

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра електроенергетики, електротехніки
та електромеханіки**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до проведення практичних занять з освітнього компонента
«МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕРС»**

**для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
спеціальності J7 «Залізничний транспорт» (освітня програма
«Електровози та електропоїзди») всіх форм здобуття освіти**

Харків 2026

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 25 травня 2026 р., протокол № 15.

Укладач

доц. О. І. Семененко

Рецензент

доц. Н. П. Карпенко

Зміст

1 Тематика практичних занять	4
1.1 Вимоги та завдання до виконання практичної (контрольної) роботи	4
1.2 Питання з освітнього компонента	5
1.3 Приклади відповідей на питання	8
2 Перевірка якості струмознімання	13
2.1 Стаціонарна перевірка в депо якості струмознімання	13
2.2 Контроль якості струмознімання під час руху	14
2.3 Розрахунок показників якості струмознімання	14
Список літератури	21

1 ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

- 1 Матеріали та конструкції проводів та тросів контактних мереж.
- 2 Матеріали та конструкції ізолюючих та підтримуючих пристроїв контактних мереж.
- 3 Матеріали та конструкції струмоз'ємних елементів струмоприймачів електрорухомого складу.
- 4 Розрахунок основних характеристик контактних мереж та струмоприймачів.
- 5 Розрахунок якості струмоз'єму струмоприймачів електрорухомого складу.
- 6 Особливості конструкції і характеристики контактних мереж високошвидкісних магістралей.
- 7 Особливості конструкції та характеристики приводу струмоприймачів високошвидкісного електротранспорту.

1.1 Вимоги та завдання до виконання практичної (контрольної) роботи

Для здобувачів вищої освіти денної форми навчання передбачається виконання практичної роботи, для здобувачів заочної форми навчання – контрольної роботи. Виконувати роботу належить на стандартних аркушах паперу форматом А4 (210×297мм), які потім зшиваються. На обкладинці необхідно вказати кафедру, дисципліну, назву роботи, шифр (три останні цифри номеру залікової книжки, далі крапка і номер за списком групи), а також прізвище студента та викладача. Записка друкується з одного боку кожного аркуша. З правого боку аркуша залишається поле завширшки 10-15 мм, з лівого – поле завширшки 20-25 мм.

На першій сторінці роботи необхідно записати номер варіанта за двома останніми цифрами навчального шифру. Відповіді на питання мають бути пронумеровані, номери питань згідно варіанту слід взяти із табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для виконання практичної (контрольної) роботи

Остання цифра навч. шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер питання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20
Номер питання	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Передостання цифра навч. шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номер питання	21	22	25	26	27	28	29	30	24	23
Номер питання	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Номер питання	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Виконання практичної (контрольної) роботи повинно закріпити у магістрантів отримані на заняттях знання, як результат засвоєння матеріалу освітнього компонента «Методи та засоби енергозабезпечення електрорухомого складу» [1-11].

1.2 Питання з освітнього компоненту

- 1 Класифікація систем струмоз'єму за способом передачі енергії.
- 2 Контактний спосіб передачі енергії від системи тягового електропостачання до електричного рухомого складу.

- 3 Безконтактний спосіб передачі енергії від системи тягового електропостачання до електричного рухомого складу.
- 4 Квазібезконтактний спосіб передачі енергії від системи тягового електропостачання до електричного рухомого складу.
- 5 Недоліки пристроїв передачі електроенергії за рахунок явища електромагнітної індукції.
- 6 Перехідний опір контакту між струмоприймачем і контактним проводом.
- 7 Механічні сили, що діють при русі електричного рухомого складу на струмоприймач.
- 8 Класифікація струмоприймачів за умовами роботи та конструктивним виконанням.
- 9 Контактна мережа у вигляді повітряної еластичної контактної підвіски з контактними проводами верхнього розташування.
- 10 Основні завдання контактної підвіски.
- 11 Якість струмоз'єму, що реалізується за рахунок контакту струмоприймача і контактного проводу.
- 12 Траєкторією руху струмоприймача.
- 13 Еластичність контактної підвіски.
- 14 Коефіцієнт рівномірності еластичності контактної підвіски.
- 15 Стріла провису контактного проводу.
- 16 Оптимальна стріла провису контактного проводу.
- 17 Матеріали та конструкції контактних проводів.
- 18 Матеріали та конструкції несущих тросів.
- 19 Від чого залежить значення стріли провису контактного проводу?
- 20 Жорсткі точки контактної підвіски.
- 21 Вітростійкість контактної підвіски.
- 22 Проста контактна підвіска.
- 23 Недоліки простої контактної підвіски.

