

**МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра автоматизованих систем електричного транспорту**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання курсового проекту**

**з дисципліни**

***«КОНТАКТНА МЕРЕЖА ТА ЛІНІЇ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»***

**Харків – 2014**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматизованих систем електричного транспорту 15 серпня 2012 р., протокол № 1.

Рекомендується для студентів напряму «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

доц. О.І. Семененко,  
старш. викл. М.М. Одегов,  
асп. Ю.О. Семененко

Рецензент

доц. А.Ф. Агулов

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту

з дисципліни

*«КОНТАКТНА МЕРЕЖА ТА ЛІНІЇ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»*

Відповідальний за випуск Семененко О.І.

Редактор Буранова Н.В.

---

Підписано до друку 20.02.13 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Визначення розрахункових навантажень на проводи контактної підвіски.....	6
1.1 Розрахункові режими та навантаження.....	6
1.2 Навантаження від власної ваги проводів.....	7
1.3 Навантаження від тиску вітру.....	8
1.4 Навантаження при ожеледі.....	9
1.5 Результуючі навантаження на несучий трос.....	10
2 Розрахунок максимально допустимих довжин прогонів контактної підвіски.....	12
2.1 Визначення довжин прогонів за номограмами.....	12
2.2 Розрахунок довжин прогонів методом динамічного розрахунку.....	13
3 Розроблення схеми живлення та секціонування контактної мережі станції.....	17
4 Трасування контактної мережі станції.....	20
4.1 Підготовка плану станції.....	20
4.2 Намітка місць фіксації контактних проводів.....	22
4.3 Розподіл анкерних ділянок на станції.....	22
4.4 Розстановка опор по кінцях станції.....	23
4.5 Розстановка зигзагів.....	23
4.6 Трасування ліній живлення, відсмоктування та поздовжнього електропостачання.....	24
4.7 Розстановка габаритів опор.....	24
5 Трасування контактної мережі перегону.....	24
5.1 Підготовка плану перегону.....	24
5.2 Попередній розподіл перегону на анкерні ділянки.....	25
5.3 Розстановка опор на перегоні.....	26
5.4 Обробка плану перегону.....	27
5.5 Габарити опор.....	28
6 Побудова монтажних кривих несучого троса та контактних проводів.....	28
6.1 Встановлення вихідного розрахункового режиму.....	29
6.2 Залежність натягу навантаженого несучого троса від температури.....	30

6.3	Визначення натягу несучого троса при безпровисному положенні контактного проводу.....	33
6.4	Визначення натягів несучого троса при найбільших додаткових навантаженнях.....	33
6.5	Визначення стріл провису несучого троса та контактних проводів для конкретних прогонів розрахункової анкерної ділянки.....	36
7	Вибір опор та підтримувальних пристроїв.....	39
7.1	Вибір опор.....	39
7.2	Вибір консолей.....	40
7.3	Вибір жорстких поперечин.....	40
	Список літератури.....	41
	Додаток А.....	42

## ВСТУП

Згідно з Державною програмою розвитку залізничного транспорту в Україні продовжується електрифікація залізниць на найважливіших напрямках з високими показниками вантажо- та пасажирообороту. Електрифікація залізниць дає змогу значно збільшити обсяги вантажоперевезень та забезпечити мінімальну їх собівартість. Для пасажирських перевезень електрифікація надає можливості покращення якості обслуговування пасажирів згідно із сучасними вимогами, організації швидкісного та високошвидкісного руху поїздів.

Розвиток процесу електрифікації залізниць зумовив широке впровадження нового обладнання, конструкцій і матеріалів у контактній мережі та лініях електропостачання. Так, наприклад, у контактних підвісках все ширше застосовуються замість мідних зносостійкіші та міцніші мідні низьколеговані та бронзові контактні проводи. Сучасні полімерні ізолятори в контактній мережі та лініях електропостачання витісняють фарфорові та скляні, оскільки не потребують постійного діагностування, а термін їх експлуатації складає тридцять років.

Виконання курсового проекту з дисципліни «Контактна мережа та лінії електропостачання» має на меті опанування студентами знань та навичок з питань улаштування, проектування і спорудження контактної мережі та ліній електропостачання залізниць. Тема курсового проекту – розроблення контактної мережі електрифікованої ділянки залізниці. У проекті необхідно виконати: розрахунок навантажень на проводи контактної підвіски та максимально допустимих довжин прогонів, розроблення схеми живлення та секціонування станції, трасування контактної мережі станції та перегону, розрахунок і побудову монтажних кривих несучого троса та контактного проводу, вибір типу опор та підтримувальних пристроїв із застосуванням нових конструкцій та матеріалів.

Курсовий проект слід оформити у вигляді пояснювальної записки, яка виконується 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, для комп'ютерного трасування – рулонний папір.

Вихідні дані до курсового проекту, які наведені в додатку А методичних вказівок, слід взяти згідно із заданим викладачем варіантом та записати в бланк завдання. В роботі необхідно вказувати найменування кожного розділу та розрахункової операції, а всі таблиці та рисунки повинні мати нумерацію. 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 та конструкцій контактної мережі можуть виникати при різних сполученнях метеорологічних факторів. Необхідно знати такі сполучення навантажень (розрахункові режими), при 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 при 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 і вимірюють у Ньютонах на метр. 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 визначаються спільною дією вертикальних і горизонтальних навантажень.

Необхідні дані проводів для заданих за варіантом контактних підвісок слід взяти з [1 – 3] та звести в таблицю за прикладом таблиці 1.1.

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 $C_x$
М-95	12,6	-	8,4	15,3	14	1,25
МФ-100	11,8	12,8	8,9	-	10	1,25
ПБСМ-70	11,0	-	6,1	15,3	14	1,25
МФ-85	10,8	11,76	7,6	-	8,5	1,25

Нормативні навантаження контактних проводів і несучих тросів заданих підвісок визначаються за наведеною далі методикою [2, 3].

## 1.2 Навантаження від власної ваги проводів

В режимі мінімальної температури повітря при відсутності додаткових навантажень від вітру та ожеледі несучий трос має лише вертикальне розподілене навантаження від власної ваги проводів ланцюгової контактної підвіски, яке визначається 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 та затискачів, що 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 для підвіски бокових колій станції.

### 1.3 Навантаження від тиску вітру

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

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

де  $\alpha_n$  – коефіцієнт, який враховує нерівномірність тиску вітру вздовж прогону; при механічному розрахунку проводів приймають  $\alpha_n = 1$ ;

$C_x$  – аеродинамічний коефіцієнт лобового опору проводу;

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

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

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

Для визначення максимально допустимих довжин прогонів, що буде виконуватись далі, 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 при ожеледі



В режимі максимальної ожеледі з одночасною дією вітру несучий трос сприймає вертикальні навантаження від власної ваги проводів та 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 визначається з виразу:

$$g_{гт} = 0,8 \cdot 0,009 \pi b_{т} (d_{т} + b_{т}), \quad (1.4)$$

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

$b_{т}$  – товщина стінки ожеледі на несучому тросі, мм;  
визначається як

$$b_{т} = b_{н} k_b, \quad (1.5)$$

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

$k_b$  – поправковий коефіцієнт до 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 такою формулою:

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

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

$d_{к} = 0,5(A+H)$  – середній діаметр контактної провідної частини, мм.

