

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет "Транспортна інженерія"

Кафедра "Локомотиви"

"ДО ЗАХИСТУ"

Зав. кафедрою Б. Боднар Борис БОДНАР

" 17 " 01 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи *магістра*

на тему: "Подовження ресурсу роботи колісних пар локомотивів
при удосконаленні системи рейкозмащувачів"

за освітньою програмою: "Локомотиви та локомотивне господарство"
зі спеціальності 273 "Залізничний транспорт"
галузі знань 27 "Транспорт"

Виконав: студент групи ЛГ2226

В.В.В. Владислав НЕХАЄНКО

Керівник Б. Боднар Євген БОДНАР

Нормоконтролер Людмила Людмила КОЛОДІЙ

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент В.В.В.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Faculty “*Transport engineering*”

Department “*Locomotives*”

EXPLANATORY NOTE

to Master’s Thesis

master

on the topic: “**Extending the service life of locomotive wheel pairs with the improvement of the rail greaser system**”

according to educational curriculum: “*Locomotives and Locomotive Economy*”
in the Speciality 273 “*Railway transport*”
field of knowledge 27 “*Transport*”

Done by the student of the group *LG2226*:

Vladyslav NEKHAIENKO

Scientific Supervisor: Yevhen BODNAR

Normative controller: Liudmyla KOLODII

Dnipro, 2024

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Подовження ресурсу роботи колісних пар локомотивів при удосконаленні системи рейкозмащувачів» у загальному обсязі 87 аркушів розрахунково-пояснювальної записки і 6 аркушів демонстраційного матеріалу складається з 5 розділів. Магістерська робота містить 24 рисунки та 14 таблиць. Під час підготовки магістерської роботи було використано 15 літературних джерел, перелік яких наведено у розділі «Список літератури».

Об'єктом дослідження в дипломній магістерській роботі виступає колісна пара локомотива, а метою дослідження – розробка пропозицій з подовження ресурсу роботи колісних пар локомотивів при удосконаленні системи рейкозмащувачів. Предмет дослідження – механічні параметри взаємодії колісних пар з рейками.

Для досягнення поставлених завдань ми проаналізували ефективність застосування рейкозмащувачів на локомотивах й зупинились більш конкретно на таких питаннях: оглянули проблематику зносу рейок та гребнів колісних пар, проаналізували відмови колісних пар в експлуатації, проаналізували діючі системи рейкозмащувачів, навели склад і властивості протизносного покриття для гребнів колісних пар та рейок, розглянули показники зниження зносу гребнів колісних пар локомотивів. За результатами досліджень надали пропозиції щодо вдосконалення системи змащування рейок.

При розгляді питання подовження ресурсу роботи колісних пар локомотивів ми обґрунтували технологічне устаткування, яке пропонується до впровадження та модернізації для подовження ресурсу роботи колісних пар.

Оскільки рейкозмащування безпосередньо впливає на стійкість локомотива на колії, ми виконали математичне моделювання динамічних якостей локомотива в кривих ділянках колії при застосуванні рейкозмащувачів й аналітично розв'язали задачу динамічної стійкості локомотива в кривих ділянках колії. Результати свідчать про необхідність застосування лубрикації рейок та гребнів коліс.

Ключовими словами в дипломній магістерській роботі являються: подовження, ресурсу, колісна пара, локомотив, рейкозмащувач, знос, відмова, протизносне покриття, показник, рейка, устаткування, стійкість, колія.

					0032.226323.000.03МР.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЙКОЗМАЩУВАЧІВ НА ЛОКОМОТИВАХ	9
1.1 Огляд проблеми зносу рейок та гребнів колісних пар.....	9
1.2 Аналіз відмов колісних пар	9
1.3 Аналіз діючих систем рейкозмащувачів	12
1.4 Склад і властивості протизносного покриття	15
1.5 Показники зниження зносу гребнів колісних пар локомотивів.....	16
1.6 Результати досліджень та пропозиції щодо вдосконалення системи змащування рейок.....	20
1.7 Альтернативні лубрикатори та види мастила.....	25
2 ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ, ЯКЕ ПРОПОНУЄТЬСЯ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИ ПОДОВЖЕННІ РЕСУРСУ РОБОТИ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ	34
2.1 Механізація робіт по ремонту колісних пар локомотивів.....	34
2.2 Універсальна установка для відновлення профілю бандажа плазмовим наплавленням.....	43
2.3 Організація плазмового поверхневого загартування колісних пар локомотивів	47
3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ЛОКОМОТИВА В КРИВИХ ДІЛЯНКАХ КОЛІЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РЕЙКОЗМАЩУВАЧІВ.....	55
3.1 Аналітичне розв'язання задачі динамічної стійкості локомотива в кривих ділянках колії	55