- 24 Визначення стріли провису контактного проводу для простих контактних підвісок.
- 25 Підйомно-опускаючий механізм струмоприймача.
- 26 Ланцюгова контактна підвіска.
- 27 Матеріали та конструкції струмоз'ємних елементів струмоприймачів електрорухомого складу.
- 28 Важкі та легкі струмоприймачі ЕРС, їх основні характеристики.
- 29 Ресорна одинарна ланцюгова контактна підвіска.
- 30 Привод та засоби керування струмоприймачами високошвидкісного електротранспорту.
- 31 Струмоприймачі високошвидкісного електротранспорту.
- 32 Електричні процеси при зношенні пластин струмоприймача з контактними проводами.
- 33 Механічні та теплові процеси при зношенні пластин струмоприймача з контактними проводами.
- 34 Кінематичні схеми струмоприймачів електрорухомого складу.
- 35 Перспективні способи та засоби струмоз'єму ЕРС.
- 36 Навантажувальна спроможність струмоприймача.
- 37 Статичне навантаження струмоприймача.
- 38 Амплітудно-частотна характеристика струмоприймача.
- 39 Аеродинамічна характеристика струмоприймача.
- 40 Динамічна складова натиску струмоприймача.
- 41 Наведена маса струмоприймача.
- 42 Динамічна характеристика струмоприймача.
- 43 Безконтактний струмоз'єм.
- 44 Забезпечення стабільного натиснення струмоприймача.
- 45 Ручне вимірювання зношення контактних проводів.
- 46 Способи автоматичного вимірювання зношення контактних проводів.

47 Що призводить до прискорення зношування контактного проводу і струмоз'ємних елементів?

48 Матеріали струмоз'ємних елементів струмоприймачів електрорухомого складу.

49 Конструкції асиметричних струмоприймачів.

50 Пневмопривод асиметричних струмоприймачів.

1.3 Приклади відповідей на питання

Матеріали та конструкції контактних проводів [1-2]

Матеріал для контактних проводів повинен мати високу механічну міцність, зносостійкість (твердість), електропровідність та термостійкість (теплопровідність). Висока механічна міцність проводів дозволяє натягувати їх із більшими зусиллями, що підвищує вітростійкість контактних підвісок, покращує якість струмознімання (особливо при високих швидкостях руху поїздів) і забезпечує стабільну роботу ланцюгової підвіски. Висока електропровідність сприяє зниженню втрат електроенергії в контактних підвісках. Термостійкий матеріал зберігає міцність і твердість навіть при високих температурах нагріву.

Для електрифікованих залізниць застосовуються контактні проводи фасонного профілю (рисунок 1, *а*) або фасонно овального профілю (рисунок 1, *б*) з двома подовжніми жолобками для захоплення головки проводу затискачами. Перевагою овальних проводів є на 10 % вищий допустимий тривалий струм (завдяки більшому периметру профілю та, як наслідок, кращому охолодженню), а також менший аеродинамічний опір. Це особливо важливо, оскільки дозволяє при проєктуванні нових ліній збільшувати довжину прогону, а на експлуатованих лініях – забезпечувати підвищену вітростійкість контактної мережі.

Контактні проводи [1-2] виготовляють таких марок: МФ – мідний фасонний, МФО – мідний фасонний овальний, БрФ – бронзовий фасонний, БрФО – бронзовий фасонний овальний, НлФ – низьколегований фасонний. До марки проводу додають його номінальну площу перерізу в мм². Наприклад, позначення НлФ-100 означає низьколегований фасонний провід із перерізом 100 мм².