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

$$g_{г} = g_{гт} + n g_{гк} + g_{гс}, \quad (1.7)$$

де  $g_{гс}$  – навантаження від ваги ожеледі на струнах та затискачах, Н/м, яке слід визначати згідно з [2] при одному контактному проводі:

$$g_{гс} = 0,13 \cdot 0,009 \pi b_n (d_c + 1,15 b_n); \quad (1.8)$$

при двох контактних проводах і шаховому розташуванні струн:

$$g_{гс} = 0,20 \cdot 0,009 \pi b_n (d_c + 1,15 b_n), \quad (1.9)$$

де  $d_c$  – діаметр струни, мм.

Нормативне горизонтальне навантаження від тиску вітру на покритий ожеледдю несучий трос визначається за формулою:

$$p_{тг} = \alpha_n C_x k_v^2 q_{г0} (d_t + 2b_t) \cdot 10^{-3}, \quad (1.10)$$

де  $q_{г0}$  – нормативне значення вітрового тиску при ожеледі, Па [2, с. 19].

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

$$p_{кг} = \alpha_n C_x k_v^2 q_{г0} (H + 2b_k) \cdot 10^{-3}. \quad (1.11)$$

## 1.5 Результуючі навантаження на несучий трос

Нормативне результуюче навантаження на несучий трос при максимальній інтенсивності вітру визначається як:

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

Нормативне результуюче навантаження на несучий трос у режимі ожеледі з вітром розраховується за формулою:

$$q_{\text{т}} = \sqrt{(g + g_r)^2 + p_{\text{т}}^2}. \quad (1.13)$$

Отримані результати розрахунків навантажень на проводи заданої контактної підвіски в Ньютонах на метр заносимо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Розрахункові нормативні навантаження

Позначення	Станція		Перегін	
	Головні колії	Бокові колії	Нульовий рівень	Насип висотою м
1	2	3	4	5
$g_{\text{т}}$				
$ng_{\text{к}}$				
$g_{\text{с}}$				
$g$				
$g_{\text{ГТ}}$				
$ng_{\text{ГК}}$				
$g_{\text{Гс}}$				
$g_{\text{Г}}$				
$p_{\text{Тв}}$				
$p_{\text{ТГ}}$				
$p_{\text{Кв}}$				
$p_{\text{КГ}}$				
$q_{\text{Тв}}$				
$q_{\text{ТГ}}$				

Слід порівняти отримані значення результуючих навантажень у розрахункових режимах  $q_{\text{Тв}}$  та  $q_{\text{ТГ}}$  і встановити режим найбільшого навантаження для несучих тросів підвісок, що потрібно для подальшого механічного розрахунку.

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  $p_{kv}$  або  $p_{kg}$  для заданих підвісок.

## 2 РОЗРАХУНОК МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМИХ ДОВЖИН ПРОГОНІВ КОНТАКТНОЇ ПІДВІСКИ

### 2.1 Визначення довжин прогонів за номограмами

Спочатку необхідно визначити для заданих ділянок швидкості вітру в режимі максимального вітру  $V$  та в режимі ожеледі з вітром  $V_r$ :

$$V = V_0 k_v; \quad V_r = V_{r0} k_v, \quad (2.1)$$

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

$V_{r0}$  – нормативне значення швидкості вітру при ожеледі, м/с, [2, с. 19].

За значеннями швидкостей вітру і товщинами стінки ожеледі на лівій частині номограм [2, с.145 – 153] знаходимо вітрові навантаження на контактні проводи, а на правій частині – максимально допустимі довжини прогонів  $l_{max}$ . Для проміжних значень товщини стінки ожеледі та радіусів кривих довжини прогонів  $l_{max}$  за номограмами слід визначати лінійною інтерполяцією. Для трасування  $l_{max}$  приймають як мінімальну із визначених у двох режимах і округлюють у меншу сторону до цілого числа з обмеженням до 70 м при швидкості руху поїздів до 160 км/год і до 65 м при швидкості руху 161 – 200 км/год [1]. Результати розрахунків  $V$  і  $V_r$  та визначені за номограмами довжини прогонів  $l_{max}$  заносимо до таблиці 2.1.

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 максим. ожеледі з вітром	Режим максимального вітру	Режим максим. ожеледі з вітром	Прийнято для трасування
Станція	Головні колії					
	Бокові колії					
Перегін	Пряма					
	Насип м					
	Крива $R =$ 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 урахування 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, як правило, користуються спрощеними формулами динамічного розрахунку. Для прямих ділянок колії вона має вигляд:

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_k k_1 - p_e} (b_{\text{к доп}} - \gamma_k + \sqrt{(b_{\text{к доп}} - \gamma_k)^2 - a^2})}; \quad (2.2)$$

для кривих ділянок, описаних радіусом  $R$ , м,

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{2K}{p_k k_1 - p_e + \frac{K}{R}} (b_{\text{кдоп}} - \gamma_k + a_k)}, \quad (2.3)$$

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; узяти більше з розрахованих для заданої підвіски із таблиці 1.2;

$b_{\text{кдоп}}$  – найбільше допустиме відхилення контактних проводів від осі струмоприймача під впливом тиску вітру, яке приймається 0,5 м для прямих та 0,45 м для кривих ділянок;

$\gamma_k$  – прогин опори під впливом тиску вітру на рівні контактного проводу, м; визначається за [3, с. 42];

$a$  – зигзаг контактного проводу, який приймається 0,3 м для прямих ділянок та 0,4 м для кривих;

$k_1$  – поправковий коефіцієнт, який враховує пульсації вітру та пружні деформації проводу при його відхиленні; визначається за формулою

$$k_1 = k_2 + 2v_n m_n \xi_n, \quad (2.4)$$

де  $k_2 = a_d c_d e_d$  – коефіцієнт, який враховує пружні деформації проводу при його відхиленні;

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

$v_n, m_n, \xi_n$  – коефіцієнти просторової кореляції, пульсацій тиску вітру та динамічності проводів, які визначаються за таблицями та графіками, що наведені в [2, с. 12 – 13];

$p_e$  – еквівалентне горизонтальне навантаження, яке враховує взаємодію несучого троса та контактного проводу при їх вітровому відхиленні, Н/м, розраховується за формулою

$$p_e = \frac{p_k T - p_t K - 8 \frac{KT}{l^2} \left( \frac{h_{из} p_t}{q_t} + \gamma_t - \gamma_k \right)}{T + K + \frac{10,6 S_{cp} KT}{g_k l^2}}, \quad (2.5)$$

де  $T$  – натяг несучого троса в розрахунковому режимі, який приймається  $T = T_{ном}$  для компенсованої підвіски або визначається для напівкомпенсованої підвіски згідно з рекомендаціями [3, с. 171];

$h_{из}$  – довжина гірлянди ізоляторів, м; визначається за [3, с. 43];

$\gamma_t$  – прогин опори на рівні несучого троса, м; визначається за [3, с. 42];

$l$  – довжина прогону, м;

$S_{cp}$  – середня довжина струни в середній частині прогону, м; визначається за формулою

$$S_{cp} = h - 0,115 \frac{g l^2}{T_0}, \quad (2.6)$$

де  $h$  – конструктивна висота контактної підвіски, м;

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

$T_0$  – натяг несучого троса при безпровисному положенні контактного проводу, Н; приймається рівним  $0,75 T_{max}$  для мідних та  $0,8 T_{max}$  для біметалевих проводів.

