

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра електроенергетики, електротехніки
та електромеханіки**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання курсового проєкту

з дисципліни

«КОНТАКТНІ МЕРЕЖІ ТА ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»

Харків 2024

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 22 жовтня 2024 р., протокол № 3.

Рекомендовано для виконання курсового проектування здобувачам вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньої програми «Електропостачання та ресурсозберігаючі технології» денної та заочної форм здобуття освіти.

Укладачі:

доценти Ю. О. Семененко,
О. І. Семененко,
старш. викл. М. М. Одегов

Рецензент

доц. О. Є. Зінченко

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Визначення розрахункових навантажень на проводи контактної підвіски	7
1.1 Розрахункові режими та навантаження	7
1.2 Навантаження від власної ваги проводів	8
1.3 Навантаження від тиску вітру	9
1.4 Навантаження за ожеледі	10
1.5 Результуючі навантаження на несучий трос	11
2 Розрахунок максимально допустимих довжин прогонів контактної підвіски	14
2.1 Визначення довжин прогонів за номограмами	14
2.2 Визначення довжин прогонів методом динамічного розрахунку	15
3 Розроблення схеми живлення та секціонування контактної мережі станції	21
4 Трасування контактної мережі станції	25
4.1 Підготовка плану станції	25
4.2 Намітка місць фіксації контактних проводів	27
4.3 Розподіл анкерних ділянок на станції	30
4.4 Розстановка опор по кінцях станції	31
4.5 Розстановка зигзагів	32
4.6 Трасування ліній живлення, відсмоктування та повздожнього електропостачання	33
4.7 Розстановка габаритів опор	34
5 Трасування контактної мережі перегону	36
5.1 Підготовка плану перегону	36
5.2 Попередній розподіл перегону на анкерні ділянки	37

5.3 Розстановка опор на перегоні	39
5.4 Обробка плану перегону	40
5.5 Габарити опор	41
6 Побудова монтажних кривих несучого троса та контактних проводів	42
6.1 Встановлення вихідного розрахункового режиму	42
6.2 Залежність натягу навантаженого несучого троса від температури	44
6.3 Визначення натягу несучого троса з безпровисним положенням контактного проводу	46
6.4 Визначення натягів несучого троса за найбільших додаткових навантажень	47
6.5 Визначення стріл провису несучого троса та контактних проводів для конкретних прогонів розрахункової анкерної ділянки	50
7 Вибір опор і підтримуючих пристроїв	54
7.1 Вибір опор	54
7.2 Вибір консолей і жорстких поперечин	54
Список літератури	56
Додаток А	57
Додаток Б	59
Додаток В	62
Додаток Г	64
Додаток Д	66
Додаток Е	67

ВСТУП

Згідно з Державною програмою розвитку залізничного транспорту в Україні продовжують електрифікацію залізниць на найважливіших напрямках із високими показниками вантажо- та пасажирообігу. Електрифікація залізниць дає змогу значно збільшити обсяги вантажоперевезень і забезпечити мінімальну їхню собівартість. Для пасажирських перевезень електрифікація дає можливість покращити якість обслуговування пасажирів відповідно до сучасних вимог, організувати швидкісний і високошвидкісний рух поїздів.

Розвиток процесу електрифікації залізниць зумовив широке впровадження нового обладнання, конструкцій і матеріалів у контактній мережі та лініях електропостачання. Наприклад, у контактних підвісках усе більше застосовують замість мідних зносостійкіші та міцніші мідні низьколеговані та бронзові контактні проводи. Сучасні полімерні ізолятори в контактній мережі та лініях електропостачання витісняють фарфорові та скляні, бо не потребують постійного діагностування, а термін їхньої експлуатації складає 30 років.

Виконання курсового проєкту з дисципліни «Контактні мережі та лінії електропостачання» має на меті опанування здобувачами знаннями та навичками з питань улаштування, проєктування і спорудження контактної мережі та ліній електропостачання залізниць. Тема курсового проєкту – розроблення контактної мережі електрифікованої ділянки залізниці. У проєкті необхідно розрахувати навантаження на проводи контактної підвіски та максимально допустимі довжини прогонів, розробити схему живлення та секціонування станції, трасування контактної мережі станції та перегону, розрахувати і побудувати монтажні криві несучого троса та контактного проводу, вибрати тип опор і підтримуючих пристроїв із застосуванням нових конструкцій і матеріалів.

Курсовий проєкт слід оформити у вигляді пояснювальної записки за допомогою персонального комп'ютера на аркушах паперу формату А4 відповідно до вимог державних стандартів України. Для ручного трасування контактної мережі слід використовувати міліметровий папір, комп'ютерного трасування – рулонний папір.

Вихідні дані до курсового проєкту, наведені в додатку А методичних вказівок, слід взяти згідно з заданим викладачем варіантом і записати в бланк завдання (зразок наведений у додатку Е). У роботі необхідно вказувати найменування кожного розділу та розрахункової операції, а всі таблиці та рисунки нумерувати. Точність розрахунків має бути не нижче 0,1 %, тобто округлення слід виконувати до трьох значущих цифр.

1 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПРОВОДИ КОНТАКТНОЇ ПІДВІСКИ

1.1 Розрахункові режими та навантаження

Несприятливі умови роботи проводів і конструкцій контактної мережі можуть виникати за різних сполучень метеорологічних факторів. Необхідно знати такі сполучення навантажень (розрахункові режими), за яких натяг у проводах набуває найбільших значень. Основними розрахунковими режимами, для яких визначають навантаження на проводи і конструкції контактної мережі, є:

- режим мінімальної температури повітря за відсутності додаткових навантажень від ожеледі та вітру;
- режим максимального вітру без ожеледі;
- режим максимальної ожеледі з одночасною дією вітру.

Навантаження на проводи контактної мережі приймають рівномірно розподіленими за довжиною прогону, тому їх ще називають лінійними, одиниці вимірювання – Н/м. Розрізняють такі види навантажень на проводи:

- вертикальні – від власної ваги проводів і ваги ожеледі на проводах;
- горизонтальні – від тиску вітру на вільні від ожеледі або вкриті нею проводи;
- результуючі, які визначають спільною дією вертикальних і горизонтальних навантажень.

Необхідні дані несучих тросів (НТ) і контактних проводів (КПр) для заданих за варіантом контактних підвісок слід взяти з таблиць в додатку Б [1-4] і звести в таблицю 1.1. Нормативні навантаження контактних проводів і несучих тросів заданих підвісок визначають за наведеною далі методикою [2, 4].

Таблиця 1.1 – Технічні дані проводів ланцюгової контактної підвіски

Марка проводу підвіски	Висота перерізу H або діаметр проводу d , мм	Ширина перерізу проводу A , мм	Навантаження від власної ваги проводу g , Н/м	Максимальний натяг некомпенсованого несучого троса T_{max} , кН	Номінальний натяг компенсованого несучого троса $T_{ном}$ або контактного проводу K , кН	Аеродинамічний коефіцієнт лобового опору проводу C_x
НТ (гол.к.)		–				
КПр (гол.к.)				–		
НТ (бок.к.)		–				
КПр (бок.к.)				–		

1.2 Навантаження від власної ваги проводів

У режимі мінімальної температури повітря за відсутності додаткових навантажень від вітру та ожеледі несучий трос має лише вертикальне розподілене навантаження від власної ваги проводів ланцюгової контактної підвіски, яке визначають за формулою

$$g = g_t + n(g_k + g_c), \quad (1.1)$$

де g_t , g_k – розподілене навантаження від власної ваги несучого троса та контактного проводу, Н/м;

n – кількість контактних проводів підвіски;

g_c – навантаження від ваги струн і затискачів, яке дорівнює 1,0 Н/м.

Розрахунок нормативних розподілених навантажень тут і далі необхідно виконувати для заданих контактних підвісок перегону та головних колій станції, а також підвіски бокових колій станції.

1.3 Навантаження від тиску вітру

У режимі максимального вітру без ожеледі, крім навантаження від власної ваги проводів, визначають також нормативне горизонтальне навантаження на несучий трос від тиску вітру:

$$p_{\text{тв}} = \alpha_n C_x k_v^2 q_0 d_t \cdot 10^{-3}, \quad (1.2)$$

де α_n – коефіцієнт, що враховує нерівномірність тиску вітру вздовж прогону; для механічного розрахунку проводів приймають $\alpha_n = 1$;

C_x – аеродинамічний коефіцієнт лобового опору проводів;

k_v – коефіцієнт зміни вітрового тиску, який залежить від характеру підстилаючої поверхні та висоти насипу; визначають за відомчими будівельними нормами ВБН В 2.3-3-2009 [2, с. 9-11];

q_0 – нормативне значення вітрового тиску, Па [2, с. 9];

d_t – діаметр несучого троса, мм.

Для визначення надалі максимально допустимих довжин прогонів необхідно розрахувати нормативне горизонтальне навантаження від тиску вітру на контактні проводи на різних ділянках контактної мережі за формулою

$$p_{\text{кв}} = \alpha_n C_x k_v^2 q_0 H \cdot 10^{-3}, \quad (1.3)$$

де H – висота перерізу контактного проводу, мм.

1.4 Навантаження за ожеледі

У режимі максимальної ожеледі з одночасною дією вітру несучий трос сприймає вертикальні навантаження від власної ваги проводів і ваги ожеледі на проводах підвіски, а також горизонтальне навантаження від тиску вітру на покритий ожеледдю несучий трос.

Нормативне розподілене навантаження від ваги ожеледі на несучому тросі визначають як

$$g_{\text{гг}} = 0,0072\pi b_{\text{т}}(d_{\text{т}} + b_{\text{т}}), \quad (1.4)$$

де $d_{\text{т}}$ – діаметр несучого троса, мм;

$b_{\text{т}}$ – товщина стінки ожеледі на несучому тросі, мм,

$$b_{\text{т}} = b_{\text{н}} k_b, \quad (1.5)$$

де $b_{\text{н}}$ – нормативна товщина стінки ожеледі, мм [2, с. 17];

k_b – поправковий коефіцієнт для товщини стінки ожеледі [2, с. 18].

Для визначення повного навантаження на несучий трос від ваги ожеледі знаходимо нормативне навантаження від ваги ожеледі на контактному проводі за формулою

$$g_{\text{гк}} = 0,009\pi b_{\text{к}}(d_{\text{к}} + b_{\text{к}}), \quad (1.6)$$

де $b_{\text{к}} = 0,5b_{\text{т}}$ – товщина стінки ожеледі на контактному проводі, мм;

$d_{\text{к}} = 0,5(A+H)$ – середній діаметр контактного проводу, мм.

Повне нормативне розподілене навантаження від ваги ожеледі на проводах підвіски, яке діє на несучий трос,

$$g_{\Gamma} = g_{\Gamma\Gamma} + ng_{\Gamma\kappa} + g_{\Gamma c}, \quad (1.7)$$

де $g_{\Gamma c}$ – навантаження від ваги ожеледі на струнах і затискачах, Н/м, яке слід визначати за роботою [2] з одним контактним проводом,

$$g_{\Gamma c} = 0,00117\pi b_{\text{H}}(d_{\text{c}} + 1,15b_{\text{H}}); \quad (1.8)$$

із двома контактними проводами і шаховим розташуванням струн

$$g_{\Gamma c} = 0,0018\pi b_{\text{H}}(d_{\text{c}} + 1,15b_{\text{H}}), \quad (1.9)$$

де d_{c} – діаметр струни, мм.

Нормативне горизонтальне навантаження від тиску вітру на покритий ожеледдю несучий трос

$$p_{\Gamma\Gamma} = \alpha_{\text{H}} C_{\text{X}} k_{\text{V}}^2 q_{\Gamma 0} (d_{\text{T}} + 2b_{\text{T}}) \cdot 10^{-3}, \quad (1.10)$$

де $q_{\Gamma 0}$ – нормативне значення вітрового тиску за ожеледі, Па [2, с. 19].

Нормативне горизонтальне навантаження на контактний провід у режимі ожеледі з вітром, яке потрібне для визначення максимально допустимих довжин прогонів,

$$p_{\kappa\Gamma} = \alpha_{\text{H}} C_{\text{X}} k_{\text{V}}^2 q_{\Gamma 0} (H + 2b_{\kappa}) \cdot 10^{-3}. \quad (1.11)$$

1.5 Результуючі навантаження на несучий трос

Нормативне результуюче навантаження на несучий трос за максимальної інтенсивності вітру

$$q_{TV} = \sqrt{g^2 + p_{TV}^2} . \quad (1.12)$$

Нормативне результуюче навантаження на несучий трос у режимі ожеледі з вітром

$$q_{TG} = \sqrt{(g + g_g)^2 + p_{TG}^2} . \quad (1.13)$$

Отримані результати розрахунків навантажень на проводи заданої контактної підвіски, Н/м, заносимо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Таблиця розрахункових нормативних навантажень

Позначення	Станція		Перегін	
	Головні колії	Бокові колії	Нульовий рівень	Насип висотою __ м
1	2	3	4	5
g_T				
ng_K				
g_c				
g				
g_{TG}				
ng_{GK}				
g_{Gc}				
g_g				
p_{TV}				
p_{TG}				
p_{KV}				

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5
$p_{кг}$				
$q_{тв}$				
$q_{тг}$				

Висновком до цього розділу є порівняння отриманих значень результуючих навантажень і встановлення режиму найбільшого навантаження для несучих тросів контактних підвісок [2-4]. Це потрібно для подальшого механічного розрахунку в режимах результуючих навантажень на несучий трос:

- за максимального тиску вітру $q_{тв}$;
- максимальної ожеледі з вітром $q_{тг}$.

Для визначення максимально допустимих довжин прогонів контактних підвісок необхідно визначити нормативні горизонтальні навантаження на контактні проводи p_k у розрахунковому режимі (максимального вітру або ожеледі з вітром) як більші з розрахованих $p_{кв}$ або $p_{кг}$ для заданих підвісок.

2 РОЗРАХУНОК МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМИХ ДОВЖИН ПРОГОНІВ КОНТАКТНОЇ ПІДВІСКИ

2.1 Визначення довжин прогонів за номограмами

Визначення для заданих ділянок контактної мережі швидкості вітру в режимі максимального тиску вітру V :

$$V = V_0 k_v, \quad (2.1)$$

де V_0 – нормативне значення швидкості вітру, м/с [2, с. 9].

Визначення для заданих ділянок контактної мережі швидкості вітру в режимі ожеледі з вітром V_{Γ} :

$$V_{\Gamma} = V_{\Gamma 0} k_v, \quad (2.2)$$

де $V_{\Gamma 0}$ – нормативне значення швидкості вітру за ожеледі, м/с [2, с. 19].

За значеннями швидкостей вітру і товщинами стінки ожеледі за номограмами [2, с. 145-153] знаходимо максимально допустимі довжини прогонів l_{\max} . При цьому для проміжних значень товщини стінки ожеледі та радіусів кривих прогону слід скористатися лінійною інтерполяцією. Результати розрахунків V і V_{Γ} і визначені за номограмами довжини прогонів l_{\max} заносимо до таблиці 2.1.