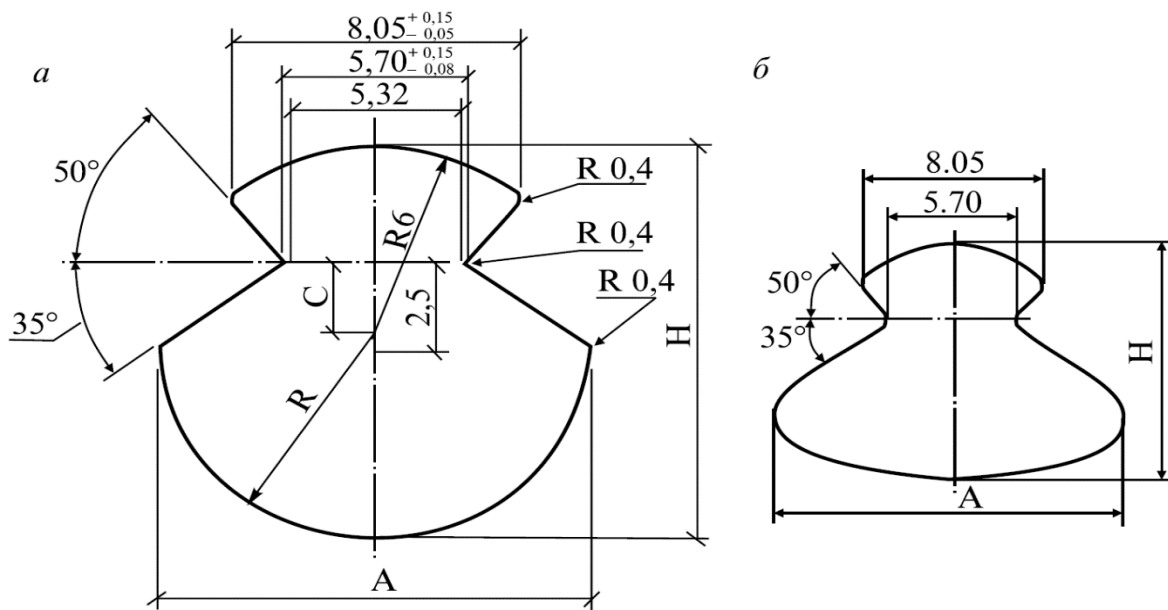


Рисунок 1 – Профіль фасонного (а) та фасонно-овального (б) контактного проводу

Бронзові контактні проводи повинні мати одну відмінну канавку у верхній частині перерізу (головці), а низьколеговані – дві симетрично розташовані канавки відносно вертикальної осі. У маркуванні низьколегованих і бронзових контактних проводів на трафареті барабана після букв Нл або Бр вказується легувальний елемент і розрахунковий відсоток його вмісту. Наприклад: НлОл 0,04Ф-100 – низьколегований із додаванням олова (0,04 %), фасонний, переріз 100 мм²; БрЦр 0,5Ф-100 – бронзовий із додаванням цирконію (0,5 %), фасонний, переріз 100 мм².

У низьколегованих контактних проводах, крім олова Sn (0,03–0,06 %), як легувальні компоненти також використовують магній Mg (0,04–0,06 %), цирконій Zr (0,04–0,06 %), кремній Si (0,03–0,06 %) і титан Ti (0,01–0,04 %). У бронзових контактних проводах застосовують магній (0,15–0,3 %), кадмій Cd (0,08–1,1 %), цирконій (0,4–0,6 %), а також магній (0,1–0,2 %) разом із цирконієм (0,1–0,2 %). Бронзові контактні проводи, порівняно з мідними та низьколегованими, мають вищу зносостійкість, міцність і термостійкість, проте нижчу електропровідність, що спричиняє збільшення втрат електроенергії в контактній мережі. Тому як легувальні добавки до міді доцільно використовувати недорогі та доступні метали, які підвищують зносостійкість контактних проводів і лише незначно знижують їхню електропровідність.

Матеріали струмоз'ємних елементів струмоприймачів електрорухомого складу [1, 2, 6]

У даний час у струмоприймачах ЕРС застосовуються два основні типи струмоз'ємних матеріалів – металеві композиційні матеріали на основі міді або заліза і композиційні на основі вуглецю, а саме коксу або графіту. Причому металеві матеріали можуть містити приблизно до 20% (мас.) графіту, а вуглецеві – до 50% (мас.) металевих складових, головним чином мідь.

Вуглецеві матеріали (в основному на основі коксу, рідше – графіту) мають високий питомий електричний опір (ПЕО) – 15-35 мкОм·м. Питомий електричний опір металевих струмоз'ємних матеріалів суттєво нижче: 0,15-0,5 мкОм·м. Вуглецево-мідні матеріали мають проміжні значення – 1-10 мкОм·м в залежності від вмісту металу. Значення ПЕО є визначальним у використанні струмоз'ємних матеріалів. Матеріали на основі металу застосовують в контактних вставках потужних електровозів постійного

струму, контактні вставки з вуглецю – для струмоз’єму електропоїздів і електровозів змінного струму.