При розрахунку  $l_{max}$  формули (2.2), (2.3) можуть бути спрощені, якщо окремо визначити вирази в дужках, позначивши їх  $B_{пр}$  та  $B_{кр}$ :

$$B_{пр} = (b_{к доп} - \gamma_k + \sqrt{(b_{к доп} - \gamma_k)^2 - a^2}); \quad \text{т} \quad (2.7)$$

$$B_{кр} = (b_{к доп} - \gamma_k + a). \quad (2.8)$$

Можна скористатися розрахованими значеннями  $B_{пр}$  та  $B_{кр}$  при різних значеннях вітру, які наведені в [3, с. 42]. В результаті спрощення формули (2.2), (2.3) будуть мати вигляд:

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_k k_1 - p_e} B_{\text{пр}}} ; \quad (2.9)$$

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{2K}{p_k k_1 - p_e + \frac{K}{R}} B_{\text{кр}}} . \quad (2.10)$$

Оскільки для визначення поправкового коефіцієнта  $k_1$  та еквівалентного навантаження  $p_e$  необхідно знати довжину прогону  $l$ , яка також ще не відома, то при розрахунку використовуємо метод послідовних наближень. За цим методом спочатку розраховуємо наближене значення довжини прогону  $l_{\max}$  за (2.9) та (2.10), прийнявши значення поправкового коефіцієнта  $k_1 = 1$  та еквівалентного навантаження  $p_e = 0$ . Використовуємо розраховане наближене значення довжини прогону, приймаючи  $l = l_{\max}$ , та знаходимо  $k_1$  і  $p_e$ , користуючись формулами (2.4) – (2.6). Далі уточнюємо розрахунок довжини прогону  $l_{\max}$  до тих пір, доки різниця між двома послідовно отриманими довжинами не буде менше 5 %.

Для трасування приймаємо останнє розраховане значення довжини прогону  $l_{\max}$ , округлене в меншу сторону до цілого числа з указаними вище обмеженнями довжини. Результати розрахунків довжин прогонів  $l_{\max}$  заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок максимально допустимих довжин прогонів

Ділянка контактної мережі	$l_{\max}$ , М при $p_e = 0$ та $k_1 = 1$	$p_e$ , Н/М	1	Довжина прогону $l_{\max}$ , М	
				З урахуванням $p_e$ та $k_1$	Прийнято для трасування



Станція	Головні колії						
	Бокові колії						
Перегін	Пряма						
	Насип __ м						
	Крива $R = \underline{\quad}$ м						

### **3 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ТА СЕКЦІОНУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ СТАНЦІЇ**

Схема живлення та секціонування контактної мережі станції виконується на окремому аркуші формату А4, який додається до пояснювальної записки. Зразок схеми живлення та секціонування контактної мережі станції наведено на рисунку 3.1.

Живлення контактної мережі від тягової підстанції має бути двостороннім [1, 3]. При цьому має передбачатися живлення окремим фідером контактної мережі кожної головної колії та кожної поздовжньої 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. При довжині лінії менше 150 м, якщо це функціонально не потрібно, роз'єднувач біля виходу із 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 перемикачів застосовують фідерні роз'єднувачі із моторним приводом та дистанційним керуванням.

Контактну мережу електрифікованої ділянки для підвищення надійності роботи та спрощення обслуговування секціонують, тобто розділяють на електрично відокремлені секції. Секціонування контактної мережі реалізується

ізолювальними спряженнями анкерних ділянок (повітряними проміжками), нейтральними вставками, секційними ізоляторами, роз'єднувачами, перемикачами та врізними ізоляторами.

Від тягової підстанції (ТП) окремими фідерами отримує живлення контактна мережа станції та перегонів (рисунок 3.1). Для спрощення на схемі не показані лінії поздовжнього електропостачання. Через роз'єднувачі Ф3, Ф31 та Ф32 фідерна лінія живить контактну мережу станції. Контактна мережа I та II головних колій станції розділена секційними ізоляторами С11, С17 та поперечним роз'єднувачем П12. Контактна мережа бокових колій станції розділяється на декілька секцій ізоляторами С12 – С16 та поперечними роз'єднувачами П13, П24. Роз'єднувачі П13 та П24 нормально ввімкнені і забезпечують живлення бокових колій, які розташовані вище (3, 5, 7) та нижче (4, 6, 8) від контактної мережі головних колій станції. Додатково контактна мережа тупика 7 відділяється секційним ізолятором С12 та роз'єднувачем 3 із заземлювальним ножом.

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

## **4 ТРАСУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ СТАНЦІЇ**

### **4.1 Підготовка плану станції**

Монтажний план станції виконують на аркуші міліметрового паперу в масштабі 1:1000 [3, 4]. Ширина креслення приймається рівною 297 мм, довжина визначається залежно від

відміток вхідних сигналів і має бути кратною 210 мм. До відстані між вхідними сигналами з урахуванням масштабу додається по 100 мм з обох сторін на можливе розташування крайніх анкерних опор за вхідними світлофорами і (200+185) мм на специфікацію та основний надпис. На змінному струмі з однієї сторони додається не 100 мм, а 700 (900) мм на розташування нейтральної вставки при електровозному (моторвагонному) рухові, 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, яка приймається за нульовий пікет. Далі наносяться паралельними лініями осі колій. Відстані між лініями залежать від заданої ширини міжколійя з урахуванням масштабу – кількість метрів на місцевості дорівнює кількості міліметрів на кресленні. Ширина міжколійя указується у 2 – 3 місцях по довжині плану станції.

На стрілках осі колій перехрещуються у 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, що мають кут нахилу до горизонталі  $\alpha$  відповідно до марки хрестовин стрілочних переводів, як показано на рисунку 4.1.

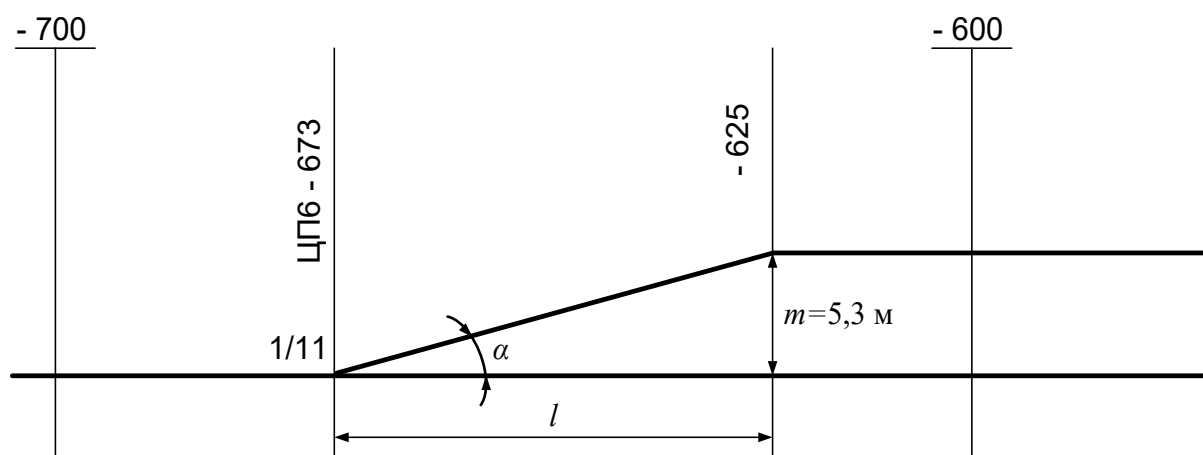


Рисунок 4.1 – Приклад визначення відстані між центром стрілочного переводу та вершиною стрілочної кривої

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 (рисунки 4.1) визначається за формулою:

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

де  $m$  – ширина міжколійя, 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 їх розмірів, пікетних відміток та відстаней від осей найближчих колій.