Для трасування максимальні довжини прогонів l_{\max} приймають як мінімальне значення із визначених у двох режимах і округляють у менший бік до цілого числа з обмеженням до 70 м за швидкості руху поїздів до 160 км/год і до 65 м за швидкості руху 161-200 км/год [1].

Таблиця 2.1 – Максимально допустимі довжини прогонів за номограмами

Ділянка контактної мережі		Швидкість вітру, м/с		Максимально допустима довжина прогону l_{\max} , м		
		Режим максимального вітру	Режим максимальної ожеледі з вітром	Режим максимального вітру	Режим максимальної ожеледі з вітром	Прийнято для трасування
Станція	Головні колії					
	Бокові колії					
Перегін	Пряма					
	Насип, м					
	Крива $R = \text{м}$					

2.2 Визначення довжин прогонів методом динамічного розрахунку

Максимально допустимі довжини прогонів l_{\max} за методом динамічного розрахунку [2, с. 139-144] визначають для точнішого врахування характеристик контактної підвіски. Значення натягів контактних проводів і несучих тросів заданої підвіски для наступних розрахунків довжин прогонів l_{\max} слід взяти з таблиці 1.1.

Визначення максимально допустимих довжин прогонів за методом динамічного розрахунку потребує застосування складних математичних

формул, тому зазвичай використовують спрощені формули динамічного розрахунку [2-4]. Для прямих ділянок колії

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_k k_1 - p_e} (b_{\text{к доп}} - \gamma_k + \sqrt{(b_{\text{к доп}} - \gamma_k)^2 - a^2})}; \quad (2.3)$$

для кривих ділянок, описаних радіусом R , м,

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{2K}{p_k k_1 - p_e + \frac{K}{R}} (b_{\text{к доп}} - \gamma_k + a_k)}, \quad (2.4)$$

де K – номінальний натяг контактних проводів, Н;

p_k – нормативне горизонтальне навантаження на контактний провід у розрахунковому режимі (максимального вітру або ожеледі з вітром), Н/м; більше з розрахованих для заданої підвіски з таблиці 1.2;

$b_{\text{к доп}}$ – найбільше допустиме відхилення контактних проводів від осі струмоприймача під впливом тиску вітру, яке приймають 0,5 м для прямих і 0,45 м для кривих ділянок колії;

γ_k – прогин опори під впливом тиску вітру на рівні контактного проводу, м (таблиця 2.2);

Таблиця 2.2 – Залежність прогинів опори від швидкості вітру

v , м/с	до 25	30	35	40
γ_k , м	0,01	0,015	0,022	0,030
γ_T , м	0,015	0,022	0,030	0,040

a – зигзаг контактного проводу, який приймають 0,3 м для прямих ділянок і 0,4 м для кривих;

k_1 – поправковий коефіцієнт, який враховує пульсації вітру та пружні деформації проводу з його відхиленням,

$$k_1 = k_2 + 2v_n m_n \xi_n, \quad (2.5)$$

де $k_2 = a_d c_d e_d$ – коефіцієнт, що враховує пружні деформації проводу з його відхиленням,

де a_d, c_d, e_d – коефіцієнти, які визначають за таблицями та графіками, що наведені в [2, с. 140-141];

v_n, m_n, ξ_n – коефіцієнти просторової кореляції, пульсацій тиску вітру та динамічності проводів, які визначають за таблицями і графіками [2, с. 12-13];

p_e – еквівалентне горизонтальне навантаження, яке враховує взаємодію несучого троса та контактного проводу з їхнім вітровим відхиленням, Н/м,

$$p_e = \frac{p_k T - p_t K - 8 \frac{KT}{l^2} \left(\frac{h_{i3} p_t}{q_t} + \gamma_t - \gamma_k \right)}{T + K + \frac{10,6 S_{cp} KT}{g_k l^2}}, \quad (2.6)$$

де T – натяг несучого троса в розрахунковому режимі, приймають $T = T_{ном}$ для компенсованої підвіски або визначають для напівкомпенсованої підвіски за рекомендаціями з додатка Б (таблиця Б.3);

h_{i3} – довжина гірлянди ізоляторів, м (таблиця 2.3);

Таблиця 2.3 – Довжина гірлянди ізоляторів

n_{i3}	0	1	2	3	4
$h_{i3}, \text{ м}$	0,10	0,39	0,56	0,73	0,90

γ_T – прогин опори на рівні несучого троса, м (таблиця 2.2);

l – довжина прогону, м;

S_{cp} – середня довжина струни в середній частині прогону, м,

$$S_{cp} = h - 0115 \frac{gl^2}{T_0}, \quad (2.7)$$

де h – конструктивна висота контактної підвіски, м;

g – сумарне навантаження на несучий трос від ваги всіх проводів контактної підвіски, Н;

T_0 – натяг несучого троса з безпровисним положенням контактного проводу, Н; приймають рівним $0,75T_{max}$ для мідних і $0,8T_{max}$ біметалевих проводів (таблиця Б.3).

Розраховуючи l_{max} , формули (2.3), (2.4) можна спростити, якщо окремо визначити вирази в дужках, позначивши їх $B_{пр}$ для прямих ділянок колії та $B_{кр}$ для кривих ділянок:

$$B_{пр} = (b_{к доп} - \gamma_k + \sqrt{(b_{к доп} - \gamma_k)^2 - a^2}); \quad (2.8)$$

$$B_{кр} = (b_{к доп} - \gamma_k + a). \quad (2.9)$$

Для цього слід скористатися розрахованими значеннями $B_{пр}$ і $B_{кр}$ за різних значень вітру, наведених у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Залежність $B_{пр}$ і $B_{кр}$ від швидкості вітру

v , м/с	до 25	30	35	40
$B_{пр}$	0,877	0,866	0,850	0,832
$B_{кр}$	0,840	0,835	0,828	0,820

У результаті спрощення формули (2.3), (2.4) матимуть вигляд

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_k k_1 - p_e} B_{\text{пр}}} ; \quad (2.10)$$

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{2K}{p_k k_1 - p_e + \frac{K}{R}} B_{\text{кр}}} . \quad (2.11)$$

Для визначення поправкового коефіцієнта k_1 та еквівалентного навантаження p_e необхідно знати довжину прогону l , яка також ще не відома, тож для розрахунку використовуємо метод послідовних наближень [4]. За цим методом спочатку розраховуємо наближене значення довжини прогону l_{\max} за формулами (2.10) та (2.11), прийнявши значення поправкового коефіцієнта $k_1 = 1$ та еквівалентного навантаження $p_e = 0$. Використовуємо розраховане наближене значення довжини прогону, приймаючи $l = l_{\max}$, знаходимо k_1 і p_e , користуючись формулами (2.5) – (2.7). Далі уточнюємо розрахунок довжини прогону l_{\max} до тих пір, поки різниця між двома послідовно отриманими довжинами не буде менше 5 %.

Для трасування приймаємо останнє розраховане значення довжини прогону l_{\max} , округлене в менший бік до цілого числа з указаними вище обмеженнями довжини. Результати розрахунків довжин прогонів l_{\max} заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок максимально допустимих довжин прогонів

Ділянка контактної мережі		l_{\max} , м, для $p_e = 0$ і $k_1 = 1$	p_e , Н/м	k_1	Довжина прогону l_{\max} , м		
					З урахуванням p_e і k_1		Прийнято для трасу- вання
Станція	Головні колії						
	Бокові колії						
Перегін	Пряма						
	Насип, м						
	Крива $R =$ м						

3 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ТА СЕКЦІОНУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ СТАНЦІЇ

Схему живлення та секціонування контактної мережі станції креслять на окремому аркуші формату А4. Зразок схеми живлення та секціонування контактної мережі станції постійного струму наведено на рисунку 3.1, змінного – на рисунку 3.2.

Живлення контактної мережі від тягової підстанції має бути двостороннім [3-5] з передбаченим живленням окремим фідером контактної мережі кожної головної колії та кожної повздовжньої лінії електропостачання. У фідерах живлення контактної мережі постійного струму лінійні (фідерні) роз'єднувачі встановлюють у місцях виходу ліній із тягової підстанції, а також біля місця приєднання до контактної мережі. За довжини лінії менше 150 м, якщо це функціонально не потрібно, роз'єднувач біля виходу з тягової підстанції не встановлюють. У лініях живлення контактної мережі змінного струму роз'єднувачі встановлюють лише біля місця приєднання їх до контактної мережі. Для зниження часу перемикань застосовують фідерні роз'єднувачі з моторним приводом і дистанційним керуванням.

Контактну мережу електрифікованої ділянки для підвищення надійності роботи і спрощення обслуговування секціонують, тобто розділяють на електрично відокремлені секції [3-5]. Секціонування контактної мережі реалізують ізолюючими спряженнями анкерних ділянок (повітряними проміжками), нейтральними вставками, секційними ізоляторами, роз'єднувачами, перемикачами та врізними ізоляторами.

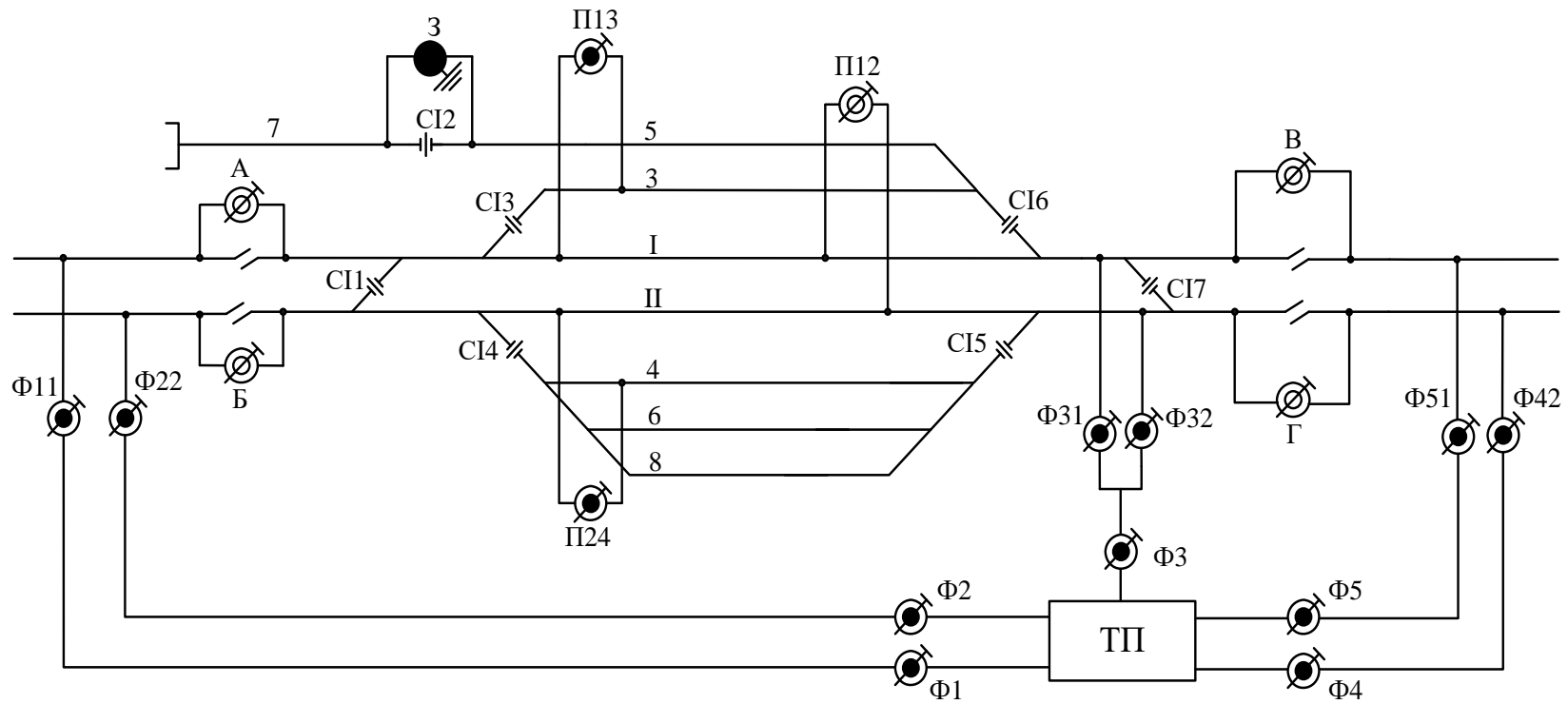


Рисунок 3.1 – Схема живлення та секціонування контактної мережі станції з тяговою підстанцією постійного струму

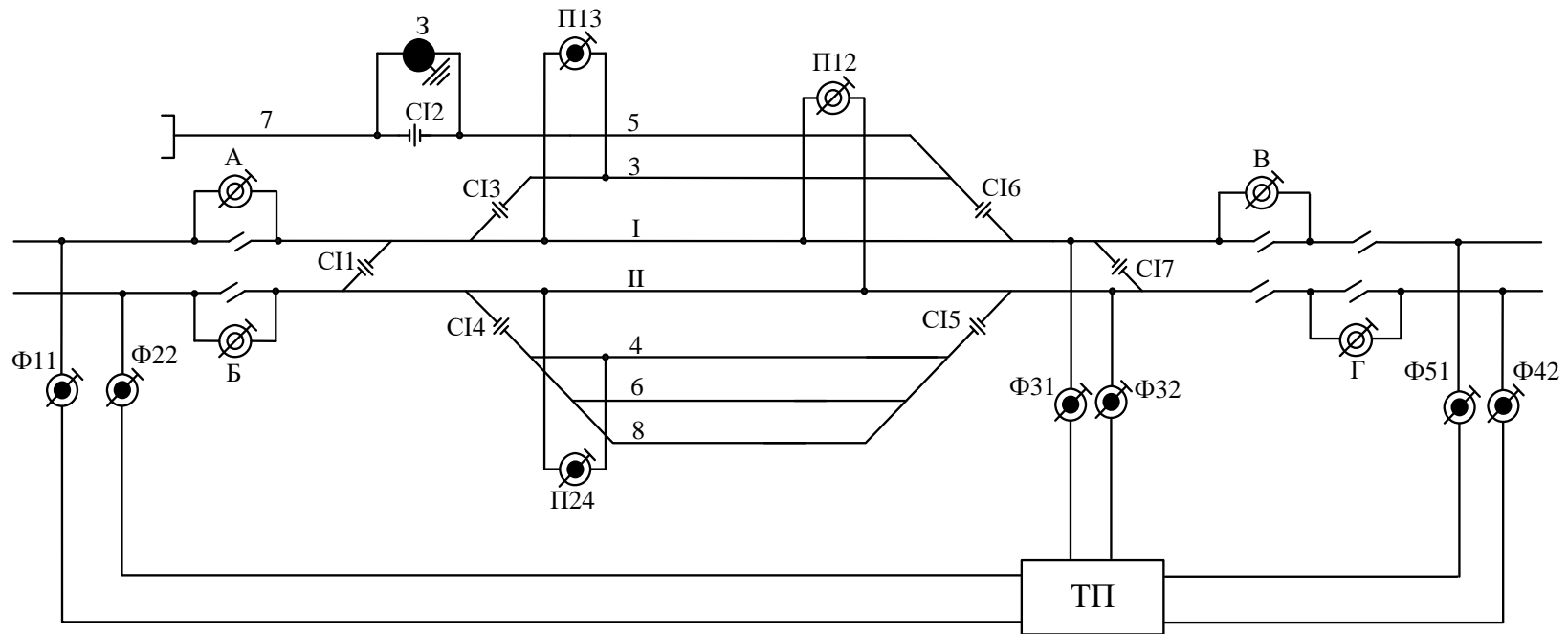


Рисунок 3.2 – Схема живлення та секціонування контактної мережі станції з тяговою підстанцією змінного струму

Від тягової підстанції (ТП) окремими фідерами отримує живлення контактна мережа станції та перегонів (рисунок 3.1). Для спрощення на схемі не показані лінії повздовжнього електропостачання. Через роз'єднувачі Ф3, Ф31 і Ф32 фідерна лінія живить контактну мережу станції. Контактна мережа I і II головних колій станції розділена секційними ізоляторами СІ1, СІ7 і поперечним роз'єднувачем П12. Контактна мережа бокових колій станції розділена на декілька секцій ізоляторами СІ2-СІ6 і поперечними роз'єднувачами П13, П24. Роз'єднувачі П13 і П24 нормально ввімкнені і забезпечують живлення бокових колій, які знаходяться вище (3, 5, 7) і нижче (4, 6, 8) від контактної мережі головних колій станції. Додатково контактна мережа тупику 7 відділена секційним ізолятором СІ2 і роз'єднувачем 3 із заземлюючим ножем.

