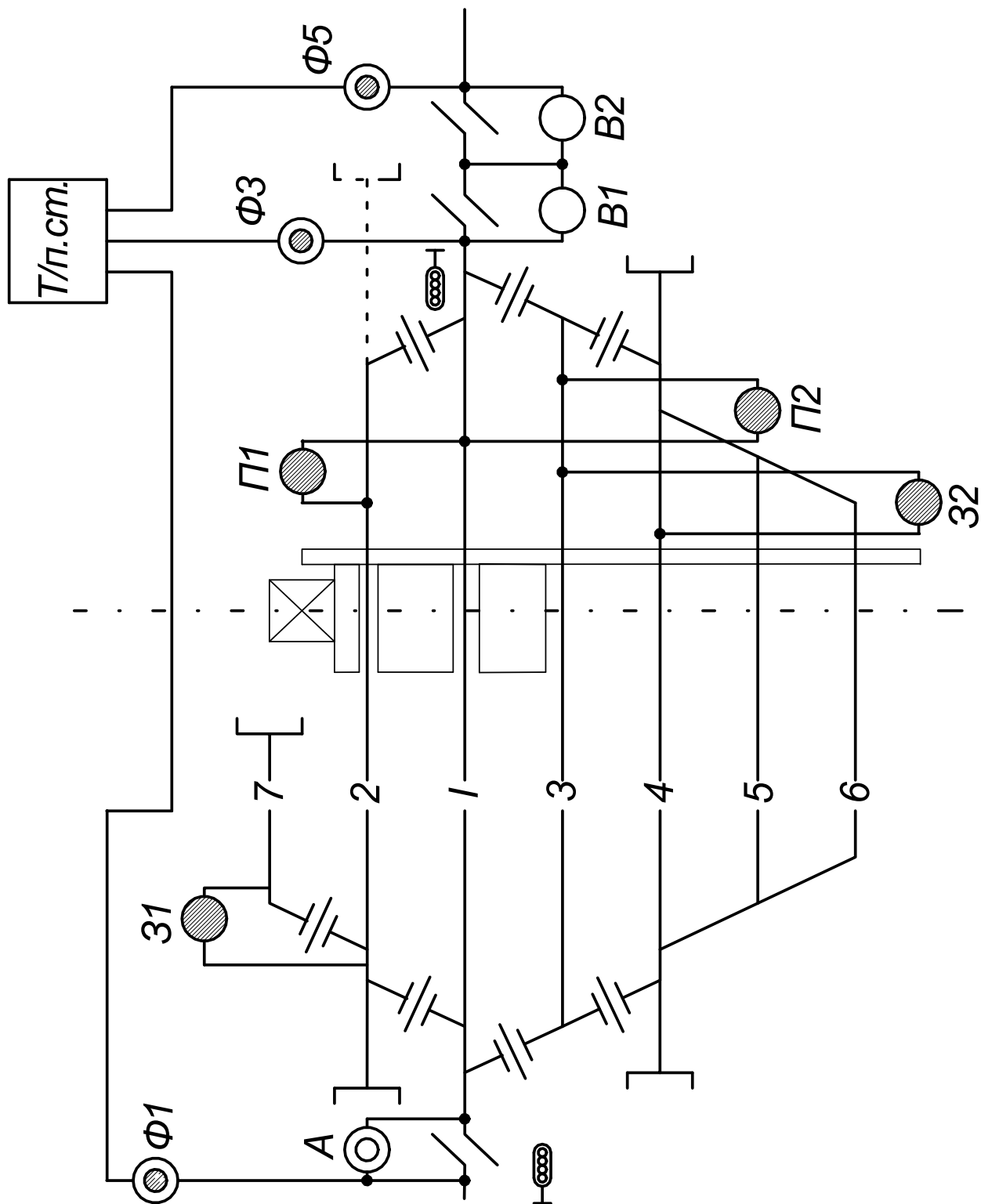
46	48
3.1	3.1
87	50
13	50
3	3

Изм.	Лист	Недокум.
Разраб	Курин	
Провер	Мельник	
Т.контр		
Н.контр		
Утв.		