Для плану станції готують у нижній та верхній частині 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 кронштейнів і надставок;
- д) відстані від осі пасажирської будівлі до кожної опори.

#### **4.2 Намітка місць фіксації контактних проводів**

Місця фіксації встановлюють поблизу повітряних стрілок і на кривих ділянках, де контактний провід змінює напрямок без повітряної стрілки. Відстані від центрів стрілочних переводів до місця фіксації визначаються залежно від марки хрестовини за таблицею [1, с. 39]. Після цього виконують розстановку опор у горловинах станції, там, де необхідно фіксувати контактний провід. 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 більше ніж 25 % від довжини найбільшого з них, а на швидкісних ділянках – не більше ніж 15 %.

Виходячи з умови, що головні колії станції повинні мати фіксацію повітряних стрілок з несучих опор, тут встановлюють перші несучі опори. В середній частині станції використовують залізобетонні опори з жорсткими поперечинами. Пішохідний місток (ПМ) згідно із завданням має висоту 6 м, тому не може використовуватися 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. При довжині до 800 м (700 м на швидкісних ділянках) застосовують односторонню компенсацію. Якщо її довжина перебуває в межах від 800 до 1600 м (700 – 1400 м на швидкісних ділянках), то потрібна двостороння компенсація і в середній частині розміщують прогін середнього анкерування, який має довжину, на 10 % меншу максимально допустимої.

Головні колії станції за завданням мають довжину до 3 км, тому їх контактну мережу слід поділити на дві анкерні ділянки. В середній частині контактної мережі головних колій передбачається неізольоване спряження анкерних ділянок, зразок виконання якого показано в [3, рисунок 4.11].

### **4.4 Розстановка опор по кінцях станції**

Згідно з прийнятою схемою живлення та секціонування контактної мережі у місцях приєднання перегонів до станцій має виконуватись поздовжнє секціонування.

На лініях змінного струму з одного боку станції проектують ізолювальні трипрогонні спряження, а з іншого, на суміжному перегоні, нейтральну вставку. Там розміщують сигнали “Вимкнути струм” та “Увімкнути струм на електровозі (електропоїзді)” [3, рисунок 4.8].

При розстановці опор ізолювальних спряжень необхідно враховувати, що довжина прогонів між перехідними опорами

скорочується, на прямих ділянках вона має бути на 25 % меншою допустимої за вітростійкістю довжини прогону. На швидкісних ділянках слід передбачати нейтральні вставки з 4-прогонними спряженнями [3, рисунок 6.1].

#### **4.5 Розстановка зигзагів**

Розстановка зигзагів на повітряних стрілках була проведена раніше, при монтажі опор у горловинах станцій. Розстановку зигзагів по кожній колії починають із зигзага, вказаного на повітряній стрілці цієї колії в одній з горловин станції. У середній частині станції по кожній колії мають бути розставлені зигзаги, по чергово направлені під кожною жорсткою поперечиною то в один, то в інший бік від осі колії.

На ізолювальних спряженнях від напрямку зигзагів залежить розміщення контактних проводів на плані [3, рисунок 4.7]. Тому спочатку необхідно розставити зигзаги контактних проводів, починаючи з крайніх стрілок станції до анкерних опор ізолювальних спряжень, а потім креслити розміщення підвісок на плані.

#### **4.6 Трасування ліній живлення, відсмоктування та поздовжнього електропостачання**

За зразками, які наведені в [3, рисунки 4.12, 4.13], слід виконати підключення через роз'єднувачі до тягової підстанції ліній живлення, поздовжнього електропостачання (ПЕ) та лінії два проводи-рейки (ДПР). На цих лініях поблизу тягових підстанцій для захисту від комутаційних та атмосферних перенапруг встановлюють обмежувачі перенапруг ОПН згідно з рекомендаціями [3, с. 95]. Лінії живлення та відсмоктування виконують проводами марки А-185.

Для анкерування ліній біля будинку тягової підстанції використовують залізобетонні конічні опори або металеві портали на залізобетонних опорах. Для анкерування цих ліній біля колій також застосовують залізобетонні конічні опори.

#### **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 та проміжних консольних опор. На зовнішньому та внутрішньому боці стрілочних кривих при марці хрестовини 1/9 (1/11) – 3,25 м, при інших марках – 3,2 м. Для анкерних залізобетонних опор – 3,3 м, для опор з роз'єднувачами – 3,2 м. У місцях розміщення сигналів – більше 3,5 м.

### **5 ТРАСУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПЕРЕГОНУ**

#### **5.1 Підготовка плану перегону**

Довжина міліметрового паперу розраховується за вихідними даними, тобто за відстанню між вихідним сигналом заданої станції та вхідним сигналом наступної. До цієї відстані додається 200 – 300 мм у правій частині креслення на заповнення загальних даних щодо плану перегону.

Далі на плані наносять осі колій на відстані 10 мм та пікети через кожні 50 мм (100 м у дійсності) і нумерують у напрямку відліку кілометрів, починаючи з пікету вхідного сигналу або пікету перед трипрогонним ізолювальним спряженням [3, рисунок 5.1].

У нижній та верхній частині креслення наносять таблиці з такими графами:

- 1) габарити опор;
- 2) несуча спроможність опори;
- 3) типи фундаментів та опорних плит;
- 4) типи анкерів та відтяжок;



5) типи консолей.

Додаткові рядки у нижній таблиці:

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

Користуючись нанесеними пікетами, згідно із завданням на проект, 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 й довжину кривих, межі високих насипів і глибоких виїмок, дублюють зображення штучних споруд.

## **5.2 Попередній розподіл перегону на анкерні ділянки**

Трасування перегону починають з переносу на план опор ізолювальних спряжень станції, з 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 ізолювальне спряження або нейтральну вставку, як це виконано на плані станції, розставляють зигзаги контактного проводу.

Далі необхідно намітити анкерні ділянки контактної мережі та приблизні місця їх спряжень. Після цього на середині ділянок помічають приблизно місця їх середніх анкерувань з тим, щоб при розподілі опор прогони із середнім анкеруванням зменшити у порівнянні з максимально допустимою довжиною на цій ділянці перегону. Намічаючи анкерні ділянки підвіски, необхідно спиратись 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 з кривими довжину анкерної ділянки зменшують залежно від радіуса та розміщення кривих, граничні

довжини анкерних ділянок, що розміщені повністю на кривих, обираються за [3, таблиця 5.1];

- спряження анкерних ділянок слід розміщувати на прямих.