Через роз'єднувачі Ф1, Ф2, Ф11, Ф22 і Ф4, Ф5, Ф42, Ф51 фідери живлять контактну мережу перегонів зліва та справа від контактної мережі станції. Контактна мережа перегонів відокремлена від контактної мережі станції ізолюючими спряженнями анкерних ділянок і нормально вимкненими роз'єднувачами А, Б і В, Г.

4 ТРАСУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ СТАНЦІЇ

4.1 Підготовка плану станції

Монтажний план станції виконують на аркуші міліметрового паперу в масштабі 1:1000. Ширину креслення приймають рівною 297 мм, довжину визначають залежно від відміток вхідних сигналів, вона має бути кратна 210 мм. До відстані між вхідними сигналами з урахуванням масштабу додають по 100 мм з обох боків на можливе розташування крайніх анкерних опор за вхідними світлофорами та (200+185) мм на специфікацію та основний напис. На змінному струмі з одного боку додають не 100 мм, а 700 (900) мм на розташування нейтральної вставки для електровозного (моторвагонного) руху, якщо це потрібно для відділення секцій контактної мережі, які живлять від різних фаз.

Креслення плану станції слід починати з розмітки вертикальними лініями через кожні 100 м умовних станційних пікетів в обидва боки від осі пасажирської будівлі, яку приймають за нульовий пікет [4]. Далі наносять паралельними лініями осі колій, як показано на прикладі креслення горловини станції (рисунок 4.1).

Відстані між лініями залежать від заданої ширини міжколії з урахуванням масштабу – кількість метрів на місцевості дорівнює кількості міліметрів на кресленні. Ширину міжколії вказують у двох-трьох місцях по довжині плану станції. На стрілках осі колій перехрещуються в центрах стрілочних переводів (ЦП). Вказавши на виносках відмітки центрів стрілочних переводів, тобто відстані до осі пасажирської будівлі (ПБ), викреслюють стрілочні вулиці та з'їзди похилими лініями (рисунок 4.1), що мають кут нахилу до горизонталі α відповідно до марок хрестовин стрілочних переводів, як показано на рисунку 4.2.

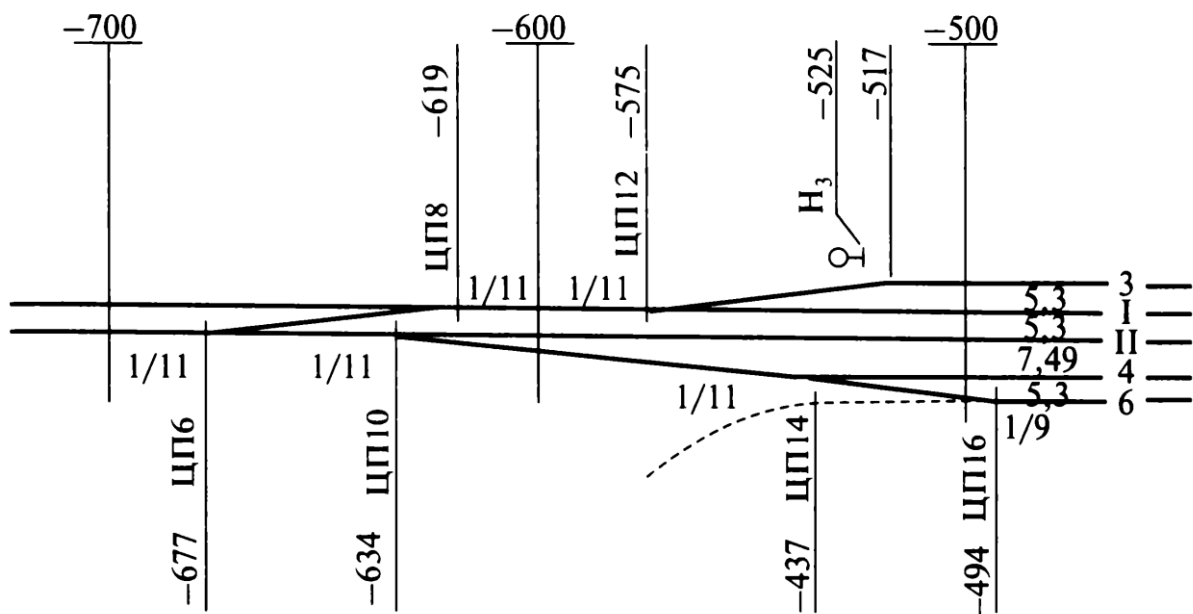


Рисунок 4.1 – Креслення горловини станції

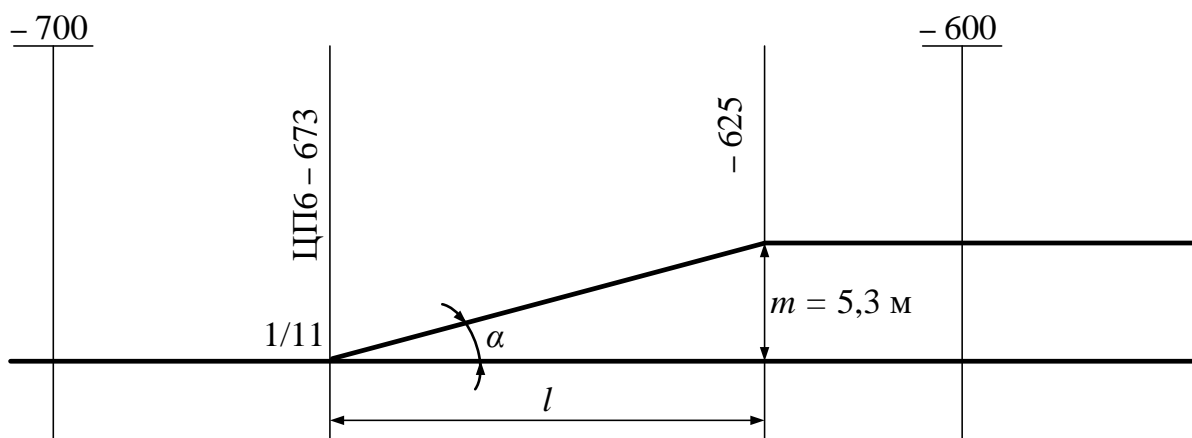


Рисунок 4.2 – Визначення відстані між центром стрілочного переводу та вершиною стрілочної кривої

На плані станції слід вказати марки хрестовин та відмітки вершин стрілочних кривих. Відстань l між сусідніми центрами стрілочних

переводів або між центром стрілочного переводу та вершиною стрілочної кривої верхньої колії станції (рисунок 4.1) визначають за формулою [4]

$$l = \frac{m}{\operatorname{tg}\alpha}, \quad (4.1)$$

де m – ширина міжколії, м;

$\operatorname{tg}\alpha$ – марка хрестовини стрілочного переводу, яка дорівнює тангенсу кута між осями двох шляхів, що перехрещуються.

На план станції наносять будівлі, пішохідний місток, пасажирські платформи, тягову підстанцію, входні світлофори, переїзди та інші штучні споруди із зазначенням їхніх розмірів, пікетних відміток і відстаней від осей найближчих колій. Для плану станції готують у нижній і верхній частинах креслення таблиці, у яких записують:

- а) номери, габарити і типи опор та опорних плит;
- б) типи фундаментів, анкерів, відтяжок;
- в) типи жорстких поперечин і консолей;
- г) типи кроштейнів і надставок;
- д) відстані від осі пасажирської будівлі до кожної опори.

4.2 Намітка місць фіксації контактних проводів

Місця фіксації встановлюють поблизу повітряних стрілок (рисунок 4.3) і на кривих ділянках, де контактний провід змінює напрямок без повітряної стрілки. Відстані від центрів стрілочних переводів до місця фіксації, які на рисунку 4.3 позначені літерою C , визначають залежно від марки хрестовини за таблицею 4.1 [1].

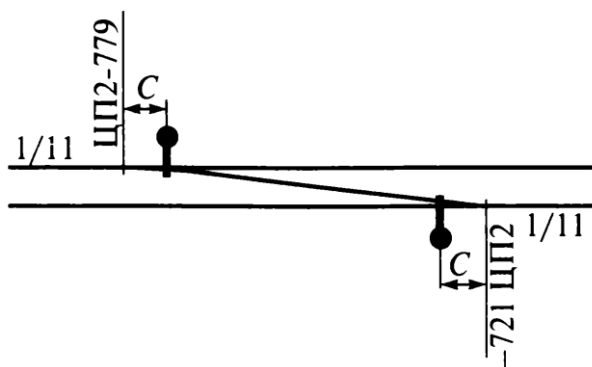


Рисунок 4.3 – Фіксація контактних проводів поблизу повітряних стрілок за допомогою фіксуєчих пристроїв

Таблиця 4.1 – Оптимізовані відстані від ЦП до місця фіксації контактних проводів напівкомпенсованих підвісок

Марка хрестовини	1/22	1/18	1/11	1/9	1/6
Відстань від ЦП до фіксуєчого пристрою C , м	12,5	11,0	6,0	5,0	3,0

Указані відстані від ЦП до місця фіксації контактних проводів за необхідності можна зменшити, але не менше 4-6 м залежно від марки хрестовини.

Після цього виконують розстановку опор у горловинах станції, у тих місцях, де потрібно фіксувати контактний провід (рисунок 4.4). Необхідно враховувати розраховану максимально допустиму, а також мінімальну довжину прогону, яка складає 30-35 м, а на швидкісних ділянках (зі швидкістю руху 161-200 км/год) – 40 м, причому різниця між сусідніми прогонами має бути не більш ніж 25 % довжини більшого з них, а на швидкісних ділянках – не більш ніж 15 %.

Головні колії станції повинні мати фіксацію повітряних стрілок із несучих опор, тому тут встановлюють перші несучі опори (рисунок 4.5).

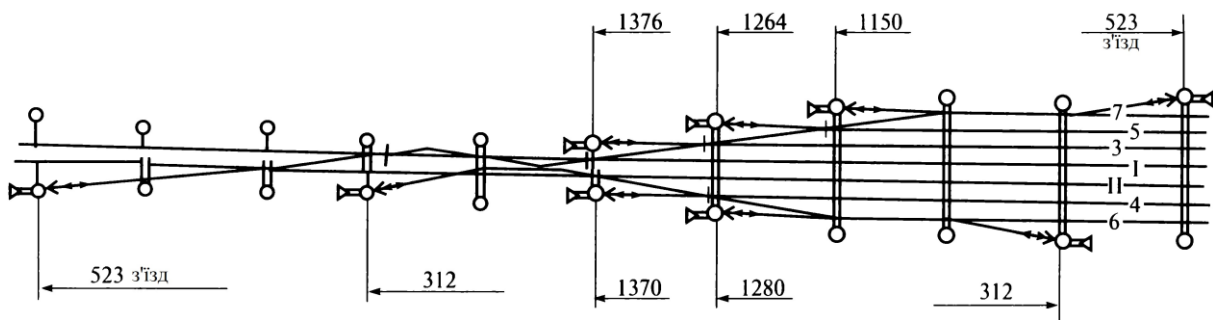


Рисунок 4.4 – Зразок розстановки опор у горловині станції

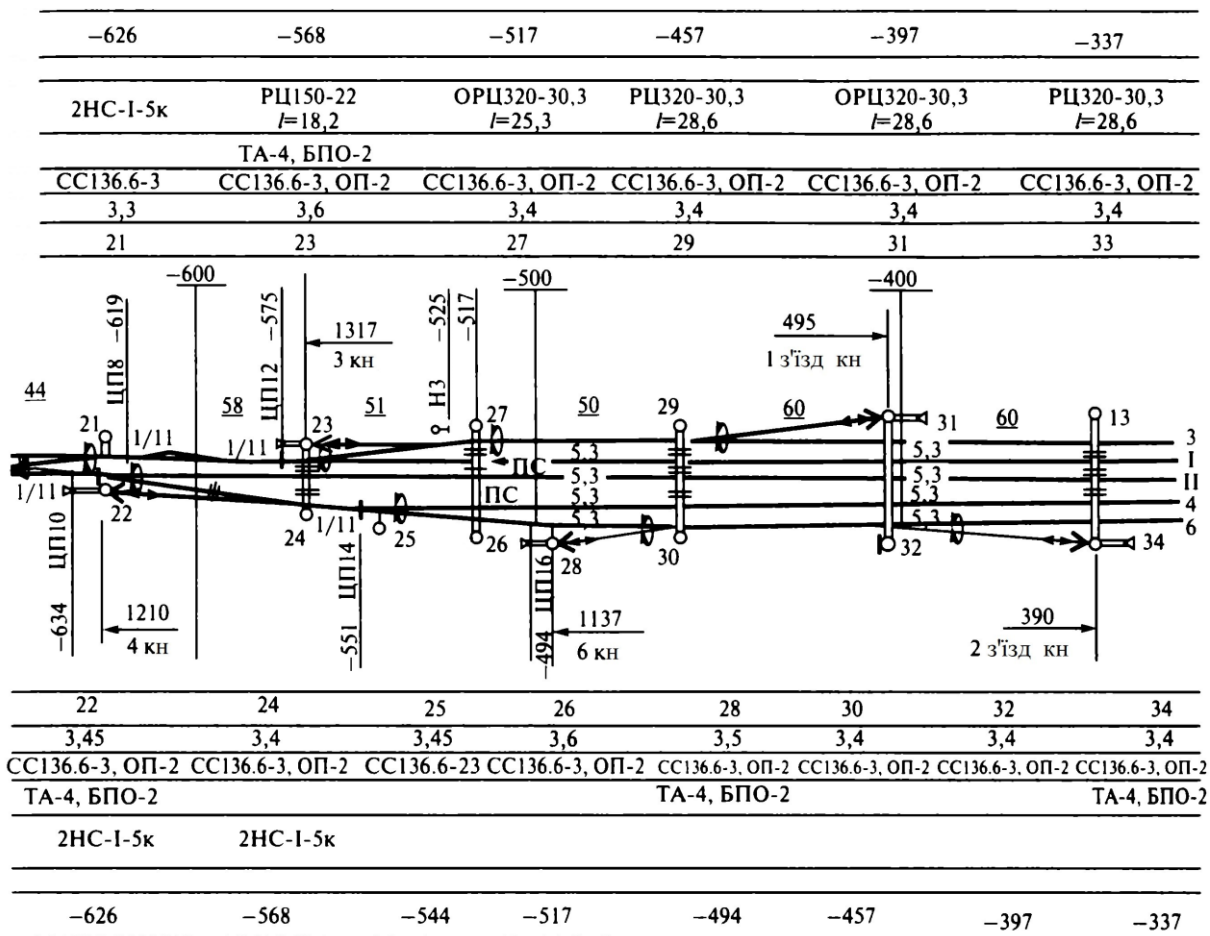


Рисунок 4.5 – Трасування контактної мережі постійного струму в горловині станції

У середній частині станції використовують залізобетонні опори з жорсткими поперечинами. Пішохідний місток (ПМ), за завданням, має

висоту 6 м, тому не може бути використаний як опора. Несучі опори слід встановити в обидва боки на однаковій відстані від пішохідного містка, а контактну підвіску пропустити під пішохідним містком.

