

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра Електрорухомий склад залізниць

(повна назва)

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

Гетьман Г.К.

(підпис)

(ПІБ)

20 20 р. 12 « 20 »

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Назва знань 14 Електрична інженерія

(шифр)

(назва)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код)

(повна назва)

Спеціалізація Електричний транспорт

(повна назва)

Тема Аналіз можливостей підвищення ефективності

струмоознімання при високошвидкісному русі рухомого складу

Theme Analysis of opportunities to improve the efficiency of current collection during high-speed movement of rolling stock

Керівник дипломної роботи проф.

(посада)

(підпис)

Артемчук В.В.

(ПІБ)

Нормоконтролер

проф.

(посада)

(підпис)

Артемчук В.В.

(ПІБ)

Студент групи

ЕТ1921

(група)

(підпис)

Романішин Д.С.

(ПІБ)

Student

Romanishyn D.

(Family name)

Дніпро
2020

РЕФЕРАТ

Дипломний проект «Аналіз можливостей підвищення ефективності струмознімання при високошвидкісному русі рухомого складу» містить сторінок пояснювальної записки, рисунків,....таблиць та джерел використаної літератури.

Об'єкт дослідження – струмоприймачі електрорухомого складу залізниць та контактний провід.

Предмет дослідження – процеси, що відбуваються на поверхнях струмоприймача при безпосередній взаємодії з контактним дротом.

Мета роботи – удосконалення матеріалу вставок струмоприймача, визначення максимально допустимого натягнення контактного дроту для поліпшення еластичності підвіски, а також зменшення маси струмоприймача.

В процесі роботи були розглянуті різні типи контактних вставок, описано моделювання різних видів контактних підвісок застосованих на швидкісних і високошвидкісних магістралях. Розглянуті заходи щодо охорони праці при роботі по заміні вставок на полозі струмоприймача, проведена оцінка впливу шкідливих і небезпечних чинників на обслуговуючий персонал і навколишнє середовище, а також вказані способи по їх зниженню.

В результаті роботи були проаналізовані різні види матеріалів вставок. На основі аналізу зроблений вибір оптимального матеріалу, найбільш прийнятного для експлуатації.

У економічній частині дипломного проекту розглянуто економічне обґрунтування застосування діагностики струмоприймача в системі електропостачання.

Ключові слова: струмознімання, контакт, швидкісний рух, контактний дріт.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проблема якісного струмознімання є комплексною та існує вже давно. Для розв'язання даної проблеми необхідно проаналізувати різні види контактних підвісок і контактних вставок, що застосовують в полозах струмоприймачів, провести аналіз роботи ковзаючого контакту «полоз струмоприймача – контактний дріт» та отримати порівняльні характеристики використання різних типів вугільних, металокерамічних, алюмінієвих вставок.

Як показав досвід використання на електрорухомому складі постійного струму порошкових контактних пластин на основі заліза, легованого міддю, в порівнянні з мідними монолітними пластинами дозволили значно підвищити працездатність ковзаючого контакту – зменшити знос контактного дроту на 50 %, підвищити пробіги полозів струмоприймачів в 2 рази. Перспективним є введення в такий композит вуглецю у вигляді графіту і його модифікацій – фулеренів і астринів, що є нанодисперсійними частинками фулероїдного типу (нанотрубки й астрини). Специфічність електронної будови нових алотропних модифікацій вуглецю додає цим матеріалам незвичайні фізико-механічні властивості. Це дозволяє розглядати їх, як перспективні модифікатори для створення композитів з підвищеними електричними, трибологічними і механічними властивостями. Також необхідно розглянути взаємодію контактних підвісок, постійної та змінної напруги з полозом струмоприймача і різними видами застосованих в них вставок.

Підвищення швидкостей руху поїздів вимагає постійно шукати методи підвищення ефективності струмознімання на магістральних електрифікованих залізницях. Особливістю струмознімання при повітряній контактній мережі є те, що струмоприймач рухається по контактній підвісці, еластичність якої змінюється поодиноці і тому ж закону в кожному прольоті, тобто є сприятливі умови для виникнення параметричного резонансу (резонансу без дії зовнішніх сил, а виключно із-за періодичної зміни параметра – еластичності контактної

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвіски). Виникнення ж резонансу – основна причина регулярних і тривалих відривів полоза струмоприймача від контактного дроту. Ефективним способом запобігання небезпечним резонансним явищам є застосування гасителів коливань (демпферів), що встановлюють або на струмоприймачі, або в контактній підвісці. Найбільш ефективним способом збільшення терміну служби струмоприймачів та контактного дроту є заміна мідних контактних пластин вугільними вставками, що володіють високими антифрикційними властивостями. На вугільні вставки у залізницях переведені струмоприймачі всього електрорухомого складу змінного струму і частина ЕРС постійного струму.

Також необхідно приділяти увагу конструктивному виконанню струмоприймачів. На величину тертя в рухомій системі струмоприймача вирішальний вплив робить тип застосованих в шарнірних з'єднаннях підшипників. Найкращими антифрикційними властивостями володіють кулькові та голчасті підшипники. Важливим є і впровадження діагностування струмоприймачів, контактної підвіски, зокрема на знос контактного дроту.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СТРУМОПРИЙМАЧІВ

Струмоприймачі, як відомо, призначені для забезпечення електричного контакту між електроустановкою електрорухомого складу і контактною мережею.

На магістральному електрорухомому складі застосовують головним чином чотирьохважельні (ДЖ-4, ДЖ-5, ДЖ-5К, П-1б, П-1в, П-3, П-3А, П-5а, М-7, 9РР, 10РР, 13РР, 2SLS-1) і двохважельні (П-7А, А-7Б, ТЛ13У, ТЛ14М, SBS 66) струмоприймачі (рисунок 1.1).

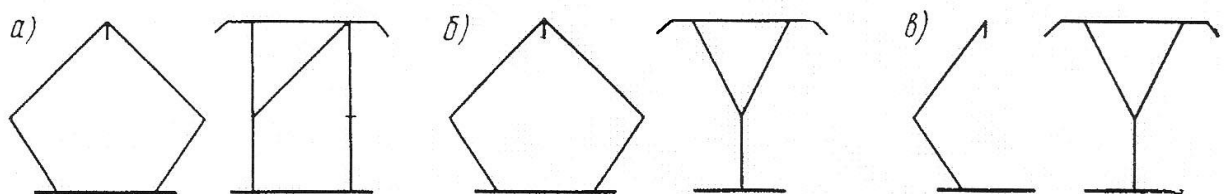


Рисунок 1.1 – Схеми виконання рухомих систем струмоприймачів:

а – чотирьохважельного; б – двохважельного; в – одноважельного
(асиметричного)

Струмоприймачі, що працюють на вантажних і пасажирських електровозах постійного струму, відносяться до важкого типу Т, а для роботи на вантажних і пасажирських електровозах змінного струму і електропоїздах постійного і змінного струмів - до легкого, типу Л.

Кінематичні схеми струмоприймачів, що застосовують на електрорухомому складі, наведені на рисунку 1.2, а загальні види найбільш поширених струмоприймачів П-3, 10РР, 2SLS-1 і ТЛ-14М – на рисунку 1.3...1.6. Струмоприймачі П-1Б (для ЕРС постійного струму) і П-1В (для ЕРС змінного струму) відрізняються від П-3 головним чином наявністю одного полоза. Струмоприймач ТЛ-13У відрізняється від ТЛ-14М тим, що на його полозі замість мідних пластин застосовані вугільні вставки [1-3].

Основні вимоги до струмоприймачів визначені ГОСТ 12058-72 «Струмоприймачі електрорухомого складу магістральних залізниць».

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У якості ущільнення на поршнях приводів застосовують шкіряні або гумові манжети.

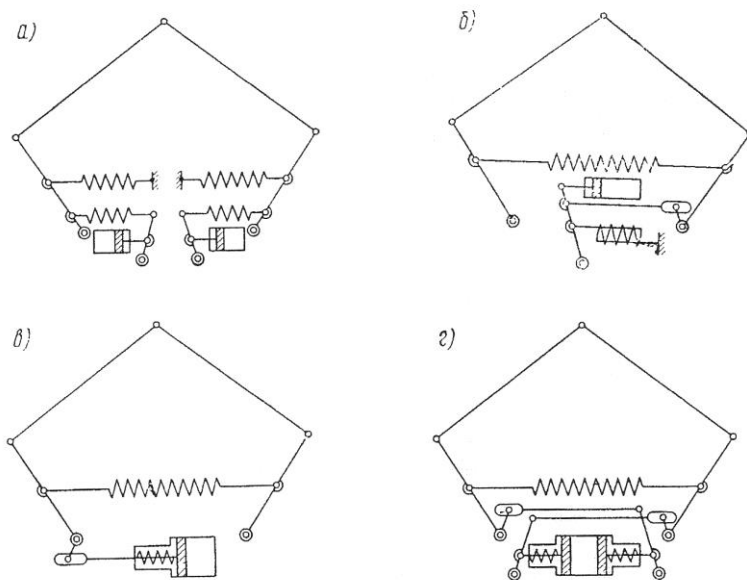


Рисунок 1.2 – Кінематичні схеми струмоприймачів:

а - ДЖ-4; *б* - ДЖ-5; П-3; *в* - П-5, 9PP, ШPP, ІЗPP, 2SLS-1, М-7, SBSG6*;
г - П-7*, ТЛ-13У, ТЛ-14М (зірочками відмічені струмоприймачі, у яких пневматичні циліндри мають постійний діаметр)

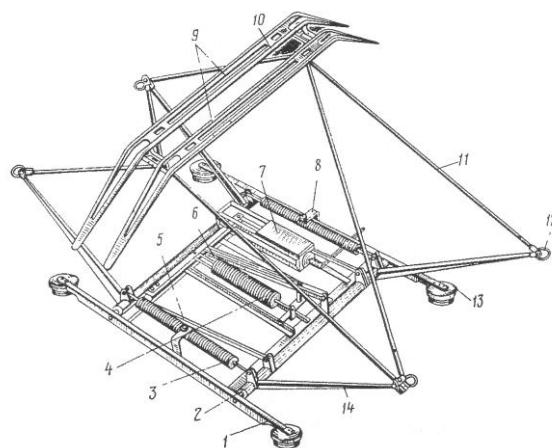


Рисунок 1.3 – Загальний вид струмоприймача типу П-3:

1 - підстава; 2 - вал нижньої системи (головний вал); 3 - підйомна пружина;
 4 - опускаюча пружина; 5 - синхронізуюча тяга; 6 - важіль-штовхач;
 7 - пневматичний циліндр; 8 - амортизатор; 9 - полози; 10 - контактна пластина;
 11 - труба верхньої рами; 12 - гнучкий шунт; 13 - ізолятор; 14 - труба (важіль)
 нижньої рами

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На величину тертя в рухомій системі струмоприймача вирішальний вплив робить тип застосованих в шарнірних з'єднаннях підшипників. Найкращими антифрикційними властивостями володіють кулькові та голчасті підшипники.

Для забезпечення кращого струмознімання полози встановлюють на рухомі рами за допомогою пружних пристроїв – кареток (рисунок 1.4) [2].

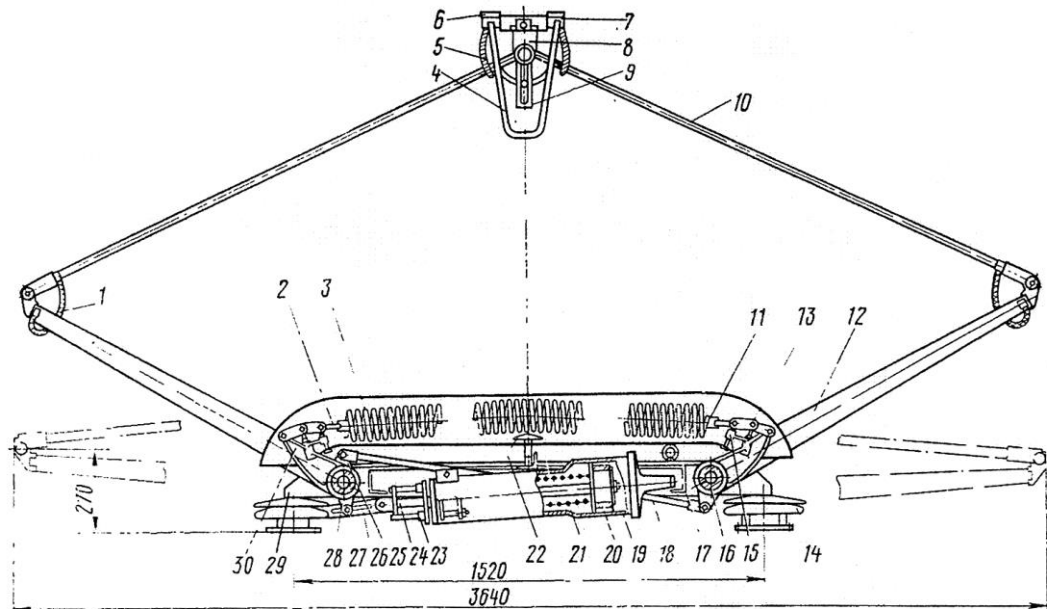


Рисунок 1.4 – Струмоприймач типу 10PP:

- 1, 5 - шунти; 2, 18 - тяги; 3 - підйомна пружина; 4 - рогу; 6 - контактні пластини;
 7 - каркаса полоза; 8 - каретка; 9 - куліса; 10 - труба верхньої рами;
 11 - держатель пружини; 12 - труба (важіль) нижньої рами; 13 - шарнірний пристрій; 14 - ізолятор; 15 і 23 - болти; 16 - головний вал; 17 - косинець;
 19 - пневматичний циліндр; 20 - поршень; 21 – пружина, що опускається;
 22 - упор; 24 - шток; 25, 28 і 30 - важелі; 26 - куліса; 27 - палець; 29 - підстава

У якості струмознімальних елементів на електрорухомому складі змінного струму, електропоїздах постійного струму і деяких електровозах постійного струму застосовують вугільні вставки, що виготовляють за ГОСТ 14692-69 «Вставки вугільні контактні для струмоприймачів електрорухомого складу». Згідно цього стандарту питомий електричний опір не повинен перевищувати 30 Ом • мм²/м для вставок типу А і 16 Ом мм²/м для вставок типу Б [1, 2].

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

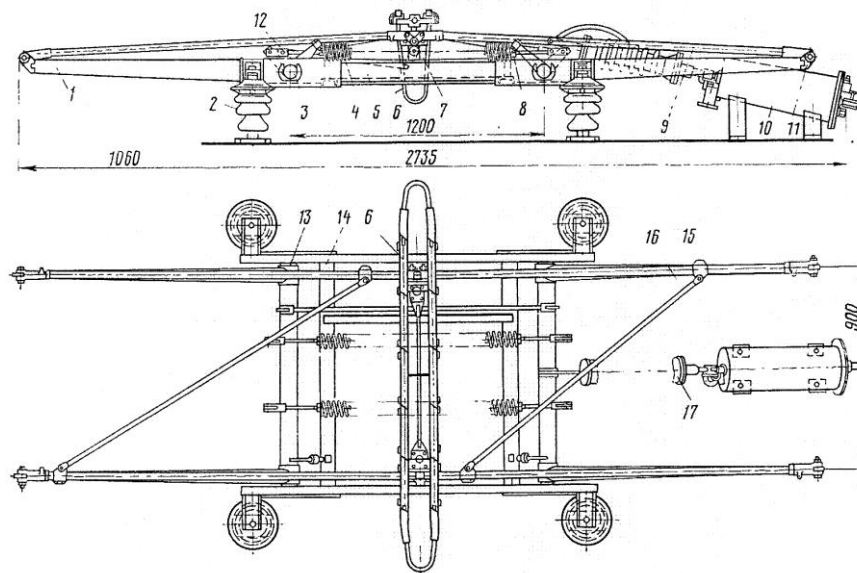


Рисунок 1.5 – Струмоприймач типу 2SLS-1

- 1 - труба (важіль) нижньої рами; 2 - опорний ізолятор; 3 - цапфа; 4 - підйомна пружина;
 5 - підстава; 6 - полоз; 7 - верхній шарнір рухомих рам;
 8 - регулювальна гайка підйомної пружини; 9 - труба верхньої рами;
 10 - пневматичний циліндр; 11 - шарнір; 12 - важіль; 13 - головний вал;
 14 - поперечний зв'язок підстави; 15 - з'єднувальна скоба;
 16 - діагональний зв'язок верхньої рами; 17 - стрижньовий ізолятор

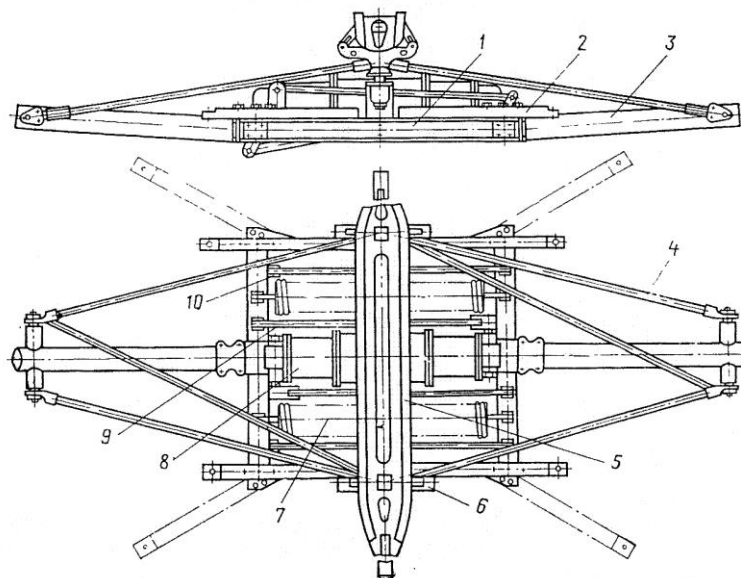


Рисунок 1.6 – Струмоприймач типа ТЛ-14М:

- 1 – підстава; 2 - кронштейн підстави; 3 - труба (важіль) нижньої рами; 4 - труба
 верхньої рами; 5 - полоз; 6 - каретка; 7 - підйомна пружина; 8 - пневматичний циліндр;
 9 - тяга-штовхач; 10 - синхронізуюча тяга

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

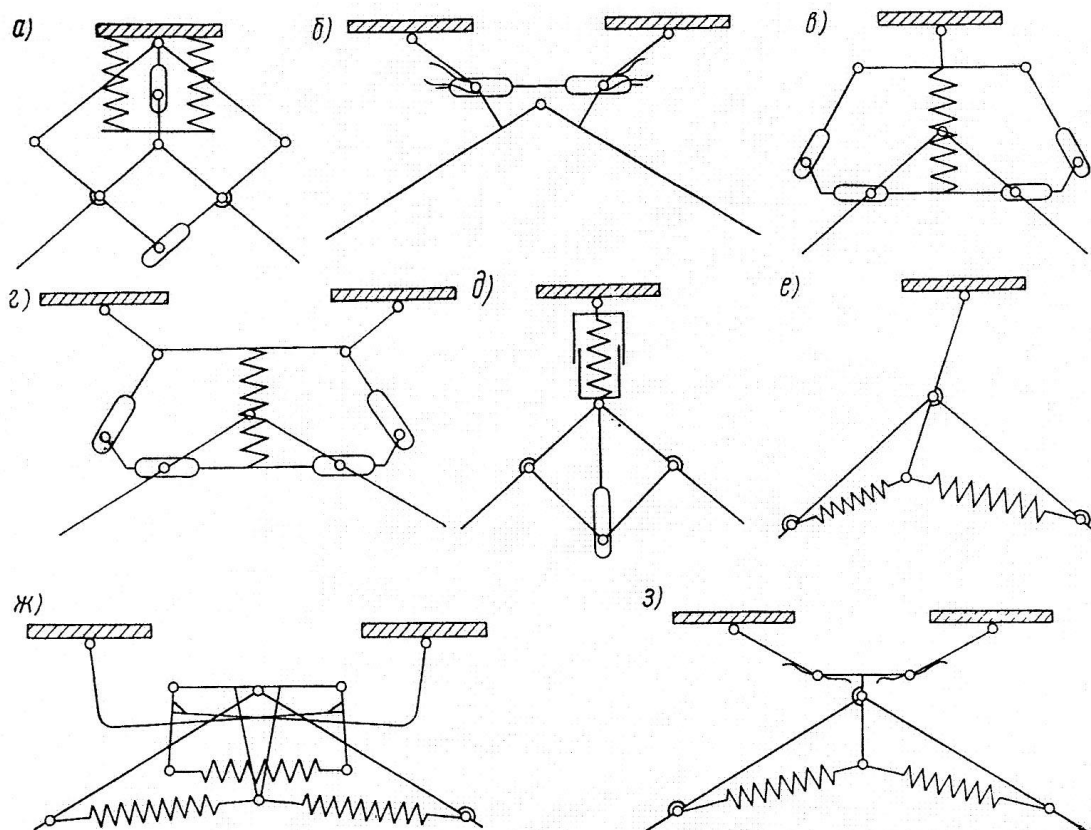


Рисунок 1.7 – Схеми верхніх вузлів струмоприймачів:
а-ДЖ-5; б-ДЖ-4; в - П-1, П-7, ТЛ-13У, ТЛ-14М; г - П-3, д - М-7;
е - SB566; ж - П-5А

На полозах струмоприймачів найбільш потужних електровозів постійного струму застосовують пластини з профільної міді (ГОСТ 5369-50 «Мідь профільна для контактних пластин пантографа») або пластини із спечених матеріалів на залізній або мідній основі. Питомий електричний опір контактних пластин із спечених матеріалів не більше 0,3 Ом мм²/м. Профілі контактних елементів полоза приведені на рисунку 1.8. (Для важких струмоприймачів може застосовуватися також профільна мідь завтовшки 6 мм) [3].

Найменший знос контактного дроту забезпечують вугільні вставки, декілька більший – пластини із спечених матеріалів. Експлуатація на одній і тій же ділянці електрифікованої дороги вугільних вставок і пластин із спечених матеріалів спільно з мідними пластинами недопустима, оскільки при цьому вугільні вставки і пластини із спечених матеріалів інтенсивно зношуватимуться.