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

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

### **5.3 Розстановка опор на перегоні**

Розстановка опор виконується прогонами, довжина яких дорівнює максимально допустимій для відповідної ділянки колії та місцевості. Намічаючи місця встановлення опор, слід відразу ж заносити їх пікетаж у відповідну графу нижньої таблиці [3, рисунок 5.10], між опорами вказувати довжини прогонів, а біля опор проставляти зигзаги контактних проводів.

На прямих ділянках колії зигзаги (0,3 м) мають бути почергово 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 у напрямку від центру кривої, а розмір зигзага залежить від радіуса кривої й коливається в межах від 0 до 0,4 м [1, таблиця 2.6.1].

Прогони із середніми анкеруваннями мають бути скорочені при компенсованій підвісці 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 мають встановлюватися не ближче 5 м. Конструкція і габарит металевих мосту через річку дозволяють пропустити контактну підвіску, не змінюючи її

параметрів та 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 та зигзагів контактного проводу, виконують остаточне розбиття контактної мережі перегону на анкерні ділянки й викреслюють їх спряження [3, рисунок 5.5].

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 анкерувань, слід зобразити середні анкерування контактного проводу, а при компенсованих підвісках – і несучого троса. На плані перегону трасують також підсилювальні проводи (якщо вони є), проводи поздовжнього електропостачання та ДПР. Проводи цих ліній підвішують на кронштейнах з 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 колії збільшується у порівнянні з нормальним (з урахуванням нахилу кузова електрорухомого складу у кривій) й обирається із наступних значень, що наведені у таблиця 5.1.

Таблиця 5.1 – Габарити опор на кривих

Радіус кривої $R$ , м	300-600	700-1200	1300-1800	1900-2000	2500	3000	4000
-----------------------	---------	----------	-----------	-----------	------	------	------

Габарит з 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, що встановлені перед кривою на відстані менше 10 м від її початку, можна прийняти як габарит на кривій.

У виїмках опори, як правило, встановлюють за кюветом з 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 при найбільших додаткових навантаженнях.

Послідовність розрахунку ресорної ланцюгової підвіски:

- 1 Вибирається розрахунковий режим.
- 2 Розраховується залежність натягу навантаженого (контактним проводом) троса від температури для еквівалентного прогону.
- 3 Визначається натяг навантаженого троса при безпровисному положенні контактного проводу.
- 4 Визначаються натяги навантаженого троса при найбільших додаткових навантаженнях.
- 5 Визначаються стріли провису навантаженого троса для конкретних прогонів розрахункової анкерної ділянки.
- 6 Визначаються стріли провису контактного проводу для конкретних прогонів розрахункової анкерної ділянки.

### **6.1 Встановлення вихідного розрахункового режиму**

За розрахункову анкерну ділянку обирають ділянку контактної мережі головних колій станції, яка згідно із завданням

має напівкомпенсовану ресорну підвіску. При цьому беруть ділянку найбільшої довжини.

Оскільки несучий трос закріплюється на підвісних ізоляторах рухомо, то цим забезпечується вирівнювання натягу у суміжних прогонах анкерної ділянки. Через це при виконанні розрахунку натягу несучого тросу та виборі 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.

При встановленні вихідного режиму для виконання механічного розрахунку слід згадати, що у розрахунковому режимі натяг несучого троса напівкомпенсованої підвіски досягає найбільшого значення, яке дорівнює максимально допустимому  $T_{\max}$ . Якщо прийняти його за вихідний режим, то вихідне значення натягу несучого троса підвіски  $T_1$  буде дорівнювати  $T_{\max}$ .

Розрахунковим може бути режим мінімальної температури повітря або максимального додаткового навантаження, при якому із режимів (максимального вітру або максимальної ожеледі з вітром) створюється максимальне додаткове навантаження, вже встановлене за результатами розрахунків навантажень у розділі 1.

Як критерій, за яким може бути проведений вибір розрахункового режиму, використовують довжину так званого критичного прогону

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

де  $\alpha$  – температурний коефіцієнт подовження несучого троса, який визначають за [3, с. 166];

$t_{q\max}$ ,  $t_{\min}$  – 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 контактної провину на натяг несучого троса. Для ланцюгової підвіски з ресорними струнами можна використовувати рівняння стану вільно підвішеного провину, тобто рівняння стану простої контактної підвіски [3], яке для подальших розрахунків зобразимо у вигляді:

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

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 при наступних вихідних розрахункових режимах 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 при обчисленні коефіцієнта  $B$  за рівнянням (6.5) приймають  $q_x = g$ . Значення добутоків  $24\alpha$  та  $\alpha ES$  визначають для заданого несучого троса за [3, с. 166].

Розрахунок залежності натягу навантаженого несучого троса від температури  $T_x = f(t_x)$  за рівнянням (6.3) виконують, задаючись натягом несучого троса  $T_x$  та визначаючи температуру  $t_x$ . При чому початкове значення натягу несучого троса слід прийняти рівним максимально допустимому  $T_{x1} = T_{\max}$ , а величину інтервалу  $\Delta T$  при розрахунку прийняти 2 кН. Результати розрахунків необхідно надати у вигляді таблиці за формою таблиці 6.1 та побудувати на аркуші міліметрового формату А4 графік монтажної кривої натягу навантаженого несучого троса від температури, як показано на рисунку 6.1.

Таблиця 6.1 – Залежність натягу навантаженого несучого троса від температури

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

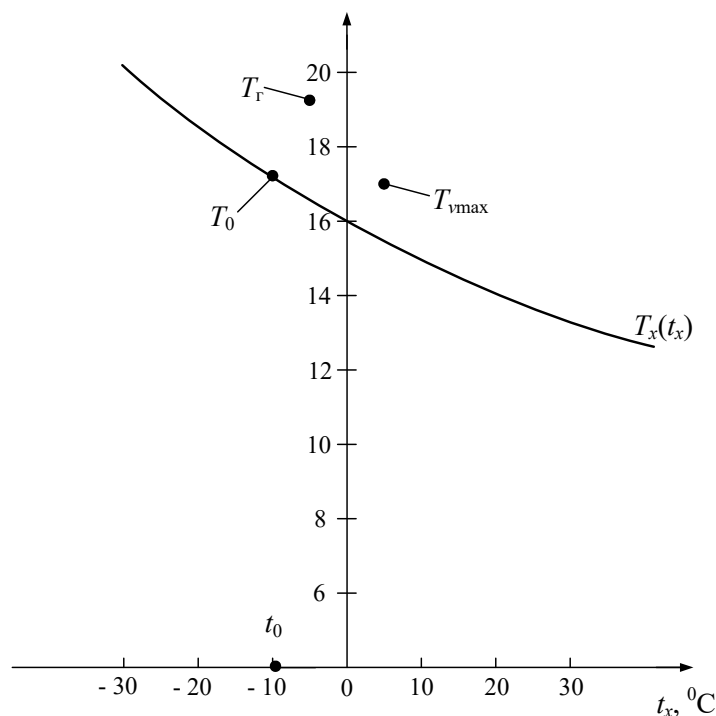


Рисунок 6.1 – Монтажна крива натягу навантаженого несучого троса напівкомпенсованої контактної підвіски

### 6.3 Визначення натягу несучого троса при безпровисному положенні контактного проводу

Визначення натягу несучого троса  $T_0$  потребує дворазового розв'язання рівняння стану ланцюгової підвіски (6.3) з наступною лінійною інтерполяцією натягу при температурі безпровисного стану контактної проводу  $t_0$ . Можна простіше визначити натяг несучого троса  $T_0$ , якщо скористатись побудованим графіком монтажної кривої натягу несучого троса від температури  $T_x = f(t_x)$ , за температурою безпровисного стану контактної проводу  $t_0$ .