53
243.5
2476
3



			КП.0610-ЭНС-2089.03		
м	Подп.	Дата	Трассировка контактной сети и питающих линий	Лит	Масса
ков				у	1:1000
				Лист 1	Листов 2
				РОАТ	



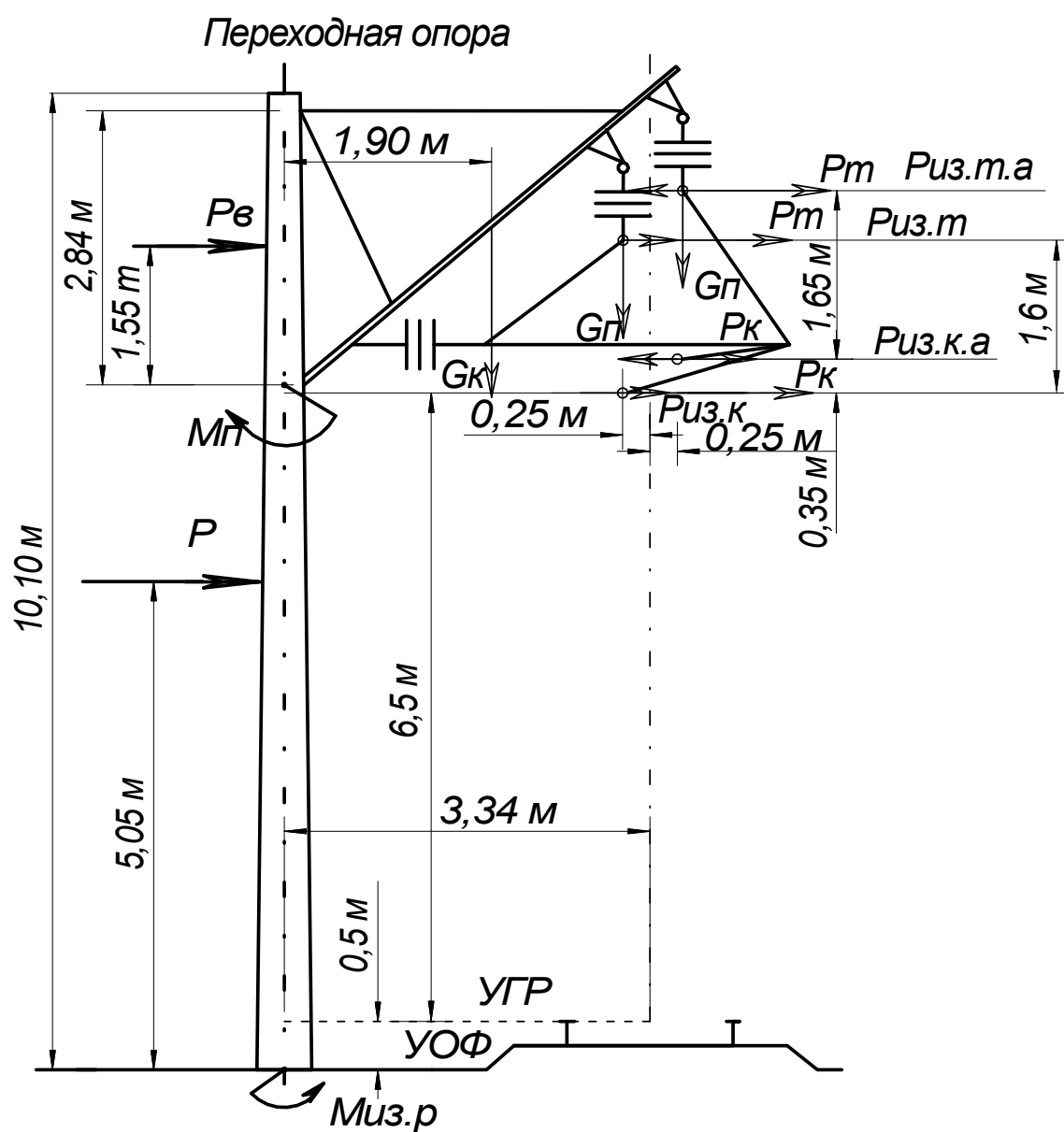
КП.0610-ЭНС-2089.01

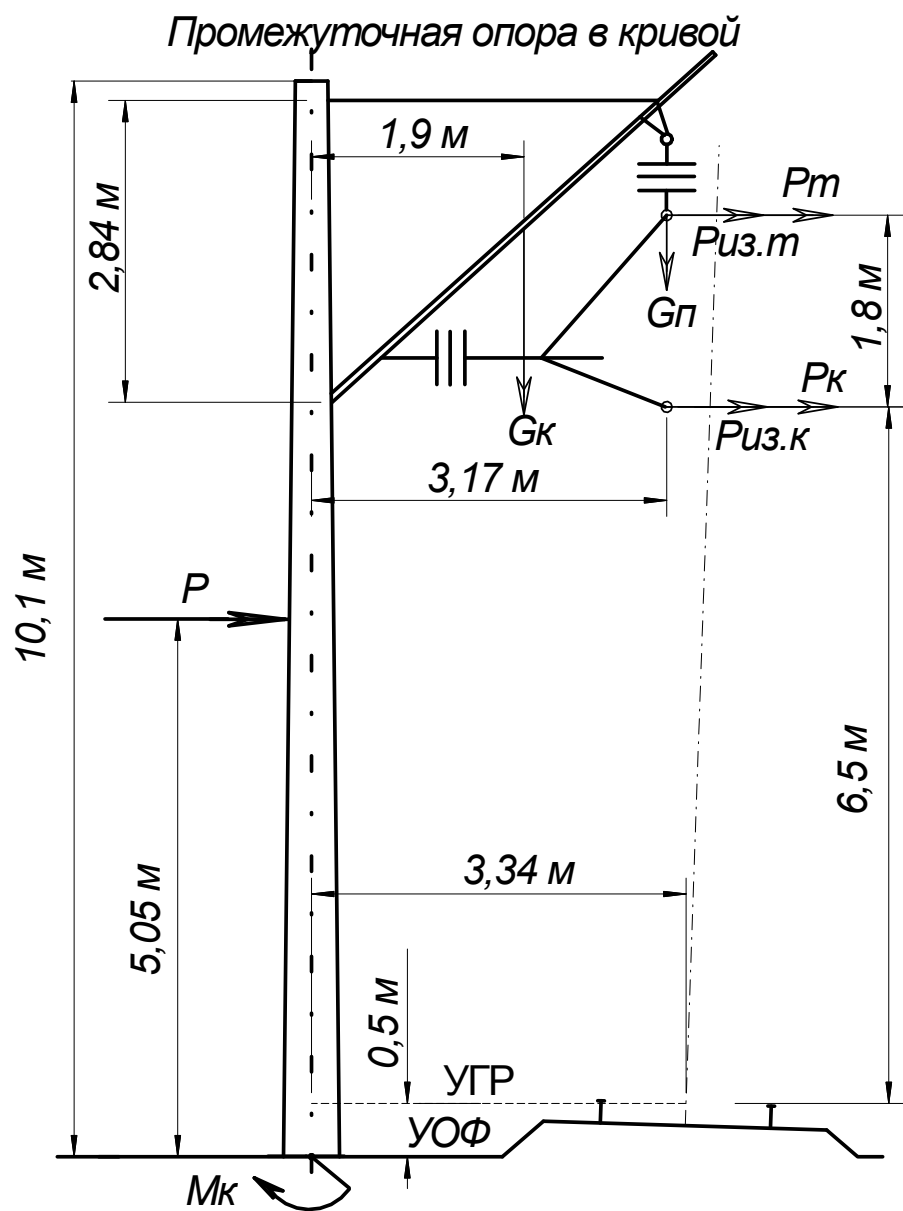
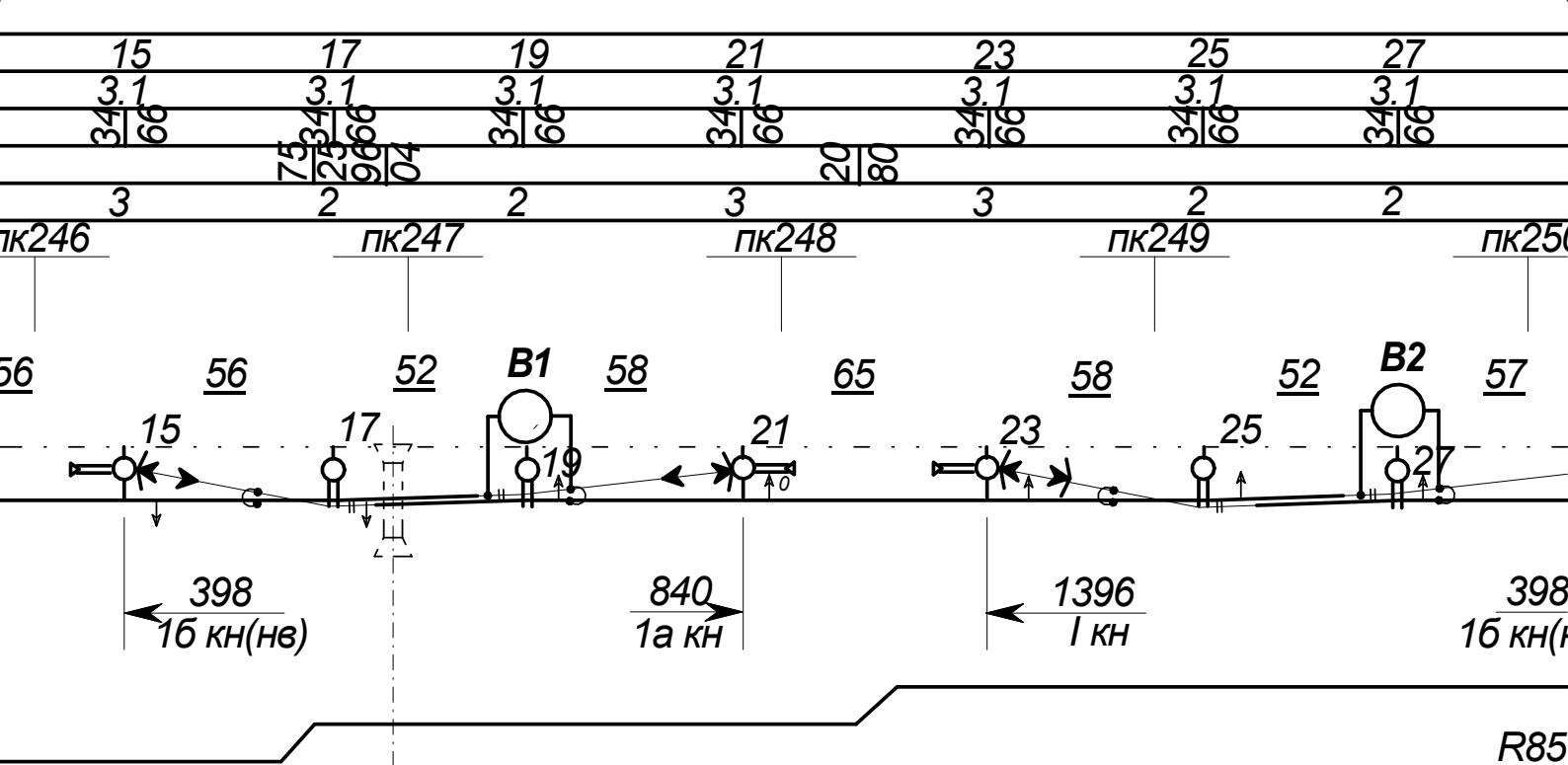