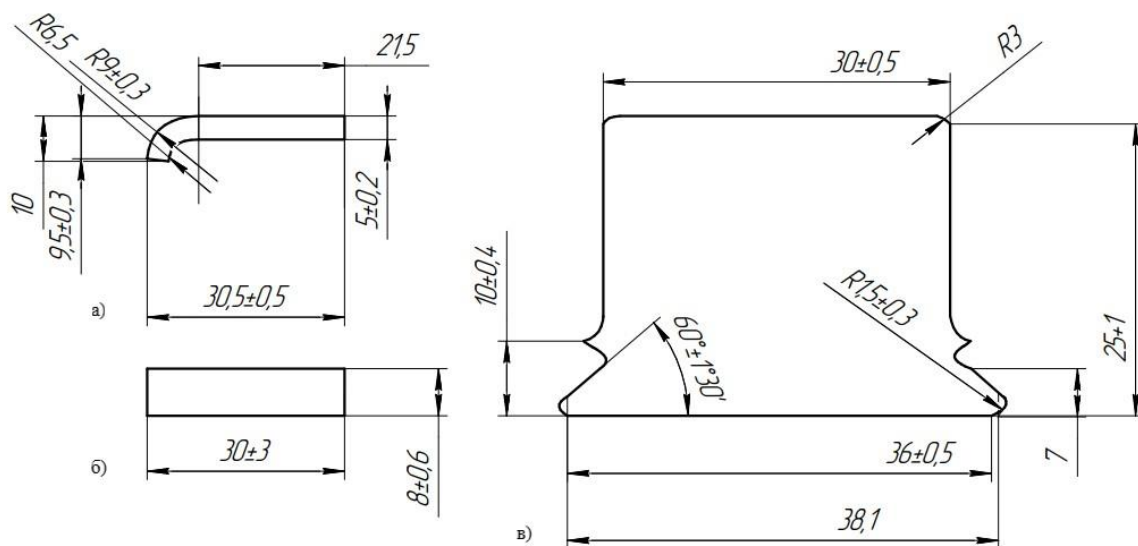


Рисунок 1.8 – Профілі контактних елементів полоза

Технічні дані струмоприймачів, приведені в таблиці 1.1, а їхні основні розміри - в таблиці 1.2 [2].

На електропоїздах змінного струму встановлюють струмоприймачі ТЛ-13-У1-01 (рисунок 1.9) [2].

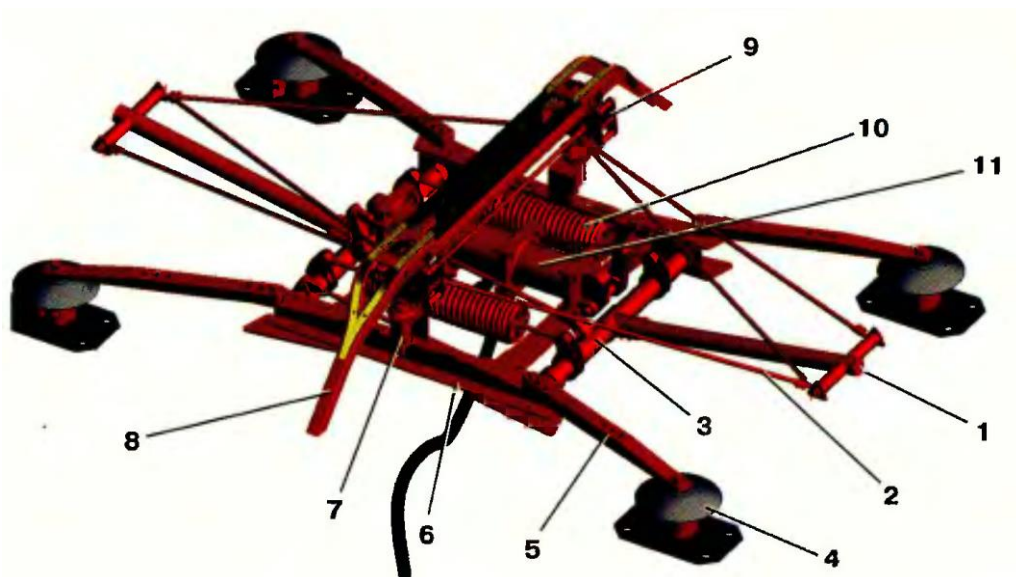


Рисунок 1.9 – ТЛ-13У-01:

- 1 – нижня рама; 2 – верхня рама; 3 – вал; 4 – ізолятор; 5 – кронштейн;
6 – основа; 7 – упор; 8 – полоз; 9 – каретка; 10 – піднімаюча пружина;
11 – пневматичний привод

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При подачі стисненого повітря в циліндр пневмоприводу 5 поршні 11 приводу розходяться, стискаючи опускаючі пружини 10 і повертаючи вали 8 (рисунок 1.10) [3].

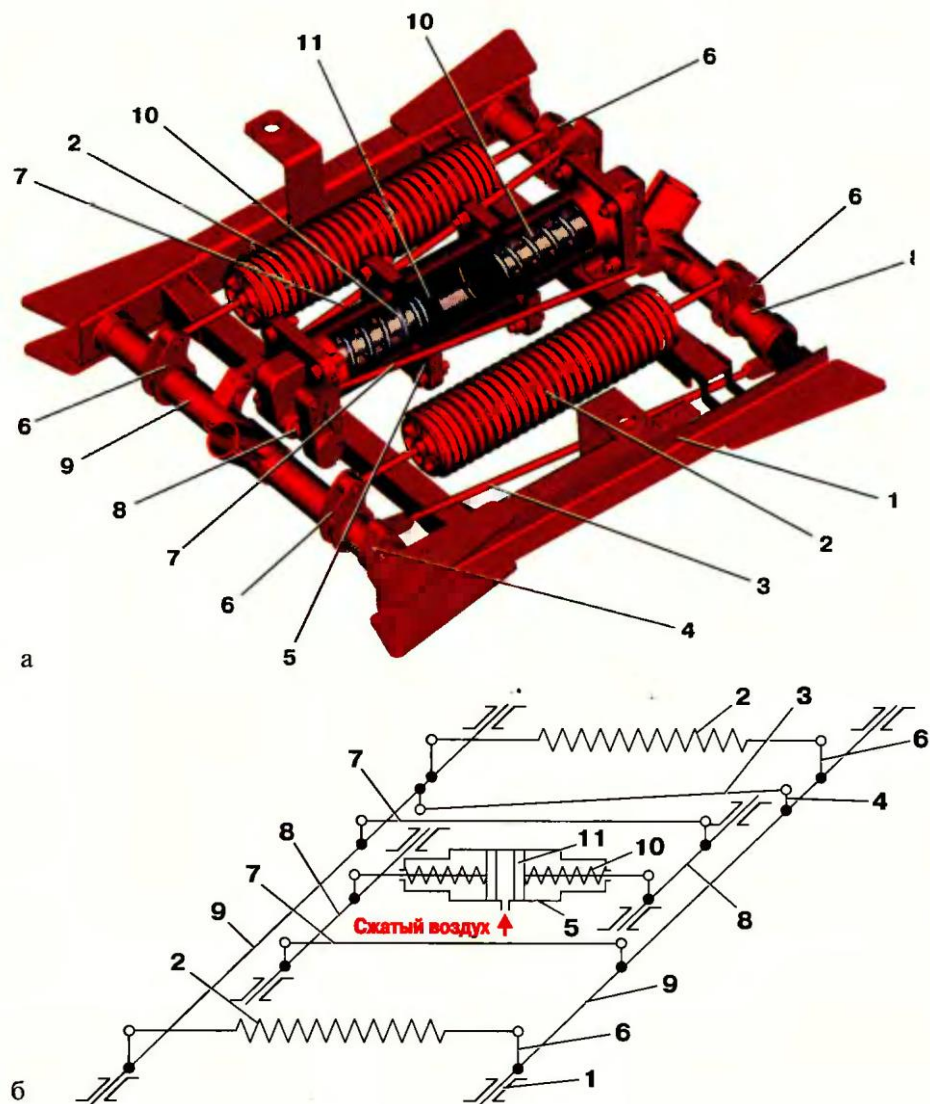


Рисунок 1.10 – Привод струмоприймача:

а – привод; б – кінематична схема приводу; 1 – основа; 2 – піднімаюча пружина; 3, 7 – тяга; 4, 6 – важіль; 5 – пневматичний привод; 8, 9 – вал; 10 – опускаюча пружина; 11 – поршень

При цьому вали 8 через тяги 7 повертають вали 9, на які додатково діє зусилля піднімаючих пружин 2. Повертаючись під дією піднімаючих пружин і поршнем, вали 9 піднімають нижню та верхню рами струмоприймача з полозом. Зусилля притиснення полоза піднятого струмоприймача до контактного дроту

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить тільки від зусилля піднімаючих пружин 2. При спаду тиску повітря в циліндрі пневмоциліндру стиснені опускаючи пружини 10 здвигають поршні 11, долаючи зусилля піднімаючих пружин 2, і, повертаючи вали 8, опускають рами струмоприймача. Для зменшення зносу полозу струмоприймача та контактного дроту на полозі 5 встановлюють вугільні вставки 2, які замінюють по мірі зношення. Вставки 2 кріплять за допомогою натискаючи планок 1. Для виключення попадання контактного дроту за полоз при проході повітряних стрілок, на кінцях полозу 5 є кінцеві скоси 4.

Для пом'якшення ударів полоза 8 (рисунок 1.11) о контактний дріт при підніманні струмоприймача полоз кріплять до верхніх рам 2 за допомогою кареток 9. Каретка (рисунок 1.12) являє собою систему шарнірно пов'язаних важелів, що забезпечують вертикальне переміщення полоза відносно рами струмоприймача в межах 50 мм [3].

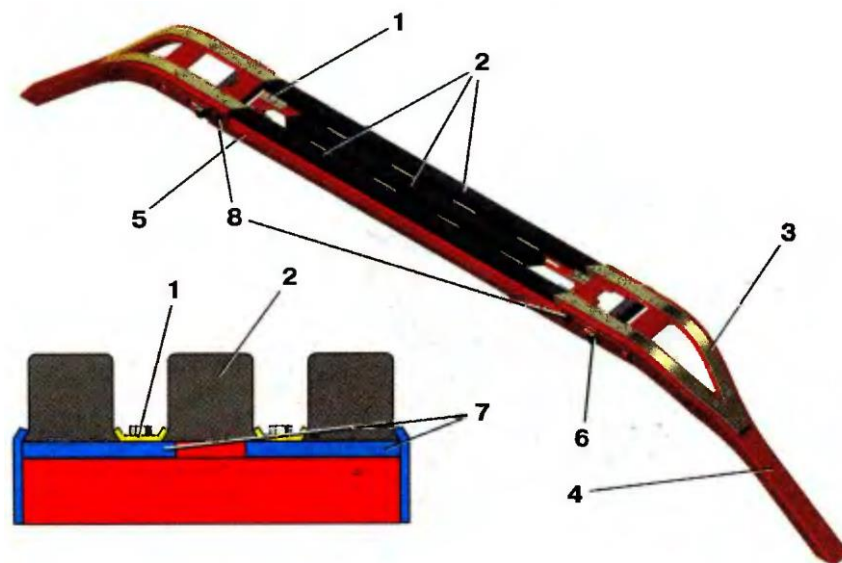


Рисунок 1.11 – Полоз струмоприймача:

- 1 – натискаюча планка; 2 – вугільна вставка; 3 – накладка кінцевого скосу;
 4 – кінцевий скос; 5 – полоз; 6 – отвір кріплення полоза до каретки;
 7 – підкладка під вугільні вставки з шинної міді; 8 – шпилька кріплення мідного шунта до підкладки та полозу

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якість регулювання та правильність роботи струмоприймача визначають по статичним характеристикам – графічне зображення залежності натиснення P від висоти підйому H полоза показано на рисунку 1.13. Регулюють зусилля натиснення піднімаючими пружинами, обертаючи їх на штирях, закріплених на головних валах струмоприймача [3].

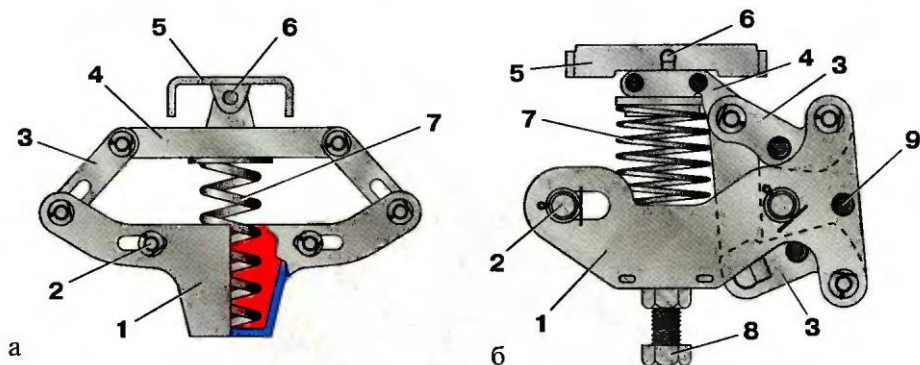


Рисунок 1.12 – Каретка струмоприймача:

а – першої серії; б – нової серії; 1 – основа; 2 – поперечний валик струмоприймача; 3 – серга; 4 – верхня планка; 5 – коромисло; 6 – вісь; 7 – пружина; 8 – регулювальний болт; 9 – заклепка

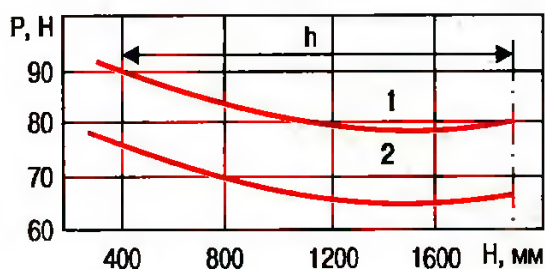


Рисунок 1.13 – Статична характеристика струмоприймача:

1 – при пасивному натисненні; 2 – при активному натисненні;
 h - робочий діапазон висоти підйому

Однією з вдалих розробок сучасних струмоприймачів є конструкція струмоприймача ТАсС-10-01 (рисунок 1.14), який складається з наступних основних вузлів: підстави 6, пневмоприводу 3, несучого важеля 12, верхньої рами 11, зчленованою шарнірно з несучим важелем 12, як безпосередньо, так і через тягу 10 і кулісну тягу 7, за рахунок переміщення її шарніра в подовжньому пазу

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

направляючої рамки 8; двох кареток 1 з шарнірно підресорених чотирьохланників; полоза 2 і синхротяги 9 кареток. Синхротяга 9, сполучена з каретками 1 і несучим важелем 12, в сукупності з верхньою рамою 11 утворює шарнірний паралелограм 5, що стабілізує горизонтальне положення полоза 2. Полоз обладнаний вугільними вставками 4 встановленими на мідній підкладці.

Підстава 6 виконано у вигляді зварної рами з швелерів. До підстави приварені стійки, на яких закріплений пневмопривод рамки (кулісний механізм).

Пневмопривод представляє собою гумовий балон з вбудованим всередину шарнірним механізмом, закріпленому на фланцях, що забезпечує його прямолінійне розширення при подачі стислого повітря [2].

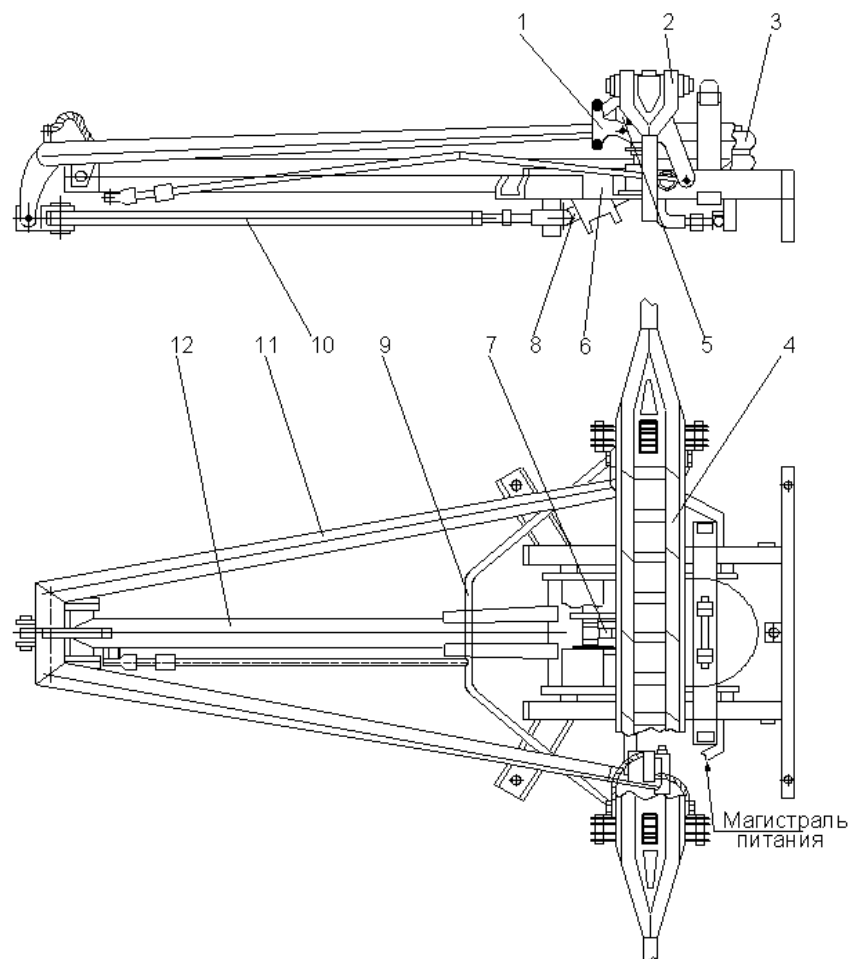


Рисунок 1.14 – Струмоприймач асиметричний ТАсС-10-01:

- 1 - каретки; 2 - полоз; 3 - пневмопривод; 4 - вугільні вставки; 5 - шарнірний чотириланник; 6 - підстава; 7 - кулісна тяга; 8 - направляюча рамка; 9 - синхротяга; 10 - тяга; 11 - верхня рама; 12 - несучий важіль

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Несучий важіль, рама верхня, синхротяга кареток виконані зварними з алюмінієвого прокату. Струмоприймач працює таким чином: стисле повітря, підведене з магістралі живлення, поступає в пневмопривод 3; зусилля пневмопривода докладене до малого плеча несучого важеля 12, повертає несучий важіль на напівосях, закріплених шарнірно на підставі 6; довге плече несучого важеля переміщає вгору середній шарнірний вузол струмоприймача і разом з ним верхню раму 11; верхній шарнір кулісної тяги 7 переміщається разом з несучим важелем вгору і передає зусилля пневмопривода на верхню раму за допомогою тяги 10 за рахунок переміщення нижнього шарніра кулісної тяги в подовжньому пазу направляючої рамки 8; це забезпечує поворот верхньої рами щодо несучого важеля за допомогою синхротяги 9; каретки 1 з полозом 2 піднімаються вгору до упору вставок 4 в контактний дріт; чотириланники 5 кареток, долаючи зусилля пружин, просядуть до забезпечення каретками нормованого контактного натиснення; при випуску стислого повітря з пневмопривода рухомі частини струмоприймача під дією власної ваги опускаються на буферні пристрої; підресорений шток буферного пристрою просаджується на пружині, гасячи енергію удару і запобігаючи деформації рухомих частин струмоприймача.

Параметри часу підйому і опускання струмоприймача контролює клапан пантографа КТ-20-02 і калібрувальний клапан 5ТН.456.129 (рисунок 1.15).

Клапан струмоприймача КТ-20-02 призначений для управління центральним струмоприймачем і регулювання часу його опускання. Клапан калібрувальний 5ТН.456.129 призначений для регулювання часу підйому струмоприймача.

Технічні характеристики клапана пантографа КТ-20-02

1. Номінальна напруга вентиля, В..... 50
2. Номінальний струм вентиля, А..... 0,13
3. Опір котушки при 20°C, Ом..... 286⁺²³₋₁₄
4. Робочий тиск стислого повітря магістралі живлення, МПа

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(кгс/см²)..... 0,24-0,31(2,4-3,1)

5. Перетин каналу повідомлення магістралі споживача з живлячою магістраллю, мм²..... 110

6. Час опускання струмоприймача, с..... 3,5-6

7. Маса, кг..... 4,5

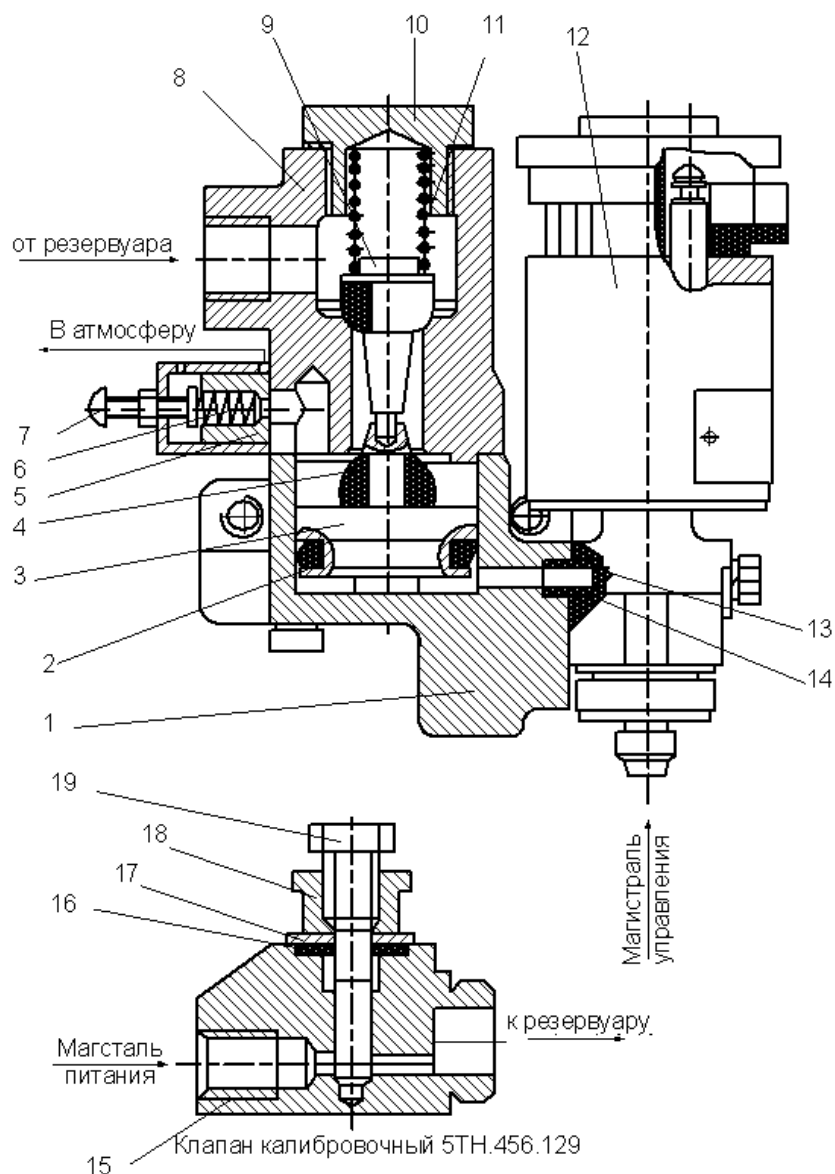


Рисунок 1.15 – Клапан струмоприймача КТ-20-02:

1, 8 - корпус; 2 - манжета; 3 - поршень; 4, 14 - втулки; 5 - клапан, що дроселює; 6, 11 - пружини; 7 - гвинт; 9 - клапан; 10 - пробка; 12 - вентиль електромагнітний; 13 - кільце; 15 - корпус; 16, 17 - шайби; 18 - гайка; 19 - болт

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Клапан струмоприймача КТ-20-02 складається з двох скріплених болтами корпусів і вентиля електромагнітного 12. Канал з'єднання вентиля електромагнітного 12 і нижнього корпусу 1 ущільнений гумовим кільцем 13, встановленим на втулці 14. У камері верхнього корпусу 8 під герметично встановленою пробкою 10 розміщений клапан 9 з гумовою втулкою 4. Втулка підтиснена до верхнього сидла корпусу 8 пружиною 11. Така ж втулка встановлена на поршні 3. Поршень 3 встановлений в нижньому корпусі 1 і ущільнений манжетою 2. На верхньому корпусі встановлений клапан, що дроселює, 5.