Згідно з відомчими будівельними нормами ВБН В 2.3-3-2009 [2, с. 23] температуру безпровисного стану контактної проводу слід визначати за формулою:

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

де  $\overline{t_p}$  – середньорічна температура повітря для заданого району, яка визначається згідно з СНиП 2.01.01, наведена в завданні;



$t'$  – поправка, яка складає  $20 - 25^0$  при одному та  $15 - 20^0$  при двох контактних проводах.

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

#### **6.4 Визначення натягів несучого троса при найбільших додаткових навантаженнях**

Найбільшими додатковими навантаженнями для контактної мережі є максимальна ожеледь з вітром та вітер максимальної інтенсивності. Для визначення натягів несучого троса при найбільших додаткових навантаженнях  $T_{\Gamma}$  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 при найбільших додаткових навантаженнях  $T_{\Gamma}$  і  $T_{vmax}$  визначають методом підбору. Для цього, наприклад, при визначенні  $T_{\Gamma}$  задаються такими двома значеннями натягу  $T_x = T_{\Gamma 1}$  та  $T_x = T_{\Gamma 2}$ , щоб отримані із рівняння стану (6.3) значення температури  $t_{\Gamma 1}$  і  $t_{\Gamma 2}$  охоплювали значення  $t_{\Gamma} = -5^0 C$ . Подібним чином при визначенні  $T_{vmax}$  задаються такими двома значеннями натягу  $T_x$ , щоб отримані із рівняння (6.3) значення температури  $t_{v1}$  і  $t_{v2}$  охоплювали значення  $t_{vmax} = 5^0 C$ . Потім лінійною інтерполяцією знаходять натяги несучого троса  $T_{\Gamma}$  і  $T_{vmax}$ .

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  $q_x = q_{\text{тг}}$ , а потім – вітру максимальної інтенсивності при  $q_x = q_{\text{тв}}$ .

Як відомо, за методом інтерполяції можна розрахувати значення функції, яке лежить між двома відомими, що й потрібно в даній ситуації при визначенні натягів несучого троса. Для прикладу наведена формула визначення методом лінійної інтерполяції сили натягу несучого троса при максимальній ожеледі з вітром  $T_r$

$$T_r = T_{r1} + \frac{(T_{r2} - T_{r1})(t_r - t_{r1})}{t_{r2} - t_{r1}}. \quad (6.9)$$

За подібною формулою визначають силу натягу несучого троса при режимі максимального вітру  $T_{v\text{max}}$ .

2 Розрахунковий режим максимальної ожеледі з вітром.

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

Натяг несучого троса при режимі максимального вітру  $T_{v\text{max}}$  також визначають методом підбору. У вихідному режимі приймають

$$T_1 = T_{\text{max}}; \quad t_1 = t_r = -5^0 C; \quad q_1 = q_{\text{тг}}.$$

Коефіцієнти  $A$  і  $C$  мають такі самі значення, як і при розрахунку кривої  $T_x = f(t_x)$  у заданому режимі максимальної ожеледі з вітром. Для визначення  $T_{v\text{max}}$  застосовуємо рівняння (6.8), де величини з індексом „x” слід віднести до режиму максимального вітру при  $q_x = q_{\text{тв}}$ .

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 при заданих значеннях температури  $t_x$ .

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	$t_{\max} =$
$T_x, \kappa H$	$T_{t_{\min}} =$			$T_0 =$				

Температуру безпровисного стану контактного проводу  $t_0$  та відповідне значення  $T_0$  в монтажній таблиці проставляють у порядку зростання температури. Тут же необхідно вказати сили натягів несучого троса при найбільших додаткових навантаженнях  $T_{\Gamma}$  і  $T_{\nu\max}$ .

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

Як розрахункові прогони анкерної ділянки варто прийняти прогони максимальної та мінімальної довжини, а також прогін, у якому розташовується пішохідний місток. Стріли провису навантаженого троса ресорної напівкомпенсованої підвіски від температури  $t_x$  для конкретних прогонів визначаються за формулою:

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

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 при безпровисному стані 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 при безпровисному стані контактних проводів, Н/м;

$g_x$  – розподілене навантаження на несучий трос від ваги всіх проводів підвіски при температурі  $t_x$ , Н/м;  
 $g_{tx}$  – розподілене навантаження від власної ваги несучого тросу при температурі  $t_x$ , Н/м.

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

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

Таким чином, отримана спрощена формула для визначення стріли провису навантаженого троса

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

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

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 можна, як і в попередньому випадку, слід розрахувати незалежну від зміни температури частину формули, позначивши її як

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

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 зобразити у вигляді таблиці за формою таблиці 6.3 та побудувати на аркуші міліметрового паперу формату А4 графіки монтажної кривої стріл провису несучого троса та контактних проводів напівкомпенсованої контактної підвіски (рисунки 6.2, 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							
$t_{\max} =$							

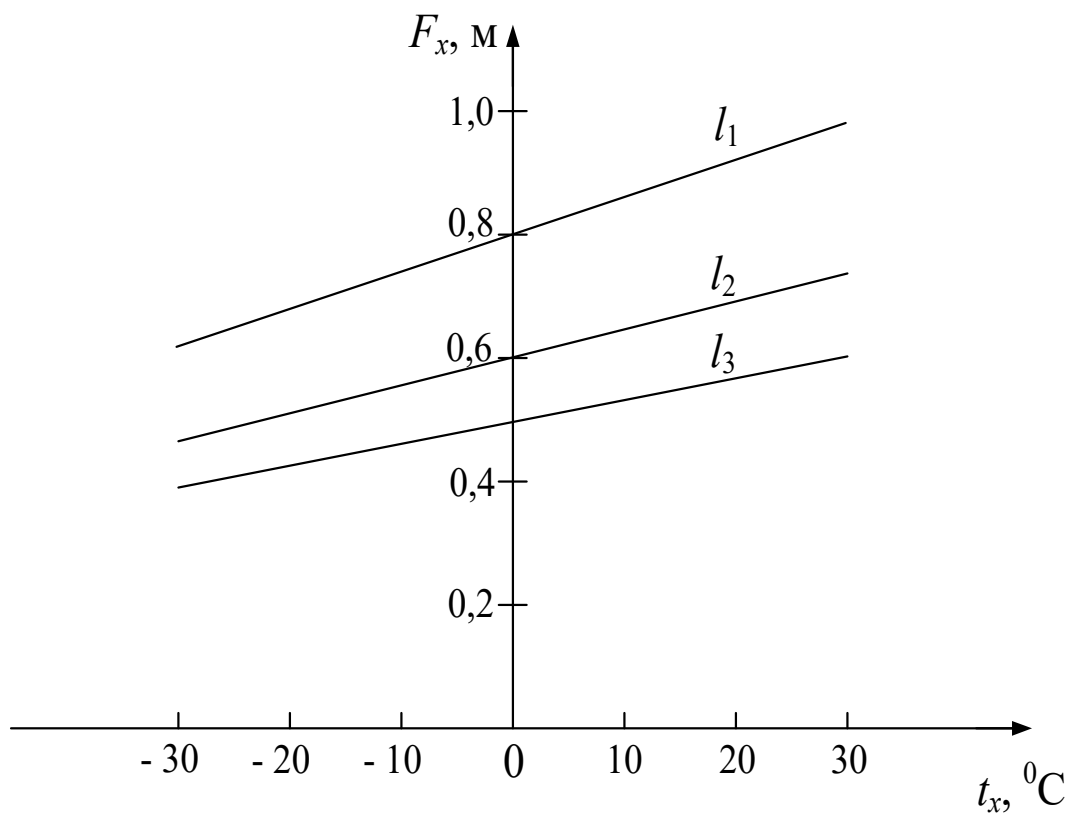


Рисунок 6.2 – Монтажна крива стріл провису навантаженого несучого троса напівкомпенсованої контактної підвіски