4.3 Розподіл анкерних ділянок на станції

Бокові колії станції виконують як одну анкерну ділянку [1, 3, 4]. Для довжини до 800 м (700 м на швидкісних ділянках) застосовують односторонню компенсацію. Якщо її довжина знаходиться в межах від 800 до 1600 м (700-1400 м на швидкісних ділянках), то потрібна двостороння компенсація, і в середній частині розміщують прогін середньої анкеровки, який має дожину на 10 % менше за максимально допустиму.

Головні колії станції, за завданням, мають довжину до 3 км, тому їхню контактну мережу слід поділити на дві анкерні ділянки. У середній частині контактної мережі головних колій передбачають неізольоване спряження анкерних ділянок (рисунок 4.6).

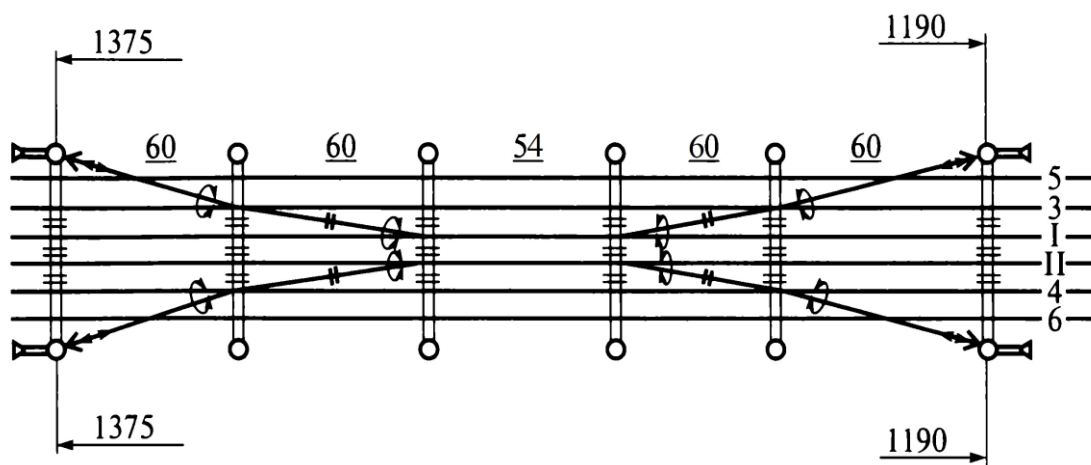


Рисунок 4.6 – Креслення неізольованого спряження анкерних ділянок контактних підвісок головних колій станції

4.4 Розстановка опор по кінцях станції

Згідно з прийнятою схемою живлення та секціонування контактної мережі в місцях приєднання перегонів до станції слід виконувати поздовжнє секціонування за допомогою ізолюваного трипрогонного спряження, зразок виконання якого показано на рисунку 4.7. Бажано, щоб на всіх спряженнях анкерних ділянок перехідна опора без перехрещення гілок підвіски (позначена на рисунку 4.7 як опора Б) була першою за правильним напрямком руху. Для збереження можливості перестановки двох зчеплених електровозів з однієї колії станції на іншу з вимкненням напруги в контактній мережі перегону потрібно, щоб між ЦП останньої в бік перегону стрілки та найближчої перехідної опори ізолюваного спряження було не менше 70 м.

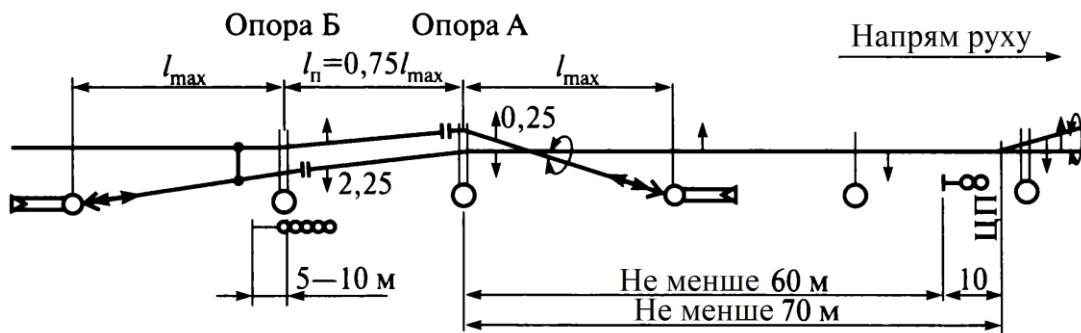


Рисунок 4.7 – Креслення трипрогонного ізолюваного спряження анкерних ділянок

На лініях змінного струму з одного боку станції проєктують ізолювані трипрогонні спряження, а з іншого, на суміжному перегоні, - нейтральну вставку [3, 4]. Там розміщують сигнали «Вимкнути струм» і «Увімкнути струм на електровозі (електропоїзді)». Схеми трипрогонних ізолюваних спряжень із нейтральною вставкою показано на рисунку 4.8.

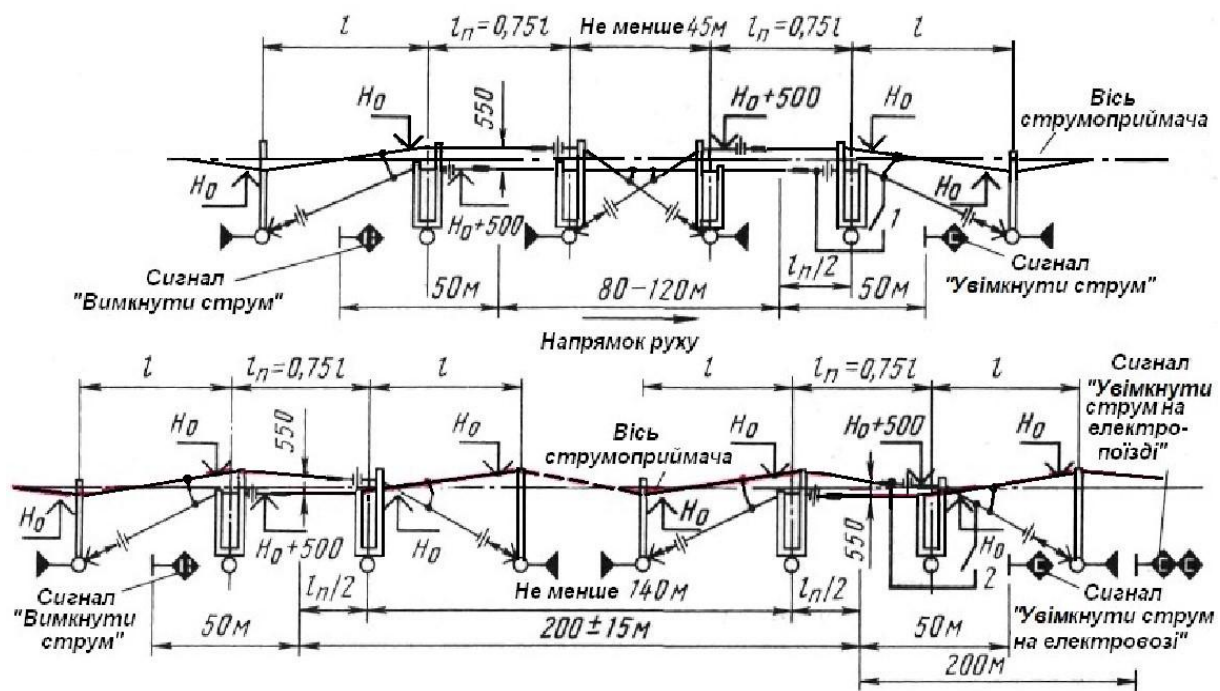


Рисунок 4.8 – Схеми трипрогонних ізольованих спряжень анкерних ділянок із нейтральною вставкою для електровозної та електровозної і моторвагонної тяги

З розстановкою опор ізольованих спряжень необхідно враховувати, що довжина прогонів між перехідними опорами скорочується, на прямих ділянках вона має бути на 25 % менше за допустиму за вітростійкістю довжини прогону. На швидкісних ділянках слід передбачати нейтральні вставки з чотирипрогонними спряженнями.

4.5 Розстановка зигзагів

Розстановка зигзагів на повітряних стрілках була проведена раніше з монтажем опор у горловинах станцій. Розстановку зигзагів по кожній колії починають із зигзага, вказаного на повітряній стрілці цієї колії в одній із горловин станції (рисунок 4.7). У середній частині станції по кожній колії

мають бути розставлені зигзаги, почергово направлені під кожною жорсткою поперечиною то в один, то в інший бік від осі колії.

На ізольованих спряженнях від напрямку зигзагів залежить розміщення контактних проводів на плані (рисунок 4.7). Тому спочатку необхідно розставити зигзаги контактних проводів, починаючи з крайніх стрілок станції до анкерних опор ізолюючих спряжень, а потім креслити розміщення підвісок на плані.

4.6 Трасування ліній живлення, відсмоктування та повздовжнього електропостачання

За зразками, наведеними на рисунках 4.9 і 4.10, слід виконати підключення через роз'єднувачі до тягової підстанції ліній живлення та відсмоктування, які виконують проводами марки А-185, повздовжнього електропостачання (ПЕ) і лінії двох проводів-рейок (ДПР), які виконують проводами марки АС-35. Для анкерування ліній біля будинку тягової підстанції використовують залізобетонні конічні опори або металеві портали на залізобетонних опорах [3, 4]. Для анкерування цих ліній біля колій також застосовують залізобетонні конічні опори. На цих лініях поблизу тягових підстанцій, постів секціонування, пунктів паралельного сполучення та пунктів групування для захисту від комутаційних і атмосферних перенапруг встановлюють обмежувачі перенапруг ОПН:

- на підключених лініях живлення контактної мережі змінного струму після лінійного роз'єднувача з боку контактної мережі;
- підключених лініях живлення контактної мережі постійного струму перед лінійним роз'єднувачем із боку контактної мережі, за виключенням тих випадків, коли завод-виготівник установив ОПН на даху постів секціонування, пунктів паралельного сполучення або РУ-3,3 кВ.

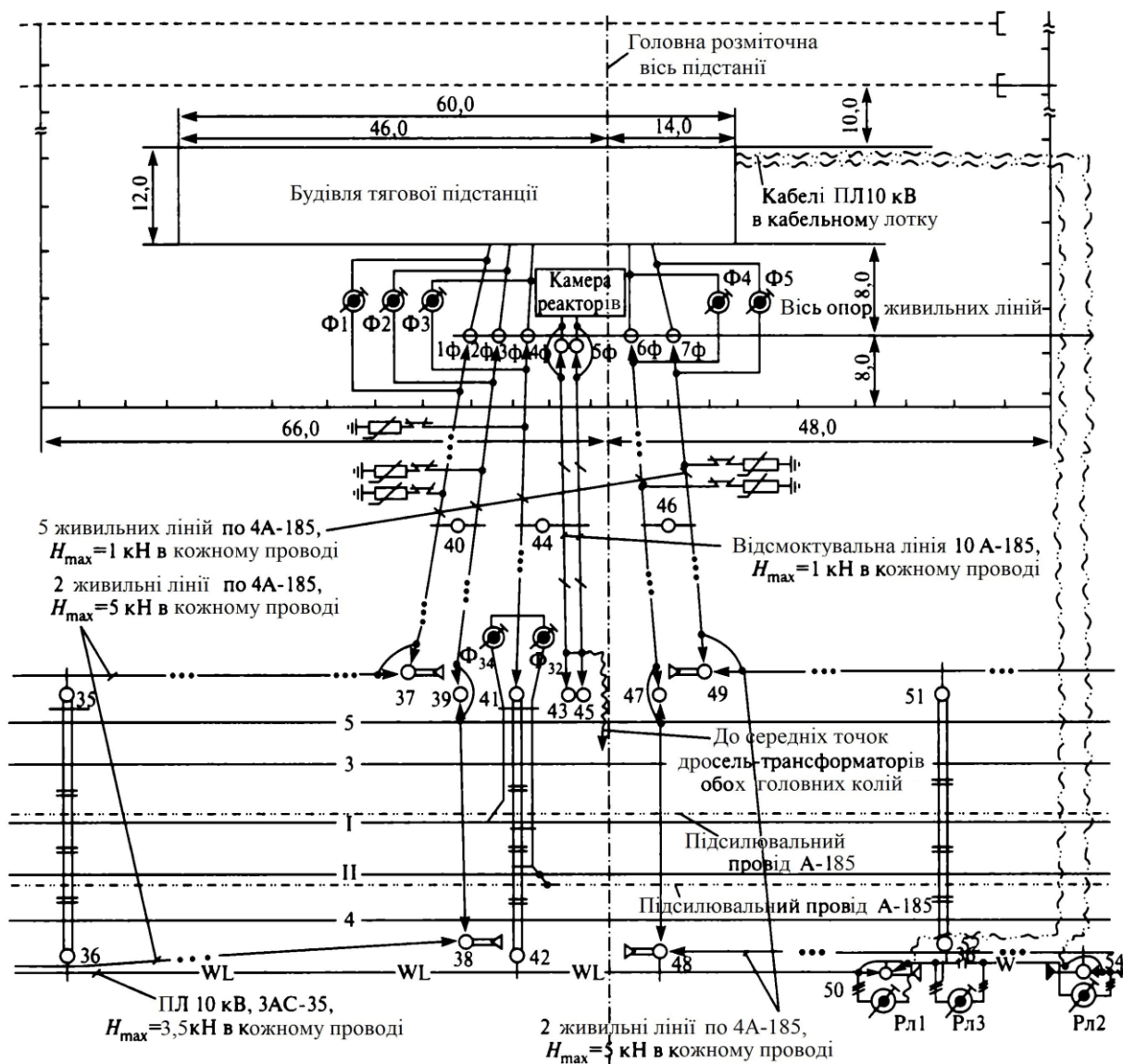


Рисунок 4.9 – Трасування ліній живлення та відсмоктування від тягової підстанції постійного струму до контактної мережі

4.7 Розстановка габаритів опор

Габарит опори – це відстань від передньої грані опори до осі колії. Нормальний габарит опори 3,1 м застосовують на прямих ділянках для перехідних і проміжних консольних опор.