Клапан калібрувальний 5ТН.456.129 складається з корпусу 15, гайки 18, болта 19, шайб 16 і 17. При включенні вентиля електромагнітного 12 стисле повітря поступає в камеру під поршень 3 і, долаючи тиск повітря на клапан 9 і зусилля пружини 11, переміщає поршень 3 і клапан 9 вгору до упору втулкою 4, розташованою на поршні 3, в нижнє сидло корпусу 8. Втулка 4, розташована на клапані 9, піднімається з клапаном вгору і відкриває канал повідомлення магістралі живлення з магістраллю споживача через клапан 5ТН.456.129.

При виключенні вентиля клапан 9 з поршнем 3 під дією пружини 11 опускається вниз, перекриваючи повідомлення магістралі живлення і магістралі споживача. Стисле повітря з магістралі споживача виходить в атмосферу через клапан, що дроселює, 5. На початку зусилля стислого повітря більше зусилля пружини 6 і клапан відкривається, забезпечуючи швидкий вихід стислого повітря в атмосферу. Унаслідок різкого зниження тиску стислого повітря в пневмоприводі струмоприймача, відбувається швидкий відрив полоза струмоприймача від контактного дроту. При подальшому зниженні тиску стислого повітря, його зусилля стане менше зусилля пружини 6 клапана, що дроселює, і клапан закриється. Вихід стислого повітря проходитиме через отвір в клапані діаметром 1 мм, що створить різке уповільнення зниження тиску повітря і зменшення швидкості опускання струмоприймача. Час опускання струмоприймача регулюється зміною затягування пружини 6 клапана, що

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дроселює, за допомогою гвинта 7.

При проведенні ремонтних робіт в об'ємі ПР-3 регулювання зібраного струмоприймача проводять таким чином:

- перевіряють герметичність пневмоприводу на виток стислого повітря при тиску не більше 0,26 МПа (2,6 кгс/см²);

- при тиску в балоні 0,24 МПа (2,4 кгс/см²) перевіряють статичне натиснення на контактний дріт в діапазоні робочої висоти. Активне натиснення (при підйомі) повинне бути не меншого 60 Н (6,0 кгс); пасивне натиснення (при опусканні) не повинне бути вище 90 Н (9,0 кгс). При невідповідності характеристик необхідно змінити робочий тиск в балоні підрегулюванням редуктора;

- перевіряють в робочому діапазоні різницю висоти між найбільшим і найменшим контактним натисненням при односторонньому переміщенні (вгору або вниз) верхнього вузла, яка повинна бути не більше 15 Н (1,5 кгс) при відхиленні - параметр забезпечити регулюванням довжини нижньої тяги (відстань між шарнірами 1350±5 мм);

- перевіряють в робочому діапазоні подвійну величину тертя в шарнірах, визначувану як різниця контактних натиснень в одній точці при русі вниз і вгору, яка повинна бути не більше 25 Н (2,5 кгс);

- перевіряють максимальну висоту підйому струмоприймача - 2100 мм;

- при не відповідності необхідно змінити довжину натискаючих болтів підстави та законтрити;

- регулюють час підйому струмоприймача клапаном калібрувальним 5ТН.456.129 в межах 7...10 с, зміряє від моменту початку руху полоза з опущеного положення струмоприймача до моменту підйому його до максимальної робочої висоти (1900 мм).

Якщо час підйому більше 10 с, необхідно збільшити перетин впускного каналу клапана калібрувального 5ТН.456.129 шляхом вигвинчування його регулювального болта; якщо час менше 7 с - зменшити перетин впускного

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каналу угвинчуванням регулювального болта. Після регулювання зафіксувати положення болта контргайкою.

Регулюють час опускання клапаном струмоприймача КТ-20-02 в межах 3,5...6 с, зміряне від моменту початку вертикального руху полоза, що знаходиться на максимальній робочій висоті 1900 мм, до моменту досягнення їм свого нижчого положення.

Якщо час опускання менше 3,5 с, необхідно підтиснути пружину клапана, що дроселює, встановленого на клапані струмоприймача КТ-20-02, шляхом угвинчування регулювального гвинта. Після регулювання положення гвинта зафіксувати контргайкою; якщо час опускання більше 6 с, ослабити пружину клапана, що дроселює, шляхом вигвинчування регулювального гвинта. Після регулювання положення гвинта зафіксувати контргайкою та перевірити опускаюче зусилля, яке повинне бути не меншого 120 Н (12 кгс).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ СТРУМОПРИЙМАЧА З КОНТАКТНОЮ ПІДВІСКОЮ

Порошкові струмознімальні елементи на металевій основі. Струмоприймачі електрорухомого складу постійного струму напругою 3 кВ знімають великі струми (1500...2800 А), на їх полозах встановлюють порошкові контактні пластини, що самозмащуються на металевій основі (ці контактні пластини іноді називають металокерамічними). Обумовлено це, перш за все високими електроконтактними характеристиками цих пластин. У таблиці 2.1 представлені їх властивості і характеристики дії на контактний дріт. Градієнт температур в перетині контактного дроту МФ-100 при знятті струму 1920 А протягом 1 с характеризується наступними значеннями: 60 °С на відстані 0,2 мм від місця контакту дроту з пластиною та 40 °С на протилежній стороні дроту. Визначення градієнта розподілу температур по перетину дроту проводилося для порівняльної оцінки нагріву дроту при використанні різних струмознімальних елементів з декілька завищеним часом протікання струму через місце контакту.

Виходячи з температур нагріву дроту та струмознімальних елементів, отриманих в результаті численних досліджень, можна сказати, що здатність навантаження по струму порошкових пластин визначається не нагрівом обох контактів, а іскрінням при струмозніманні, викликаним електровибуховою ерозією їх матеріалів. Практика показала, що електровибухова ерозія контактів виникає, коли струм, що знімається, перевищує 2600 А. Проведеними стендовими та експлуатаційними випробуваннями з урахуванням прийнятих норм нагріву контактного дроту та струмознімальних елементів встановлено, що здатність навантаження по струму трирядного полозу з контактними пластинами марки ВЖЗП для літнього періоду на стоянці склала 300 А, для зимового 450 А, а при русі 2400 А.

Таблиця 2.1 – Характеристики струмознімальних елементів

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Властивості струмознімальних елементів	Види струмознімальних елементів				
	Серійні вугільні вставки марки А	Серійні вугільні вставки марки Б	Серійні порошкові пластини марки ВЖЗП	Біметале ві порошко ві пластини	Метало-вуглецеві вставки
Здатність навантаження однополюсного струмоприймача, А:					
на стоянці	73/95	100/160	300/450	320/450	195/295
при русі	900	1100	2400	2500	1900...2100
Питомий електричний опір, Ом·мм ² /м	30	15	0,3	0,28	5...8
Теплопровідність, Вт/(м·К)	25	30	56	58	38...40
Перехідний опір в місці контакту з дротом, мОм	5,8	3,8	1,8	1,6	2,45
Спад напруги в контакті, В	4,64	3,04	0,44	0,45	1,84...2,2
Втрата потужності в контакті, Вт	3710	2430	350	360	1440
Теплова енергія, що виділяється в контакті, ккал	890	584	83	85,4	345
Питомий знос, мм/10 ³ км	0,8/5	0,95/3,5	0,3/1,0	0,25/0,9	0,21/0,6
Нагрів струмознімального елемента за 1 с на відстані 3 мм від поверхні контакту при зніманні струму 800 А, °С	560	520	35	30	220
Перепад температур від контактної поверхні в перетині контактного дроту при зніманні протягом 1 с струму 800 - 850 А, °С	280...120	220...110	60...40	70...50	130...60
Міцність на вигин, кгс/мм ²	2,04	1,53	23	80	11,3
Примітка. 1. У чисельнику приведені значення здатності навантаження і питомого зносу літом, в знаменнику - взимку 2. Падіння напруги і втрата потужності в контакті, а також тепла енергія, що виділяється в контакті, дані при струмі 800 А.					

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Досвід (біля 30 років) використання на електрорухомому складі постійного струму порошкових контактних пластин на основі заліза, легованого міддю, показав, що вони в порівнянні з мідними монолітними пластинами дозволили значно підвищити працездатність ковзаючого контакту - зменшити знос контактного дроту на 50 %, підвищити пробіги полозів струмоприймачів в 2 рази. Експлуатація контактних пластин марки ВЖЗП на електровозах ВЛ10 протягом зимового, весняного і літнього періодів при перевезенні потягів масою 6...10 тис. т і струмах, що знімаються від 2400 до 2700 А дозволила визначити питомий знос пластин (рисунок 2.1). Пробіги полозів від моменту монтажу контактних пластин до їх демонтажу по зносу склали залежно від умов експлуатації на вантажних електровозах 60...80 тис. км, на пасажирських – 100...120 тис. км.

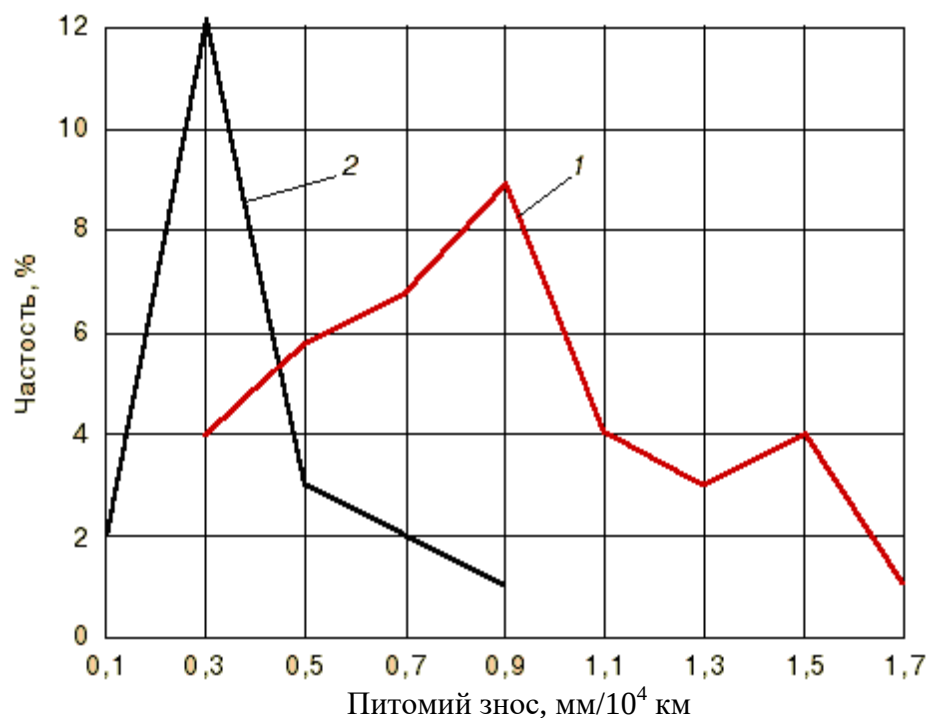


Рисунок 2.1 – Криві розподілу значень питомих зносів контактних пластин ВЖЗП у зимовий (1) та літній (2) періоди

Порошкові контактні пластини марки ВЖЗП виготовляють з композиційного матеріалу з гетерогенною структурою. Унаслідок

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

багатофазного складу цього матеріалу механізм зносу контактного дроту зводиться до мікросхоплювання на поверхні дроту, з'являються вторинні структури, збагачені залізом, що значно підвищує твердість поверхневих шарів і, як наслідок, призводить до зниження зносу дроту. Подальше вдосконалення порошкових пластин - виготовлення їх з біметалічним виконанням, зміна хімічного складу - дозволяє підвищити пробіги полозів струмоприймачів ще удвічі і понизити знос контактної дроту на 30...40 %. Це може бути досягнуто в результаті введення в композиційний матеріал пластин більшої кількості твердого мастила, причому міцність пластин не знижується завдяки їх біметалічній конструкції (рисунок 2.2, 2.3). До складу матеріалу вводиться не тільки тверде мастило у вигляді м'якої структурної складової, (вона забезпечує утворення поверхневих шарів з пластичного металу, що запобігає взаємодії двох ковзаючих контактів), але і хімічно активні тверді мастила. Останні активно взаємодіють з металами дроту і струмознімальних елементів, утворюючи на поверхні контактів різні хімічні сполуки. Інтенсивне утворення вторинних структур дозволяє запобігти схоплюванню поверхонь контактів, оскільки відсутні ювенільні поверхні металів в місцях їх контакту. Стендові випробування біметалічних контактних пластин дозволили встановити, що в режимі сухого тертя їх самозмащуваність удвічі вище, ніж у серійних моношарових пластин марки ВЖЗП. Крім того, підвищується надійність струмознімання в результаті збільшення міцності струмознімальних елементів полозів. Широкі можливості вдосконалення контактних пластин відкриваються в результаті розробки для них композиційних матеріалів на мідній основі. У Росії вже освоєно фірмою «Техма» виробництво контактних матеріалів на мідній основі з високою жароміцністю. Завдяки деформаційному легуванню і внутрішньому окисленню на базі технології порошкової металургії створені композити, у яких температура рекристалізації складає 800...1000 °С, твердість НВ 250, а електропровідність досягає 90 % і більш за електропровідність міді.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Насичення матеріалу такого вигляду твердими мастилами дозволить отримати струмознімальні елементи. Перспективним є введення в такий композит вуглецю у вигляді графіту і його модифікацій - фулеренів і астринів, що є нанодисперсійними частинками фулероїдного типу (нанотрубки і астрини). Специфічність електронної будови нових алотропних модифікацій вуглецю додає цим матеріалам незвичайні фізико-механічні властивості. Це дозволяє розглядати їх як перспективні модифікатори для створення композитів з підвищеними електричними, трібологічними і механічними властивостями. Виготовник таких модифікацій вуглецю - фірма «Астрін». Перші лабораторні випробування композитів на мідній основі з такими наповнювачами дали обнадійливі результати. Проте подальшого успіху в суттєвому зниженні зносу полозу та контактного дроту на залізницях постійного струму вже важко досягти, використовуючи для струмознімальних елементів композиційні матеріали на основі металу.

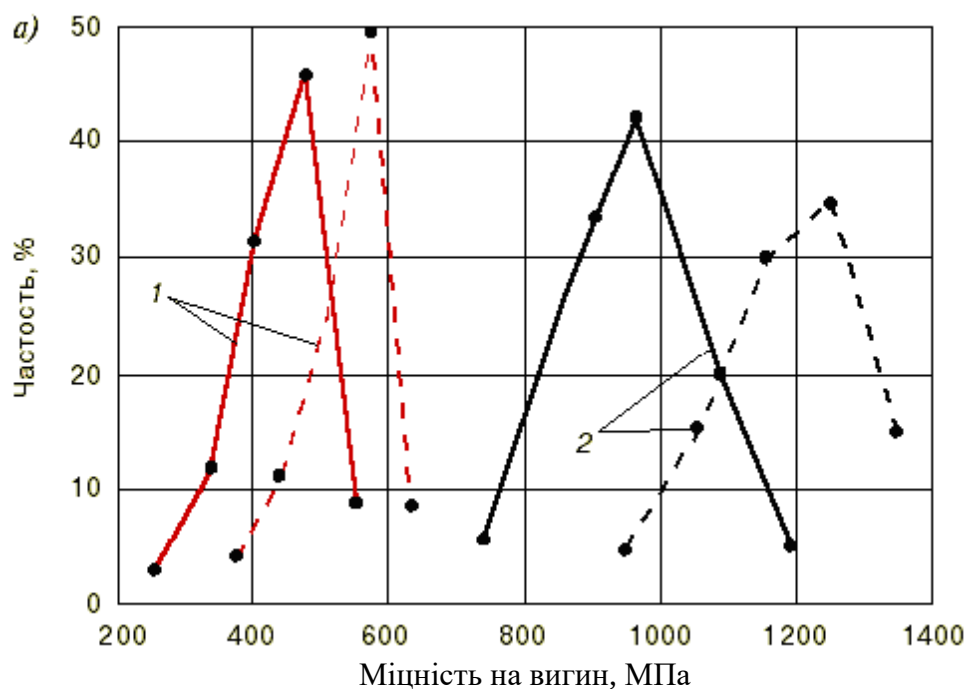


Рисунок 2.2 – Криві розподілу значень міцності на вигин контактних пластин одного складу з просоченням (суцільні) і без просочення (штрихові):

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 - моношарова пластина ВЖЗ; 2 - біметалічна прокатана

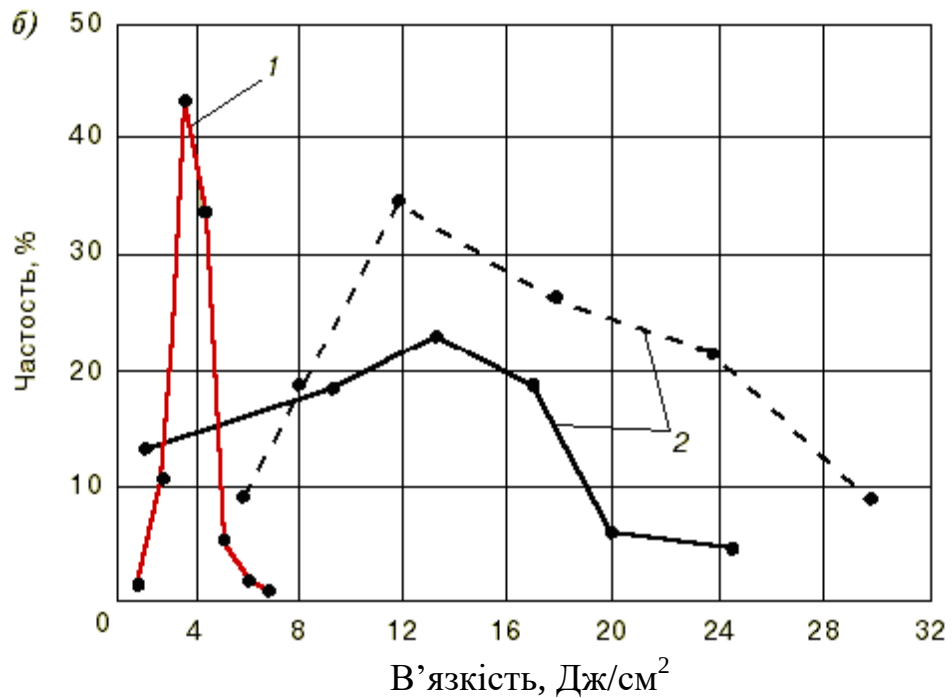


Рисунок 2.3 – Криві розподілу значень ударної в'язкості (б) контактних пластин одного складу з просоченням (суцільні) і без просочення (штрихові):
1 - моношарова пластина ВЖЗ; 2 - біметалічна прокатана

Це, перш за все, пов'язано з тим, що у взаємодію вступають два металеві контакти, які при терті ковзання завжди роблять сильніший вплив один на одного, чим у разі використання в трибосистемі для одного з контактів абсолютно іншого за природою матеріалу. В цьому випадку досягається чинник сумісності пари контактів, що труться. Крім того, по дугостійкості такі метали, як залізо і мідь, що є основою порошкових струмознімальних елементів, не можуть протистояти дії електричних дуг, що виникають при струмозніманні. Вуглецеві матеріали, що пройшли графітизацію, володіють набагато більшими дугостійкістю, що необхідно враховувати при розробці матеріалів для струмознімальних елементів.

2.1 Струмознімальні елементи на основі вуглецю

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струмоприймачі електрорухомого складу змінного струму напругою 25 кВ знімають менші струми (до 500 А). На їх полозах встановлюють вугільні вставки марок А і Б, які мають абсолютно інші контактні характеристики, ніж порошкові. Не дивлячись на високий питомий електричний опір (таблиця 2.1) вставок марки А на коксовій основі і марки Б на графітовій з тим, що пов'язує у вигляді фенолформальдегідної смоли після випалення (термообробка при 1200°C), струмознімання малих струмів не викликає перевищення допустимої температури нагріву контактного дроту. Використання вугільних вставок на електрорухомому складі змінного струму дозволяє значно понизити знос контактуючих елементів (контактного дроту до 0,011 мм² на 10⁴ проходів струмоприймачів), оскільки зменшуються його складові, обумовлені механічною і електричною діями. У ковзаючому контакті мідного дроту і вугільних вставок дотримується високий рівень сумісності трибосистеми. У терті в цьому випадку беруть участь матеріали, що різко розрізняються за своєю природою - метал і металоїд. Крім того, в металоїді у вигляді графіту що має гексагональну, кристалічну решітку, забезпечується легке ковзання шарів по базисній площині при невеликому дотичному напруженні. При струмозніманні достатньо великого постійного струму унаслідок нижчих електричних характеристик вугільних вставок, чим порошкових металевих пластин, у контакті з мідним контактним дротом виникають великі спади напруги і виділяється значна теплова енергія, що приводить до нагріву контактних елементів. Допустима температура нагріву дроту згідно ГОСТ 2584 - 87 складає 95 °С. За стандартами багатьох країн (Німеччина, Швейцарія, Англія, Швеція, США, Канада) для струмонавантажених передач з мідним дротом допускається температура нагріву 70 – 85 °С. Зниження до 0,5 з часу знімання струму 800 А при вставках марки Б приводить до нагріву металу дроту на відстані 2 мм від поверхні контактів до 85 °С, а при вставках А - до 140 °С [2]. З цього виходить, що використовувати вугільні вставки при зніманні великих струмів небезпечно. При русі електрорухомого складу час контакту дроту з струмознімальним

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементом зменшується, перепад температур по перетину дроту знижується, але багатократні нагріви приводять до необоротних

процесів в структурі металу дроту. Відповідно до допустимої температури нагріву контактного дроту і вугільних вставок здатність навантаження по струму трирядного полоза зі вставками марок А і Б знижується. Використання вугільних вставок на потужних електровозах постійного струму із-за сильного нагріву вставок викликає відпал поверхневих шарів мідного контактного дроту і часткове його розміцнення по всьому перетину, що супроводжується зниженням міцності. У разі одних і тих же струмів унаслідок великої кількості теплоти, що виділяється, в контакті інтенсивність і частота електричних розрядів при вугільних вставках виявляються більшою мірою, чим при струмознімальних елементах на металевій основі. При вугільних вставках марок Б спостерігається інтенсивне іскріння і дугоутворення в процесі зняття потужними електровозами струму 2200 А, що приводить до інтенсивного зносу контактного дроту в результаті електровибухової ерозії. Знос дроту в цьому випадку більше, ніж при порошкових контактних пластинах на металевій основі, які самозмащуються (при порошкових - 0,35...0,45 мм², при вугільних - 0,48...0,8 мм² на 10⁴ проходів струмоприймачів). Крім того, вугільні вставки, як показав досвід експлуатації, мають низькі пробіги в сирі періоди року і не працездатні при дуговому струмозніманні. У сприятливий літній період пробіги вугільних вставок складають 20...25 тис. км, навесні і осенію – до 12 тис. км., взимку - декілька тисяч і навіть сотень кілометрів. Таким чином, вугільні вставки недоцільно використовувати на електрорухомому складі постійного струму високої потужності.