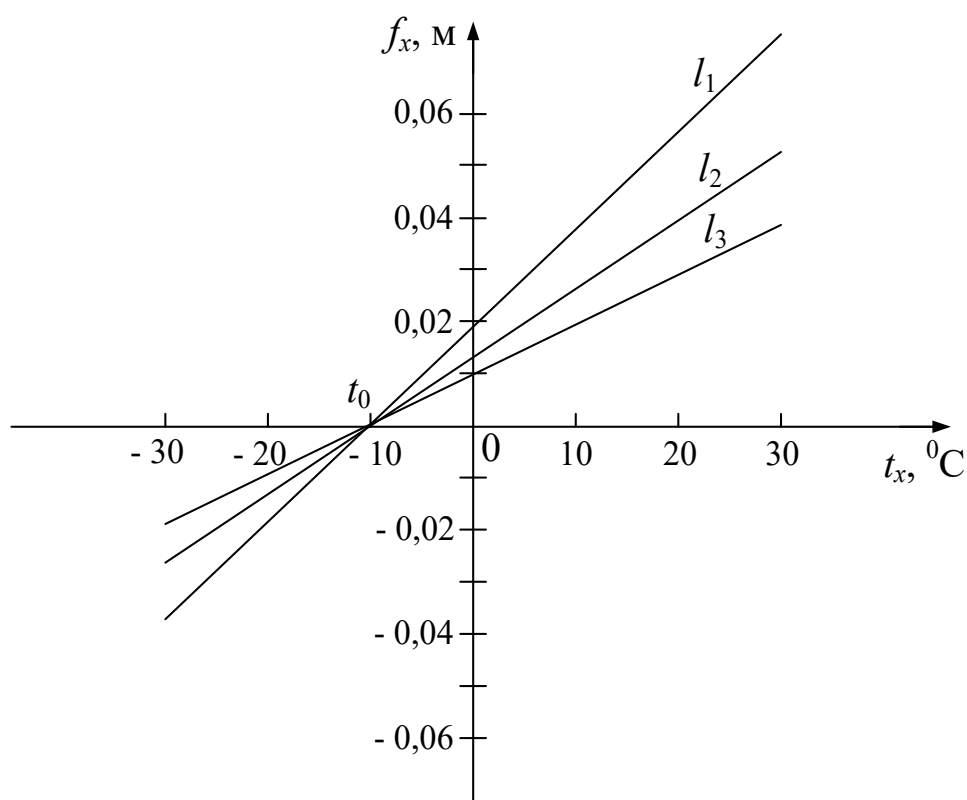


Рисунок 6.3 – Монтажна крива стріл провису контактних проводів напівкомпенсованої контактної підвіски

## **7 ВИБІР ОПОР ТА ПІДТРИМУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

Вибір підтримувальних пристроїв (консолей і жорстких поперечин) при проектуванні 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 застосовуємо залізобетонні конічні опори марки СС136.6 з несучою здатністю 1 – 2 згідно з рекомендаціями [3, с. 131 – 153]. Як анкерні опори застосовуємо залізобетонні конічні опори такого ж типу з несучою спроможністю 3. Для цих опор обираємо відтяжки, трипроменеві анкери ТА-4 (ТА-4,5), опорні плити ОП-2. Як стояки жорстких поперечин застосовуємо залізобетонні конічні опори СС136.6 з несучою спроможністю 2 з опорними плитами ОП-2 (ОП-3).

### **7.2 Вибір консолей**

На електрифікованих ділянках для встановлення на опорах застосовують ізольовані та неізольовані консолі. Марку консолі обирають за призначенням, місцем встановлення та за габаритом опори згідно з [3, додатки 14 – 19]. Для стояків жорстких поперечин застосовують консолі, які наведені в [3, додаток 20].

### **7.3 Вибір жорстких поперечин**

У курсовому проекті слід застосовувати удосконалені жорсткі металеві поперечини. У [3, додаток 26] наведені дані поперечин без освітлення (типу Р) звичайного виконання.

При виборі жорстких поперечин насамперед визначають необхідну довжину поперечини:

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

де  $\Gamma_1, \Gamma_2$  – габарити опор поперечини;

$\sum m$  – сумарна ширина міжколійїв, що перекриває поперечина, складається з ширини міжколійїв та міжколійїв, що перекриваються поперечиною у місці примикання з'їзду. Щоб розрахувати останню, необхідно відстань від ЦП до поперечини поділити на 9 при марці 1/9, на 11 при 1/11 тощо.

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

$2 \cdot 0,15$  м – будівельний допуск на встановлення опор.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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

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

3 Зимакова А.Н., Гиенко В.М., Скворцов В.А. Контактная сеть электрифицированных железных дорог. Расчеты, выбор конструкций и составление монтажных планов: Учебн. пособие. - М.: ФГОУ, 2011. – 232 с.

4 Дворовчикова Т.В., Зимакова А.Н. Электроснабжение и контактная сеть электрифицированных железных дорог: Пособие по дипломному проектированию. - М.: Транспорт, 1989. – 166 с.



**ДОДАТОК А**

**ВИХІДНІ ДАНІ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Тип контактної підвіски головних колій на станції – ресорна напівкомпенсована, бокових колій – напівкомпенсована із зміщеною простою опорною струною, перегону – ресорна компенсована. Форма ожеледі – циліндрична, питома вага ожеледі  $\gamma_r = 900 \text{ кг/м}^3$ . Температура утворення ожеледі  $t_r = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ ; температура, при якій спостерігається максимальна швидкість вітру  $t_{vmax} = +5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Інші дані наведені в таблиці А.1.