До переваг вставок (накладок) на основі металу можна віднести їх низький ПЕО, високу міцність, відносно високу власну зносостійкість, особливо в режимі інтенсивного струмоз’єму.

Основними недоліками цих накладок є:

- 1) їх висока щільність ($5,5-7,5 \text{ г/см}^3$), що викликає підвищення маси струмоприймача, яке, у свою чергу, призводить до погіршення його динамічних характеристик;
- 2) болтове кріплення до полоза струмоприймача;
- 3) висока вартість;
- 4) порівняно висока інтенсивність зношування контактного проводу, ніж на змінному струмі.

Для зниження вірогідності схоплювання таких вставок з контактним проводом в контакті використовується сухе графітове мастило, що ускладнює обслуговування струмоприймача і сприяє збільшенню контактного опору.

До переваг вставок на основі вуглецю можна віднести їх низькі щільність (до $1,8 \text{ г/см}^3$) та інтенсивність зношування контактного проводу, безболтове кріплення, знижену вартість. До основних недоліків цих вставок відносяться:

- 1) високий ПЕО,
- 2) низька пластичність,
- 3) відносно низька зносостійкість, особливо при інтенсивному струмоз’ємі.

Термін служби контактного проводу до граничного зносу при експлуатації мідних і металокерамічних накладок складає 15-20 років, а при експлуатації вугільних вставок – близько 40. Тому можна стверджувати, що ці вставки практично неможливо взаємозамінити. Вживання вставок на

основі металу і вуглецю на одній ділянці при перевищенні певної величини струму, що знімається, може призвести до значного зростання інтенсивності зношування контактного проводу і вуглецевих вставок; інтенсивність зношування вставок на основі металу при цьому значно знизиться.

На сьогодні досить широке розповсюдження знаходять порошкові матеріали антифрикційного призначення, які мають ряд суттєвих переваг перед традиційними. Широке використання порошкові антифрикційні матеріали мають при виготовленні контактів ковзання, зокрема струмоприймачів рухомого транспорту. Останні працюють в складних умовах впливу зовнішніх атмосферних явищ та навантажень. Такі матеріали повинні мати поряд з високою тепло- та електропровідністю, низький коефіцієнт тертя, високу зносостійкість, високу електроерозійну стійкість та ряд інших спеціальних властивостей. Таким вимогам у деякій мірі відповідають матеріали на основі графіту, міді, заліза або їх сумішей з легувальними добавками.

Враховуючи широке розповсюдження контактів ковзання та ускладнення умов їх експлуатації, пов'язаних із збільшенням швидкостей ковзання, підвищення струму, що вони передають через себе, виникає необхідність удосконалення матеріалів, що існують зараз або розробки нових. Так, як відомо, з метою покращення властивостей таких матеріалів ведуться розробки нових матеріалів для контактів ковзання та технології виготовлення виробів з них. Основною проблемою контактних матеріалів, що працюють в умовах ковзання, є низька механічна міцність міді, що традиційно використовується як матричний матеріал останніх. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є підвищення механічних властивостей матричного матеріалу, яке може бути досягнуто за рахунок використання дисперсно-зміцнених вихідних порошків.

2 ПЕРЕВІРКА ЯКОСТІ СТРУМОЗНІМАННЯ

Перевірка якості струмознімання для струмоприймачів електровозів та електропоїздів – це комплекс діагностичних заходів, спрямованих на забезпечення надійного та безперебійного електричного контакту між полозом струмоприймача та контактним проводом [1, 7-9]. При якісному струмозніманні мінімізується іскріння, дугоутворення, механічне зношення та запобігаються перепали проводів або пошкодження елементів контактної мережі та самого рухомого складу.