2.2 Струмознімальні елементи з композиту вуглець - метал

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струмознімальні елементи на електрорухомому складі повинні володіти високими електроконтактними і антифрикційними характеристиками. Цим вимогам відповідають елементи, виконані з композиційних матеріалів з вуглецевою матрицею. Вуглецева основа струмознімального елемента з тим, що пов'язує з нафтового або кам'яновугільного пека після випалення просочується металом завдяки відкритій пористості вуглецевої матриці. Створюється композит, вуглецева матриця якого пронизана взаємозв'язаними каналами тепло- і електропровідності з металу, унаслідок чого теплова енергія, що виділяється в контакт, безперешкодно відводиться в тіло струмознімального елемента. Армування вуглецевої основи металом дозволяє підвищити міцність матеріалу вставки і понизити питомий електричний опір до $5 \dots 8 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. З використанням промислових автоклавів були виготовлені дослідні партії металовуглецевих вставок з основою з ніпельного графіту і графіту МПГ-6. Властивості металовуглецевих вставок представлені в таблиці 1. При металовуглецевих вставках теплова енергія, що виділяється в контакт, менше в 2,6 разів, ніж при вугільних марки А, і в 1,7 разів, ніж при вставках марки Б в одних і тих же умовах зняття струму. Мідний контактний дріт, з якого протягом 1 с знімається струм 800 А, при використанні металовуглецевих вставок нагрівається на відстані 2 мм від поверхні контакту до $100 \dots 120 \text{ }^\circ\text{C}$. Такі характеристики металовуглецевих вставок свідчать про значне покращення їх експлуатаційних властивостей (таблиця 2.1). Аналогічні металовуглецеві вставки виготовляють в Західній Європі фірми Hoffmann, Schunk, Ringsdorf, Morganite. Випробуваннями, проведеними фірмою Hoffmann, було встановлено, що металовуглецевими вставками можна знімати більші струми, ніж вугільними. При одній і той же силі притиснення (100 Н) вставок до дроту перетином 100 мм^2 і ширині струмознімальних елементів 60 мм металовуглецева вставка здатна знімати струм 130 А, вугільна, - 62 А. Для визначень працездатності металовуглецевих вставок вітчизняного і зарубіжного

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва проводилися експлуатаційні випробування протягом п'яти зимових періодів за наявності паморозі і ожеледі на контактному дроті. При випробуваннях на ділянці Мурманськ - Лоухи Жовтневої залізниці здійснювалася оцінка роботи металовуглецевих і серійних вугільних вставок. Вставки обох видів вмонтовували на полозах різних струмоприймачів електровоза ЧС 2Т. Вставки фірми Ringsdorf випробовували одночасно на 16 електровозах. На струмоприймачах цих же електровозів вмонтовували і вугільні вставки марки Б. Протягом місяця було замінено 32 полози з вугільними вставками марки Б по граничному зносу і два унаслідок повного руйнування цих вставок; за цей же час замінено тільки сім полозов з металовуглецевими вставками по граничному зносу. Особливо помітно знижується працездатність вугільних вставок марки Б в період різкого пониження температури повітря і наявності на дроті стійкої паморозі. Пробіг полозов зі вставками Б досягав 900 км, вставок А - менш 100 км. Знос металовуглецевих вставок при дуговому струмозніманні склав 8 мм на 10^3 км, вугільних марки Б - 16,5 мм на 10^3 км. Переваги металовуглецевих вставок перед вугільними марок А і Б підтверджені результатами дослідної експлуатації їх зразків вітчизняного виробництва на електрорухомому складі депо Мурманськ при дуговому струмозніманні. Встановлено, що поверхня металовуглецевих вставок, як і зарубіжних, не має електроерозійних пошкоджень, залишається рівною і гладкою. На вугільних вставках марки Б після пробігу полоза 300...400 км спостерігалися пропили, риски, сколи, раковини від електроерозійних пошкоджень. Питомий знос цих вставок був вищий, ніж металовуглецевих в 2...2,5 разів. Дослідження пошкоджень вставок на вуглецевій основі при дії електричних дуг також підтвердили перевагу металовуглецевих вставок. У опорній точці дуги в результаті термічної дії відбувається руйнування вугільних вставок (рисунок 2.4, а) - вигорання і відшаровування достатньо великих об'ємів під дією напруги, що виникає в їх матеріалі. Унаслідок гетерогенної структури металовуглецевих

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вставок, наявність в композиті вуглецевої матриці з високою температурою сублімації і легкоплавкої фази - мідного сплаву їх пошкоджуваність під дією електричних дуг зменшується. Мідний сплав як більш теплопровідний матеріал акумулює тепло. Теплова енергія в опорній точці дуги йде на розплавлення мідного сплаву, доведення його до кипіння і випаровування. Витрата теплової енергії на

ці процеси знижує теплову дію на вуглецеву матрицю матеріалу вставок. По периферії від опорної точки дуги на металовуглецевій вставці спостерігається випотівання мідного сплаву у вигляді дрібних крапельок, термічні тріщини відсутні.

Високі експлуатаційні характеристики металовуглецевих вставок були встановлені також в ході експлуатаційних випробувань полоза на електровозах ЧС 2Т, ЧС 2 і ЧС 7. Пробіги полозів з металовуглецевими вставками на десяти електровозах в осінній, зимовий і весняний періоди року склали від 50 до 75 тис. км. Були випробувані металовуглецевих вставки фірми Hoffmann завдовжки 1030 мм, встановлені на полозі виробництва ЗАТ «Транскаткабель». Взимку знос металовуглецевих вставок майже удвічі менше зносу вугільних марки Б (таблиця 1). Аналіз роботи металовуглецевих вставок показав, що вони в порівнянні з вугільними вставками дозволяють значно підвищити надійність струмознімання в період несприятливих кліматичних умов, понизити знос контактного дроту на 20...30 % (дані Жовтневої залізниці), число обривів контактного дроту унаслідок зниження теплової дії і втрати електроенергії при струмозніманні. Перспективним є застосування таких струмознімальних елементів на електрорухомому складі постійного струму високої потужності. Що стосується контактних дротів [3], то слід застосовувати низьколеговані мідні дроти, що володіють в порівнянні з мідними матеріалами вищими зносостійкістю, міцністю і термостійкістю.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Фізико-механічні властивості накладок пантографів

Ефективність експлуатаційних характеристик матеріалів пантографів, які включають триботехнічні, здатність протидіяти припіканню, здатність збереження стабільних експлуатаційних характеристик при будь-яких метеорологічних умовах та здатність приймати великий струм при необхідності підвищення потужності локомотивів, у значній мірі залежить від природи матеріалу з якого зроблено окремі деталі та вузли струмоз'ємних елементів. Тому матеріали були та залишаються однією з головних ланок, що визначають економічну ефективність електричної тяги, якість та надійність її роботи [8].

Використання матеріалів поза встановлених меж експлуатації призводить до різкого зниження їх техніко-економічних показників або, навіть, до аварійних ситуацій. Тому при переході від звичайного руху поїздів до швидкісного та високошвидкісного, властивості матеріалів, що використовуються для виготовлення окремих деталей і вузлів контактної підвіски і струмоприймача, повинні відповідати новим вимогам. Дана задача може бути вирішена шляхом використання нових матеріалів [8].

Специфікою таких матеріалів є необхідність забезпечення, насамперед, безперешкодного проходження струму через накладки пантографів та захисту від можливого припікання з руйнацією багатокомпонентних матеріалів накладок за рахунок відсутності адгезії їх складових елементів. При цьому накладки повинні мати найменший коефіцієнт тертя по мідному дроту, найбільшу можливу щільність та адгезію компонентів для протидії деструктивним процесам електричної та механічної ерозії в процесі експлуатації [8].

Науковими співробітниками було проведено низку досліджень [8], метою яких було встановлення фізико-механічних властивостей існуючих накладок пантографів. Дослідження проводили за допомогою растрового електронного

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроскопу JSM-64901LV (Японія) з енергодисперсійним спектрометром INCA Penta FETx3 (OXFORD Instruments) та персональним комп'ютером в режимі прискорюючої напруги – 10...20 кВ, сили електричного струму – 3×10^{-10} А, збільшенні $\times 80 \dots \times 11000$ при контрасті у вторинних (SEI) та відображених (BEI) електронах [7].

Морфологію та хімічний склад фаз матеріалу накладок різних типів досліджували на пришліфованій поверхні. Фізико-механічні характеристики накладок перевіряли на машині тертя з навантаженням 10 кг, швидкості ковзання 32 км/год на шляху тертя 8 км, матеріал контртіла – нагартований мідний дріт з твердістю 130-140 НВ [8].

З аналізу структурних складових накладок пантографів виробництва ТОВ «ІнтерКонтактПріор», що містять біля 36 % графітової складової, видно, що мідна фаза зміцнена домішками заліза, алюмінію, окисів алюмінію, кремнію, окисами кремнію, заліза та рівномірно розподіленими між фазами сіркою, кальцієм, марганцем, нікелем. На рисунках 2.4...2.8 наведено їх мікроструктуру, а у таблицях 2.2...2.5 – хімічний склад компонентів.

Легкі елементи – бор та азот у структурі, навіть, у глибокому вакуумі за допомогою детектора енергодисперсійного спектрометра, важко виділити. Додатковий аналіз показав можливу наявність до 3 % азоту, який зв'язаний в структурі активними атомами бору при концентрації нітриду бора до 1,5 масового відсотка [8, 9].

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

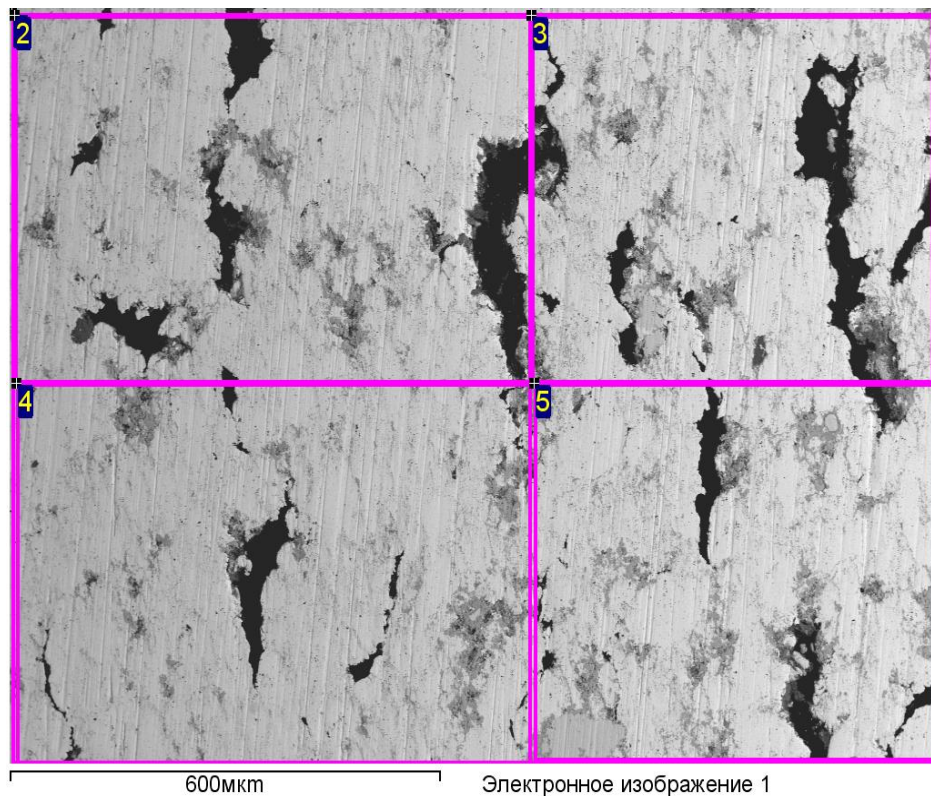


Рисунок 2.4 – Мікроструктура зразка матеріала накладки патографа після випробування [8]

Таблица 2.2 – Хімічний склад зразка [8]

спектр	C	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Cu
1	17,98	4,8	0,15	0,08	0,34	0,07	0,06	0,2	0,06	9,15	67,1
2	22,78	4,38	0	0,08	0,49	0	0	0,3	0	7,28	64,77
3	23,62	5,42	0,08	0,13	0,32	0	0,14	0,24	0	9,34	60,82
4	10,9	4,6	0,02	0,02	0,51	0,15	0,01	0,34	0	8,57	74,88
5	15,1	5,73	0,01	0	0,29	0	0	0,36	0,03	11,77	66,73

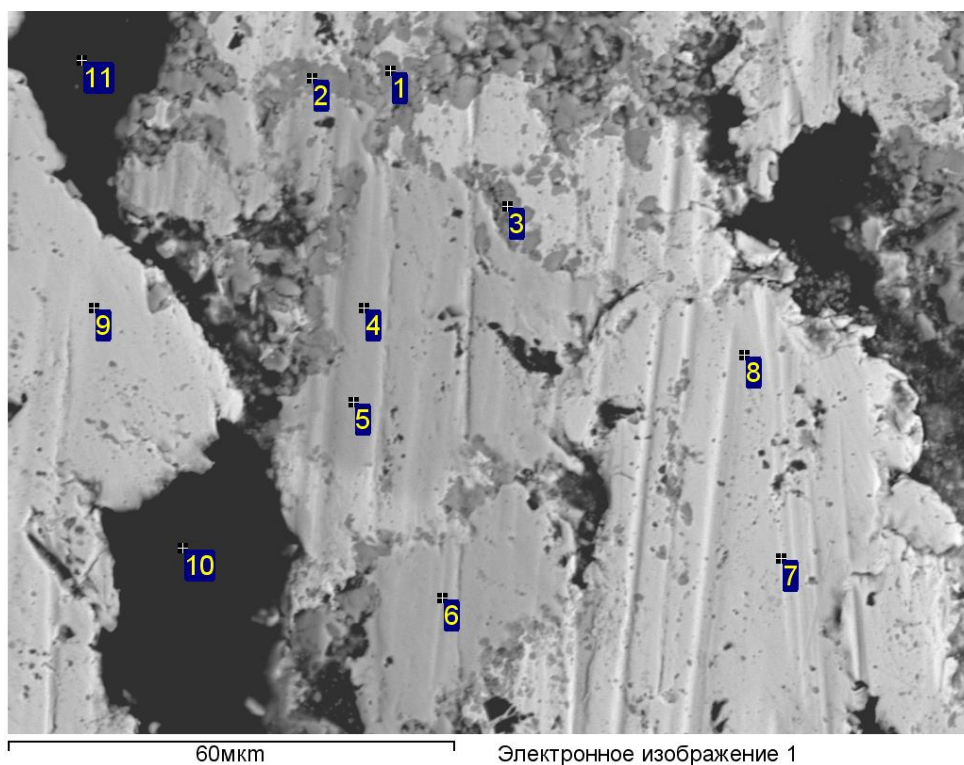


Рисунок 2.5 – Мікроструктура зразка матеріала накладки патографа після випробування [8]

Таблица 2.3 – Хімічний склад зразка [8]

Спектр	C	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Cu
1	2,09	24,45	0,07	0,03	0	0,06	0,01	0,2	0	71,56	1,52
2	6,47	24,24	0,13	0	0,16	0	0,03	0,1	0,03	67,04	1,91
3	3,11	25,96	0	0,07	0,08	0,04	0,01	0,4	0,06	68,77	1,51
4	3,47	0,11	0,13	0	0,06	0,01	0	0,01	0	95,25	0,94
5	3,53	0	0	0,05	0,08	0,01	0,02	0,05	0,38	94,51	1,56
6	3,04	0,24	0	0	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	94,34	2,35
7	4,43	0,22	0,06	0	0,05	0,07	0,05	0	0	2,01	93,19
8	4,32	1,28	0,03	0,05	0,05	0	0,09	0,18	0,01	3,46	90,5
9	4,88	0,61	0	0,07	0,01	0	0,02	0	0	2,04	92,56
10	96,24	2,84	0,07	0	0,03	0,09	0,04	0,03	0	0,51	0,24
11	95,05	3,03	0,06	0,18	0,25	0,04	0	0	0,03	0,88	0,44

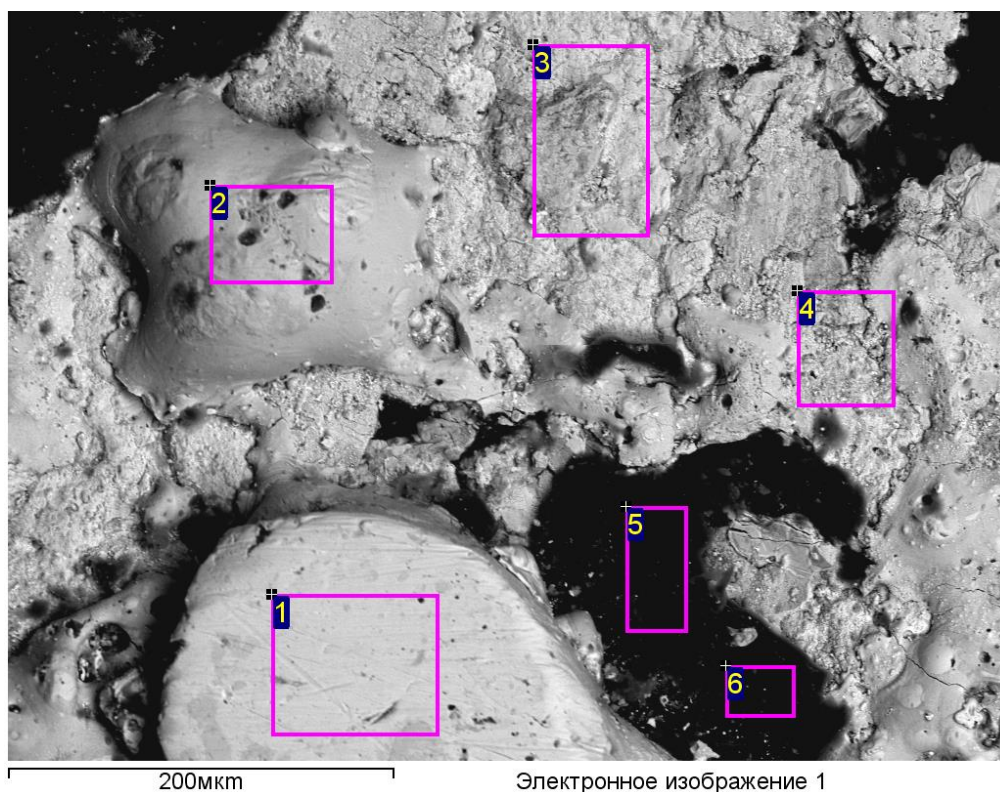
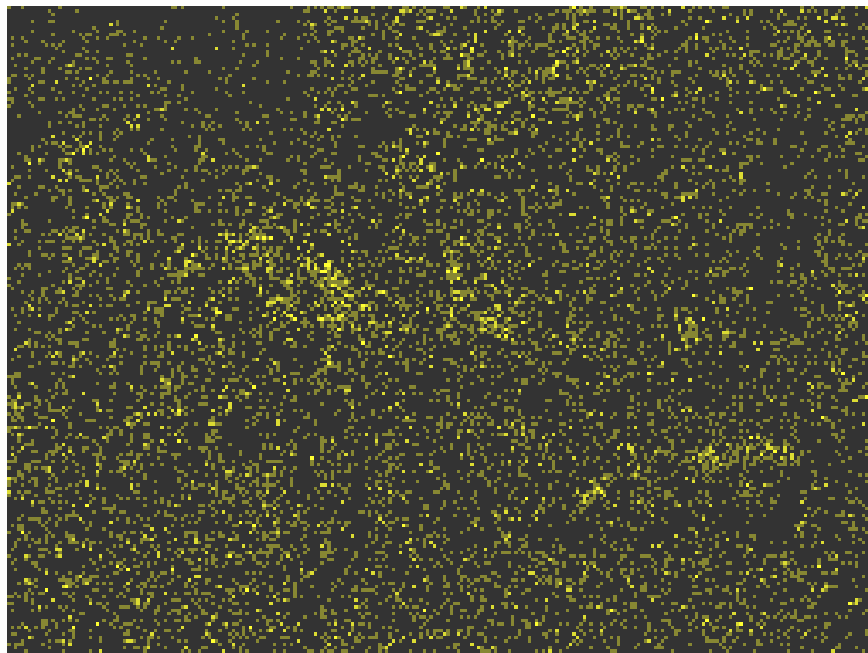


Рисунок 2.6 – Мікроструктура зразка матеріала накладки пантографа після випробування [8]

Таблиця 2.4 – Хімічний склад зразка [8]

спектр	C	O	Si	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Cu	Mo	Pb
1	4,93	2,02	0,15	0,04	0	0	0,13	1,04	91,22	0	0,57
2	9,64	12,66	0,03	0	0,43	0,16	0	9,18	66,57	0,34	1,01
3	7,8	10,17	0,04	0,03	0,07	0,08	0	17,24	63,47	0	1,24
4	11,5	9,94	0,06	0,06	0,2	0,14	0,08	13,48	61,93	0,26	2,2
5	91,24	4,48	0,04	0,39	0,19	0,04	0	0,76	2,96	0	0,62
6	93,14	4,09	0,01	0,04	0,25	0	0	0,34	2,35	0	0,16

З рисунку 2.6 видно, що сліди від припікання виносять мідну фазу з середини на робочу поверхню накладки пантографу. Вуглецева складова композитного матеріалу лишається в глибині робочої поверхні тертя. Хімічний склад структурних складових накладки пантографу змінюється в залежності від хімічного складу політури контактного дроту. Також видно, що при експлуатації накладки змінюється склад поверхневих фаз, що контактують з дротом. Елементний склад політури дроту переноситься на накладку пантографу тим ефективніше, чим більше виявляється припікань при їх експлуатації. Це також можна побачити на рисунку 2.7.



8 Ka1

Рисунок 2.7 – Мікроструктура зразка матеріала накладки патографа після випробування з мідню фазою від контактного дроту [8]

Другими за порядком випробувань були накладки пантографної міді (табл. 2.5, рис. 2.8). З рисунку видно, що накладки з пантографної міді, мають у своєму складі до 6 % домішок вуглецю, та до 1 % оксидів алюмінію, магнію, заліза та кремнію. Подібний хімічний склад пантографних накладок забезпечує високі характеристики електропровідності, який надає достатню потужність локомотивам. Але в областях з очищеною від графітного композитного мастила поверхнею після експлуатаційних випробувань та в ділянках пониженої міцності, за рахунок локального підвищення температури при електричній ерозії, спостерігаються пропили та припікання накладок.