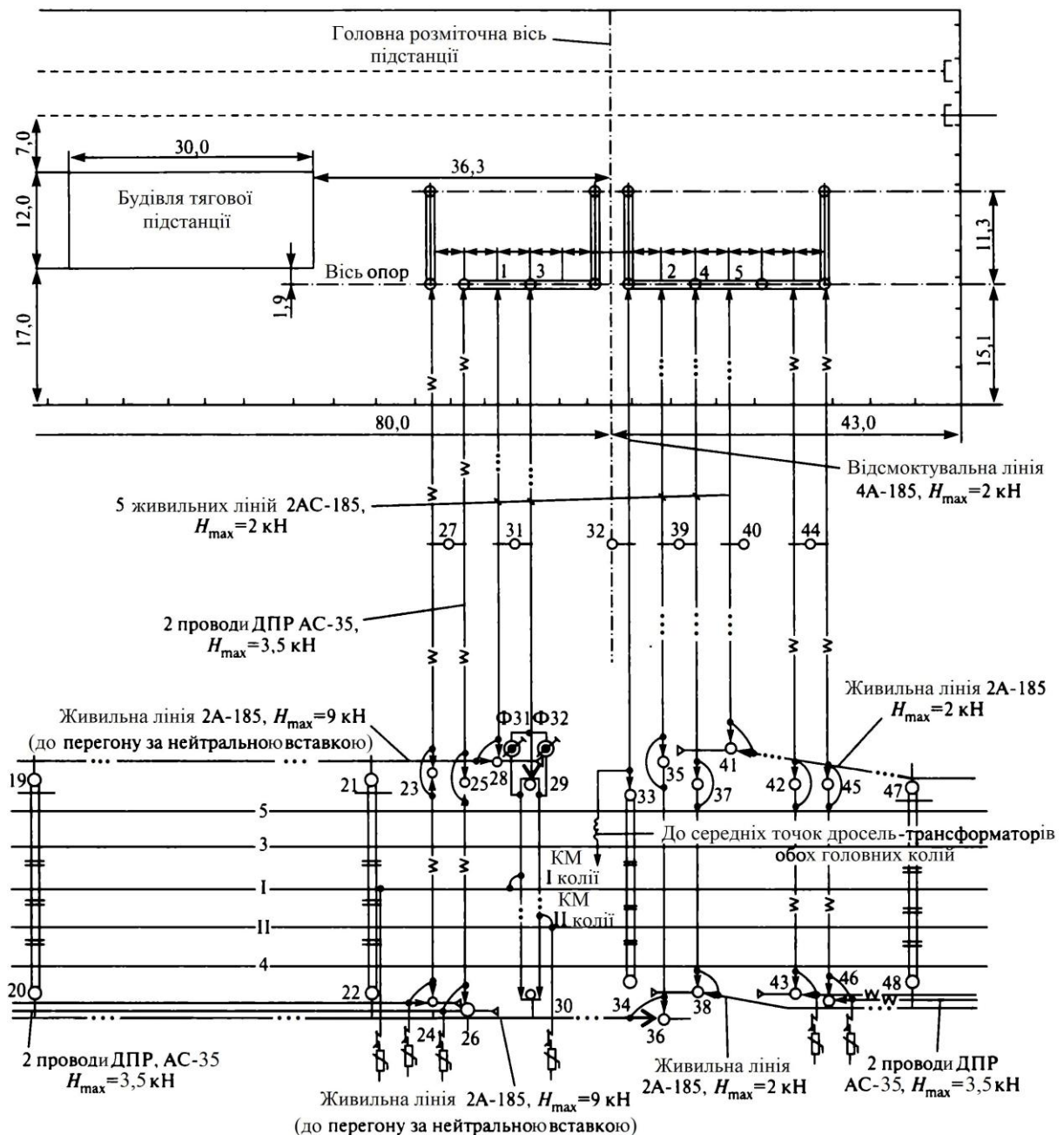


Рисунок 4.10 – Трасування ліній живлення та відсмоктування від тягової підстанції змінного струму до контактної мережі

На зовнішньому та внутрішньому боці стрілочних кривих для марки хрестовини 1/9 (1/11) – 3,25 м, інших марок – 3,2 м. Для анкерних залізобетонних опор – 3,3 м, опор із роз'єднувачами – 3,2 м. У місцях розміщення сигналів – більше 3,5 м.

5 ТРАСУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПЕРЕГОНУ

5.1 Підготовка плану перегону

Довжину міліметрового паперу розраховують за вихідними даними, тобто за відстанню між вихідним сигналом заданої станції та вхідним сигналом наступної. До цієї відстані додають 200-300 мм у правій частині креслення на заповнення загальних даних за планом перегону [4].

Далі на плані наносять осі колій на відстані 10 мм і пікети через кожні 50 мм (100 м на місцевості) і нумерують у напрямку відліку кілометрів, починаючи з пікету вхідного сигналу або пікету перед трипрогонним ізолюваних спряжень (рисунок 5.1).

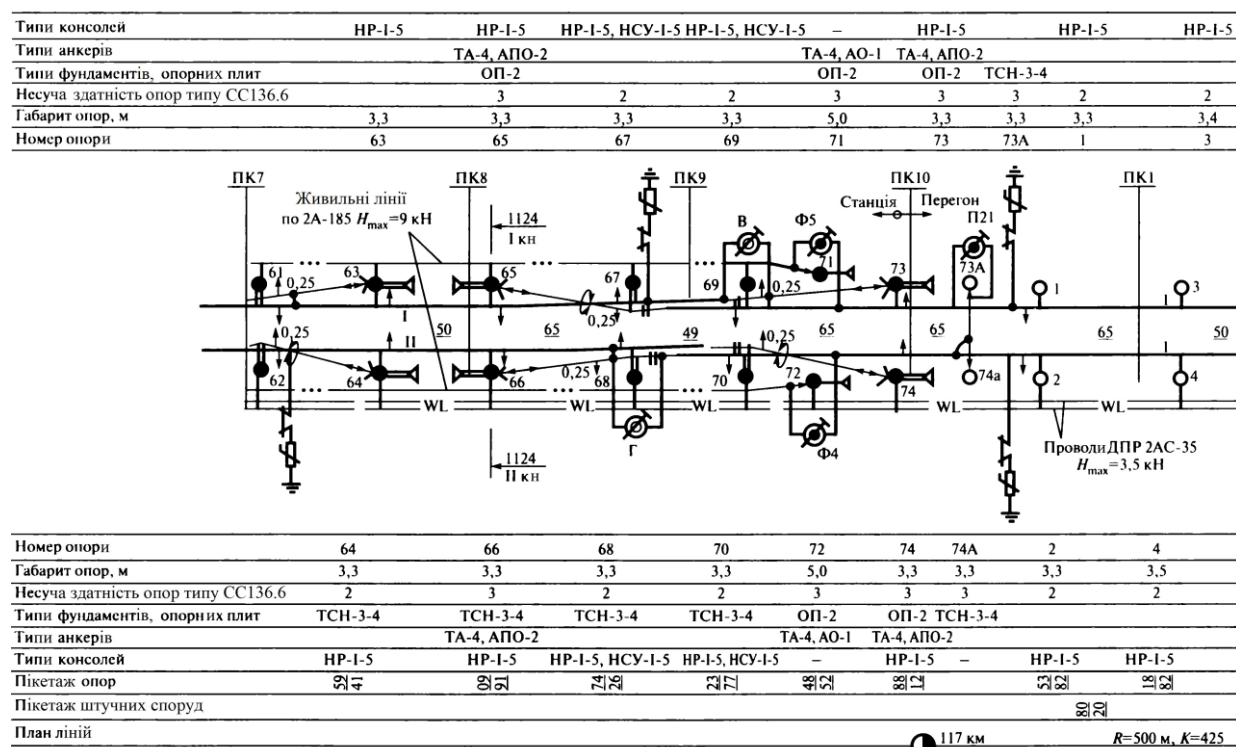


Рисунок 5.1 – Трасування контактної мережі перегону

У нижній і верхній частинах креслення наносять таблиці з такими графами:

- 1) номери опор;
- 2) габарити опор;
- 3) несуча спроможність опори;
- 4) типи фундаментів та опорних плит;
- 5) типи анкерів і відтяжок;
- 6) типи консолей.

Додаткові рядки в нижній таблиці:

- 1) пікетаж опор;
- 2) пікетаж штучних споруд;
- 3) спрямлений план лінії перегону.

Користуючись нанесеними пікетами згідно із завданням на проєкт на плані станції зображують штучні споруди (мости, труби, переїзди, сигнали та ін.), а на спрямленому плані лінії відповідними умовними позначеннями зображують кілометрові позначки, напрямки, радіуси, довжини кривих (рисунок 5.1), межі високих насипів і глибоких виїмок, дублюють зображення штучних споруд.

5.2 Попередній розподіл перегону на анкерні ділянки

Трасування перегону починають із перенесення на план опор ізолюючих спряжень станції, із яких починається перегін, або опор нейтральної вставки. Розміщення цих опор на плані перегону має бути пов'язане з їх розміщенням на плані станції. Пікетні відмітки опор заносять до графи «Пікетаж опор» нижньої таблиці. Після цього зображують ізолююче спряження або нейтральну вставку, як це виконано на плані станції, розставляють зигзаги контактного проводу.

Далі необхідно намітити анкерні ділянки контактної мережі та приблизні місця їхніх спряжень. Після цього на середині ділянок помічають приблизно місця їхніх середніх анкеровок із тим, щоб при розбитті опор прогони із середньою анкеровкою зменшити порівняно з максимально допустимою довжиною на цій ділянці перегону. Намічаючи анкерні ділянки підвіски, необхідно спиратися на такі умови:

- кількість анкерних ділянок на перегоні має бути мінімальною;
- максимальна довжина анкерної ділянки контактного проводу на прямій має складати не більше 1600 (на швидкісних ділянках 1400) м;
- на ділянках із кривими довжину анкерної ділянки зменшують залежно від радіуса та розміщення кривих, граничні довжини анкерних ділянок, розміщені повністю на кривих, вибирають за таблицею 5.1;
- спряження анкерних ділянок слід розміщувати на прямих.

Таблиця 5.1 – Граничні довжини анкерних ділянок, розміщених повністю на кривих

Радіус кривої R, м	Орієнтовна довжина анкерної ділянки, м, контактної підвіски на ділянках зі швидкістю руху до 160 км/год			
	Напівкомпенсована підвіска		Компенсована підвіска	
	МФ-100	2МФ-100	МФ-100	2МФ-100
600	1000	1000	1440	1440
700	1040	1040	1520	1520
800	1050	1050	1600	1600
1000	1150	1150	1600	1600
1200	1200	1160	1600	1600
1500	1240	1180	1600	1600
2000	1300	1220	1600	1600

Якщо крива за довжиною не більше половини анкерної ділянки, тобто не більше 800 (700) м, і розміщена в одному кінці або всередині анкерної ділянки, то довжина такої ділянки може дорівнювати середній довжині, розрахованій для прямої та кривої цього радіуса.

У кінці перегону має бути трипрогонне ізолююче спряження, що розділяє контактну мережу перегону та наступної станції.

5.3 Розстановка опор на перегоні

Розстановку опор виконують прогонами, довжина яких дорівнює максимально допустимій для відповідної ділянки колії та місцевості. Намічаючи місця встановлення опор, слід одразу заносити їхній пікетаж у відповідну графу нижньої таблиці (рисунок 5.1), між опорами вказувати довжини прогонів, а біля опор проставляти зигзаги контактних проводів.

На прямих ділянках колії зигзаги (0,3 м) мають бути по чергово направлені біля кожної опори в різні боки від осі колії, починаючи з зигзага анкерної опори, перенесеного з плану контактної мережі станції. На кривих ділянках колії контактним проводам дають зигзаги в напрямку від центра кривої (рисунок 5.2), а розмір зигзага залежить від радіуса кривої й коливається в межах від 0 до 0,4 м [1, таблиця 2.6.1].

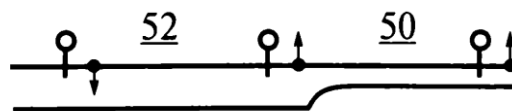


Рисунок 5.2 – Розстановка опор і зигзагів на межі прямої та кривої ділянок колії

Прогони з середніми анкерівками мають бути скорочені для компенсованої підвіски на 5 % максимальної розрахункової довжини для

цієї місцевості. Навмисно скорочують довжини прогонів (приймають як для насипу висотою більше 5 м) у місцях розміщення ярів, балок та інших вітрових ділянок невеликої ширини.

Від краю кам'яних або залізобетонних труб, металевих або залізобетонних мостів опори слід встановлювати не ближче 5 м. Конструкція і габарит металевого мосту через річку дають змогу пропустити контактну підвіску, не змінюючи її параметрів і висоти контактних проводів. Несучий трос підвіски слід підвісити на мосту у трьох-чотирьох точках так, щоб довжина прогонів була не більше 40-45 м.

5.4 Обробка плану перегону

Виконавши розстановку опор і зигзагів контактного проводу, виконують остаточне розбиття контактної мережі перегону на анкерні ділянки й викреслюють їхні спряження (рисунок 5.3) [4].