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Подовження ресурсу роботи колісних пар локомотивів при удосконаленні системи рейкозмащувачів</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Нехаєнко</i>							Літ.	Арк.	Акрушів
<i>Перевір.</i>	<i>Баднар</i>							Н	5	87
<i>Реценз.</i>								<i>УДУНТ, гр. ЛГ2226</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Колодій</i>									
<i>Затверд.</i>	<i>Баднар</i>									

3.2 Математичне моделювання динамічної стійкості локомотива в кривих ділянках колії	63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РОБОТИ ДЕПО ПРИ ВІДСУТНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	74
5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ПОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ РЕЙКОЗМАЩУВАЧІВ	77
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	86

ВСТУП

Залізничний транспорт продовжує залишатися основним видом транспорту в нашій країні. Він забезпечує найбільший обсяг у перевезеннях вантажів і населення.

Головною задачею залізничного транспорту є повне і своєчасне задоволення потреб у залізничних перевезеннях, постійне підвищення ефективності і якості роботи.

Локомотивне господарство – це складний комплекс, який складається з локомотивного парку, ремонтної бази, оснащеної сучасним механізованим і автоматизованим устаткуванням, електронними діагностуючими установками, транспортними засобами, системою автоматизованих і механізованих екіпірувальних пристроїв.

Найважливішими задачами локомотивного господарства є підвищення забезпечення заданого обсягу перевезень, необхідних швидкостей, підтримка справного стану локомотивного парку. Також необхідно підвищувати рівень використання і надійності локомотивів.

Особливе місце в загальній структурі локомотивного господарства належить маневровим локомотивам, що забезпечує обробку вагонів на станціях, перевезення вантажів і пасажирів на невеликі відстані.

Стійке забезпечення перевізного процесу локомотивами, базується на правильному режимі експлуатації, ефективному використанні планово-попереджувальної системи обслуговування і ремонту локомотивів, високій трудовій дисципліні.

Задача підвищення ефективності експлуатації локомотивів стає особливо актуальною в даний час у зв'язку з переходом до ринкової економіки, відсутністю в даний час достатньої кількості засобів для розвитку локомотивного господарства.

У цьому зв'язку необхідно систематизувати й удосконалювати систему експлуатації локомотивного господарства, технологію ремонту і технічного обслуговування, розробляти і впроваджувати прогресивні технології, проводити

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заходи щодо підвищення ефективності експлуатації локомотивів.

Одним з найважливіших шляхів рішення цих задач є аналіз і обробка статистичних даних про роботу локомотивного депо, моделювання показників при зміні основних факторів, що впливають, упровадження сучасних засобів технічної діагностики.

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЙКОЗМАЩУВАЧІВ НА ЛОКОМОТИВАХ

1.1 Огляд проблеми зносу рейок та гребнів колісних пар

Сучасний стан проблеми «колесо-рейка» диктує жорсткі вимоги до систем автоматичного змащування гребнів, якими є:

- необхідна міра зниження інтенсивності зношування гребнів коліс і рейок;
- мінімальна питома витрата мастильних матеріалів;
- автоматичне регулювання подачі мастила без втручання локомотивної бригади;
- відсутність забруднення мастилом екіпажної частини локомотива та зниження протибуксуючих властивостей локомотива.

Незважаючи на високу ефективність застосування лубрикації, зафіксовану при експлуатаційних випробуваннях ряду систем автоматичного змащування, докорінно проблема наднормативної інтенсивності зносу гребнів коліс і рейок на мережі залізниць України не вирішена. Причиною цього є як достатньо низька надійність наявних приладів подачі мастила, так і зайве спрощення алгоритмів управління лубрикаторами.