Таблиця 2.5 - Хімічний склад зразка [8]

спектр	C	O	Mg	Al	Si	Ca	Fe	Cu
1	5,82	1,15	0	0,08	0,06	0,02	0,02	92,62
2	6,03	1,1	0,22	0,05	0,04	0	0,07	92,77

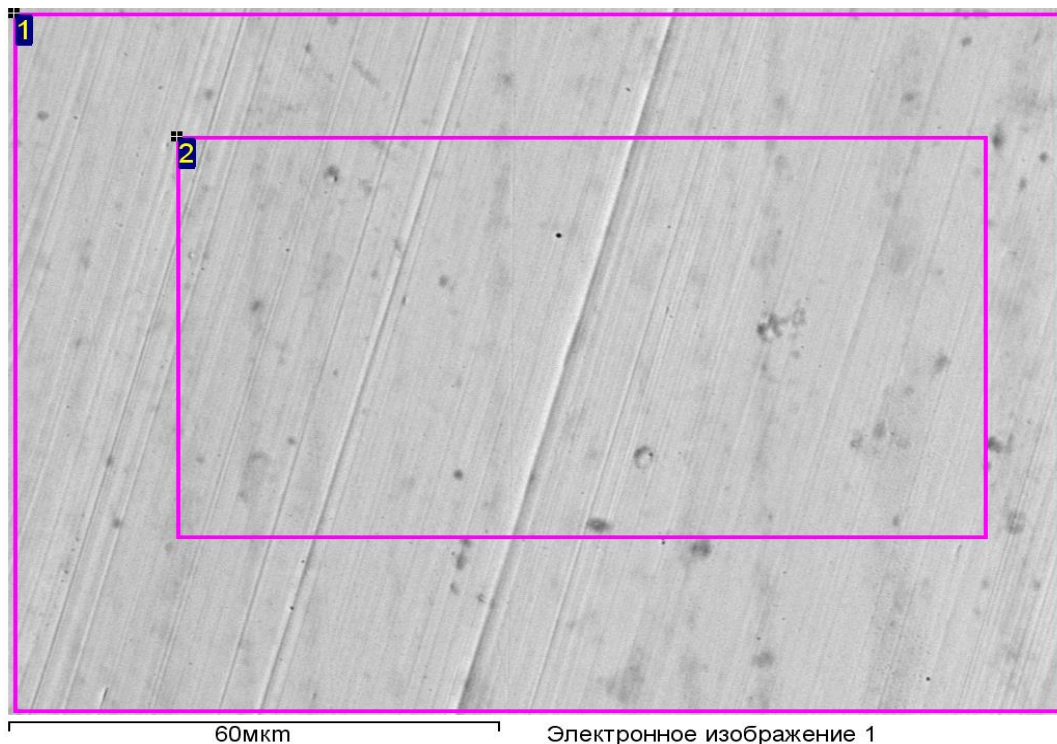


Рисунок 2.8 – Мікроструктура зразка матеріала накладки патографа після випробування з мідню фазою від контактного дроту [8]

Аналогічним чином було проаналізовано характеристики накладки НМГ-1200 виробництва НТЦ «Реактивелектрон». З аналізу структури накладок НМГ-1200 було виявлено домішки кремнію (до 0,69%) та вуглецю (до 2,26%) із незначною кількістю інших домішок. Склад композиційного мастила з графіту та фенол-формальдегідної смоли містив дрібні до (5 мкм) частки окису заліза. Зразки містили на ділянках припикання та на поверхні композиційного мастила значну кількість вуглецю, що можна пояснити його ущільненням при нагріванні в електричній дузі. Зміна хімічного складу на ділянках припикання мідної фази можна пояснити неоднорідністю складу міді, або впливом хімічного складу політури контактного дроту.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ОСОБЛИВОСТІ СТРУМОЗНІМАННЯ ПРИ ВИСОКИХ ШВИДКОСТЯХ РУХУ

Швидкості руху понад 140 км/год стали реальними на багатьох електрифікованих залізницях світу. На окремих залізницях вони досягли і навіть перевищили 300 км/год. У науково-дослідних установах зараз вирішують задачі забезпечення руху рейкового рухомого складу зі швидкостями 250...300 км/год і вище. У цих умовах дослідження струмознімання набуває особливої актуальності, і перш за все у напрямі визначення найбільших допустимих швидкостей руху за умовами струмознімання при існуючих конструкціях контактних підвісок і струмоприймачів.

При порівняно невеликих швидкостях руху електрорухомого складу (приблизно до 80 - 100 км/год) взаємодія струмоприймача і контактної підвіски цілком адекватно описувалося рівняннями статички. Однак з появою більш швидкісного ЕРС (більше 120 км/год) для опису роботи струмоприймача і контактної підвіски довелося використовувати рівняння коливальної системи з одним ступенем свободи.

Подальше підвищення швидкостей руху до 200 км/год і вище не вимагає розгляду хвильових коливань контактної підвіски при взаємодії її з рухомим струмоприймачем, тобто переходу до системи з нескінченно великим числом ступенів свободи.

Однак, зважаючи на складність конструкції контактної підвіски її коливання не можуть бути адекватно описані класичним хвильовим рівнянням.

Застосування методу кінцевих елементів дозволяє вирішувати конкретні чисельні завдання, але не дає можливості знайти рівняння, що описують фізичні процеси в досліджуваній системі.

Проблема розвитку високошвидкісного транспорту носить загальнонаціональний характер. Її рішення дозволило б істотно поліпшити ситуацію з організацією перевезень пасажирів на основних напрямках мережі

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залізниць, забезпечити збільшення пасажирообороту, скоротити потребу в рухомому складі та в результаті підняти престиж вітчизняних залізних дороги держави в міжнародному аспекті.

Досягнення швидкостей руху 300 км/год і вище є актуальним завданням для залізниці. До сих пір граничні швидкості руху електрорухомого складу (ЕРС.) на залізницях не перевищують 200 км/год.

Як показує опит Японії, Франції, Німеччини та інших країн, електропоїзди, здатні розвинути швидкість 250 - 350 км/год, економічно вигідні і на відстанях близько 1000 км успішно конкурують з автомобільним транспортом і авіацією. Крім того, залізничні перевезення відрізняються більшою безпекою в порівнянні з іншими видами транспорту і меншим впливом на навколишнє середовище. Забезпечення стабільного струмознімання з мінімальним числом пошкоджень контактної мережі є не тільки технічною, а й актуальною економічним завданням, рішення якої дає значну економію в результаті:

- підвищення швидкостей електричного рухомого складу;
- збільшення терміну служби контактних проводів і струмоприймачів;
- запобігання шкоди, пов'язаного з пошкодженням контактної мережі струмоприймачів.

Аналіз особливостей струмознімання при високих швидкостях руху показує, що підвищення надійності експлуатації електропоїздів і якості струмознімання вимагають:

- дистанційного виявлення дефектів контактної мережі під час трохи менше ніж 1 с до можливого зіткнення з ними полоза струмоприймача і екстреного опускання струмоприймачів або, в крайньому випадку, зняття їх поздовжньої жорсткості;
- стабілізації контактного натискання з урахуванням змінних по величині й напрямку аеродинамічних сил, що діють на струмоприймач.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Динамічна складова контактного натиснення пропорційна прискоренню, що отримується приведеною масою струмоприймача у вертикальному напрямі.

Залежно від знаку прискорення динамічна складова може бути або позитивною, або негативною, тобто викликати збільшення контактного натиснення або його зменшення. При певних швидкостях руху контактне натиснення в моменти негативних динамічних складових може виявитися рівним нулю; тобто контакт між полозом і дротом може порушитися.

Для попередження відривів, можна, по-перше, збільшити статичне натиснення, по-друге, зменшити динамічну складову і, по-третє, підсилити зростання аеродинамічної підйомної сили при збільшенні швидкості маси контактними пластинами (рисунок 3.1).

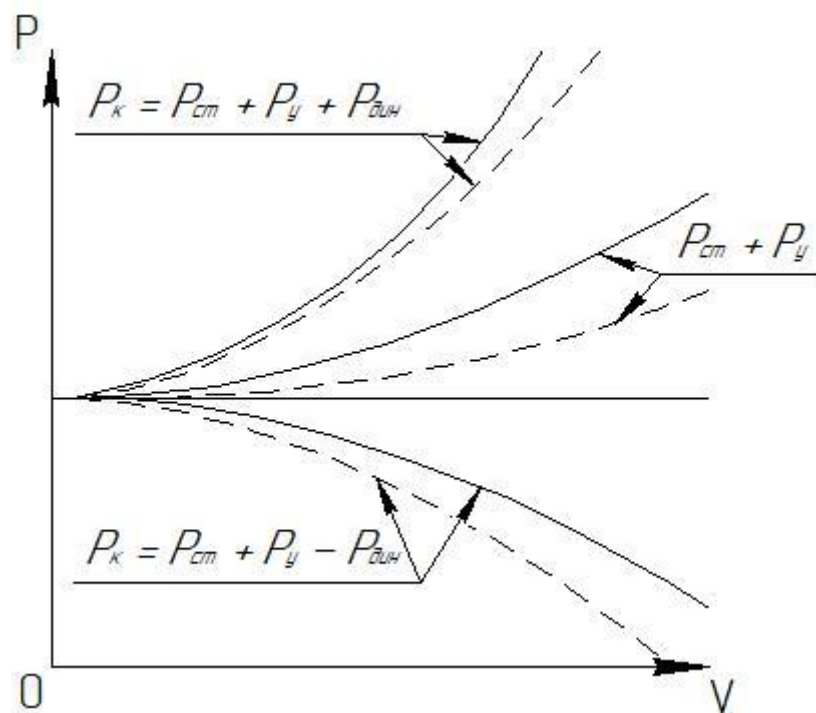


Рисунок 3.1 – До дослідження умови порушення контакту між полозом і дротом

3.1 Особливості взаємодії струмоприймачів з контактним дротом

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Велике значення для якісного струмознімання при високих швидкостях руху ЕРС має надійний контакт між пластинами полоза струмоприймача і контактним проводом, який можливий тільки при їх стійкому механічному зіткненні. Недостатнє контактне натискання може спровокувати електричну дугу, при якій відбувається відпал контактуючих елементів. Короткочасний відрив струмоприймача від контактного проводу (тривалістю 0,01...0,10 с) є причиною посиленого електричного зносу, як пластин, так і контактного проводу [10 - 13], тривалі порушення контакту (більше 0,10 с), не тільки підсилюють знос, але і погіршують роботу тягового обладнання ЕРС. Сильне контактне натискання [14], також веде до посилення механічного зносу, як контактного проводу, так і струмоприймача веде до можливості зіткнення полоза з елементами підвіски. Тільки при стабільному механічному і електричному контакті знижується знос контактного проводу та контактних пластин струмоприймача.

Тобто, при малих значеннях натиснення полоза на дріт посилюється електричний знос, при великих - механічний. Найменший знос має місце при деякому середньому натисненні, що є оптимальним. З умови економічності струмознімання необхідно, щоб на більшій частині руху середнє контактне натиснення ненабагато відрізнялося від оптимального. Оскільки ж, очевидно, на більшій частині шляху швидкість руху не перевищує 3/4 найбільшій (конструкційної) швидкості, можна зробити висновок, що збільшення статичного натиснення приведе до посилення інтенсивності зносу контактних елементів на всій ділянці. Крім того, збільшення контактного натиснення до найбільших значень при високій швидкості (через збільшення статичного натиснення) може привести до таких віджимань контактного дроту, при яких не виключені удари полозов по фіксаторах. Тому збільшення статичного натиснення не можна вважати прийнятним способом для усунення відривів в режимі руху з високою швидкістю.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід враховувати, що при русі струмоприймача контактне натискання змінюється за величиною, через різницю висоти контактного проводу над рівнем головок рейок в різних точках прогону, вітрового впливу на контактну підвіску, аеродинамічного впливу на пантограф та ін. Динамічна складова контактного натиснення повинна бути як можна меншою. Це обумовлено тим, що при меншій динамічній складовій забезпечується не тільки збільшення швидкості руху, при якій починаються відриви (оскільки збільшується контактне натиснення при негативних $P_{\text{дин}}$), але і зменшення віджимань контактного дроту і зносу при високих швидкостях (оскільки зменшуються найбільші контактні натиснення при позитивних $P_{\text{дин}}$).

Динамічна складова може бути зменшена зниженням приведеної маси струмоприймача і вертикальних переміщень полоза в прольотах або збільшенням довжин прольотів. Збільшення довжин прольотів обмежене умовами забезпечення необхідної вітеростійкості контактної підвіски. Зменшенню вертикальних переміщень полоза в прольотах, сприяє вища постійність еластичності контактної підвіски і її маси, а в умовах знімання струму декількома струмоприймачами також вищі демпфуючі властивості контактної підвіски.

Про зміну еластичності контактної підвіски в прольоті можна судити по значенню коефіцієнта непостійності еластичності $k_{\text{ел}}$. Для розповсюджених на залізницях одинарних підвісок з одним і двома контактними дротами (при довжині ресорного дроту $2a = 12 \text{ м}$) цей коефіцієнт складає $1,6 \dots 1,8$; при подовженні ресорного дроту до 18 м $k_{\text{зсл}}$ зменшується до $1,3$. Для подвійних ресорних підвісок $k_{\text{ш}}$ приблизно рівний $1,2$ (рисунок 3.2).

Із зіставлення приведених значень видно, що найбільшу постійність еластичності в прольоті забезпечують подвійні підвіски. Проте із-за складності цих підвісок і наявності допоміжного троса, який суттєво збільшує їх вартість, ці підвіски в більшості країн не застосовують.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки вказана непостійність еластичності в прольоті не може забезпечити задовільну якість струмознімання при існуюючих струмоприймачах в умовах руху їх з швидкостями 200 км/год і вище, останнім часом з'явилися конструктивні рішення, направлені на поліпшення статичних характеристик одинарних підвісок (рисунок 3.3).

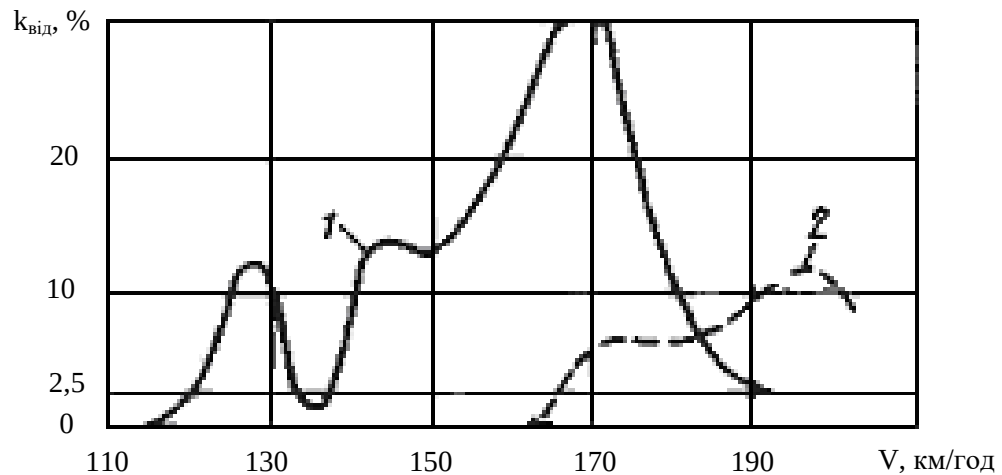


Рисунок 3.2 – Залежність коефіцієнтів відриву і швидкості руху:

1 - безпровісному стані контактної дроти;

2 - при провисанні його на 75 мм в прольотах 61 м

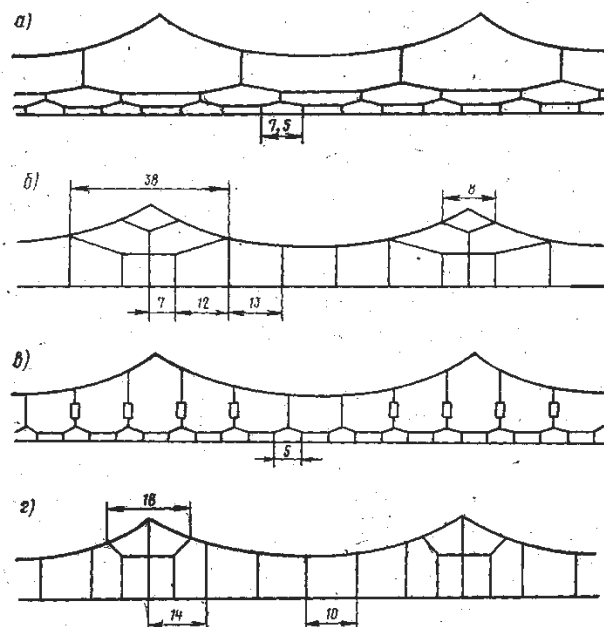


Рисунок 3.3 – Схеми контактних підвісок для високошвидкісного руху

а - японська потрійна компенсована підвіска; *б - підвіска* Державних залізниць ФРН з двома ресорними дротами в опорній точці; *в - японська* подвійна компенсована підвіска з демпферами; *г - радянська* одинарна компенсована підвіска з обмежувальними струнами

Негативний вплив непостійності еластичності контактної підвіски в прольотах на якість струмознімання значною мірою може бути зменшений підвішуванням контактного дроту з невеликою позитивною стрілою провисання. Проте дослідження англійських і італійських фахівців а також останні дослідження, проведені у Франції, показали, що це справедливо тільки для умов руху електрорухомого складу з швидкостями до 170...200 км/год. При вищих швидкостях траєкторія полоза навіть за наявності позитивної стріли провисання дроту в підвісці, з непостійною еластичністю не залишиться прямолінійною, оскільки точка найбільшого відтиснення контактного дроту переміщується із зростанням швидкості з середини прольоту до наступної по ходу опори, віддаляється від середини прольоту на значну відстань. В результаті початкове провисання контактного дроту не тільки не зменшить розмах вертикальних коливань полоза в прольоті, але ще більше збільшить його і тривалість порушень контакту зросте. А це означає, що для умов руху з швидкостями вище 170 км/год контактні підвіски повинні бути обов'язково рівноеластичними, тобто мати $K_{ел} = 1$.

Таким чином, виникає питання утримання величини контактного натискання в деякому інтервалі значень ΔF_k , що характеризує стійке струмознімання, але так як цей інтервал являється різним для різних типів струмоприймачів і контактних підвісок, то необхідна оптимізація інтервалу ΔF_k .

В загальному, вигляді сила натискання полоза на контактний провід визначається двома виразами:

а) при розгляді струмоприймача:

$$F_k = F_0 + F_A \pm F_{дин.с} \pm F_{тр.с}; \quad (3.1)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) при розгляді контактної підвіски:

$$F_k = \frac{\Delta y}{\eta} \pm F_{\text{дин.к}} \pm F_{\text{тр.к}}; \quad (3.2)$$

де F_0 - приведена до верхнього вузла струмоприймача сила натискання, створювана підйомними пружинами, Н; F_A - повна аеродинамічна сила, що діє на струмоприймач, Н, (вона включає підйомну силу F_y , силу лобового опору F_x , і бічну силу F_z , причому остання обумовлена впливом на струмоприймач вітру); $F_{\text{дин.с}}, F_{\text{дин.к}}$ - динамічні (інерційні) сили струмоприймача і контактної підвіски відповідно, Н; $F_{\text{тр.с}}, F_{\text{тр.к}}$ - наведені до точки контакту сумарні сили тертя, струмоприймача і контактної підвіски відповідно, Н; Δy - підйом контактного проводу під дією струмоприймача, м; η - еластичність контактної підвіски (величина зворотна її жорсткості), мм/Н.

Деякі складові в (3.1) і (3.2) можуть приймати, як позитивні, так і негативні значення. За відсутності вітру від швидкості V руху ЕРС з перерахованих залежать дві сили F_A та $F_{\text{дин.с}}$, обидві пропорційні квадрату швидкості:

$$F_A = C_y \frac{\rho V^2}{2} S, \quad (3.3)$$

де C_y - безрозмірний аеродинамічний коефіцієнт, що залежить від форми обтічного тіла і кута атаки α^1 [14], ρ - щільність повітря кг/м³, S - площа середнього перетину тіла в площині перпендикулярній вектору швидкості повітряного потоку, м²:

$$F_{\text{дин.с}} = -m_c \frac{4\pi V^2}{l^2} y, \quad (3.4)$$

де m_c - приведена маса струмоприймача, визначена нижче, кг; l - довжина прольоту, y - вертикальні переміщення полоза, м [15].

Прийmemo $F_y = F_A + F_{\text{дин.с}}$, як силу, що визначає вплив швидкості потоку V на силу контактного натискання F_k струмоприймача на контактний дріт. Основні дані струмоприймачів наведені в таблиця 3.1.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Класифікація струмоприймачів

	1-ступеневі				2-ступеневі			
	Рід струму	Тип струмопр.	Приведена маса, кг	F _{ст} , Н	Рід струму	Тип струмопр.	Приведена маса, кг	F _{ст} , Н
1-важельні	~	АМ-11	32,5	65-75	~	АМДЕ		
		SBS81	19,5	90	~	ТП-250		120
2-важельні	~	Л-13У	33,5	60-90				
3-важельні	~	ДБS54	24,5	64-72	-	ТС _п -1М	24,5	80-120
	~	PS-100A	14,5	55	-	СП-6М	24,5	80-120
	-	52FS	25	70-90				
	-	ПЗ	44,5	80-120				
	-	T5	46,0	100-130				
	-	10PP	43,0	80-120				

Еластичність контактної підвіски η змінюється по довжині прольоту [17]. В середині прольоту її значення η_c відрізняється від значення у опори η_o . Якість підвіски визначають безрозмірні коефіцієнт мінливості еластичності в прольоті $v_{ел}$ коефіцієнт зміни еластичності контактної підвіски a :

$$v_{ел} = \frac{\eta_c}{\eta_o}, \quad (3.5)$$

$$a = 1 - \frac{\eta_c}{\eta_o}. \quad (3.6)$$

Наведена маса контактної підвіски m_o є умовна маса, зосереджена в точці контакту струмоприймача з дротом, яка переміщається разом з струмоприймачем і має таку ж вертикальну швидкість, як і контактний дріт [17, 18]. Кінетична енергія цієї маси дорівнює енергії реальної підвіски у всьому прольоті.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наведена маса m_0 що не постійна по прольоту, вона залежить від еластичності підвіски η , тому зазвичай використовують її середнє значення. Використовуються кілька моделей системи КС [19], в силу чого застосовують кілька типів розрахункових формул, що визначають величину m_0 [19, 20]. Нижче буде використана формула, що рекомендована в роботі [17], яка в системі СІ буде:

$$m_0 = 0.055 \sqrt{q_k l \left(1 - \frac{a}{2.5}\right) \frac{(F_0 + F_y)}{g}}, \quad (3.7)$$

де q_k - маса 1 пог.м контактного проводу, кг / м; сили F_0 та F_y вимірюються в Н, g - прискорення вільного падіння, м/с.

Якість струмознімання оцінюється багатьма параметрами [21, 22], нижче буде використовуватися коефіцієнт відриву струмоприймача $k_{вс}$:

$$k_{вс} = \frac{\sum t_{вс}}{t} 100\%, \quad (3.8)$$

де $\sum t_{вс}$ – сумарна тривалість порушення механічного контакту, с; t - час проходження струмоприймача даної ділянки контактної мережі, с. При кращих контактних підвісках і струмоприймачах він не перевищує 1,5% для швидкостей руху ЕРС 170 - 180 км/год., його величина не повинна зростати зі збільшенням швидкості електропоїзду.