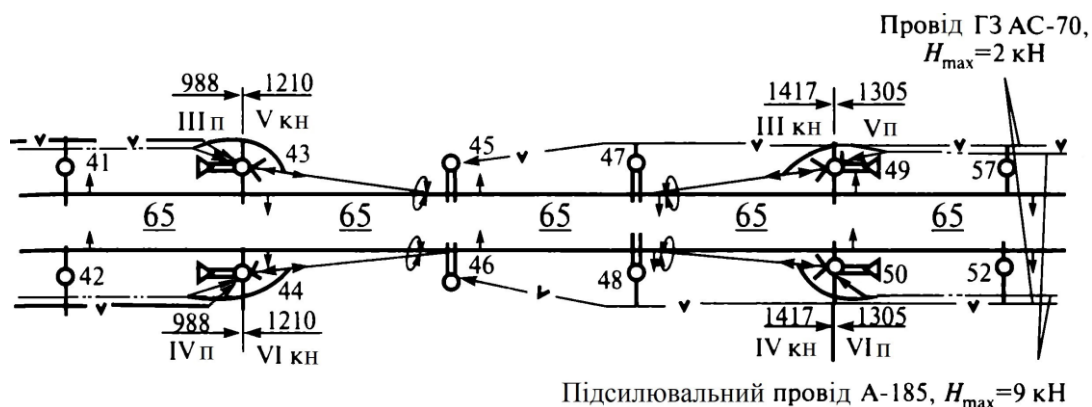


Рисунок 5.3 – Трипрогонне неізольоване спряження анкерних ділянок контактних підвісок із розанкеруванням підсилювальних проводів і проводів групового заземлення (ГЗ)

Біля анкерних опор вказують довжину і номер анкерної ділянки. Анкерні ділянки і опори нумерують у напрямку відліку кілометрів, при

цьому на двоколійних лініях анкерним ділянкам та опорам з боку першої колії присвоюють непарні номери, а з боку другої – парні.

У прогонах, намічених для середніх анкеровок, слід зобразити середні анкеровки контактного проводу, а для компенсованих підвісок – і несучого троса. На плані перегону трасують також підсилювальні проводи (якщо вони є), проводи повздовжнього електропостачання та ДПР. Проводи цих ліній підвішують на кронштейнах із польового боку опори.

5.5 Габарити опор

Проміжні залізобетонні опори на прямих мають бути встановлені з нормальним габаритом – 3,1 м. Габарит проміжних опор на кривих ділянках шляху збільшується порівняно з нормальним (з урахуванням нахилу кузова електрорухомого складу у кривій), його вибирають із значень таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Габарити опор на кривих

Радіус кривої R , м	300- 600	700- 1200	1300- 1800	1900- 2000	2500	3000	4000
Габарит із внутрішнього боку кривої, м	3,5	3,45	3,4	3,35	3,3	3,25	3,2
Габарит із зовнішнього боку кривої, м	3,2	3,15	3,15	3,15	3,15	3,1	3,1

Габарит опор, встановлених перед кривою на відстані менше 10 м від її початку, можна прийняти як габарит на кривій.

У виїмках опори зазвичай встановлюють за кюветом із габаритом 4,9 м. Інші габарити встановлюються як і на станції.

6 ПОБУДОВА МОНТАЖНИХ КРИВИХ НЕСУЧОГО ТРОСА ТА КОНТАКТНИХ ПРОВОДІВ

Виконання механічного розрахунку має на меті побудову монтажних кривих несучого троса та контактних проводів ресорної напівкомпенсованої підвіски, а також визначення натягів несучого троса для найбільших додаткових навантажень [4].

Послідовність розрахунку ресорної ланцюгової підвіски:

- 1 Вибирають розрахунковий режим.
- 2 Розраховують залежність натягу навантаженого (контактним проводом) троса від температури для еквівалентного прогону.
- 3 Визначають натяг навантаженого троса для безпровисного положення контактного проводу.
- 4 Визначають натяги навантаженого троса для найбільших додаткових навантажень.
- 5 Визначають стріли провису навантаженого троса для конкретних прогонів розрахункової анкерної ділянки.
- 6 Визначають стріли провису контактного проводу для конкретних прогонів розрахункової анкерної ділянки.

6.1 Встановлення вихідного розрахункового режиму

Як розрахункову анкерну ділянку вибирають ділянку контактної мережі головних колій станції, яка, за завданням, має напівкомпенсовану ресорну підвіску. При цьому беруть ділянку найбільшої довжини [4].

Оскільки несучий трос закріплюють на підвісних ізоляторах рухомо, то цим забезпечено вирівнювання натягу в суміжних прогонах анкерної ділянки. Через це для розрахунку натягу несучого троса та вибору вихідного розрахункового режиму потрібно користуватися еквівалентним

прогоном. Виписавши довжини прогонів, які входять у розрахункову анкерну ділянку, визначають довжину еквівалентного прогону:

$$l_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n l_i^3}{\sum_{i=1}^n l_i}}, \quad (6.1)$$

де l_i – довжина i -го прогону анкерної ділянки, м;

n – кількість прогонів в анкерній ділянці.

Зі встановленням вихідного режиму для виконання механічного розрахунку слід згадати, що в розрахунковому режимі натяг несучого троса напівкомпенсованої підвіски досягає найбільшого значення, яке дорівнює максимально допустимому T_{\max} [4]. Якщо прийняти його за вихідний режим, то вихідне значення натягу несучого троса підвіски T_1 дорівнюватиме T_{\max} .

Розрахунковим може бути режим мінімальної температури повітря або максимального додаткового навантаження. За якого з режимів (максимального вітру або максимальної ожеледі з вітром) створюється максимальне додаткове навантаження, уже встановлено за результатами розрахунків навантажень у розділі 1.

Як критерій, за яким може бути вибраний розрахунковий режим, використовують довжину так званого критичного прогону [4]:

$$l_{кр} = T_{\max} \sqrt{\frac{24\alpha(t_{q_{\max}} - t_{\min})}{q_{\max}^2 - g^2}}, \quad (6.2)$$

де α – температурний коефіцієнт подовження несучого троса (таблиця Б.2);

$t_{q\max}$, t_{\min} – температура повітря в режимі максимального додаткового навантаження та мінімальна для заданого району;

q_{\max} , g – результуючі розподілені навантаження на несучий трос у режимі максимального додаткового навантаження та мінімальної температури.

Далі необхідно порівняти визначену довжину $l_{кр}$ з довжиною еквівалентного прогону l_e . Якщо $l_{кр}$ більше, ніж l_e , то вихідним розрахунковим режимом є режим мінімальної температури повітря. Якщо $l_{кр}$ менше, ніж l_e , то вихідним буде режим максимального додаткового навантаження.

6.2 Залежність натягу навантаженого несучого троса від температури

Для розрахунку залежності натягу навантаженого несучого троса від температури $T_x = f(t_x)$ потрібно користуватися еквівалентним прогоном l_e . Вибір розрахункового рівняння ланцюгової контактної підвіски залежить від конструкції опорного вузла, який визначає вплив натягу контактного проводу на натяг несучого троса. Для ланцюгової підвіски з ресорними струнами можна використовувати рівняння стану вільно підвішеного проводу, тобто рівняння стану простої контактної підвіски [4]

$$t_x = A + \frac{B}{T_x^2} - \frac{T_x}{C}, \quad (6.3)$$

де A , B , C – постійні для цього розрахунку коефіцієнти,

$$A = t_1 - \frac{q_1^2 l_e^2}{24\alpha T_1^2} + \frac{T_1}{\alpha ES}, \quad (6.4)$$

$$B = \frac{q_x^2 l_e^2}{24\alpha}, \quad (6.5)$$

$$C = \alpha ES. \quad (6.6)$$

У цих рівняннях індекс «1» вказує, що величини (натяг несучого троса T та відповідні температура t і навантаження q) належать до вихідного режиму. Значення цих величин за наступних вихідних розрахункових режимів слід прийняти такими:

- $T_1 = T_{\max}; t_1 = t_{\min}; q_1 = g$ – режим мінімальної температури;
- $T_1 = T_{\max}; t_1 = t_r = -5^{\circ}C; q_1 = q_{\text{тг}}$ – режим максимальної ожеледі з вітром;
- $T_1 = T_{\max}; t_1 = t_{v\max} = 5^{\circ}C; q_1 = q_{\text{тв}}$ – режим максимального вітру.

Величини з індексом «х» мають бути визначені. Оскільки спочатку виконують розрахунок залежності натягу несучого троса від температури без урахування додаткових навантажень, то для обчислення коефіцієнта B за рівнянням (6.5) приймають $q_x = g$. Значення добутоків 24α і αES визначають для заданого несучого троса за таблицею Б.2.

Розрахунок залежності натягу навантаженого несучого троса від температури $T_x = f(t_x)$ за рівнянням (6.3) виконують, задаючись натягом несучого троса T_x і визначаючи температуру t_x [4]. При цьому початкове значення натягу несучого троса слід прийняти рівним максимально допустимому $T_{x1} = T_{\max}$, а величину інтервалу ΔT для розрахунку прийняти 2 кН. Результати розрахунків необхідно подати у вигляді таблиці 6.1 і побудувати на аркуші міліметрівки формату А4 графік монтажної кривої натягу навантаженого несучого троса від температури (рисунок 6.1).

Таблиця 6.1 – Залежність натягу навантаженого несучого троса від температури

$T_x, \text{кН}$	$T_{x1} = T_{\text{max}}$	$T_{x2} = T_{\text{max}} - \Delta T$			
$t_x, ^\circ\text{C}$	t_{x1}	t_{x2}			

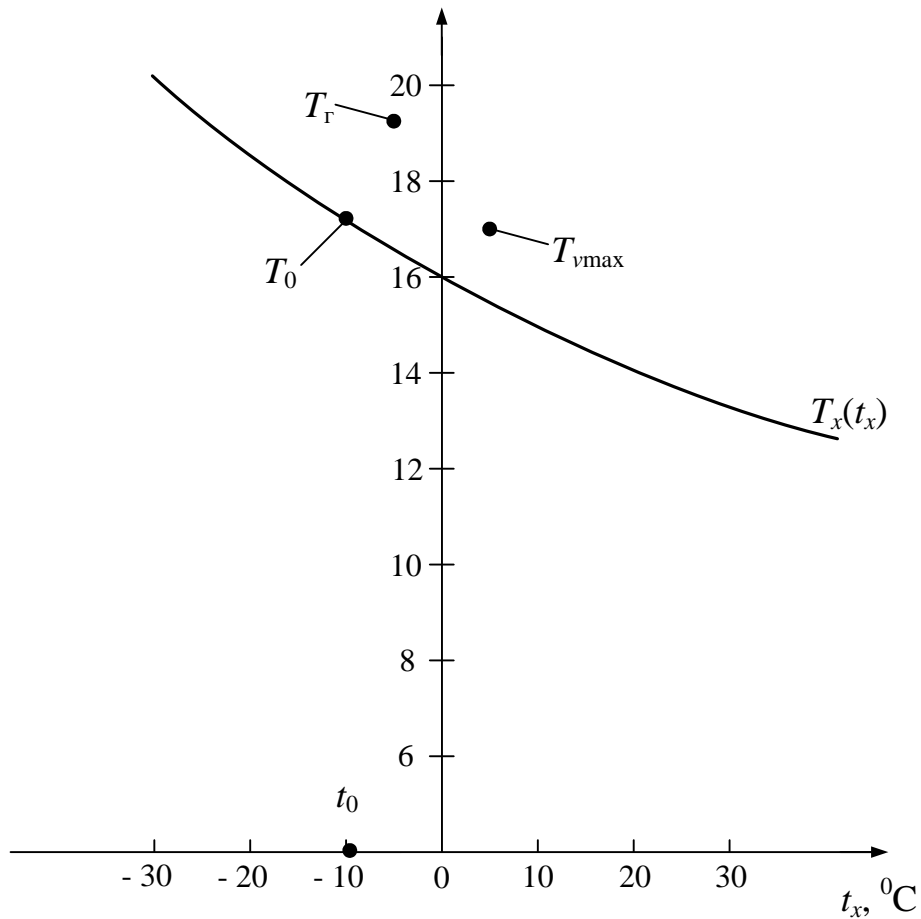


Рисунок 6.1 – Монтажна крива натягу навантаженого несучого троса напівкомпенсованої контактної підвіски

6.3 Визначення натягу несучого троса з безпровисним положенням контактної підвіски

Визначення натягу несучого троса T_0 потребує дворазового розв'язання рівняння стану ланцюгової підвіски (6.3) з наступною

лінійною інтерполяцією натягу за температури безпровисного стану контактного проводу t_0 . Можна простіше визначити натяг несучого троса T_0 , якщо скористатися побудованим графіком монтажної кривої натягу несучого троса від температури $T_x = f(t_x)$, за температурою безпровисного стану контактного проводу t_0 . За відомчими будівельними нормами ВБН В 2.3-3-2009 [2, с. 23], температуру безпровисного стану контактного проводу слід визначати за формулою

$$t_0 = \overline{t_p} - t', \quad (6.7)$$

де $\overline{t_p}$ – середньорічна температура повітря для заданого району, яку визначають за СНіП 2.01.01, наведена в завданні;

t' – поправка, яка складає $20-25^0$ для одного та $15-20^0$ для двох контактних проводів.

Знайдене одним із вказаних способів значення натягу навантаженого несучого троса T_0 , а також натяги несучого троса за найбільших додаткових навантажень T_{Γ} і T_{vmax} , які визначають далі, слід нанести на графік монтажної кривої (рисунок 6.1).

6.4 Визначення натягів несучого троса за найбільших додаткових навантажень

Найбільшими додатковими навантаженнями для контактної мережі є максимальна ожеледь з вітром і вітер максимальної інтенсивності [4]. Для визначення натягів несучого троса за найбільших додаткових навантажень T_{Γ} і T_{vmax} використовують рівняння стану простої підвіски в спрощеному вигляді (6.3), яке записують для відповідного вихідного режиму.

1 Розрахунковий режим мінімальної температури.

Натяги несучого троса за найбільших додаткових навантажень T_{Γ} і $T_{v\max}$ визначають методом підбору. Для цього, наприклад, для визначення T_{Γ} задаються такими двома значеннями натягу $T_x = T_{\Gamma 1}$ і $T_x = T_{\Gamma 2}$, щоб отримані з рівняння стану (6.3) значення температури $t_{\Gamma 1}$ і $t_{\Gamma 2}$ охоплювали значення $t_{\Gamma} = -5^{\circ}C$. Так само для визначення $T_{v\max}$ задаються такими двома значеннями натягу T_x , щоб отримані з рівняння (6.3) значення температури t_{v1} і t_{v2} охоплювали значення $t_{v\max} = 5^{\circ}C$. Потім лінійною інтерполяцією знаходять натяги несучого троса T_{Γ} і $T_{v\max}$.

У розрахунковому режимі мінімальної температури

$$T_1 = T_{\max}; t_1 = t_{\min}; q_1 = g.$$

Коефіцієнти A і C мають таке саме значення, як і в попередніх розрахунках, а рівняння (6.3) набуває вигляду

$$t_x = A + \frac{q_x^2 l_e^2}{24\alpha T_x^2} - \frac{T_x}{C}, \quad (6.8)$$

де величини з індексом « x » спочатку слід віднести до режиму максимальної ожеледі з вітром, приймаючи $q_x = q_{\Gamma}$, а потім – вітру максимальної інтенсивності за $q_x = q_{\Gamma v}$.