Таблиця А.1

Характеристика ланцюгової контактної підвіски					
№	Вихідні дані	Варіанти			
		1, 11, 21	2, 12, 22	3, 13, 23	4, 14, 24
1	Система струму	змінний	змінний	змінний	змінний

2	Контактна підвіска на головних коліях станції і перегону має: несучий трос контактні проводи	М-95 МФ-100	ПБСМ-95 БрФ-120	ПБСМ-95 МФО-100	М-95 НЛФО-100
3	Контактна підвіска на бокових коліях станції має: несучий трос контактні проводи	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85	ПБСМ-70 МФ-85
4	Конструктивна висота контактної підвіски $h$ , м	1,8	1,8	1,8	1,8
5	Відстань від опори до першої простої струни $e$ , м	10	12	12	10
6	Кількість ізоляторів у підвісній гірлянді, шт.	4	4	3	4
<b>Метеорологічні умови</b>					
№	Вихідні дані	Варіанти			
		1	2	3	4
1	Мінімальна температура $t_{\min}$ , °С	-25	-25	-30	-30
2	Максимальна температура $t_{\max}$ , °С	+35	+40	+35	+40
3	Середньорічна температура $\bar{t}_p$ , °С	+8	+11	+6	+7
4	Вітровий район	4	3	3	2
5	Ожеледний район	3	4	3	3

Продовження таблиці А.1

<b>Характеристика ланцюгової контактної підвіски</b>						
№	Варіанти					
	5, 15, 25	6, 16, 26	7, 17, 27	8, 18, 28	9, 19, 29	10, 20, 30
1	змінний	постійний	постійний	постійний	постійний	постійний
2	ПБСМ-95 НЛФ-100	М-120 2МФ-100	М-120 2МФО-100	М-120 2НЛФ-100	М-120 БрФ-150	М-120 2НЛФО-100
3	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	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
5	12	15	14	15	14	14
6	3	2	2	2	2	2
<b>Метеорологічні умови</b>						
№	Варіанти					
	5	6	7	8	9	10
1	-30	-30	-25	-25	-25	-35
2	+35	+40	+35	+35	+40	+40
3	+6	+7	+10	+9	+11	+7
4	1	2	4	2	3	4
5	3	4	3	3	4	4

№	Варіанти					
	11	12	13	14	15	16
1	-30	-25	-30	-30	-25	-35
2	+30	+30	+35	+30	+35	+35
3	7	9	8	7	10	6
4	3	3	4	3	2	4
5	4	4	5	5	2	4

### Продовження таблиці А.1

№	Варіанти						
	17	18	19	20	21	22	23
1	-30	-25	-30	-25	-25	-30	-30
2	+30	+35	+35	+35	+40	+35	+35
3	+8	+9	+10	+11	+12	+7	+6
4	4	3	4	3	4	3	2
5	5	4	5	2	3	4	3
№	Варіанти						
	24	25	26	27	28	29	30
1	-30	-25	-30	-25	-30	-30	-25
2	+35	+35	+35	+40	+35	+30	+35
3	+8	+7	+6	+12	+9	+7	+10
4	4	3	3	3	4	3	2
5	5	4	3	2	3	4	3

## ЗАВДАННЯ

на курсовий проект з дисципліни  
КОНТАКТНІ МЕРЕЖІ ТА ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ  
Студента \_\_\_\_\_

ТЕМА ПРОЕКТУ: Розроблення контактної мережі електрифікованої ділянки залізниці постійного (змінного) струму

### ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗРОБЛЕННЮ

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

### ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

- 1 Монтажний план станції виконується на міліметровому папері у масштабі 1:1000.
- 2 Монтажний план перегону виконується на міліметровому папері у масштабі 1:2000.

### ВИХІДНІ ДАНІ

Характеристика ланцюгової підвіски контактної мережі

- 1 Система 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  $\gamma_r$  – 900 кг/м<sup>3</sup>.
- 8 Температура утворення ожеледі  $t_r$ , °C – -5 °C.
- 9 Температура, при якій спостерігається максимальна швидкість вітру  $t_{v-\max}$ , °C – +5 °C.

## Дані для трасування контактної мережі на перегоні

- 1 Вхідний сигнал заданої станції –
- 2 Початок кривої з центром, розташованим ліворуч по ходу кілометрів –
- 3 Радіус кривої  $R =$  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 моста –
- 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 –

## Дані для трасування контактної мережі станції

- 1 Схема станції додається. Пасажирські платформи розташовані симетрично осі пасажирської будівлі (ПБ) і мають довжину 400 (500) м. Пішохідний міст позначено ПМ.
- 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 – .

Завдання видане \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Керівник курсового проектування: \_\_\_\_\_

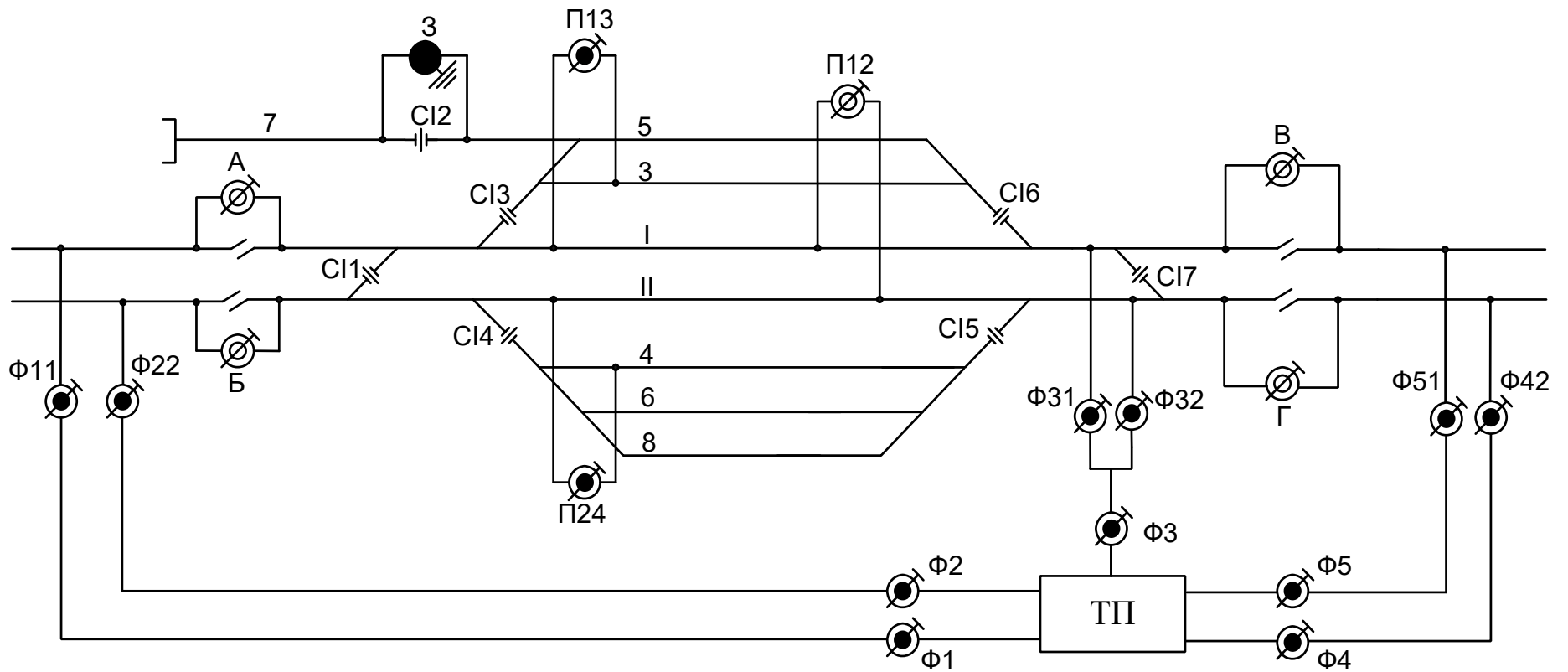


Рисунок 3.1 – Схема живлення та секціонування контактної мережі станції з тяговою підстанцією постійного струм