Високі швидкості суттєво впливають на діапазон змін контактного натиснення через квадратичну залежність від швидкості руху як аеродинамічної, так і динамічної його складових. Дійсно, аеродинамічна підйомна сила струмоприймача:

$$P_y = k_a v^2,$$

де k_a - аеродинамічний коефіцієнт пропорційності.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аеродинамічна підйомна сила струмоприймача – це один з параметрів, зміною якого можна запобігти відривам струмоприймача. Дійсно, якщо збільшення аеродинамічної підйомної сили P_y із зростанням швидкості руху зробити суттєвішим, то графіки контактного натиснення в зоні високих швидкостей помітно піднімуться і нульова ордината P_k матиме місце при вищій швидкості руху. Задавшись найбільшою швидкістю (при якій P_k повинен бути ще більше нуля), можна знайти необхідну аеродинамічну силу.

Численні експериментальні дослідження проведені у декількох країнах, показали, що при найбільшій швидкості 200 км/год аеродинамічна підйомна сила повинна складати 4...8 кгс для струмоприймачів ЕРС змінного струму і 7...10 кгс – для ЕРС постійного струму. Великі значення небажані, оскільки надмірне збільшення контактного натиснення (у моменти позитивних значень динамічних сил) може приводити до таких підйомів контактного дроту в опорних точках, при яких не виключені удари полозов по фіксаторах.

В умовах моторвагонної тяги, коли на контактну підвіску одночасно впливає декілька струмоприймачів потягів, розташованих на значній відстані один від одного, необхідно приймати заходи, що зменшують взаємний вплив струмоприймачів, наприклад, збільшити відстань між ними. При цьому слід виключити, звичайно, той варіант, коли відстань між струмоприймачами несуттєво відрізняється від довжини хвилі вільних коливань контактної підвіски, при якому із-за синфазності збудження амплітуди вертикальних коливань полоза можуть виявитися вельми великими (рисунок 3.4). Слідують також, встановити гасителі коливань (демпфери) на контактну підвіску, тобто штучним шляхом збільшити внутрішнє тертя в коливальній системі «струмоприймач - контактна підвіска».

Збільшення внутрішнього тертя особливо необхідне в контактних підвісках, у яких для підвищення еластичності в опорних вузлах в струни включені спіральні пружини.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

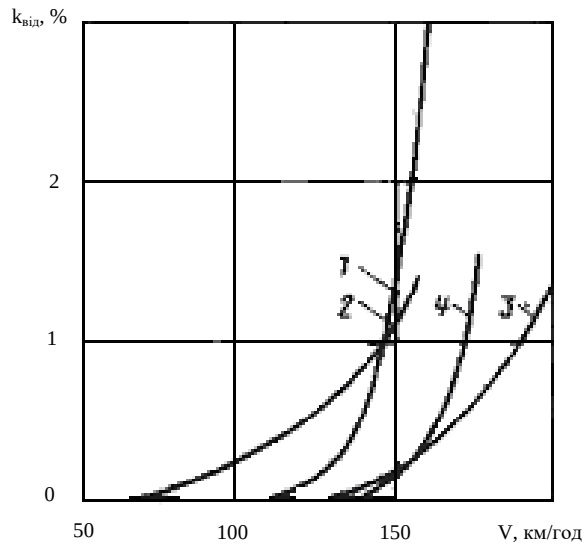
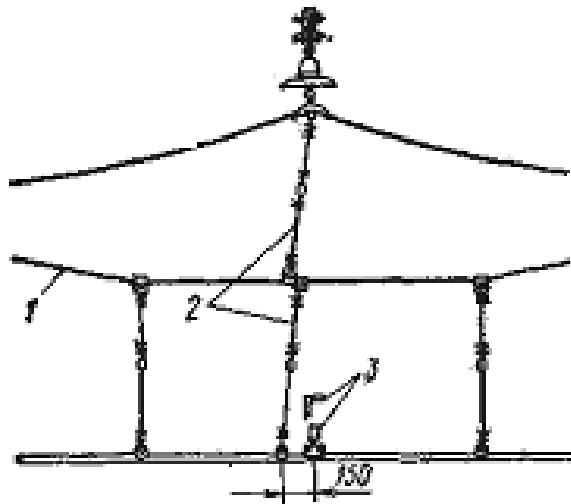


Рисунок 3.4 – Залежність між коефіцієнтами відриву:

- 1 - подвійної ресорної підвіски; 2 - потрійної, 3 - подвійної з демпферами;
4 - подвійною ресорною

Для підвищення демпфуючих властивостей одинарних компенсованих підвісок розроблений простий, але достатньо ефективний спосіб, що полягає в устаткуванні опорних вузлів підвіски разом з ресорними струнами простими (обмежувальними) струнами (рисунок 3.5).



- 1 - ресорна струна, 2 - обмежувальна струна, 3 - фіксатор

Рисунок 3.5 – Опорний вузол ресорної компенсованої підвіски з обмежувальною струною

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Збільшення швидкостей руху викликало певну складність у виборі матеріалу контактних елементів полоза, що пояснюється великим іскрінням (не дивлячись на заходи, що приймаються, по стабілізації контактного натиснення) і збільшенням нагріву контактних елементів із-за тривалості великих струмів і тертя в ковзаючому контакті.

Загалом, згідно з дослідженнями, зростання швидкостей руху приводить до зменшення середнього зносу контактних проводів і збільшення його нерівномірності; середній знос контактних елементів в цих умовах різко збільшується. Головне, на що звернули увагу фахівці, що дослідили знос при високих швидкостях, - це необхідність обліку різниці в стані ковзаючого контакту при русі на великій швидкості і в режимі малих швидкостей або знімання малих струмів.

3.2 Огляд контактних підвісок для високошвидкісного руху

Вимоги до системи струмоприймач - контактна підвіска.

Контакт між провідом і струмоприймачем є найважливішим елементом електричної тягової системи, від якого залежить надійність експлуатаційного процесу. У високошвидкісному русі їм визначаються межі збільшення тягової потужності. Система «струмоприймач - контактний дріт» призначена для безперервної передачі необхідної електричної потужності з дотриманням допусків, що визначають якість струмознімання. При цьому повинна гарантуватися надійна робота у всіх експлуатаційних режимах. Одним з важливих критеріїв надійної роботи є вільне проходження струмоприймача, тобто при русі потягу повинні бути виключені удари струмоприймача об елементи підвіски під дією їх динамічних переміщень. Не допускаються електромагнітні впливи процесу струмознімання, що обумовлюються виникненням електричної дуги на зовнішньому пристрої. Місце натиснення струмоприймача на контактний дріт є ковзаючим контактом між двома

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементами, що коливаються, який переміщується з великою швидкістю. При цьому через нього передається велика електрична потужність. У високошвидкісному русі можуть використовуватися потяги потужністю до 20 МВт. Для ліній, електрифікованих на постійному струмі напругою 1,5 і 3 кВ, передача такої потужності через ковзаючий контакт вже економічно недоцільна. Для оцінки безпеки і експлуатаційної надійності встановлені граничні величини геометричних, механічних і електричних параметрів, а також розроблені методи їх перевірки. Для забезпечення надійної експлуатації контактна мережа проектується так, щоб контактний дріт за всіх експлуатаційних умов контактував з полозом струмоприймача в певній робочій зоні. При цьому слід враховувати бічний зсув контактного дроту щодо осі руху (зигзаг) і переміщення струмоприймача щодо лінії руху. Останні обумовлені кінематичними коливаннями рухомого складу і відхиленнями від норми геометрії руху. Для розрахунку коливань рухомого складу розроблені спеціальні методики. Важливими чинниками геометричної взаємодії є профіль контактних пластин струмоприймача і бічні коливання рухомого складу. Параметри робочої частини полоза струмоприймача у великій мірі впливають на вибір конструкції контактної мережі і величину витрат на її споруду. Велика робоча частина вимагає збільшення прольотів між опорами і, отже, знижує капітальні витрати. В той же час габаритний профіль для пропуску такого струмоприймача під штучними спорудами або в тунелі з урахуванням захисної відстані від струмоприймача до заземлених частин повинен бути більше, що здорожує споруду підвіски. З огляду на багато причин струмоприймачі на рухомому складі різних європейських країн мають полози різної довжини: у Німеччині, Австрії і Іспанії 1950 мм, у Великобританії 1600 мм, у Франції і Швейцарії 1450 мм. При оцінці геометричних чинників слід враховувати не тільки горизонтальні переміщення контактного дроту по полозу, але і вертикальні коливання полоза і дроту. При взаємодії обох елементів відбувається віджимання контактного дроту вище за рівень безпровісного положення.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним з критеріїв для оцінки якості контактного натискання струмоприймача з контактним проводом розглядається швидкість поширення коливань уздовж підвіски, в [17] вона називається швидкістю вертикальної хвилі u_{ϕ} , м/с. Поширення хвиль відбувається в гнучкому дроті, що має механічне напруження σ Н/м і щільність матеріалу ρ_0 . Напруга створюється силою натягу контактного дроту $K_0 = S\sigma$ Н, де S – площа поперечного перерізу проводу, м². При малих значеннях зміщень ψ вертикальна хвиля розглядається як та, що біжить, яка описується диференціальним хвильовим рівнянням [18]:

$$\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2} = \frac{\sigma}{\rho} \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2}. \quad (3.9)$$

Його спільне рішення має форму:

$$\psi = f(x \pm u_{\phi} \cdot t), \quad (3.10)$$

При цьому фазова швидкість хвилі дорівнює:

$$u_{\phi} = \sqrt{\frac{K_0}{\rho S}} = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \quad (3.11)$$

Однак, таке уявлення не можна визнати досить коректним. У роботах присвячених теорії хвиль [19] Показано, що рівняння (3.9) описує хвилю в невагомій ненавантаженій струні. Таке наближення не можна визнати задовільним для контактної дроту, що має кінцеву масу, і зазнає силовий вплив від струмоприймача.

Мала амплітуда коливань підвіски, яка взаємодіє з струмоприймачем що рухається, забезпечується при коефіцієнті мінливості еластичності $v_{21} \approx 1,0 \dots 1,3$. Еластичність підвіски визначається натягами несучого тросу - T_n

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та контактного дроту K_0 . Так в разі прикладання сили в середині прольоту, але під струною η_c вона дорівнює [17]:

$$\eta_c = \frac{l}{4(T+K_0)} \quad (3.12)$$

Оскільки $\eta_c = \eta_0$, то вирівнювання еластичності по довжині прольоту досягається шляхом зменшення η_c , для чого необхідні, можливо, великі натяги контактної дроту та несучого тросу. З наближенням швидкості струмоприймача V до швидкості поширення поперечної хвилі в контактному дроті і віджимання контактної дроту значно зростає [9].

Якісне струмознімання можливе, якщо віджимання контактної дроту не перевищує граничних значень складових 150...200 мм.

Таким чином, збільшення натягу контактної дроту сприяє як вирівнювання еластичності, так і збільшення і тим самим конструктивної швидкості підвіски. На сучасних високошвидкісних лініях швидкість руху струмоприймача не перевищує приблизно 70% від швидкості хвилі. Відповідні дані наведені в таблиці 3.2 [10].

Таблиця 3.2 – Швидкість руху ЕРС і швидкість поширення хвиль для різних залізничних ліній

Лінії, залізниці	Швидкість ЕРС V , км/год	Еластичність η , мм/Н	Швидкість хвилі u_ϕ , км/год	V/u_ϕ
Синкасен	210 та 240	0,30	375	0,56 та 0,64
TGV Sud-Ost	270	0,70	412	0,655
TGV Atlantik	300	0,50	440	0,682
FS	250	0,35	380	0,658
DBAG Rc 250	250(280)	0,60	425	0,59(0,659)
RENFE AVE	270(300)	0,60	425	0,635(0,705)

Більш детальні характеристики підвісок, розрахованих на швидкості 200 км/год та вище наведені у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики високошвидкісних контактних підвісок

Країна	Система підвіски	η_c , мм/Н	η_o , мм/Н	$v_{ел}$	T_n , кН	K , кН	T_p , кН	l , м	f_b , мм	Рід I
Франція	Одинарна ресорна Re200	0,9	0,7	1,28	14	14	4	63	40	~
Німечинна	Одинарна ресорна Re250	1,1	0,8	1,38	10	10	1,7 2,3	80	30-70	~
Німечинна	Одинарна ресорна	0,54	0,44	1,23	19	15	3,5	65	0	~
Німечинна	Одинарна ресорна Re330-Y	0,36			21	27	3,5	65		~
Японія	Подвійна	0,33	0,22	1,5	25	15	-	50	0	~
Франція	Одинарна нересорна	0,21	0,1	2,1	25	2×20	-	54	54	-
Італія	Одинарна з пруж. елемент.	0,44	0,36	1,22	13,5	2×910	-	50	45	-
Польща	Одинарна з двома тросами	0,37	0,27	1,37	2×16	2×9,5	-	70	0	-

У таблиці 3.3 представлені такі позначення: T_n - натягнення несучого тросу, кН; K -натяг контактного дроту, кН; T_p -натяг ресорного троса, кН; l - максимальна довжина прольоту, м; f_b - стріла провисання контактного дроту у вільному стані (без впливу на нього струмоприймача), мм.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В Україні в основному застосовуються одинарні напівкомпенсовані і компенсовані контактні підвіски. Серед високошвидкісних підвісок змінного струму велике поширення отримали німецькі підвіски серії Re. Підвіска Re 250 дозволяє здійснювати рух високошвидкісного експресу ICE з одним струмоприймачем зі швидкістю 300 км/год, з двома - 280 км/год. Для швидкостей руху понад 300 км/год фірми ABB, AEC та Siemens розробили підвіску Re 330 яка розроблена в двох варіантах і може бути використана при швидкостях до 350 км/год [15]. При формулюванні механічних вимог до даної підвіски відзначається наступне. Для Re 330 діапазон сил натискання становить 50...250 Н при середньому значенні 150 Н, яке більше відповідного значення в 120 Н для Re 250. Тому для отримання однакових граничних віджимань контактного дроту для підвісок Re330 і Re250 (граничні швидкості 400 км/год і 280 км/год відповідно) необхідно забезпечити меншу віджимання контактного дроту для підвіски Re330 в порівнянні з Re250.

Моделювання роботи підвіски Re330 показало, що при швидкостях $V > 350$ км/год мінімальної еластичності і високою демпфуючою здатністю володіє підвіска з допоміжним несучим тросом. Такі підвіски застосовуються і в Японії при швидкостях до 300...350 км/год, причому в декількох варіантах: з простими опорними струнами, ресорні, з демпферами в струнах та ін. [16]. Наявність в подвійних підвісках пружинно - повітряних демпферів поряд з вирівнюванням еластичності (до значень $K_{ел} = 1,18$) значно збільшує декремент її коливань.

Підвіска SICAT [17], розрахована при русі з одним струмоприймачем на швидкість поїзда до 400 км/год, є удосконаленням підвіски Re330 і вперше змонтована на ділянці Кьольн-Франкфурт-на-Майні. При двох струмоприймачах з відстанню між ними не менше 200 м досягається максимальна швидкість поїзда 330 км/год. На цій підвісці за допомогою алюмінієвої арматури закріплено мідний контактний дріт, бронзові несучий та ресорний троси натягнення відповідно рівні 27,21 і 3,5 кН. Забезпечені сталість висоти над

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівнем головок рейок рівне 5,3 м і довжина прольоту 70 м (в тунелях довжина прольоту 50 м, конструктивна висота 1,1 м, ресорний трос відсутній).

Високі конструкційні швидкості сучасних підвісок визначають вимоги до матеріалу, з якого виготовлений контактний дріт. Необхідними для забезпечення швидкостей $V > 300$ км/год властивостями володіють дроти з мідно-магнієвих сплавів (марка RiM), міцність яких легко довести до 500 Н/мм збільшенням вмісту Mg до 0,7%. При цьому робоча температура може досягати 385°C (гранична робоча температура мідного дроту складає 180°C). До недоліків мідно-магнієвих сплавів відноситься їхня низька в порівнянні з міддю електропровідність (39,5 м/Ом·мм²) [18 - 21]. Мідно-магнієвий контактний провід використовується на високошвидкісних лініях Meditteranee (LN5, Франція), і Мадрид-Севілья (Іспанія).

Перспективними також є армований мідний дріт, (Підвіска SICAT) та комбінований контактний провід з круглою сталевую серцевиною перетином 50,3 мм² і мідної оболонкою перетином 61,7 мм² або ж з армуючою сталевую стрічкою перерізом 44,1 мм² і алюмінієвої оболонкою перетином 152,2 мм². Вони мають погонну масу 0,942 кг/м та 0,758 кг/м та погонний опір 0,2585 Ом/км і 0,189 Ом/км [19].

З зіставлення характеристик підвісок різних типів можна зробити наступний висновок. Подвійні і більш складні ланцюгові підвіски виявляються найбільш пристосованими до високошвидкісного діапазону. Разом з тим, в ряді випадків з економічних міркувань виявляється доцільним використання не найдосконаліших, в плані струмознімання систем. Так, досвід експлуатації подвійних підвісок в Японії показав економічні переваги не демпфированої подвійної підвіски з підвищеним натягом дротів в порівнянні з подвійною демпфированою підвіскою. Крім того, функціонування підвісок Re 330 і SICAT показує, що в нинішній час застосування одинарних підвісок цілком виправдовує себе аж до швидкостей 350...400 км/год.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики контактних підвісок для високих швидкостей руху ЕРС представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики контактних підвісок для високих швидкостей руху ЕРС [20]

Контактна підвіска	V, км/год	L, м	Значення j_k , Н/м		Значення m_k , кг	
			Біля опори	В середині прольоту	Біля опори	В середині прольоту
З одним контактним дротом		55	210	190		
		70	200	150		
З двома контактними дротами		55	330	280		
		70	320	220		
З одним контактним дротом	100	55			25...40	20...30
		70			25...35	25...30
	160	55			25...55	25...45
		70			30...45	25...35
З двома контактними дротами	100	55			30...55	25...45
		70			30...45	30...40
	160	55			30...60	30...55
		70			40...55	30...45

3.3 Огляд конструкцій струмоприймачів для високих швидкостей руху

Конструктивно найбільш розповсюджені одно- і двоступінчасті струмоприймачі які поділяються на одноважельні (асиметричні), двохважельні та чотирьохважільні - по числу важелів на нижніх валах рухомих рам. З них високошвидкісними є двоступеневі та малогабаритні одноступінчасті струмоприймачі. Придатність до високошвидкісного діапазону визначається наведеною масою m_t таких систем, що обумовлює малу величину динамічної складової контактного натискання, сприяючи загальній стабілізації контакту [14]. Високошвидкісні струмоприймачі відрізняються також строго визначеної

аеродинамічній характеристикою, що дозволяє компенсувати негативні інерційні сили і наявністю демпферів. Найбільш часто демпфери встановлюють між основою і нижніми рухливими рамами (як, наприклад, в італійському струмоприймачі 52FS), ніж забезпечується плавність траєкторії верхньої петлі рухомих рам. Демпфери, встановлені між рухомими рамами і полозом (в німецькому струмоприймачі DBS 54) призначені для запобігання резонансних коливань в процесі струмознімання.

Високошвидкісні одноступінчасті струмоприймачі застосовуються для контактних мереж з практично постійною висотою підвісу контактної дроти [15]. Двоступеневі струмоприймачі розроблені для електрифікованих доріг з значним діапазоном зміни висоти підвісу контактної дроти. Наведена маса таких струмоприймачів практично залежить тільки від маси полоза і наведеної маси верхньої рухомої системи, як, наприклад, у авторегульованого струмоприймача ТСП-1М [16], на швидкісному поїзді ЕР-200. При формулюванні вимог до параметрів струмоприймача необхідно враховувати характеристики контактної підвіски. Так, дослідження струмознімання на деяких лініях у світі показали, що на ділянках, обладнаних напівкомпенсованою контактною підвіскою постійного струму, де передбачається рух зі швидкостями 200 км/год, приведена маса струмоприймача не повинна перевищувати 26 кг, на ділянках з компенсованою підвіскою відповідне значення становить 36 кг (за умови одночасної роботи декількох струмоприймачів поїзда в обох випадках).

Струмоприймачі ТСП-1М і СП-6М мають дві рухливі системи [18]. Маса верхньої рухомої системи ТСП-1М становить 9,5 кг, маса полоза 13,9 кг, полог струмоприймача має значну ширину (440 мм) для його стійкості при високій швидкості руху. Струмоприймач СП-6М відрізняється від ТСП-1М, габаритами, відсутністю рухомої основи та кріпленням гідравлічних демпферів. Основні параметри цих та деяких інших струмоприймачів наведені в таблиці 3.5.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 - Основні технічні характеристики високошвидкісних струмоприймачів

Тип струмоприймача	Страна виробник	Статичне натискання в робочому діапазоні	Подвійне тертя у шарнірах не більше, Н	Аеродинамічна підйомна сила, Н	Середня приведе на маса струмоприймача, кг	Час відпускання, с	Сила, що опускає, Н	Рід струму
ТСп-1М, СП-6М, (ЭР-200)	СССР	80...120	30	35*	24.5		210	-
АМ18И	Франція	50...90	4	63	32.5		180	~
АМ-ВR	Велико-британія	80...90	3	20	-	-	-	~
PS-100F	Японія	55		11	14.5			~
T11-250	Росія	120				2		-
DBS54	ФРГ	64...72	3.5	32*	24.5		-	-
10PP		80...120	25	80	43	5-7	60	-
DSF350SEK	Німеччина	100...120				1		-

*) - струмоприймач з аеродинамічними екранами

Для підвищення швидкостей руху необхідні додаткові заходи, що забезпечують стабільність електричного контакту полоз - контактний провід [19]. Перспективним напрямом вирішення цього завдання є розробка струмоприймачів з активним регулюванням рухомий системи. Так, при модернізації струмоприймача типу DSA 350S, використаний типовий пропорційно-інтегральний контур зі зворотним зв'язком за силою натискання з установкою в колі зворотного зв'язку фільтра резонансного типу з частотою пропускання близько 2 Гц.

У застосовуваних на Японських залізницях струмоприймачах є активне демпфірування коливань за допомогою швидкодіючого гідравлічного приводу. Випробування на швидкостях до 350 км / год з номінальним натисканням 210 Н показали, що при вертикальних коливаннях з частотою 0,1...40 Гц динамічні зусилля на контакті з проводом знижені завдяки демпфуванню на 40% [13]. В

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[21] відзначається істотне поліпшення амплітудно-частотних характеристик системи в діапазоні 0,01...100 Гц відповідні випробування виконувалися на поїзді і на динамічному стенді при номінальному натисканні на контактний провід 70 Н. Пристрої, що стабілізують контактне натискання, істотно зменшують знос контактних пластин і контактного дроту [22].

Для розрахунку струмоприймача, що взаємодіє з контактною підвіскою часто застосовують еквівалентні схеми заміщення, що включають наведені маси полоза і рам струмоприймача, а також самої контактної підвіски, крім того вводяться узагальнені коефіцієнти жорсткості підйомних і опускаючих пружин і підвіски. Вводяться демфуючі елементи і гасителі коливань. На рисунку 3.6 показані еквівалентні схеми не підресореного і підресореного струмоприймачів, що мають взаємодії з контактною підвіскою.