Як відомо, за методом інтерполяції можна розрахувати значення функції, яке лежить між двома відомими, що й потрібно в такій ситуації для визначення натягів несучого троса. Для прикладу наведена формула визначення методом лінійної інтерполяції сили натягу несучого троса за максимальної ожеледі з вітром T_{Γ} [4]

$$T_{\Gamma} = T_{\Gamma 1} + \frac{(T_{\Gamma 2} - T_{\Gamma 1})(t_{\Gamma} - t_{\Gamma 1})}{t_{\Gamma 2} - t_{\Gamma 1}}. \quad (6.9)$$

За подібною формулою визначають силу натягу несучого троса для режиму максимального вітру T_{vmax} .

2 Розрахунковий режим максимальної ожеледі з вітром.

У цьому випадку без розрахунку слід прийняти $T_r = T_{max}$, тому що це впливає з визначення розрахункового режиму.

Натяг несучого троса для режиму максимального вітру T_{vmax} також визначають методом підбору. У вихідному режимі приймають

$$T_1 = T_{max}; t_1 = t_r = -5^0 C; q_1 = q_{tr}.$$

Коефіцієнти A і C мають такі самі значення, як і для розрахунку кривої $T_x = f(t_x)$ у заданому режимі максимальної ожеледі з вітром. Для визначення T_{vmax} застосовуємо рівняння (6.8), де величини з індексом «х» слід віднести до режиму максимального вітру за $q_x = q_{tr}$.

Після всіх розрахунків сил натягу навантаженого несучого троса складають монтажну таблицю, використовуючи також графік монтажної кривої $T_x = f(t_x)$ для визначення натягу несучого троса для заданих значень температури t_x .

Температуру безпровисного стану контактного проводу t_0 та відповідне значення T_0 у монтажній таблиці 6.2 проставляють у порядку зростання температури. Тут же необхідно вказати сили натягів несучого троса за найбільших додаткових навантажень T_r і T_{vmax} .

Таблиця 6.2 – Монтажна таблиця натягу навантаженого несучого троса напівкомпенсованої контактної підвіски

$t_x, ^\circ C$	$t_{min} =$	-20	-10	$t_0 =$	0	10	20	$t_{max} =$
$T_x, кН$	$T_{tmin} =$			$T_0 =$				

6.5 Визначення стріл провису несучого троса та контактних проводів для конкретних прогонів розрахункової анкерної ділянки

Як розрахункові прогони анкерної ділянки слід прийняти прогони максимальної та мінімальної довжин, а також прогін, у якому розташований пішохідний місток. Стріли провису навантаженого троса ресорної напівкомпенсованої підвіски від температури t_x для конкретних прогонів визначають за формулою [4]

$$F_x = \frac{\left(g_x + g_0 \frac{K}{T_0}\right)(l_i - 2e)^2}{8(T_x + K)} + \frac{(g_x l_i - g_{tx} e)e}{2T_x}, \quad (6.10)$$

де l_i – довжина i -го прогону, м;

e – відстань від опори до першої простої струни, м;

K – натяг контактних проводів, Н;

T_0 – натяг несучого троса для безпровисного стану контактних проводів, Н;

T_x – натяг несучого троса, Н, який відповідає температурі t_x ;

g_0 – розподілене навантаження на несучий трос від ваги всіх проводів підвіски для безпровисного стану контактних проводів, Н/м;

g_x – розподілене навантаження на несучий трос від ваги всіх проводів підвіски за температури t_x , Н/м;

g_{tx} – розподілене навантаження від власної ваги несучого троса за температури t_x , Н/м.

Для спрощення розрахунку можна попередньо розрахувати частини формули, які не залежать від зміни температури, позначивши їх [4]

$$M_i = \frac{\left(g_x + g_0 \frac{K}{T_0}\right)(l_i - 2e)^2}{8} \quad \text{і} \quad N_i = \frac{(g_x l_i - g_{\text{тк}} e)e}{2}. \quad (6.11)$$

Отже, отримана спрощена формула для визначення стріли провису навантаженого троса

$$F_x = \frac{M_i}{T_x + K} + \frac{N_i}{T_x}. \quad (6.12)$$

Для розрахунку F_x слід взяти шість значень натягу несучого троса T_x , які відповідають значенням температури t_x із таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Монтажна таблиця стріл провису несучого троса та контактних проводів напівкомпенсованої контактної підвіски

t_x	T_x	l_1		l_2		l_3	
		F_x	f_x	F_x	f_x	F_x	f_x
$^{\circ}\text{C}$	кН	м	м	м	м	м	м
$t_{\min} =$							
-20							
$t_0 =$							
0							
20							
$t_{\max} =$							

Стріли провису контактних проводів ресорної напівкомпенсованої підвіски визначають за формулою

$$f_x = \frac{g_0(l_i - 2e)^2(T_0 - T_x)}{8T_0(T_x + K)}. \quad (6.13)$$

Величини, що входять у цю формулу, відповідають величинам із попередньої формули (6.10).

Для спрощення розрахунку, як і в попередньому випадку, слід спочатку розрахувати незалежну від зміни температури частину формули, позначивши її

$$P_i = \frac{g_0(l_i - 2e)^2}{8T_0}. \quad (6.14)$$

Тоді спрощена формула для визначення стріли провису контактних проводів

$$f_x = \frac{P_i(T_0 - T_x)}{T_x + K}. \quad (6.15)$$

Результати розрахунків необхідно подати у вигляді таблиці 6.3 і побудувати на аркуші міліметрівки формату А4 графіки монтажних кривих стріл провису несучого троса (рисунок 6.2) і контактних проводів напівкомпенсованої контактної підвіски (рисунок 6.3).

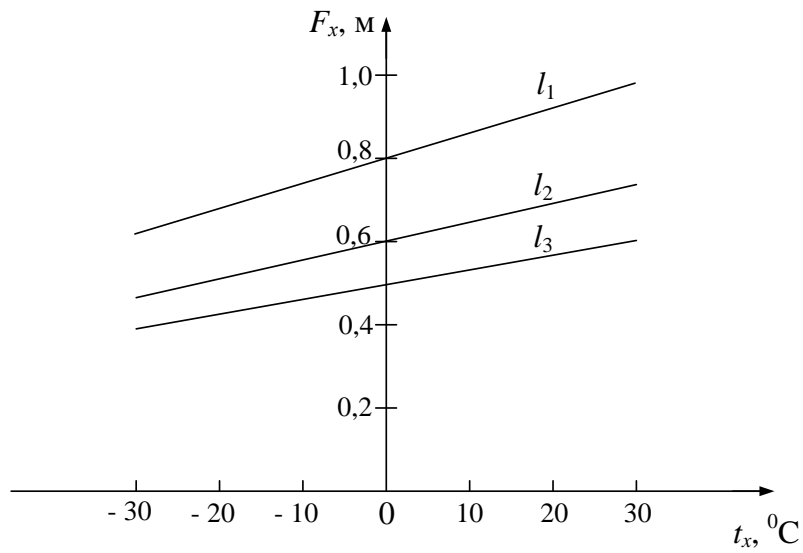


Рисунок 6.2 – Графіки монтажних кривих стріл провису навантаженого несучого троса напівкомпенсованої контактної підвіски

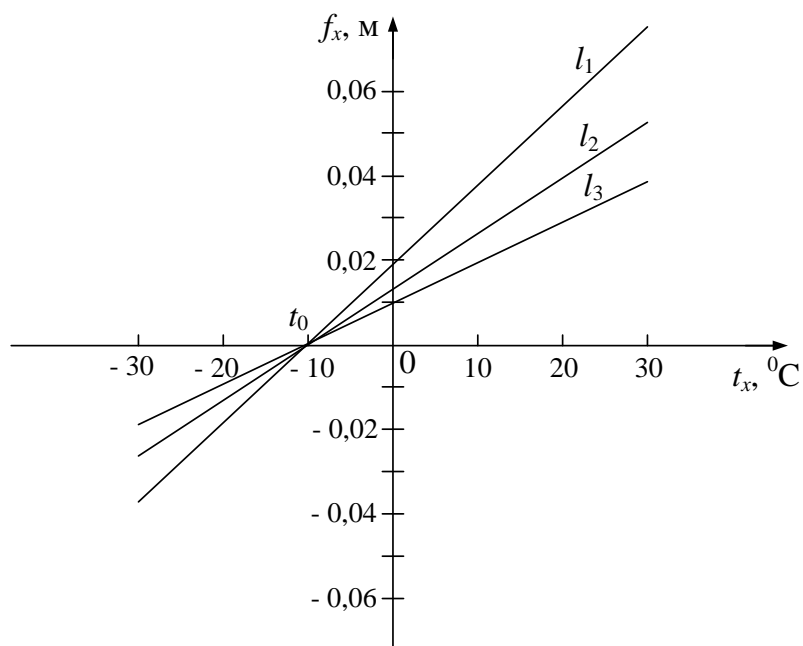


Рисунок 6.3 – Графіки монтажних кривих стріл провису контактних проводів напівкомпенсованої контактної підвіски

7 ВИБІР ОПОР І ПІДТРИМУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Вибір опор і підтримуючих пристроїв (консолей і жорстких поперечин) для проектування контактної мережі полягає у прив'язці типових конструкцій до конкретних умов встановлення.

7.1 Вибір опор

На ділянках змінного та постійного струму як консольні опори пропонується застосовувати залізобетонні конічні опори марки СС136.6 з несучою спроможністю 1 або 2 [4]. Як анкерні опори застосовуємо залізобетонні конічні опори цієї ж марки з несучою спроможністю 3. Для цих опор вибираємо відтяжки, трипроменеві анкери ТА-4 або ТА-4,5, опорні плити ОП-2. Як стійки жорстких поперечин пропонується застосовувати залізобетонні конічні опори марки СС136.6 з несучою спроможністю 2 з опорними плитами ОП-2 (ОП-3).

7.2 Вибір консолей і жорстких поперечин

На електрифікованих ділянках для встановлення на опорах застосовують ізольовані та неізольовані консолі. Марку консолі вибирають за призначенням, місцем встановлення і габаритом опори за додатком В. Для стійок жорстких поперечин застосовують консолі, наведені в додатку Г.

У курсовому проєкті для контактної мережі станції слід застосовувати удосконалені жорсткі металеві поперечини. У додатку Д наведені дані оцинкованих поперечин типу РЦ без використання освітлення. За необхідності застосування поперечин з освітлювальним обладнанням слід використовувати три- або чотириблокові спеціально для

цього розроблені конструкції оцинкованих поперечин типу ОРЦ, що мають таку саму довжину, як і наведені в додатку Д поперечини типу РЦ, але дещо більшу масу.

З вибором жорстких поперечин насамперед розраховують необхідну довжину поперечини [4]:

$$L' = \Gamma_1 + \Gamma_2 + \sum m + d_{\text{оп}} + 2 \cdot 0,15, \quad (7.1)$$

де Γ_1, Γ_2 – габарити опор поперечини;

$\sum m$ – сумарна ширина міжколій, що перекриває поперечина, складається з ширини міжколій і міжколій, що перекриваються поперечиною в місці примикання з'їзду. Щоб розрахувати останню, необхідно відстань від ЦП до поперечини поділити на 9 для марки хрестовини 1/9, на 11 - марки 1/11 тощо;

$d_{\text{оп}} = 0,44$ м – діаметр опори на рівні головки рейки;

0,15 м – будівельний допуск на встановлення опор.

Далі вибирають із додатка Д типові поперечини, які мають найближчі, дещо більші, основні або укорочені довжини порівняно з розрахованими. Несучу спроможність поперечин слід приймати відповідно до їхньої навантаженості власною вагою проводів і конструкцій контактної мережі та складності метеорологічних умов у розрахункових режимах.

Список літератури

1 ЦЕ-0023. Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць. Київ, 2008. 208 с.

2 ВБН В.2.3-3-2009. Споруди транспорту. Контактна мережа. Норми проектування. Київ, 2009. 187 с.

3 Правила улаштування системи тягового електропостачання залізниць України. Київ: «Швидкий рух», 2005. 79 с.

4 Семененко О. І., Одегов М. М., Семененко Ю. О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Контактна мережа та лінії електропостачання». Харків: УкрДАЗТ, 2014. 39 с.

5 Проектування систем електропостачання залізниць: навч. посіб. / М. М. Бабаєв, В. С. Блиндюк, О. Д. Супрун та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 274 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Вихідні дані до курсового проєкту

Характеристика ланцюгової контактної підвіски											
Номер	Вихідні дані	Остання цифра навчального шифру									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Рід струму конкатної мережі	змінний	змінний	змінний	змінний	змінний	постійний	постійний	постійний	постійний	постійний
2	Контактна підвіска на головних коліях станції і перегону має несучий трос контактний(і) провід(оди)	М-95 МФ-100	ПБСМ-95 БрФ-120	ПБСМ-95 МФО-100	М-95 НЛФО-100	ПБСМ-95 НЛФ-100	М-120 2МФ-100	М-120 2МФО-100	М-120 2НЛФ-100	М-120 БрФ-150	М-120 НЛФО-100
3	Контактна підвіска на бокових коліях станції має несучий трос контактний(і) провід(оди)	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85	М-95 МФ-100	ПБСМ-95 МФ-100	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-95 МФ-100
4	Конструктивна висота контактної підвіски h , м	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
5	Відстань від опори до першої простої струни e , м	10	12	12	10	12	15	14	15	14	14
6	Кількість ізоляторів у підвісній гірлянді, шт.	4	4	3	4	3	2	2	2	2	2

Продовження таблиці А.1

Характеристика ланцюгової контактної підвіски											
Номер	Вихідні дані	Передостання цифра навчального шифру									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Мінімальна температура $t_{\min}, ^\circ\text{C}$	-25	-25	-30	-30	-25	-25	-30	-30	-25	-25
2	Максимальна температура $t_{\max}, ^\circ\text{C}$	+35	+40	+35	+40	+35	+40	+35	+40	+35	+40
3	Середньорічна температура $\bar{t}_p, ^\circ\text{C}$	+8	+11	+6	+7	+8	+11	+6	+7	+8	+11
4	Вітровий район	4	3	3	2	4	3	3	2	4	3
5	Ожеледний район	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4

Тип контактної підвіски головних колій на станції – ресорна напівкомпенсована, бокових колій – напівкомпенсована зі зміщеною простою опорною струною, перегону – ресорна компенсована.

Форма ожеледі – циліндрична, питома вага ожеледі $\gamma_r = 900 \text{ кг/м}^3$. Температура утворення ожеледі $t_r = -5 ^\circ\text{C}$; температура, за якої максимальна швидкість вітру, $t_{vmax} = +5 ^\circ\text{C}$.