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата
Разраб	Курин			
Провер.	Мельников			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

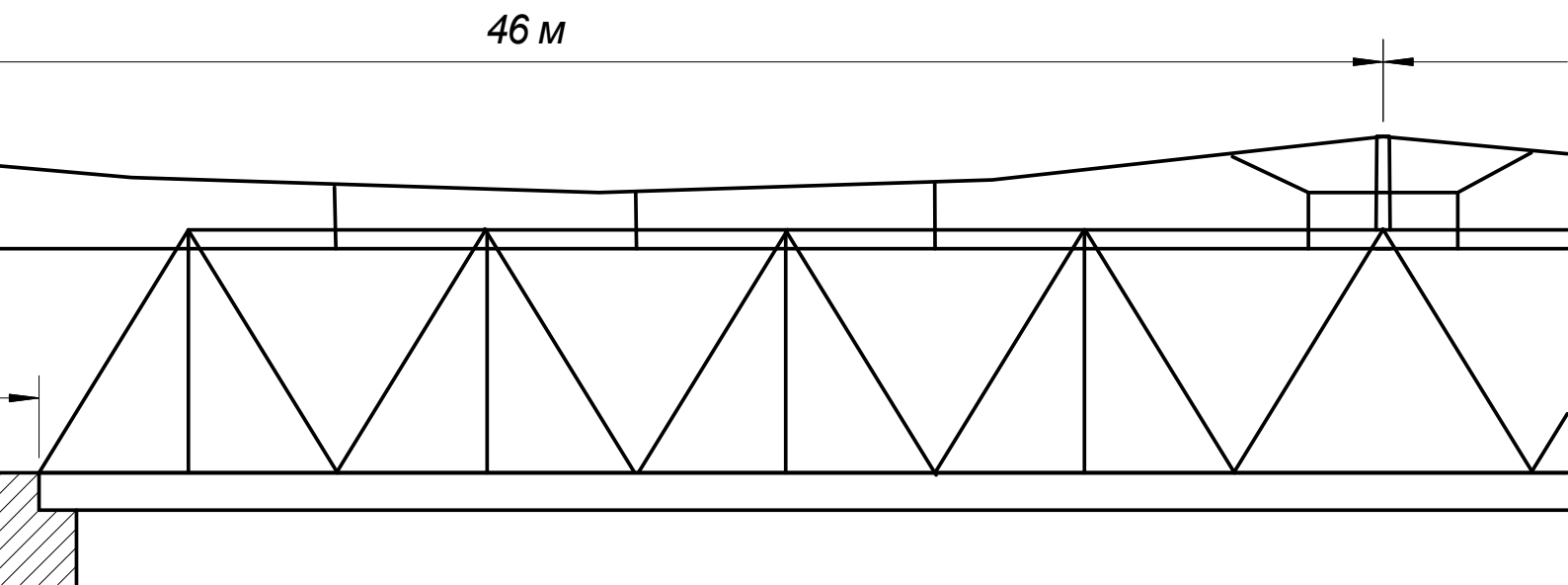
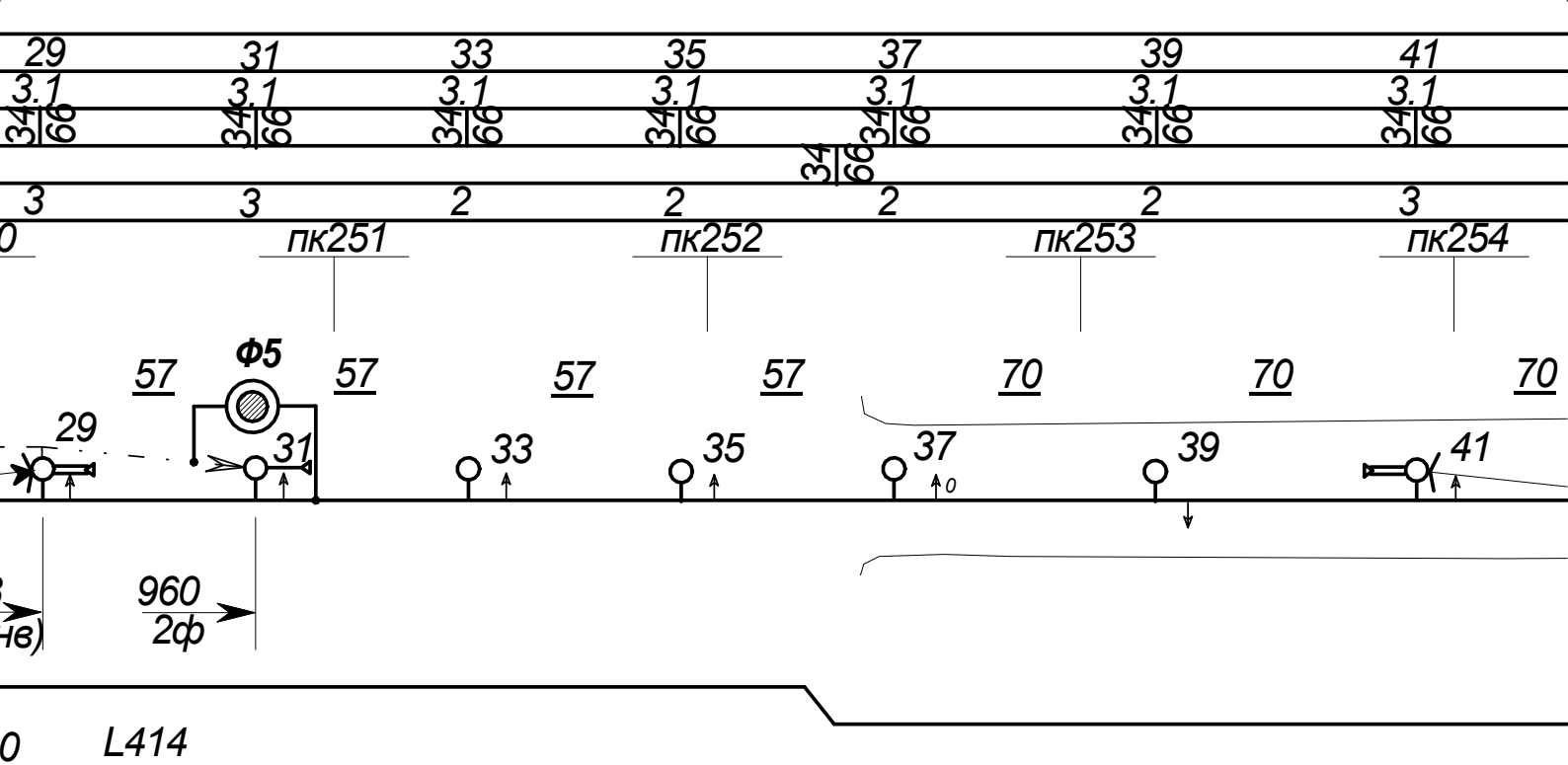
Схема питания и
секционирования
контактной сети