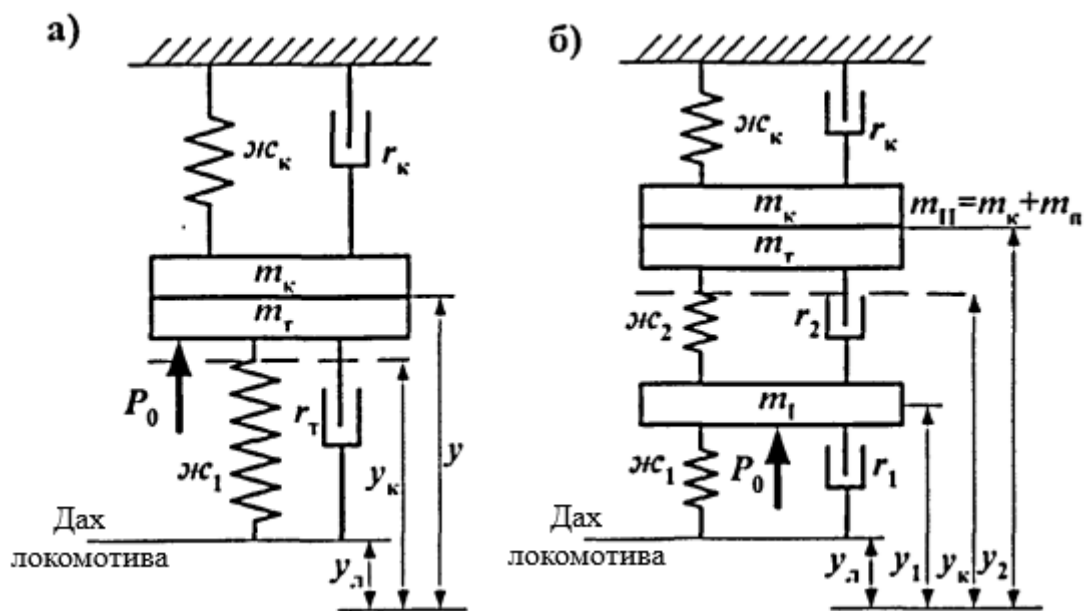


Рисунок 3.6 – Схема заміщення коливальні системи струмоприймач-контактна підвіска: без урахування (а) і з урахуванням (б) підресорювання полозу струмоприймача [16]

Важливим геометричним чинником є відстань між контактними пластинами в полозі струмоприймачу. Так, для безперешкодного проходження секційних ізоляторів контактної підвіски необхідна мінімальна відстань між пластинами. Для того, що пройшов потяг без відриву струмоприймача по

ізолюючих проміжках, що розділяють фідерні зони з живленням від різних фаз, необхідно, щоб відстань між пластинами не перевищувала максимально допустимого значення. Особливі вимоги пред'являються до руху електропоїздів з декількома піднятими струмоприймачами. Тут повинні виконуватися спеціальні умови, зокрема, щоб потяг не міг перекрити ізолюючий проміжок, що розділяє дві фази. Електротехнічні умови. У Європі використовують різні системи тягового електропостачання. На ділянках постійного струму у зв'язку з відносно низькою напругою в контактній мережі для передачі потрібної потужності використовують великі тягові струми. Це сильно навантажує контактну підвіску та струмоприймачі. На лініях, електрифікованих на змінному струмі, як правило, використовують легкі підвіски з підвищеним натягненням контактного дроту, що забезпечує сприятливішу динамічну взаємодію підвіски з струмоприймачем при високій швидкості руху. Підвіски постійного струму можуть бути переобладнані під підвищену швидкість руху потягів лише за рахунок використання другого контактного дроту, що пов'язане з великими додатковими витратами.

На рухомому складі змінного струму застосовують струмоприймачі з контактними вставками з електролітного графіту. При цьому струмоприймач з двома такими вставками здатний працювати при струмі навантаження до 1000 А, так що максимальна тягова потужність може бути підведена через один струмоприймач. Пара тертя мідний дріт - вугільна вставка характеризується малим зносом обох компонентів. У конструкції струмоприймачів рухомого складу постійного струму в більшості випадків використовують металеві контактні пластини. Струмоприймач з двома і більш пластинами передає струм до 2500 А. Проте для високошвидкісного руху з швидкістю до 250 км/год навіть цієї високої потужності недостатньо. Тут в більшості випадків використовують режими руху потягів з двома і більш струмоприймачами, а це, як відомо, погіршує динамічну взаємодію пари контактний дріт – струмоприймач і знижує термін служби обох компонентів. Експлуатація багатосистемного рухомого

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складу на лініях постійного і змінного струму можлива лише в обмежених масштабах з ряду причин: якщо на лініях постійного струму використовується струмоприймач з вугільними вставками, потужність, що передається може опинитися недостатньою; струмоприймач з металевими пластинами дуже важкий і при високій швидкості має погані динамічні характеристики, якщо пересувний склад з струмоприймачами, оснащеними металевими пластинами, потрапляє на лінію, де в основному застосовують струмоприймачі з вугільними вставками, пластини руйнують графітову плівку, що утворилася на контактному дроті. Це приводить до підвищеного зносу контактного дроту і вугільних вставок. Із сказаного виходить, що для європейської мережі немає також загального рішення відносно контактних елементів для струмоприймачів.

3.4 Динамічні умови

Для того, щоб максимально зменшити дугоутворення в контакті струмоприймач - контактний дріт, що веде до посиленого зносу і виникнення радіоперешкод, прагнуть до таких режимів експлуатації, при яких забезпечується постійний контакт при мінімальній силі натиснення. Знос контактного дроту і пластин залежить від багатьох чинників. Тут грають роль не тільки механічні сили і величина струму, але також інтенсивність руху потягів і підбір матеріалів в парі тертя. Надійних залежностей для оцінки зносу у функції якості контакту не існує. Дослідження, направлені на оптимізацію контакту, ведуться в багатьох країнах. Емпіричні результати підтверджують залежність посиленого зносу від дугоутворення на струмоприймачі і великій силі притиснення в контакті. При цьому дія дуги постійного струму значніша через великі струми і підвищену стійкість дуги постійного струму в порівнянні з дугою змінного. Сили, що діють в контакті, і інтенсивність нагріву як основні чинники зносу не можуть бути зміряні безпосередньо в точці притиснення струмоприймача до контактного дроту. Для виконання цих вимірювань

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розроблені різні методи, відповідно до яких сили притиснення контактної пластини вимірюються в декількох її точках. Оскільки точне визначення контактних сил можливе за допомогою корегувань, що виконуються на базі останніх технічних розробок, параметри якості контакту в різних вимірювальних системах визначаються по-різному. На залізницях Німеччини (DBAG) для швидкості до 250 км/год при русі з одним струмоприймачем встановлені наступні значення сил в контакті, Н:

- середнє < 120;
- максимальне 200;
- мінімальне 40;
- стандартне відхилення ± 24 .

Розроблені також методи оцінки дії на величину зносу з боку електричної дуги. Встановлено, що результати вимірювань в значній мірі залежать від величини струму і стану навколишнього середовища.

На базі викладених залежностей експерти МСЖД змінили спрямованість документа, що розроблявся. При цьому потрібно було систематизувати параметри, які визначають режими роботи струмоприймачів і контактних мереж різних типів в рамках європейської високошвидкісної мережі з урахуванням забезпечення надійності і економічної ефективності.

Європейська високошвидкісна мережа складається з ліній:

- нових, розрахованих на швидкість до 250 км/год;
- модернізованих під швидкість 200 км/год;
- інших, таких, що відповідають критеріям TSI.

Для перспективних ліній документ застосовний лише в тому випадку, якщо вони будуть електрифіковані на змінному струмі.

У документі 794 представлені рекомендації і вимоги до контактних підвісок і струмоприймачів для швидкості більше 100 км/год з урахуванням сучасного стану ліній. Ці вимоги також повинні виконуватися при

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструюванні нових підвісок, струмоприймачів і їх компонентів, а також при проектуванні і споруді нових ділянок високошвидкісної мережі.

Важливим моментом є ухвалення єдиного профілю полоза для струмоприймачів змінного струму (рисунок 3.6).

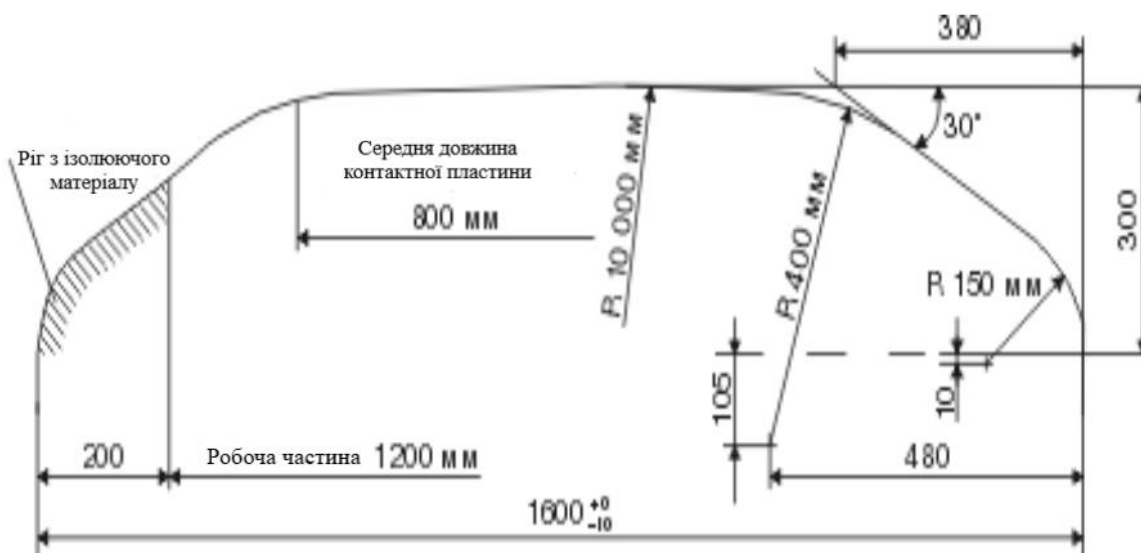


Рисунок 3.6 – Приклад проходження струмоприймача з робочою частиною, під фіксатором

Рекомендації, що містяться в документі, відносно конструкцій контактних підвісок і струмоприймачів розроблені з урахуванням сучасного рівня техніки і досвіду експлуатації високошвидкісних ліній, накопиченого в різних країнах. Запропонований документ є основою для всіх нових розробок в рамках TSI. Розроблені також доповнюючі його документи, засновані на нормах ЄС. У їх рамках робочою групою WGC9 створені правила, що містять технічні критерії, які використовують для оцінки взаємодії струмоприймачів з контактними підвісками. У стадії розробки знаходяться проекти норм prEN50317 і 50318. Перші містять вимоги до вимірювань параметрів динамічної взаємодії струмоприймачів з контактними підвісками і опис методів, що допускаються до використання. Другі пов'язують рекомендації документа МСЖД 794 з нормами ЄС і дають опис методів моделювання динамічної системи струмоприймач -

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контактний дріт. Обидва проекти є основою для порівняння методів вимірювання параметрів і моделювання цієї системи. У перспективі планується перенесення критеріїв, прийнятих для високошвидкісного руху, на всю європейську мережу. Терміни такого перенесення визначаються економічними аспектами.

На підставі приведеного аналізу складових контактного натиснення можна зробити висновок, що найбільш доцільними способами поліпшення струмознімання при високих швидкостях є вирівнювання еластичності контактної підвіски в прольотах. Інші ж способи із-за їх недоліків менш бажані.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРУМОЗНІМАННЯ НА МАГІСТРАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ

Відомо, що термін служби контактного дроту залежить від наступних чинників: матеріалу контактних елементів струмоприймача, виду мастила в ковзаючому контакті і способу її подачі, струму, що протікає через ковзаючий контакт, числа проходів струмоприймачів, швидкості руху електрорухомого складу, значень і характеру зміни натиснення в контакті і інше. Більшість з вказаних чинників визначає головним чином середній знос струмоприймачів і контактного дроту. Лише характер зміни натиснення в контакті суттєво впливає на нерівномірність зносу дроту: при великій різниці контактного натиснення на дроті з'являються окремі крапки і зони з підвищеним зносом.

Необхідність заміни контактного дроту визначається, очевидно, не тільки середнім зносом його, але і розмірами і числом локального зносу. Саме остання обставина і обумовлює одне з головних завдань дослідження процесу механічної взаємодії струмоприймача і контактної підвіски - визначення умов стабілізації контактного натиснення.

Процес взаємодії струмоприймача і контактної підвіски є складний механічний процес, оскільки взаємодіюча система має нескінченне число мір свободи і в обох взаємодіючих пристроях залежно від положення точки контакту і умов її переміщення змінюються жорсткість, маса, сила тертя. Вивчення цього процесу ведуть як експериментальними, так і теоретичними методами, привертаючи складний математичний апарат і використовуючи електронні обчислювальні машини. Розглянемо основні, початкові положення процесу взаємодії і чинники, які впливають на характер цього процесу.

При русі електрорухомого складу висота полоза струмоприймача над рівнем головок рейок не залишається постійною, що пояснюється непостійністю висоти контактного дроту, відмінністю еластичності і маси контактної підвіски в прольоті.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, при проході однієї і тієї ж точки контактної мережі різними струмоприймачами підйом контактного дроту виявляється неоднаковим. Це залежить від статичного натиснення струмоприймача, його приведеної маси і швидкості руху електрорухомого складу, що впливає на аеродинамічну підйомну силу струмоприймача.

На характер траєкторії полоза струмоприймача роблять вплив власна частота і ступінь демпфування системи «струмоприймач - контактна підвіска».

Висота контактного дроту в різних точках прольоту ланцюгових підвісок зазвичай неоднакова. У напівкомпенсованих підвісках це пояснюється тим, що при зміні температури навколишнього повітря змінюється стріла провисання жорстко заанкерованого несучого троса із-за його деформації, а разом з ним і стріла провисання контактного дроту. У компенсованих підвісках, як це буде показано нижче, контактний дріт спеціально вмонтовують з деякою позитивною стрілою провисання, щоб в якійсь мірі зменшити негативний вплив на струмознімання неоднакової еластичності підвіски в різних точках прольоту.

Висота контактного дроту змінюється також на підходах до штучних споруд з низькими перекриттями. Еластичність контактної підвіски є величиною, зворотною жорсткості; вона характеризується розміром підйому контактного дроту під дією одиничної сили, прикладеної до контактного дроту від низу до верху в точці вимірювання еластичності. При визначенні еластичності контактних підвісок прийнято проліт розділяти на три розрахункові зони: опорну зону, зону першої простої струни і середню частину прольоту; для розрахунку кожної із зон застосовують свої формули. У більшості контактних підвісок, як показують розрахунки і натурні вимірювання, еластичність в середині прольоту вища, ніж в опорних зонах. Найбільш постійна еластичність серед типових одинарних ланцюгових підвісок у ресорних підвісок. Вирівнювати еластичність ресорних підвісок можна подовженням ресорних проводів при одночасному видаленні перших простих струн від опори.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведена маса контактної підвіски є умовною масою, зосередженою в точці контакту струмоприймача з дротом, яка переміщується разом з струмоприймачем і має в цій точці таку ж вертикальну швидкість, як і контактний дріт. Запас кінетичної енергії цієї маси рівний запасу енергії реальної контактної підвіски у всьому прольоті.

Приведена маса контактної підвіски в прольоті непостійна: вона залежить від підйому контактного дроту під дією прикладеної від низу до верху сили, тобто від еластичності підвіски. Проте, як показали дослідження, достатню точність розрахунків механічної взаємодії струмоприймача і контактної мережі може забезпечити середня приведена маса, знайдена по середньому віджиманню дроту, рівному добутку середньої еластичності контактної підвіски в прольоті j на суму статичного натиснення струмоприймача та аеродинамічної підйомної сили. Розрахункова формула середньої приведеної маси контактної підвіски має вигляд:

$$m_0 = \sqrt{g_k l \left(1 - \frac{k}{2.5}\right) (P_{ст} + P_y)}; \quad (4.1)$$

де $P_{ст}$ - статичне натиснення струмоприймача;

P_y - аеродинамічна підйомна сила струмоприймача;

g_k - маса 1 погонного метру контактних проводів;

l - довжина прольоту;

k - коефіцієнт зміни еластичності контактної підвіски в прольоті;

$$k = 1 - \frac{\eta_{on}}{\eta_c}, \quad (4.2)$$

де η_{on} , η_c - еластичність контактної підвіски відповідно в опорній зоні та середині прольоту.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведена маса струмоприймача є умовною масою, що зосереджена в точці контакту полоза і контактного дроту і надає таку ж дію на контактну підвіску, як і струмоприймач.

Дія перерахованих чинників в процесі взаємодії струмоприймача рухомого електрорухомого складу і контактної підвіски обумовлює не тільки криволінійність траєкторії полоза і різні віджимання контактного дроту, але і, що саме головне, зміну контактного натиснення, тобто натиснення в рухомому контакті «полоз-дріт». Оскільки від характеру зміни контактного натиснення залежить знос контактних елементів полоза і контактного дроту і, отже, термін їх служби, розрахунок натиснення (або експериментальне вимірювання) для різних точок (у просторі та часі) є кінцевою метою дослідження взаємодії струмоприймача і контактної мережі.

У спрощеному вигляді контактне натиснення може бути представлене у вигляді виразу

$$P_K = P_{CT} + P_y - m_T \frac{d^2 y}{d^2 t} = P_0 + P_{TP} - m_T \frac{d^2 y}{d^2 t} \quad (5.3)$$

де P_0 - приведене до верхнього вузла натиснення, що створюється підйомними пружинами струмоприймача;

P_{TP} - сила тертя в шарнірах рухомої системи, приведена до верхнього вузла;

P_y - аеродинамічна підйомна сила струмоприймача;

m_T - приведена маса струмоприймача;

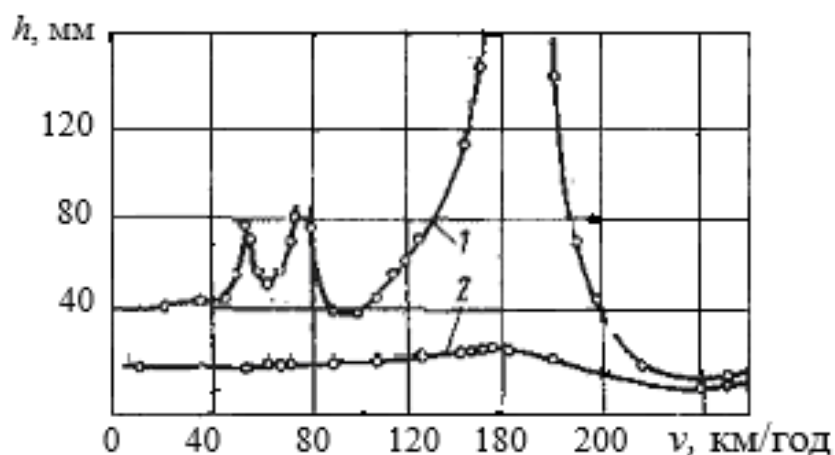
dy/dt - прискорення, що отримується приведеною масою струмоприймача у вертикальному напрямі.

Як можна бачити, цей вираз враховує вплив на контактне натиснення як статичних параметрів струмоприймача (P_0 , P_{TP}), так і динамічних параметрів струмоприймача і контактної підвіски (P_v , m_t і прискорення). Значення останнього визначається характером зміни еластичності і маси підвіски в

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прольоті, демпфуючими якостями струмоприймача і підвіски, швидкістю руху електрорухомого складу.

Для розуміння процесу взаємодії струмоприймача і контактної підвіски достатньо спрощеної схеми (рисунок 4.1). Насправді цей процес значно складніший, що пояснюється наявністю додаткових, не розглянутих вище чинників: вертикальним коливанням кузова ЕРС, підресорюванням полоза струмоприймача та інше.



1 - при відсутності демпфера; 2 - з демпфером

Рисунок 4.1 – Розрахункові характеристики відриву полоза від контактного дроту

Особливістю струмознімання при повітряній контактній мережі є те, що струмоприймач рухається по контактній підвісці, еластичність якої змінюється поодинці і тому ж закону в кожному прольоті, тобто є сприятливі умови для виникнення параметричного резонансу (резонансу без дії зовнішніх сил, а виключно із-за періодичної зміни параметра - еластичності контактної підвіски). Виникнення ж резонансу - основна причина регулярних і тривалих відривів полоза струмоприймача від контактного дроту.

Швидкість при якій виникає резонанс (так звану резонансну швидкість), можна визначити з умови рівності або кратності між частотою зміни еластичності підвіски (щодо рухомого струмоприймача) і частотою власних

коливань системи «струмоприймач - контактна підвіска». На підставі розрахунків, встановлено, що головний резонанс при різних параметрах одинарних контактних підвісок і струмоприймачів має місце при швидкостях руху 170...250 км/год. Другий і третій резонанси виникають при поширеніших швидкостях руху (менше 130 км/год), але практичної небезпеки вони не представляють, тому що із збільшенням порядку резонансу найбільші амплітуди коливань так само, як і ширина резонансної області, швидко зменшуються.

Ефективним способом запобігання небезпечним резонансним явищам є застосування гасителів коливань (демпферів), що встановлюються або на струмоприймачі, або в контактній підвісці. Другий спосіб застосовується тільки в Японії, а другий знайшов ширше розповсюдження.

Слід зазначити, що для небезпечних проявів резонансу при струмозніманні одного збігу частот недостатньо, оскільки взаємодіючі пристрої володіють певними демпфуючими властивостями. Тому для розвитку резонансу до небезпечних коливань необхідний певний час, тобто в даному випадку потрібний прохід струмоприймачем значного числа прольотів.

Контактна підвіска, як відомо, не є однорідною в межах цілих перегонів, і струмоприймач при русі зустрічає ділянки підвіски з різними статичними і динамічними характеристиками, наприклад сполучення анкерних ділянок і прольоти з середніми анкерівками і відбійниками в штучних спорудах. При проходженні цих ділянок розвиток коливань струмоприймача припиняється, а іноді амплітуда його коливань навіть зменшується. Саме цією обставиною і пояснюється те, що резонансні явища до цих пір не перешкоджають зростанню швидкостей руху на електрифікованих дорогах.

Для контактної підвіски з однаковою еластичністю і приведеною масою в усіх точках прольоту резонансної швидкості не існує. Проте потрібно відзначити, що в загальному випадку струмоприймач може увійти до резонансу не тільки із-за періодичної зміни еластичності контактної підвіски, але й із-за вертикальних коливань кузова електрорухомого складу, коли їх частота буде

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дорівнювати або кратною частоті власних коливань системи «струмоприймач - контактна підвіска». Проте, як показали досвід експлуатації і випробування, співвідношення динамічних характеристик сучасного електрорухомого складу і струмоприймачів в умовах руху з швидкостями до 160 км/год виявлялося сприятливим: ніякого резонансу з вказаної причини виявлено не було.