2.1 Стаціонарна перевірка в депо якості струмознімання

Вона проводиться на спеціалізованих канавах або коліях і включає:

- Візуальний огляд.
- Зняття статичної характеристики (сили натиснення на провід): за допомогою динамометра вимірюється активне та пасивне статичне натиснення. Виконується піднімання та опускання струмоприймача у межах робочої висоти. Натиснення має бути стабільним. Для електрорухомого складу постійного струму – зазвичай 100-130 Н, для змінного – 60-90 Н, залежно від типу струмоприймача. Різниця між зусиллям підйому та опускання струмоприймача, що спричинена тертям в шарнірах, не повинна перевищувати 20-25 Н.
- Перевірка часу підйому та опускання струмоприймача: вимірюється швидкість спрацьовування пневмоприводу. Підйом має бути плавним без удару об провід, а опускання – швидким на початку, що потрібно для швидкого гасіння дуги у разі аварії, та плавним наприкінці.
- Перевірка перекосу та люфтів: полоз повинен бути строго горизонтальним, а люфти в зчленуваннях рами – у межах допусків, щоб уникнути завалювання струмоприймача під час руху.

2.2 Контроль якості струмознімання під час руху [1, 7-9]

Якість взаємодії системи «струмоприймач – контактна підвіска» безпосередньо в дорозі під час руху оцінюють кількома методами:

➤ Оптичний та візуальний контроль з кабіни машиніста або вагонів-лабораторій):

- Локомотивна бригада або системи моніторингу візуально фіксують рівень іскріння.

- Якість оцінюють за шкалою іскріння та дугоутворення: від балу 1, коли іскріння відсутнє, до балу 4, якщо відбувається сильне дугоутворення, що загрожує перепалом проводу.

➤ Автоматизовані оптичні системи (відеодіагностика):

Сучасні електровози та електропоїзди оснащують даховими камерами з підсвіткою та ультрафіолетовими датчиками, які фіксують мікродуги в режимі реального часу і передають дані на бортовий комп'ютер.

➤ Вагони-лабораторії контактної мережі: Спеціальні діагностичні вагони обладнані вимірювальними струмоприймачами, які фіксують:

- Динамічне натиснення (за допомогою тензодатчиків).
- Висоту контактного проводу та його відтиснення.
- Прискорення (вібрацію) полоза.
- Відриви полоза від контактного проводу (тривалість та частоту втрати контакту).

2.3 Розрахунок показників якості струмознімання

Особливо важливим стає питання про якість струмознімання на підвищених швидкостях руху [1, 7-8]. Оскільки існують також аналітичні методи перевірки показників якості струмознімання, які не потребують значних матеріальних та часових витрат.

Проведемо перевірку якості струмознімання для струмоприймачів електровозів та електропоїздів на анкерній ділянці контактної мережі з напівкомпенсованою ресорною ланцюговою контактною підвіскою (ЛКП), для якої задані наступні вихідні дані в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку якості струмознімання

Остання цифра навч. шифру		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Формула ЛКП		М-95+ МФ-85	М-120+ 2МФ-100	М-95+ МФ-100	М-120+ 2МФ-100	М-120+ МФ-100	М-120+ 2МФ-100	М-95+ МФ-85	М-120+ 2МФ-100	М-95+ МФ-100	М-120+ 2МФ-100
Система струму		Зм. 25кВ	Пост. 3кВ	Зм. 25кВ	Пост. 3кВ	Зм. 25кВ	Пост. 3кВ	Зм. 25кВ	Пост. 3кВ	Зм. 25кВ	Пост. 3кВ
$\bar{T}$	кН	11	14	12	16	15	14	12	15	10	15
$l_{ек}$	м	55	58	60	62	65	61	66	63	58	64
Передостання цифра навч. шифру		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V_{max}	км/ год	115	130	140	110	150	110	120	115	135	140

Критерієм оптимальної якості струмознімання є мінімальні сумарні приведені витрати на контактну мережу і струмоприймач, що враховують зношення контактного проводу і пластин струмоприймача [1]. Оскільки дана методика досить складна, то варто скористатися технічним показником, що дозволяє дати якісну оцінку струмознімання. Таким показником може служити коефіцієнт відносної зміни контактного натиснення:

$$n = \frac{|\Delta P|}{P}. \quad (1)$$

де ΔP – зміна повного контактного натиснення, Н.

P – повне контактне натиснення, Н.

Струмознімання вважається задовільним, якщо $n \leq 0,5$.

Величина зміни контактного натискання визначається виразом:

$$\Delta P = \left(\frac{\mathcal{H}_0 \cdot f_k}{2} - P \frac{\mathcal{H}_1}{\mathcal{H}_0} \right) \sqrt{\frac{(m_{\text{ст}} \omega)^2 + (k \omega)^2}{(\mathcal{H}_0 - m \omega)^2 + (k \omega)^2}}, \text{ Н} \quad (2)$$

Величини натиснення струмоприймача на контактні проводи, що залежать від заданої максимальної швидкості руху електричного рухомого складу і типу струмоприймача, зазначені в табл. 2.