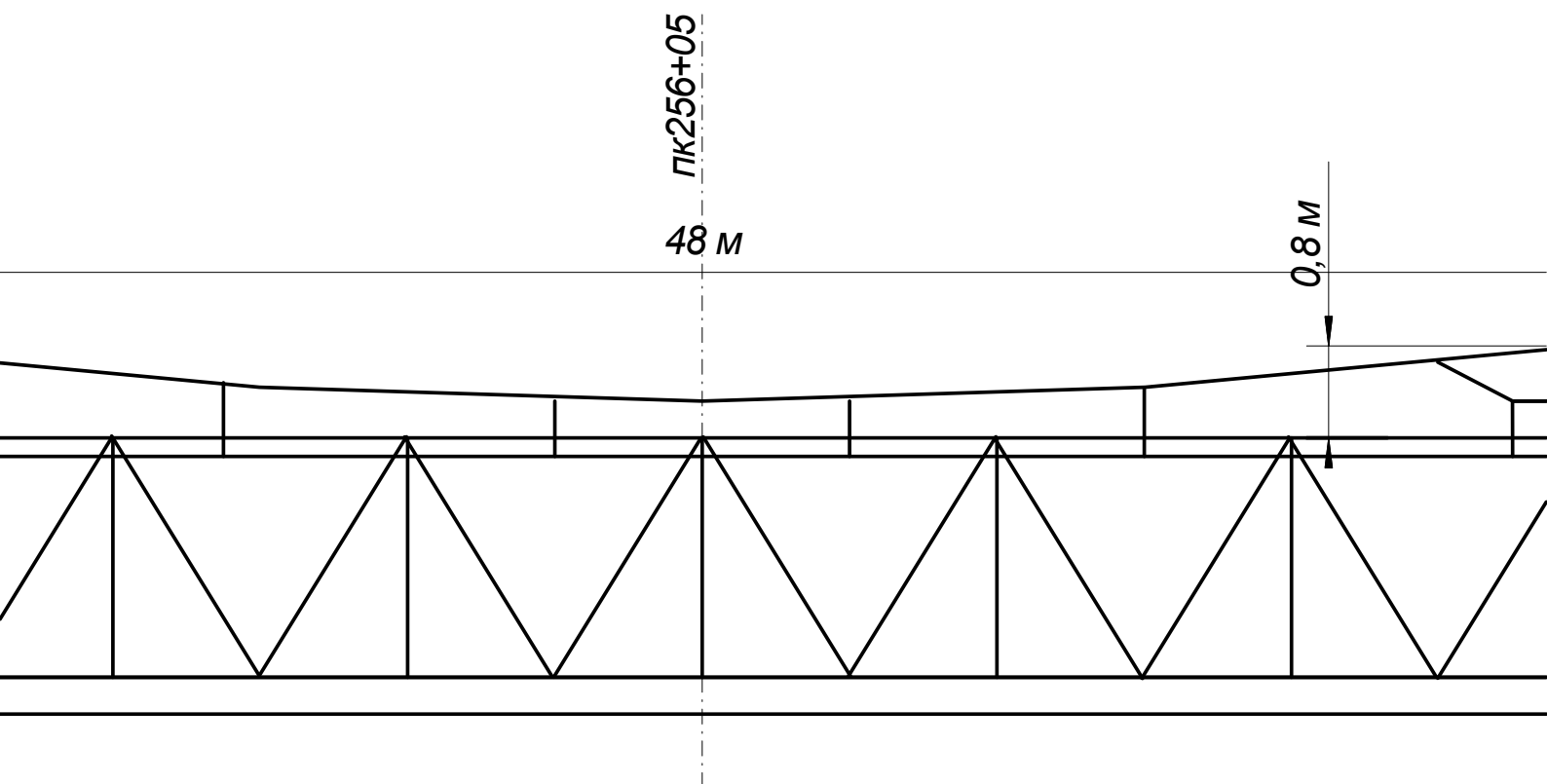
Лист	Масса	Масшт
у		
Лист	Листов	

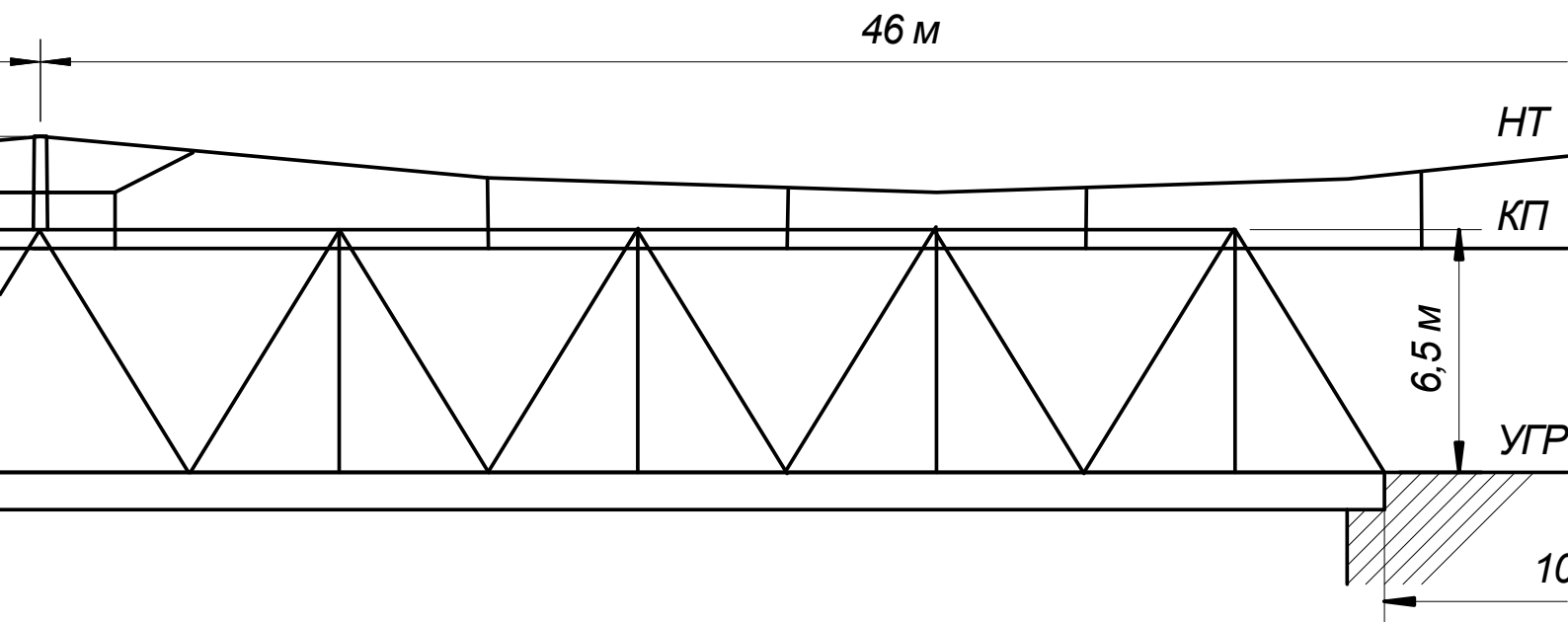
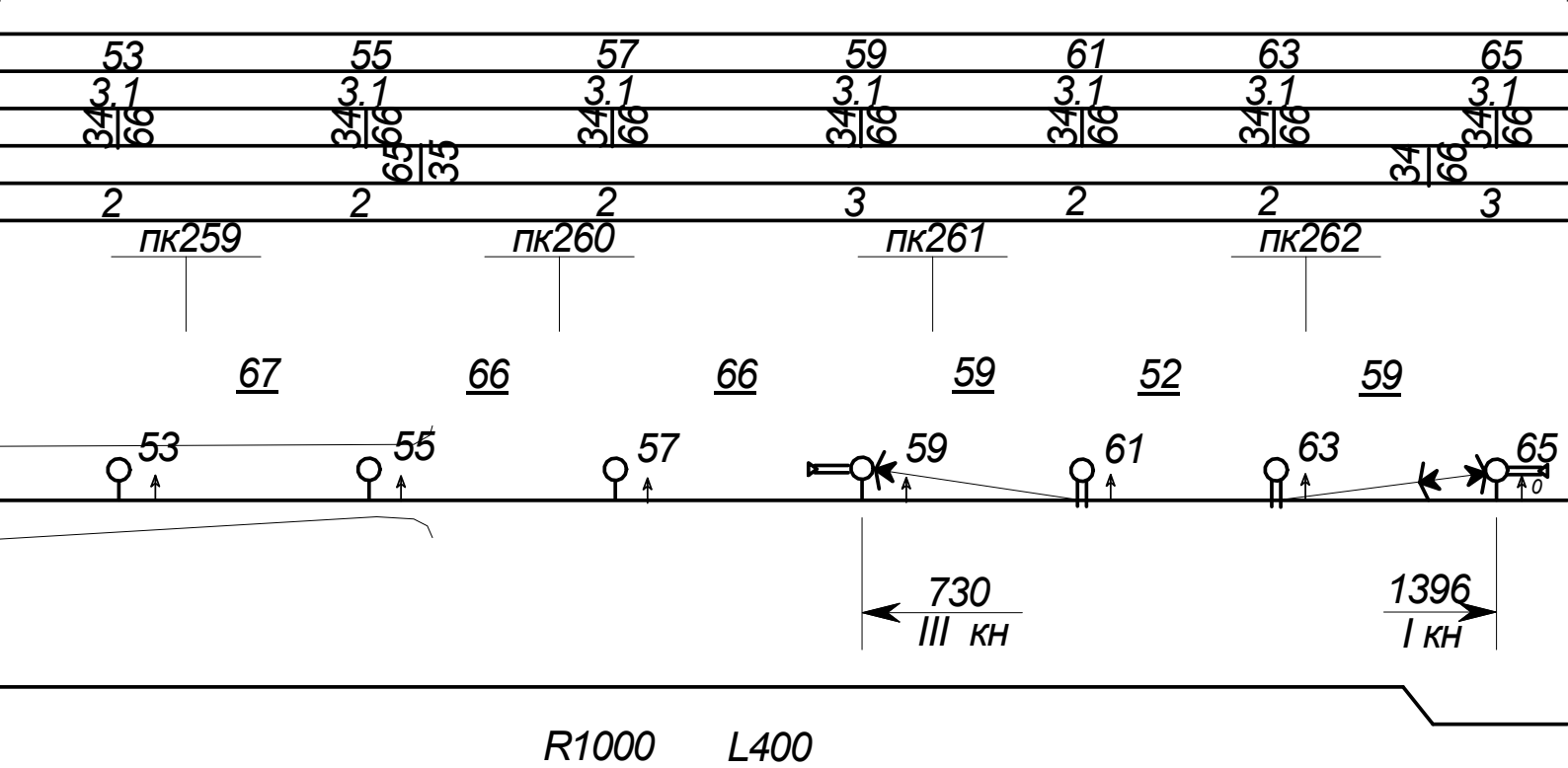