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Технічні дані проводів контактної підвіски

Марка проводу	Площа розрахункового перерізу проводу S_p , мм ²	Висота перерізу H , мм, або діаметр d , мм	Ширина перерізу A , мм	Навантаження від власної ваги проводу g , Н/м	$24\alpha \cdot 10^{-6}$, 1/°C	αES , Н/°C
ПБСА-50/70	117	14,0	-	6,8	330	241,3
ПБСМ-70	69,9	11,0	-	6,1	319	138,2
ПБСМ-95	90,6	12,5	-	7,8	319	179,3
М-95	92,5	12,6	-	8,4	408	173,8
М-120	117	14,0	-	10,6	408	219,8
МФ-85	85	10,8	11,76	7,6	408	187,8
МФ-100	100	11,8	12,8	8,9	408	221,0
МФО-100	100	10,5	14,92	8,9	408	221,0
МФ-120	120	12,9	13,9	10,7	408	221,0
МФ-150	150	14,5	15,5	13,4	408	331,5
БрМгФ-85	85	10,8	11,76	7,6	408	187,8
БрМгФ-100	100	11,8	12,8	8,9	408	221,0
БрМгФ-120	120	12,9	13,9	8,9	408	266,0
БрФ-150	150	14,5	15,5	13,4	408	333
НлОлФ-85	85	10,8	11,76	7,6	408	187,8
НлОлФ-100	100	11,8	12,8	8,9	408	221,0
НлОлФО-100	100	10,5	14,92	8,9	408	221,0
НлОлФ-120	120	12,9	13,9	10,7	408	221,0
НлОлФ-150	150	14,5	15,5	13,4	408	333

Таблиця Б.2 – Значення аеродинамічного коефіцієнта лобового опору проводів контактної підвіски

Проводи	Коефіцієнт C_x
Одиночні контактні проводи та несучі троси контактної підвіски з урахуванням затискачів і струн	1,25
Одиночні овальні контактні проводи	1,15
Подвійні контактні проводи з відстанню між ними 40 мм на нульових місцях і на насипу до 5 м / понад 5 м	1,55/1,85

Таблиця Б.3 – Натяг несучих тросів контактних підвісок

Тип підвіски	Номінальний натяг компенсованого несучого троса $T_{ном}$, кН	Максимальний натяг некомпенсованого несучого троса T_{max} , кН	Орієнтовні значення натягів несучих тросів напівкомпенсованої підвіски							
			режим вітру максимальної інтенсивності T_z з заданим значенням мінімальної температури t_{min} °C			режим ожеледі з вітром T з заданим значенням товщини кірки ожеледиці b_n , мм				
			-50	-40	-30	5	10	15	20 і більше	
М-95+МФ-100	14,5	16,0								
М-95+2МФ-100	14,5	16,0								
М-120+2МФ-100	18,0	20,0	$0,7T_{max}$	$0,8T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,8T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,9T_{max}$	T_{max}	
М-120+МФ-150	18,0	20,0								
М-120+2МФ-120	18,0	20,0								
ПБСМ-70+ МФ-85	15,0	16,0								
ПБСМ-70+МФ-100	15,0	16,0								
ПБСМ-95+МФ-100	16,0	20,0	$0,8T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,9T_{max}$	$0,75T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,95T_{max}$	T_{max}	
ПБСМ-95+2МФ-100	18,0	20,0								
ПБСА-50/70+МФ-85	18,0	20,0								
ПБСА-50/70+МФ-100	15,0	16,0								

З безпровисним положенням контактних проводів значення натягів для мідних несучих тросів напівкомпенсованої підвіски складає $0,75T_{max}$ і $0,8T_{max}$ для біметалевих несучих тросів.

Таблиця Б.4 – Номінальний натяг нових контактних проводів

Марка контактного проводу	Номінальний натяг проводу K , кН (кгс)
Одиночні контактні проводи	
МФ-85, НлФ-85	8,5 (850)
БрФ-85	9,5 (950)
МФ-100, МФО-100, НлФ-100	10 (1000)
БрФ-100, БрФО-100	13 (1300)
МФ-120, НлФ-120	12 (1200)
МФ-150, НлФ-150	15 (1500)
БрФ-150, БрФО-150	18 (1800)
Подвійні контактні проводи	
2МФ-100, 2МФО-100, 2НлФ-100	20 (2000)
2БрФ-100, 2БрФО-100	26 (2600)
2МФ-120, 2НлФ-120	24 (2400)

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Неізолювані швелерні консолі для ділянок контактної мережі постійного струму

Проміжні опори			Тип консолі з габаритом опор, м			
			3,1...3,5	4,9	5,7	
Типові опори	Пряма		НР-I-5	НР-III-6,5	НР-IV-6,5	
	Зовнішній бік кривої					
	Внутрішній бік кривої радіусом	Понад 2000 м	НСУ-I-5	НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5	
		Від 1000 м до 2000 м включно	НСУ-I-6,5	НСУ-III-6,5п	НСУ-IV-6,5п	
До 1000 м включно						
Опори на повітряній стрічці	Пряма		2 НСУ-I-6,5	2НСУ-III-6,5п	-	
Опори середнього анкерування з компенсованою підвіскою	Пряма		НСУ-I-5	НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5	
	Зовнішній бік кривої радіусом	Понад 600 м		НСУ-III-6,5п	НСУ-IV-6,5п	
		До 600 м включно		НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5	
	Внутрішній бік кривої радіусом	Понад 2000 м	НСУ-I-6,5	НСУ-III-6,5п	НСУ-IV-6,5п	
До 2000 м включно						
Перехідні опори			3,1...3,2	3,3...3,5	4,9	5,7
Трипрогонні неізолювані спряження (пряма)	Опора А (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5		НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5
		Гілка анкерована	НСУ-I-5		НСУ-III-6,5п	НСУ-IV-6,5п
	Опора Б (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5	НР-II-5	НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5
		Гілка анкерована	НСУ-I-5	НСУ-II-5	НСУ-III-6,5п	НСУ-IV-6,5п
Три- і чотирипрогонні ізолювані спряження (пряма)	Опора А (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5		НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5
		Гілка анкерована	НСУ-II-5		НСУ-III-6,5п	НСУ-IV-6,5п
	Опора Б (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5		НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5
		Гілка анкерована	НСУ-I-5		НСУ-III-6,5п	НСУ-IV-6,5п

Таблиця В.2 – Неізолювані швелерні консолі для ділянок контактної мережі змінного струму

Проміжні опори			Тип консолі з габаритом опор, м						
			3,1...3,5		4,9	5,7			
Типові опори	Пряма		НР-I-5			НР-III-5	НР-IV-5		
	Зовнішній бік кривої радіусом	понад 600 м				НСУ-I-5		НСУ-III-5п	НСУ-IV-5п
		до 600 м включно	НР-III-5	НР-IV-5					
	Внутрішній бік кривої радіусом	понад 2000 м	НСУ-I-5		НСУ-III-5п	НСУ-IV-5п			
		від 1000 м до 2000 м включно			НСУ-III-5	НСУ-IV-5			
до 1000 м включно									
Опори на повітряній стрілі	Пряма		2 НСУ-I-5		2НСУ-III-5п	-			
Опори середнього анкерування з компенсованою підвіскою	Пряма		НСУ-I-5			НСУ-III-5			
	Зовнішній бік кривої радіусом	понад 600 м				НСУ-III-5п			
		до 600 м включно				НСУ-III-5	НСУ-IV-5		
	Внутрішній бік кривої радіусом	понад 2000 м				НСУ-III-5п	НСУ-IV-5п		
до 2000 м включно									
Перехідні опори			3,1...3,2	3,3	3,4	3,5	4,9	5,7	
Трипрогонні неізолювані спряження (пряма)	Опора А (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5			НР-III-5	НР-IV-5		
		Гілка анкерована	НСУ-I-5			НСУ-III-5п			
	Опора Б (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5		НР-II-5	НР-III-5	НР-IV-5		
		Гілка анкерована	НСУ-I-5	НСУ-II-5		НСУ-III-5п	НСУ-IV-5п		
Три- і чотирипрогонні ізолювані спряження (пряма)	Опора А (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5			НР-III-5			
		Гілка анкерована	НСУ-I-5	НСУ-II-5		НСУ-III-5п	НСУ-IV-5п		
	Опора Б (рисунок 4.7)	Робоча гілка	НР-I-5	НР-II-5		НР-III-5	НР-IV-5		
		Гілка анкерована	НСУ-I-5			НСУ-III-5п			

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Основні технічні дані консолей для стійок жорстких поперечин

Тип консолі	Розміри, мм		Маса, кг
	<i>L</i>	<i>l</i>	
Неізолювані			
ЖНР-I	2520	2160	16,32
ЖНС-I		2120	22,30
ЖНР-II	2880	2160	20,10
ЖНС-II		2120	26,10
Ізолювані			
ЖС-I	1950	1600	19,13
ЖР-I			14,64
ЖС-II	2310		22,89
ЖР-II			18,40

Позначення наведених типах консолей:

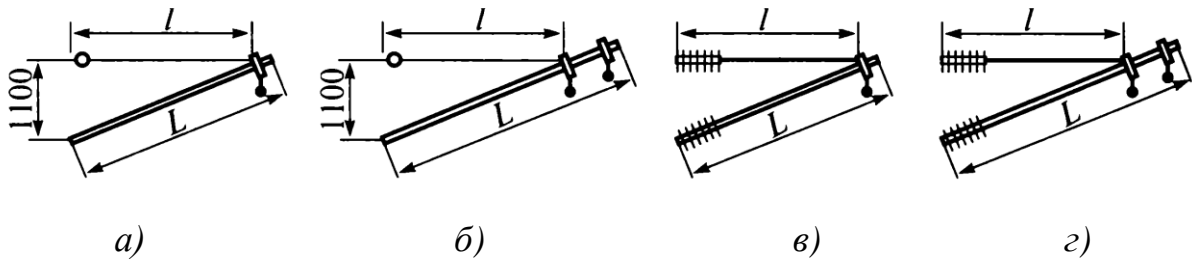
Ж – консоль для жорсткої поперечини;

Н – похилена консоль;

Р – розтягнута тяга;

С – стиснена тяга із труби;

I, II – тип консолі, що залежить від довжини кронштейна.



a) ЖНР (ЖНС)-I; *б)* ЖНР (ЖНС)-II; *в)* ЖР (ЖС)-I; *з)* ЖР (ЖС)-II

Рисунок Г.1 – Загальний вигляд консолей жорстких поперечин

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Основні технічні дані оцинкованих жорстких поперечин (ригелів) типу РЦ

Марка поперечини	Основна та можливі укорочені (у дужках) довжини поперечин, м	Кількість блоків	Маса поперечини основної довжини, кг
РЦ80-22,5	22,515 (21,715; 20,915;	2	688
РЦ100-22,5	20,115; 19,315; 18,515;		704
РЦ130-22,5	17,715; 16,915; 16,115;		747
РЦ180-22,5	15,315; 14,515; 13,715; 12,915)		877
РЦ180-30,3	30,26 (29,01; 27,76; 26,51;	3	1391
РЦ320-30,3	25,26; 24,01; 22,76; 21,51;		1596
РЦ360-30,3	20,26; 19,01; 17,76; 16,51; 15,26)		1737
РЦ220-34,0	34,01 (32,76; 31,51; 30,26)	3	1531
РЦ280-34,0			1686
РЦ320-34,0			1860
РЦ380-34,0			1992
РЦ280-39,2	39,165 (37,915; 36,665; 35,415)	4	1999
РЦ320-39,2			2119
РЦ480-39,2			2565
РЦ350-44,2	44,165 (42,915; 41,665; 40,415; 39,165)	4	2538
РЦ420-44,2			2839
РЦ590-44,2			3242
РЦ630-44,2			3380

ДОДАТОК Е

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт із дисципліни
«Контактні мережі та лінії електропостачання»
студента _____

Тема курсового проєкту: Розроблення контактної мережі електрифікованої ділянки залізниці постійного (змінного) струму

РЕКОМЕНДОВАНІ ПИТАННЯ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗРОБЛЕННЮ

- 1 Визначення навантажень на проводи контактної підвіски станції та перегону.
- 2 Визначення довжин прогонів контактної підвіски станції та перегону.
- 3 Розроблення схеми живлення та секціонування контактної мережі станції та перегону.
- 4 Трасування контактної мережі – розроблення монтажного плану контактної мережі станції та перегону.
- 5 Побудова монтажних кривих несучого троса та контактних проводів.
- 6 Вибір опор і підтримуючих пристроїв.

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

- 1 Монтажний план (трasuвання) станції - масштаб 1:1000.
- 2 Монтажний план (трasuвання) перегону - масштаб 1:2000.

ВИХІДНІ ДАНІ ДО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Характеристика ланцюгової контактної підвіски контактної мережі
заданої ділянки залізниці

- 1 Рід струму – .
- 2 Контактна підвіска на перегоні та головних шляхах станції виконана:
несучий трос – ;
контактний провід – .
- 3 Контактна підвіска на бокових шляхах станції виконана:
несучий трос – ;
контактний провід – .
- 4 Конструктивна висота контактної підвіски, м – .
- 5 Відстань від опори до першої простої струни, м – .
- 6 Кількість ізоляторів у підвісній гірлянді – .

Метеорологічні умови

- 1 Мінімальна температура t_{\min} , °C – .
- 2 Максимальна температура t_{\max} , °C – .
- 3 Середньорічна температура \bar{t}_p , °C – .
- 4 Вітровий район – .
- 5 Район території за ожеледдю – .
- 6 Форма ожеледі – циліндрична.
- 7 Питома вага ожеледі γ_r – 900 кг/м³.
- 8 Температура утворення ожеледі t_r , °C – -5 °C.
- 9 Температура, за якої максимальна швидкість вітру, t_{vmax} , °C – +5 °C.

Дані для трасування контактної мережі станції

- 1 Схема станції додана. Пасажирські платформи розташовані симетрично осі пасажирської будівлі (ПБ) і мають довжину 400 (500) м. Пішохідний міст (ПМ) має висоту 6 м.
- 2 Марка хрестовин стрілок головних колій – 1/18;
бокових колій – 1/11 (1/9).
- 3 Відстань від будинку тягової підстанції до осі I колії, м – .

Дані для трасування контактної мережі перегону

- 1 Вхідний сигнал заданої станції – .
- 2 Початок кривої з центром, розташованим ліворуч по ходу кілометрів – .
- 3 Радіус кривої $R = \underline{\hspace{2cm}}$ м.
- 4 Кінець кривої – .
- 5 Початок виїмки глибиною більше 2 м – .
- 6 Кінець виїмки – .
- 7 Вісь яру невеликої ширини – .
- 8 Початок насипу висотою 10 м, відкрите місце – .
- 9 Пікет осі моста через річку з рухом «понизу» – .
- 10 Довжина мосту – .
- 11 Кінець насипу – .
- 12 Вісь кам'яної труби з отвором 1,1 м – .
- 13 Вхідний сигнал наступної станції – .
- 14 Центр переводу першої стрілки наступної станції – .

Дата видачі завдання

Керівник курсового проектування _____

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання курсового проєкту
з дисципліни

«КОНТАКТНІ МЕРЕЖІ ТА ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»

Відповідальний за випуск Семененко О. І.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 11.11.2024 р.

Умовн. друк. арк. 4,25. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.