Про якість струмознімання на тій або іншій ділянці якнайповніше можна судити по терміну служби контактного дроту, на який впливають всі параметри взаємодіючих пристроїв, хоч і різною мірою. Оскільки ефективність застосування різних засобів по збільшенню терміну служби контактного дроту неоднакова, важливо знайти найбільш економічне з них.

Критерієм доцільності застосування тих або інших засобів повинні бути найменші приведені витрати (що складаються з поточних витрат і частки капітальних витрат, визначуваної нормативним коефіцієнтом ефективності). Застосування всіх без виключення заходів по зниженню зносу контактного дроту в будь-яких умовах є неправильним.

Грунтуючись на матеріалах, представлених науково-дослідними установами країн, що входять в Організацію співпраці залізниць (ОСЗ), способи збільшення терміну служби контактного дроту можна розташувати по ступеню їх ефективності і легкості впровадження в такій послідовності:

- заміна матеріалу контактних елементів підвіски раціональнішими;
- заміна матеріалу більш здійсненими або модернізація тих, що існують;
- підвищення точності регулювання контактної підвіски;
- оптимізація статичного натиснення струмоприймача;
- зміна окремих вузлів контактній мережі і застосування нових типів контактних підвісок.

Найбільш ефективним способом збільшення терміну служби струмоприймачу та контактного дроту є заміна мідних контактних пластин вугільними вставками, що володіють високими антифрикційними властивостями. На вугільні вставки у залізницях переведені струмоприймачі

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всього електрорухомого складу змінного струму і частина ЕРС постійного струму. Застосування вугільних вставок замість мідних пластин привело до зменшення питомого зносу контактного дроту на дорогах постійного струму в середньому з 0,571 мм/10000 проходів електрорухомого складу (на ділянках з тягою переважно електровоза) до 0,204 мм/10000, проходів, тобто в 2,8 разів. На дорогах змінного струму питомий знос контактної дроту при вугільних вставках склав 0,07...0,15 мм/10000 проходів. Очікується, що термін служби контактної дроту на електрифікованих дорогах змінного струму складе 40...50 років.

Вугільні вставки володіють, проте, суттєвим недоліком: значним контактним опором, що викликає підвищений нагрів контактної дроту при зніманні струму, особливо на стоянці. Це визначає обмеження відносно застосування цих вставок на струмоприймачах електровозів постійного струму з годинною потужністю більше 5000 кВт. Для струмоприймачів таких електровозів створені контактні пластини із спеченого матеріалу, до складу якого входить порошок заліза, міді, нікелю, свинцю, графіту, нітрида бору і дісульфіда молибдену. Виготовляються ці пластини способами порошкової металургії – прокаткою або пресуванням; перший спосіб забезпечує кращі антифрикційні властивості, другий – вищу механічну міцність.

Заміна міді на струмоприймачах вугіллям і спеченими матеріалами – є високоекономічним рішенням, тому що зниження зносу контактної дроту не тільки не супроводжується при цьому зменшенням міжремонтного пробігу полозів (по граничному зносу контактних елементів), а, навпаки, приводить до його деякого збільшення. Слід відмітити, що вугільні вставки і пластини із спеченого матеріалу можуть експлуатуватися спільно на одних і тих же ділянках, тоді як спільна робота вугільних вставок і мідних пластин недопустима, оскільки знос вугільних вставок в цьому випадку буде дуже інтенсивним.

Оцінка якості струмознімання.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критеріями якості струмознімання є коефіцієнти економічності і надійності. Визначення коефіцієнта економічності для прольоту компенсованої підвіски (з незмінними протягом року стрілами провисання) можливо, якщо є як початкові дані залежність інтенсивності зносу від натиснення і струму (P_K) і криві контактного натиснення (для заданих швидкості руху, довжини прольоту, стріли провисання) для обох пластин P_K (рисунок 4.2). По цих кривих, отриманих розрахунковим або експериментальних шляхом, слід розрахувати дві гістограми n' (P_K), n'' (P_K), що показують кількість випадків для кожного інтервалу натиснення.

Коефіцієнт економічності може бути отриманий у ваговому (натуральному) і грошовому виразі. Ваговий коефіцієнт економічності k_a приблизно характеризує розмір втрат площі перетину (маси, об'єму) 1 км контактного дроту при проході під ним струмоприймача і втрати площі перетину (об'єму, маси) контактними пластинами струмоприймача при його русі по дроту такої ж довжини.

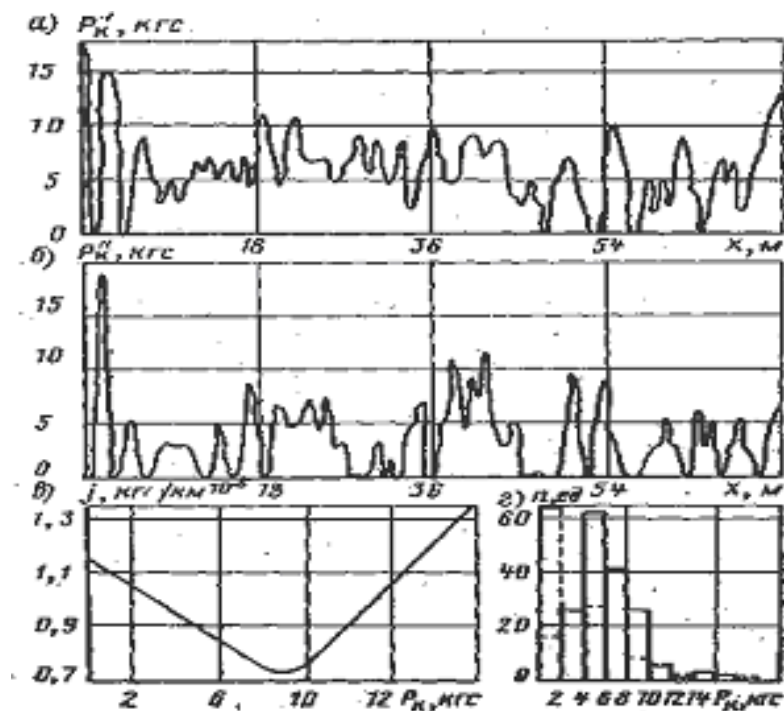


Рисунок 4.2 – Коефіцієнт економічності струмознімання

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Беруться зазвичай втрати, що викликаються проходом 1000 струмоприймачів, а коефіцієнт вимірюється у кг/1000 струмоприймачів-км.

Визначимо втрати маси дроту і пластин для ділянки мережі, рівної довжині прольоту (оскільки саме для нього є криві контактного натиснення). Кількість інтервалів (число випадків вибірки) n , що розглядаються в прольоті. Ділянка прольоту, на якому діятиме натиснення з розрядним числом $P_{ш}$, отримаємо як $n_t l/n$.

Тоді втрата маси дроту або пластин в прольоті при проході одного струмоприймача

$$\pi = \frac{1}{n} \sum j_i n_i \quad (4.3)$$

Ваговий коефіцієнт економічності, що характеризує втрату маси на ділянці 1 км при проході 1000 струмоприймачів (при зносі в кг/км): невраховані чинники, що підсилюють знос контактних пластин і дротів в умовах експлуатації, можна врахувати, помноживши k_a' на коефіцієнт експлуатації k_{ekt} .

Грошовий коефіцієнт економічності для проводів можна знайти, використовуючи ваговий коефіцієнт. Для контактної мережі k_{ac} можна знайти, застосувавши формулу для питомих витрат на зміну проводів і прийнявши $m_k = k_a$.

Грошовий коефіцієнт економічності для мідних контактних пластин (або вугільних вставок) струмоприймачів слід пов'язати з відомими формулами для питомих експлуатаційних витрат (виражених в грн/1 млн км пробігу). У ці формули входять питомі витрати для мідних пластин g (т/млн, км пробігу) і вугільних вставок y (шт/1 млн км). Питомі витрати мідних пластин можна виразити через коефіцієнт економічності

$$g = \frac{k_3}{k_{им}} \quad (4.4)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $k_{\text{вп}}$ - коефіцієнт використання пластин на змінюваній (прямій) частині полоза, що показує, яка частка міді втрачається при струмозніманні (в середньому 0,35).
Для вугільних вставок

$$y = \frac{k_{\text{в}} \cdot 10^{-3}}{k_{\text{иу}} \eta_y} \quad (4.5)$$

де $k_{\text{вв}}$ - коефіцієнт використання вставок, що показує, яка частка об'єму (площі перетину) вставок втрачається при струмозніманні (в середньому 0,35);

j_y - маса однієї вставки, кг (звичайні 1,5 кг).

Отримані коефіцієнти економічності для проводів і пластин (вставок) в грошовому виразі дають можливість приблизно судити про питомі витрати.

Визначення коефіцієнта надійності базується на встановленні найменшого і найбільшого натиснень, відхилення від яких умовно вважаються відмовами. Розмір відхилення за ті, що допускаються, межі (серйозність відмови) задається шкалою небезпеки. Початковими даними для його визначення є крива контактного натиснення в прольоті (сумарна для двох пластин), значення допустимих натиснень і шкали небезпеки.

Порядок визначення коефіцієнта надійності наступний:

будують криву натиснення уздовж прольоту $P_k(x)$, що представляє суму натиснень пластин в кожен момент (інтервал) часу або відрізок прольоту;

- проліт розбивають вертикальними лініями на інтервали і горизонтальними на розряди;

- роблять вибірку значень і будують $n(P_k)$ - гістограму натиснень;

- на гістограмі наносять значення натиснення (розрядні числа) і шкали небезпеки, що допускаються, з коефіцієнтами i_m і $\phi_{\text{тах}}$;

- визначають коефіцієнт надійності по виразу

$$k = \frac{\sum n_i \psi_{\text{max } i} + \sum n_i \psi_{\text{max } i}}{n} \quad (4.6)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При проведенні експериментальних і аналітичних досліджень, що мають на меті визначити кращі з декількох конструктивних рішень відносно струмоприймача контактної підвіски або, часто користуються технічними показниками якості струмознімання.

Основним показником якості струмознімання прийнята відносна зміна натиснення струмоприймача n , яке вибирається найбільшим з двох величин:

$$n' = \frac{P_{k \max} - (P_{CT} + P_y)}{P_{CT} + P_y}, \quad (4.7)$$

$$n'' = \frac{(P_{CT} + P_y) - P_{k \max}}{P_{CT} + P_y} \quad (4.8)$$

де $P_{\max}$, $P_{\min}$ - найбільше і найменше контактне натиснення.

На підставі досліджень прийнято вважати струмознімання задовільним при $n = 0,5$. При такому n натиснення буде не вище за допустимі значення, на які розраховують конструкцію опорного вузла (тобто не буде підбивок фіксаторів), і не менше значень, при яких помітно збільшується перехідний опір в ковзаючому контакті «полоз струмоприймача - дріт» і різко зростають радіоперешкоди.

Деяким різновидом цього показника є змінна складова контактного натиснення:

$$P'_{кпер} = P_{k \max} - (P_0 + P_y), \quad (4.9)$$

$$P''_{кпер} = -P_{k \min} + (P_0 + P_y) \quad (4.10)$$

Якість струмознімання вважають задовільною, якщо $P_{кпер}$, що враховує дію динамічних сил і сил тертя в рухомій системі струмоприймача, менше.

$$0,3(P_0 + P_y) \quad (4.11)$$

Другим показником, що знайшов у нас також широке застосування, є найбільший розмах (подвійна амплітуда) вертикальних переміщень полоза в прольоті:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2A = H_{\max} - H_{\min} \quad (4.12)$$

де $H_{\max}$ і $H_{\min}$ - найбільша і найменша висоти полоза над рівнем головок рейок.

При кращих контактних підвісках і струмоприймачах найбільший розмах коливань полоза в прольоті не перевищує 50 мм для швидкості руху 180 км/год.

Третій показник - коефіцієнт відриву струмоприймача

$$k_{\text{відр}} = \frac{\sum T_{\text{відр}}}{T} \cdot 100\% \quad (4.13)$$

де $2T_{\text{відр}}$ - сумарний час одночасних відривів всіх контактних елементів полоза від дроту на ділянці; для якого визначається $A_{\text{відр}}$;

T - час проходження струмоприймачем цієї ділянки.

Коефіцієнт відриву при кращих контактних підвісках і струмоприймачах не перевищує 1,5% для швидкостей руху ЕРС 170...180 км/год.

Вплив параметрів контактної підвіски на якість струмознімання.

Одним з основних параметрів контактної підвіски є натягнення створюючих її проводів. Як правило, для досягнення найвищої вітеростійкості підвіски натягнення несучого троса і контактного дроту прагнуть зробити настільки великими, наскільки дозволяє їх механічна міцність. Природно було припустити, що натягнення проводів підвіски надає вплив і на якість струмознімання. Тому останніми роками питання це досліджувалося в багатьох країнах як аналітичним, так і експериментальним шляхом (рисунок 4.3).

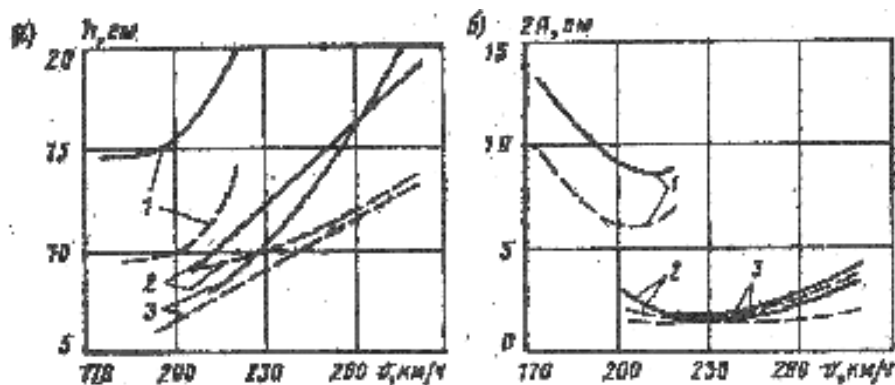


Рисунок 4.3 – Залежність середнього віджимання контактного дроту у опори (а) і розмаху вертикальних переміщень полоза у струмоприймача (б)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати досліджень показали, по-перше, що збільшення натягнення контактного дроту приводить до суттєвих зменшень відтиснення контактного дроту біля опор і розмаху вертикальних переміщень полоза струмоприймача в прольотах, причому це справедливо для різних умов струмознімання – при важчих і більш легких струмоприймачах. Підвищення натягнення несучого троса також позитивно впливає на якість струмознімання, особливо при швидкостях руху, що перевищують 140...150 км/год.

Збільшення натягнення проводів підвіски (контактного дроту і несучого троса) корисно, по-друге, відносно «зрушення» резонансної швидкості убік вищих швидкостей руху, оскільки резонансна швидкість v_r за інших рівних умов пропорційна сумарному натягненню t всіх проводів ланцюгової підвіски. Підвищення натягнення проводів особливо необхідне в умовах мотор-вагонної тяги, оскільки забезпечення струмознімання при декількох робочих струмоприймачах є важким завданням. Досвід експлуатації і експериментальні дослідження показують доцільність і можливість збільшення натягнення контактних проводів виходячи з допустимої напруги матеріалу 12 кгс/мм².

Експериментальні випробування і розрахунки показали, що на якість струмознімання великий вплив надає також стріла провисання контактного дроту. При безпровісному положенні контактного дроту ресорних контактних підвісок (у яких, як було сказано вище, еластичність в опорних точках менша, ніж в середніх частинах прольоту), при негативних стрілах провисання дроту і великих позитивних стрілах розмах вертикальних коливань полоза 2Л в прольоті і відносна зміна натиснення n струмоприймача виявляються більше, ніж при невеликих позитивних стрілах. Як видно з графіків, існує чітко виражена зона оптимальних значень стріли провисання. Для ресорних компенсованих підвісок з прийнятими на залізницях параметрами оптимальна стріла провисання контактних проводів складає 1/1200...1/1000 довжини тієї частини прольоту, в якій контактні дроти мають провисання, тобто на довжині

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прольоту $l' = (1...2) c$, де c - відстань між опорою і найближчою до неї простою (нересорною) струною.

Для ресорних, напівкомпенсованих підвісок вертикальне регулювання контактного дроту в прольоті повинне бути таким, щоб оптимальна стріла провисання дроту була при середній за рік температурі навколишнього повітря для даного району.

Постійність еластичності контактної підвіски в прольотах, що багато в чому визначає якість струмознімання, залежить також і від параметрів ресорних струн, головним чином від довжини ресорних проводів. Із збільшенням довжини ресорного дроту еластичність підвіски в опорному вузлі підвищується. Проте ця довжина не може бути прийнята скільки завгодно великою як по технічних, так і по економічних міркуваннях: при довгому ресорному дроті ускладнюється його монтаж і особливо заміна в експлуатаційних умовах. Коли ж конструктивна висота підвіски невелика, встановлені на ресорному дроті струни можуть виявитися настільки короткими, що їх доведеться виконувати ковзаючими (а це небажано). Подовження ресорного дроту приводить до збільшення витрати матеріалу. Крім того, кожне нове подовження ресорного дроту виявляється менш ефективним, чим попереднє. Тому довжини ресорного дроту повинні бути визначені розрахунком або експериментальним дослідженням.

Найбільш довершеним методом розрахунку, що передбачає сумісне визначення оптимальних довжин ресорного дроту і стріл провисання контактної дроту, є графо-аналітичний метод, розроблений канд. техн. наук А.В. Фрайфельдом. Метод заснований на забезпеченні найбільшого наближення траєкторії полоза до прямолінійної.

Натягнення ресорного дроту на еластичність підвіски у опор впливає мало, і його приймають приблизно рівним 150 кгс виходячи із зручності монтажу і необхідності мати струни, що встановлюються на ресорний дріт,

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завдовжки не меншого 1 м. Виконання останньої вимоги дозволяє обійтися в опорному вузлі без ковзаючих струн.

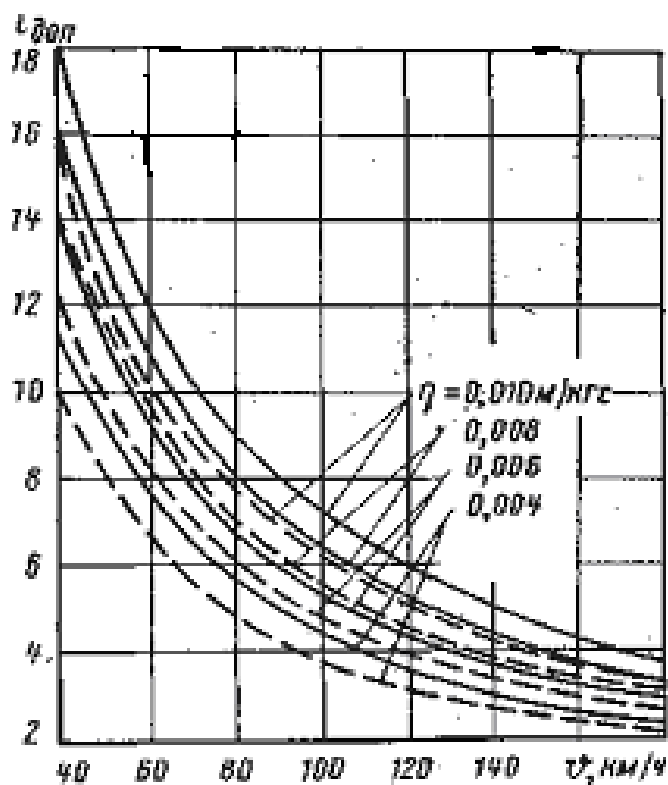


Рисунок 4.4 – Допустимі зміни ухилів контактного дроту

У зонах штучних споруд з малою висотою перекриттів, де контактні дроти підвішуються на меншій (чим в нормальному прольоті) висоті, на якість струмознімання в місці зниження дроту впливає ухил дроту. Допустимий ухил контактного дроту залежить від найбільшої швидкості руху ЕРС, середній еластичності контактної підвіски, приведеної маси і статичного натиснення струмоприймача. Великі зміни ухилу допускаються при менших швидкостях руху, більшій еластичності підвіски і легших струмоприймачах.

ВИСНОВОК

У даному дипломному проєкті проаналізовані різні види контактних підвісок і контактних вставок, що застосовують в полозах струмоприймачів.

Зроблено аналіз роботи ковзаючого контакту «полоз струмоприймача – контактний дріт». Представлений опис і порівняльні характеристики використання різних типів вугільних, металокерамічних, алюмінієвих вставок.

Досвід використання на електрорухомому складі постійного струму порошкових контактних пластин на основі заліза, легованого міддю, показав, що вони в порівнянні з мідними монолітними пластинами дозволили значно підвищити працездатність ковзаючого контакту - зменшити знос контактної дроту на 50 %, підвищити пробіги полозів струмоприймачів в 2 рази. Перспективним є введення в такий композит вуглецю у вигляді графіту і його модифікацій - фулеренів і астринів, що є нанодисперсійними частинками фулероїдного типу (нанотрубки і астрини). Специфічність електронної будови нових алотропних модифікацій вуглецю додає цим матеріалам незвичайні фізико-механічні властивості. Це дозволяє розглядати їх як перспективні модифікатори для створення композитів з підвищеними електричними, трибологічними і механічними властивостями.

Проаналізовано моделювання контактних підвісок Re-200, Re-300, Re-320, розглянута взаємодія контактних підвісок, постійної і змінної напруги, з полозом струмоприймача і різними видами застосованих в них вставок.

Розглянуто методи підвищення ефективності струмознімання на магістральних електрифікованих залізницях. Особливістю струмознімання при повітряній контактній мережі є те, що струмоприймач рухається по контактній підвісці, еластичність якої змінюється поодиночці і тому ж закону в кожному прольоті, тобто є сприятливі умови для виникнення параметричного резонансу (резонансу без дії зовнішніх сил, а виключно із-за періодичної зміни параметра - еластичності контактної підвіски). Виникнення ж резонансу - основна причина

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулярних і тривалих відривів полоза струмоприймача від контактного дроту. Ефективним способом запобігання небезпечним резонансним явищам є застосування гасителів коливань (демпферів), що встановлюються або на струмоприймачі, або в контактній підвісці. Найбільш ефективним способом збільшення терміну служби струмоприймачів та контактного дроту є заміна мідних контактних пластин вугільними вставками, що володіють високими антифрикційними властивостями. На вугільні вставки у залізницях переведені струмоприймачі всього електрорухомого складу змінного струму і частина ЕРС постійного струму.

Також розглянуто конструктивне виконання струмоприймачів. На величину тертя в рухомій системі струмоприймача вирішальний вплив робить тип застосованих в шарнірних з'єднаннях підшипників. Найкращими антифрикційними властивостями володіють кулькові та голчасті підшипники.

При взаємодії рухомого струмоприймача з контактною підвіскою в останній виникає кілька бігучих хвиль різних частот, які поширюються з різною швидкістю. У зоні впливу струмоприймача натяг контактного дроту знижується пропорційно статичному натисканню струмоприймача. Істотне значення на роботу струмоприймача при високих швидкостях руху надають вертикальні складова аеродинамічної сили, що виникає при обтіканні струмоприймача на даху рухомого складу ця складова може бути направлена вгору або вниз.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