Таблиця 2 – Повне контактне натиснення струмоприймача на контактні проводи

Серія струмоприймача	Величина P , Н при V_{max} , км/год			
	100	120	140	160
Л	100	110	130	160
Т	150	170	210	270

k – коефіцієнт в'язкого тертя системи, який слід приймати для мереж:

з одним контактним проводом – 20 Н·с/м,

із двома контактними проводами – 25 Н·с/м;

f_k – стріла провису контактного проводу напівкомпенсованої ЛКП, м.

Поточне значення стріли провису визначають згідно рівняння:

$$f_k = \frac{g(l-2c)^2(T_0-T)}{8T_0(T+K)}, \text{ м} \quad (3)$$

де g – розподілене навантаження від власної ваги проводів ланцюгової контактної підвіски, яке визначається за формулою:

$$g = g_t + n_k(g_k + g_c), \text{ Н/м} \quad (4)$$

g_t, g_k – розподілене навантаження від власної ваги несучого тросу та контактного проводу, Н/м.

Для несучих тросів М-95 $g_t = 8,4$ Н/м, М-120 $g_t = 10,6$ Н/м, проводів МФ-85 $g_k = 7,6$ Н/м, МФ-100 $g_k = 8,9$ Н/м;

n_k – кількість контактних проводів підвіски;

g_c – навантаження від ваги струн та затискачів, яке приймають рівним 1,0 Н/м.

$\bar{T}$ – математичне очікування натягу несучого тросу при температурі $\bar{t}$;

T – натяг несучого тросу при поточному значенні температури t , його можна приблизно розрахувати для режиму максимальної температури за формулою:

$$T = \bar{T} - \alpha ES(t - \bar{t}), \text{ Н} \quad (5)$$

αES – для несучого тросу М-95 дорівнює 174 Н/°С, для М-120 – 220 Н/°С;

T_0 – натяг несучого тросу при безпровисному положенні контактного проводу підвіски, Н.

Його також слід розрахувати за формулою (5), підставляючи значення температури безпровисного стану контактного проводу t_0 як поточне. Температуру t_0 слід визначати за формулою:

$$t_0 = \bar{t} - t', \quad (6)$$

де $\bar{t}$ – середньорічна температура повітря для заданого району, яка визначається згідно СНіП 2.01.01;

t' – поправка, яка складає 20-25 °С при одному та 15-20 °С при двох контактних проводах;

K – номінальний натяг контактного проводу, який слід приймати для проводів марки МФ-100 $K = 10000$ Н, для проводів марки МФ-85 $K = 8500$ Н;

$\mathcal{J}_0$ – постійна складова жорсткості контактної підвіски в прогоні, Н/м:

$$\mathcal{J}_0 = \frac{\mathcal{J}_H + \mathcal{J}_c}{2}, \quad (7)$$

$\mathcal{J}_1$ – перша гармоніка жорсткості контактної підвіски, Н/м:

$$\mathcal{J}_1 = \frac{\mathcal{J}_H - \mathcal{J}_c}{2}, \quad (8)$$

де $\mathcal{J}_H$ – жорсткість контактної підвіски біля першої від опори простої струни, Н/м:

$$\mathcal{J}_H = \frac{l_e \left[\bar{T} + n_k K - (n_k K + H) \gamma_3 \right]}{c(l_e - c)}; \quad (9)$$

$\mathcal{H}_H$ – те ж у середній частині прогону, Н/м:

$$\mathcal{H}_H = \frac{4[\bar{T} + n_K K]}{l_e}; \quad (10)$$

H – натяг тросу ресорної струни, рекомендується приймати $H = 1500$ Н;

l_e – еквівалентна довжина прогону КП, м;

γ_3 – емпіричний коефіцієнт, який визначають за формулою:

$$\gamma_3 = \frac{a}{c}(1 - 0,05a), \quad (11)$$

де a – половина довжини тросу ресорної струни, м;

c – відстань від опори до першої простої струни, м.