Останнє призводить до таких наслідків:

- надмірної витрати змащувального матеріалу;
- значного забруднення ним екіпажної частини локомотивів;
- збільшує ймовірність боксування.

Перелічені фактори суттєво погіршують умови експлуатації та технічного обслуговування як самих змащувальних приладів, так і всієї екіпажної частини локомотивів, є причиною частих відмов від використання лубрикації з боку локомотивної бригади та ускладнюють широке впровадження рейкозмащувачів.

1.2 Аналіз відмов колісних пар

Аналіз виконано у вигляді гістограми з розбивкою по роках за останні п'ять років [6]. З представленої (рис. 1.1, табл. 1.1) гістограми видно, що

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

найбільше несправностей колісних пар виникає через неправильні дії локомотивної бригади та обумовлюються фізичним зносом елементів бандажа.

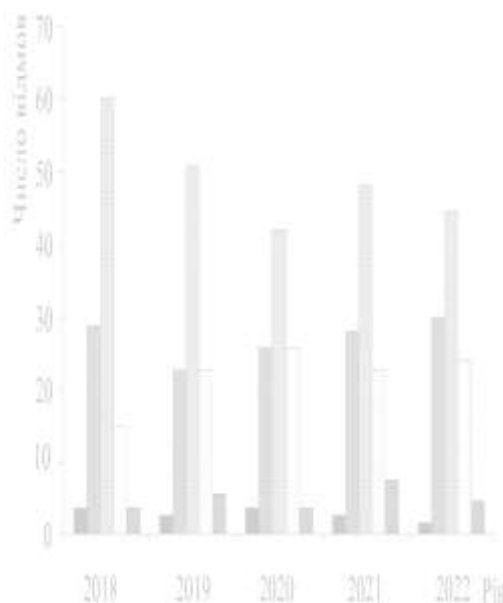


Рисунок 1.1 - Аналіз відмов колісних пар:

■ -зсув бандажа; ■ – прокат по колу кочення; ■ – гострокінцевий накат;
 ■ – повзун; ■ – навар

Таблиця 1.1 – Аналіз відмов колісних пар

Несправність колісної пари	Рік експлуатації				
	2018	2019	2020	2021	2022
Зсув бандажа	3	2	3	2	1
Прокат	29	21	23	25	27
Гострокінцевий накат	60	50	43	46	41
Навар	4	5	4	8	6
Повзун	15	22	24	20	22

В табл. 1.1 зібрана статистика відмов колісних пар, виявлених на локомотивах депо С. та З. Особливістю цих даних є те, що локомотиви вищезгаданих депо, використовуються здебільшого для маневрової, господарчої,

вивізної роботи та підштовхування.

Дані види локомотивної роботи характеризуються низкою факторів: короткі тягові плечі обслуговування, робота в одних і тих же кривих, експлуатація локомотивів по закріпленому виду.

Основним фактором, який впливає на відмови колісних пар, є фактор постійної експлуатації в одних і тих же кривих. При такій експлуатації йде підвищений знос гребнів колісних пар, збільшується знос величин прокату і вертикального підрізу колісних пар, і, як самий розповсюджений вид відмови - гострокінцевий накат.

Наступним по важливості, фактором, на наш погляд, є закріплення локомотивних бригад за певним локомотивом. З однієї сторони, такий вид експлуатації дає позитивний результат - більш якісне і бережливе утримання локомотива (ТО-1), виявлення особливостей роботи локомотива (знаходження характерних несправностей кожного локомотива окремо, для повного їх усунення), а з іншої сторони – більш низький рівень прийомки локомотива, внаслідок неточності погляду при огляді. Людський фактор проявляється і в тому, що такий вид відмови, як повзун, найчастіше відбувається унаслідок невідпущених ручних гальм локомотива в місцях відстою і зміни локомотивних бригад, а також в результаті невірних дій при виконанні поїзної роботи.