РОАТ

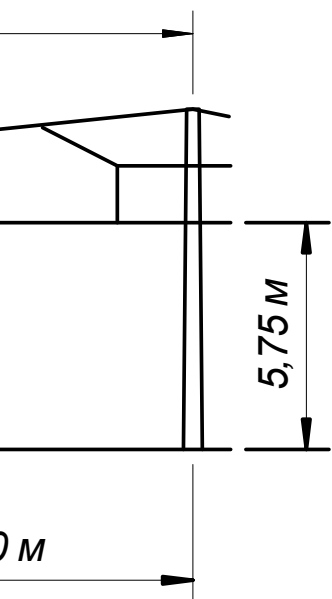




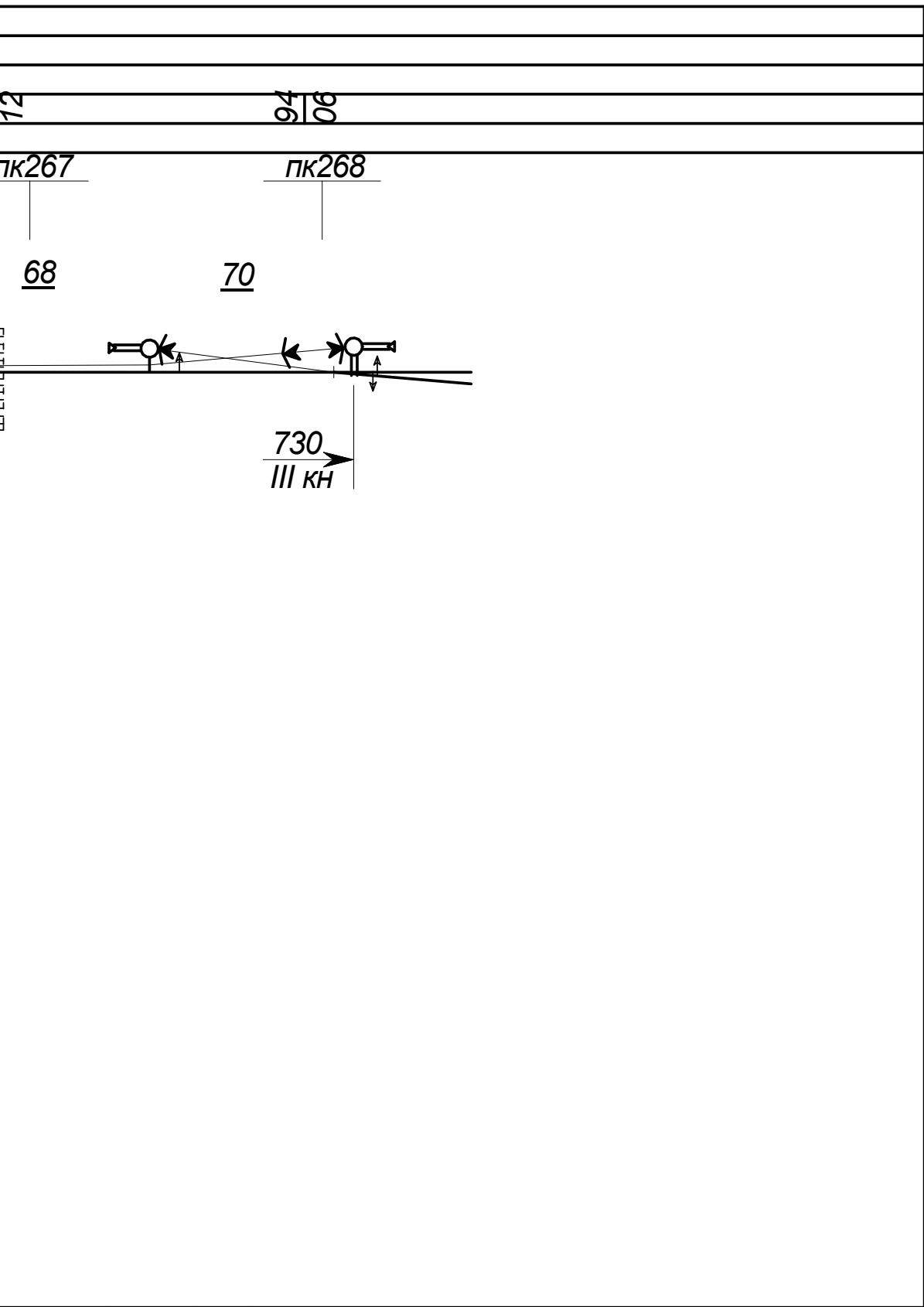








Изм	Пуст	№	
Разраб		к	
Провер	Ме		
Т.контр			
Н.контр			
Утв			



			КП.0610-ЭНС2089.04		
Предокум Курин льников	Подп	Дата	Трассировка контактной сети на перегоне		
			Лист 2 Листов 2		
			РОАТ		