$m_{ст}$ – приведена маса струмоприймача, яку слід приймати:

для серії Л – $30/26$ Н·с²/м,

для серії Т – 40 Н·с²/м;

До серії Л відносяться струмоприймачі електровозів змінного струму, електропоїздів постійного струму та електропоїздів змінного струму; до серії Т відносяться струмоприймачі електровозів постійного струму.

Як видно з формули (11), якість струмознімання суттєво залежить від правильного вибору співвідношення між параметрами опорного вузла ЛКП. Розміри, що рекомендуються, приведено в таблиці 3.

$m_{кп}$ – наведена маса контактної підвіски, яку слід приймати:

з одним контактним проводом – 30 Н·с²/м,

із двома контактними проводами – 40 Н·с²/м;

m – наведена маса системи «струмоприймач – контактний провід», Н·с²/м;

$$m = m_{кп} + m_{ст},$$

ω – кругова частота зміни параметрів контактної підвіски, рад/с.

$$\omega = \frac{2\pi V_p}{l_e}, \quad (12)$$

де V_p – розрахункова швидкість руху по ділянці, м/с.

Таблиця 3 – Співвідношення між параметрами опорного вузла напівкомпенсованої ресорної ЛКП

Параметри ЛКП	Познач.				
Довжина прогону	l , м	40	50	60	70
Відстань до першої простої струни	c , м	6	8	10	10
Довжина ресорн. тросу:	$2a$, м				
1 Один контактний провід		6	8	10	12
2 Два контактних проводи		8	10	12	14

При перевірці якості струмознімання за розрахункову швидкість руху приймаємо максимальну V_{max} , яка наведена у вихідних даних для розрахунку в км/год, що відповідно слід перевести в м/с.

Якщо якість струмознімання виявиться незадовільною, тобто якщо коефіцієнт відносної зміни контактного натискання n , визначений за рівнянням (1), буде більше 0,5, то необхідно вказати шляхи його поліпшення.

Список літератури

- 1 Колесов С. М., Колесов І. С. Матеріали та взаємодія контактної підвіски і струмоприймача: підручник. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ ім. В. Лазаряна. 2006. 284 с.
- 2 Дьяков В. О., Босий Д. О., Антонов А. В. Контактна мережа електрифікованих залізниць. Улаштування контактної мережі: навч. посібник. Дніпро: Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. 228 с.
- 3 Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць. ЦЕ-0023. Київ, 2008. 208 с.
- 4 ДСТУ 32680:2016. Струмознімальні елементи контактні струмоприймачів електрорухомого складу. Загальні технічні умови (ГОСТ 32680-2014, IDT). [Чинний від 2016-10-01]. 2016. 16 с.
- 5 Панченко С. В., Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Нерубацький В. П. Конструкція та динаміка електричного рухомого складу: підручник. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Ч. 2. 204 с.
- 6 Контактні вставки полозів струмоприймачів електрорухомого складу з покращеними показниками / А. М. Муха, Д. В. Устименко, О. Ю. Балійчук, О. Я. Куриленко, І. В. Малишко, Ю. О. Адамович. *Залізничний транспорт України*. 2018. № 2. С. 33–39.
- 7 Божко В. В., Гордієнко Д. О. Особливості прискореного руху на електрифікованих ділянках залізниць України. *Електрифікація транспорту*. 2012. № 4. С. 75-79.
- 8 Устименко Д. В. Сучасний стан проблеми струмознімання на електрифікованих залізницях. *Електрифікація транспорту*. 2016. № 12. С. 71–75.
- 9 Устименко Д. В. Установка для експериментального дослідження зносу ковзного контакту «контактний провід – накладка». *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2017. № 14. С. 29–32.

10 Любарський Б. Г., Доманський І. В., Гасанов М. І. Моделювання механічної та електричної взаємодії контактної підвіски. Серія "Нові рішення в сучасних технологіях". *Вісник НТУ "ХПІ"*. 2018. № 9 (1285). С. 51-56.

11 Устенко О. В., Вовк Е. М., Ляшенко С. В. Дослідження аеродинамічних властивостей струмоприймача при високошвидкісному русі. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. Вип. 173. С. 131-136.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять з освітнього компонента

«МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕРС»

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності

J7 «Залізничний транспорт» (освітня програма «Електровози та

електропоїзди») всіх форм здобуття освіти

Відповідальний за випуск Семененко О. І.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 18.08.2026 р.

Умовн. друк. арк. 1,25. 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.