Щоб зменшити кількість відмов, пов'язаних з використанням їх на одних і тих же ділянках шляху, необхідно вчасно виробляти розворот локомотиву для зміни розташування його колісних пар і зменшення дії на них з боку колії. Також, не допускати роботу локомотиву з простроченим ТО-2 (для своєчасного виявлення гострокінцевого накату, проміру товщини гребнів і прокату колісних пар). Локомотивним бригадам, при проведенні технічних занять і інструктажів, постійно доводити інформацію про контроль стану колісних пар при зовнішньому огляді, перевірку наявності гострокінцевого накату (великим пальцем руки), стані ручних гальм і ведення потягу або виконання інших видів робіт, згідно режимних карт для даних профілів колії.

При проведенні ТО-4 (обточування колісних пар) локомотива, необхідно виконувати обточування колісних пар так, щоб їх параметри (товщина гребня,

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

прокат, товщина бандажа) були однаковими або гранично близькими за величиною, що сприяє стійкішій експлуатації і самих колісних пар і локомотива в цілому.

Прогресивним методом зменшення фізичного зносу колісних пар є застосування гребнезмащувачів. Принцип дії яких, заснований на подачі мастила на поверхню круга катання колісної пари в русі і зменшення, за рахунок мастила, тертя колісної пари об рейку. Цей метод апробований і впроваджується в локомотивному господарстві, істотно знижуючи знос колісних пар, тим самим подовжуючи термін їх експлуатації.

1.3 Аналіз діючих систем рейкозмащувачів

Найбільш ефективним методом зниження швидкості зносу колісних пар рухомого складу і залізничних рейок вважається змащування тертьових поверхонь. Мастильний матеріал наносять або на гребні коліс, або на бічну грань головки рейки. При встановленні гребнезмащувачів на локомотиві змащування безпосередньо вводиться в контакт із рейками однієї-двох колісних пар. Якась частина мастильного матеріалу переноситься і до інших колісних пар цього локомотива. Що ж стосується численних вагонних коліс, то в їхній контакт із рейками змащування практично не потрапляє і на зношування впливу не здійснює.

В закордонній практиці для змащування залізничних рейок та гребнів коліс застосовуються, зазвичай, вуглеводневі рідкі та пластичні мастильні матеріали з домішками (наприклад, із сульфідом молібдену). Для їх нанесення необхідна велика кількість прецизійних лубрикаторів, які забезпечують дозування мінімально необхідної кількості змащування без забруднення рейок і зниження коефіцієнта зчеплення. Дослідженнями, проведеними в США, встановлено, що змащування рейок на всій протяжності дає річну економію у 1,5 рази більше, ніж при змащуванні лише в кривих радіусом менше 873 м. Витрата палива на тягу знижується у першому випадку на 11,5-15,2% (в залежності від умов та профілю), а в другому – на 2,5-5,2%.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Відомості про зношування гребнів, які змащуються, суперечливі. З досвіду ФРН рідинні гребнезмащувачі можуть забезпечити зниження інтенсивності зносу в чотири рази. Подібна ефективність була досягнута на залізницях США і при використанні молібденітових стрижнів. Інші дані свідчать про зменшення інтенсивності зносу на 20-40%. Іноді істотних змін зносу в результаті застосування гребнезмащувачів не спостерігається.

При використанні стаціонарних колійних лубрикаторів змащування подається на робочу грань головки і наноситься на гребні всіх коліс рухомого складу. Колеса розносять її по рейці на кілька кілометрів. Розташовуючи уздовж колії достатню кількість лубрикаторів, можна забезпечити повне змащування третьових поверхонь. Для широкого застосування такі пристрої мало придатні, тому що вони вимагають надмірних витрат на встановлення, обслуговування й забезпечення збереженості. Стаціонарні шляхові лубрикатори доцільні використовувати для прикриття горловин станцій, чим забезпечується змащування стрілочних переводів.

Найбільш раціональним вважається нанесення мастильного матеріалу на бічну поверхню головки рейок із використанням пересувних рейкозмащувачів. У цьому випадку, за умови нанесення на обидві рейки, змащування подається до всіх пар тертя колесо-рейка на протязі оброблюваної ділянки. За її межами ефект змащування швидко убуває зі зменшенням кількості змащування на одиниці площі поверхні тертя, оскільки це визначається процесом переносу змащування колесами рухомого складу.

При змащуванні тільки зовнішніх рейок у кривих, до чого зазвичай, прагнуть у даний час, без змащування залишаються приблизно три чверті залізничних ліній. Відповідно зменшується і можливий техніко-економічний ефект.

Як показав досвід використання для змащування колеса-рейки різних мастил (індустріальних, трансмісійних, моторних), без твердозмащувальних та інших добавок вони мало ефективні. Так, наприклад, при змащуванні нігролом спостерігаються вириви в результаті захоплення третьових поверхонь, тоді як у присутності твердого змащування з присадкою поверхня виходить досить

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

гладкою. Для поліпшення мастильних властивостей до масел, зазвичай, додають молібденіт, дрібнозернистий графіт, смолисті речовини.

До недоліків звичайних рідких і консистентних змащувань у контакті гребінь колеса-рейка відносяться:

– буксування коліс локомотива при тязі й русі юзом при реостатному гальмуванні у випадку потрапляння змащування на поверхні катання. Це викликає необхідність у складних і дорогих змащувальних пристроях, що забезпечують точне дозування;

– різке зниження ефективності змащування на ділянках, де для збільшення зчеплення під колеса подають пісок, що утворює з маслом подобу абразивної пасти;

– забруднення баласту і навколишнього середовища.

Цих недоліків не мають тверді мастильні матеріали, що у контакті колесо-рейка можуть використовуватися у вигляді брикетів (олівців), притиснутих до робочої поверхні гребня, або у вигляді плівкового покриття, нанесеного на бічну грань і площину головки рейки. Як відзначено вище, нанесення на рейки набагато ефективніше. Попадання матеріалу на поверхню катання не порушує зчеплення коліс із рейками; підбором складу твердозмащувального покриття можна навіть підвищити й стабілізувати коефіцієнт зчеплення. Вибір компонентів покриття досить широкий, і цілком можливо забезпечити його низьку вартість і екологічну чистоту при збереженні достатніх протизносних властивостей.

Таким чином, для одержання найбільшого техніко-економічного ефекту необхідно за допомогою пересувних рейкозмащувачів наносити протизносне покриття на бічні грані і площині головки рейок на всій протяжності залізничної мережі.

Істотне значення для залізниць України має також вартість протизносного покриття, його дефіцитність і нешкідливість. З цього погляду доцільно досліджувати можливості використання різного роду промислових відходів як компонентів розроблювальних складів покриттів.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.4 Склад і властивості протизносного покриття

Існує цілий клас твердих речовин, які володіють мастильною здатністю. Це графіт, дисульфід молібдену, дихалькогеніди таких металів, як вольфрам, молібден, тантал, ніобій, галоїдні з'єднання, сульфіді й фосфіді металів. Як мастильні матеріали можуть застосовуватися багато оксидів, які запобігають схоплюванню тертьових деталей, а також м'які метали – мідь, олово, алюміній, свинець, кадмій та ін. Твердим змащуванням, або самозмащувальними матеріалами, служать багато полімерів, особливо такі, як фторопласт, поліетилен, поліамід, широко використовувані в триботехніці.

Твердозмащувальні матеріали ефективні при дуже високих навантаженнях, які досягають значень межі міцності матеріалу підкладки. Їхньою найважливішою характеристикою, яка визначає антифрикційні властивості, є малий опір зсуву. Крім того, вони повинні добре зчіплюватися з поверхнею. У випадку деяких речовин, які містять, наприклад, сірку й фосфор, відбувається модифікація поверхні за рахунок утворення з'єднань з основним металом. Для твердозмащувальних плівок, однак, зчеплення з поверхнею часто носить механічний характер, коли частки твердого змащування просто впроваджуються в западини шорсткості поверхні тертя. Проте, навіть в інертних речовин у результаті механічної активації хімічних та інших процесів у зоні тертя спостерігається хімічна взаємодія з металевою поверхнею. У слоїстих та інших кристалічних твердозмащувальних речовин гарне зчеплення з підкладкою досягається впровадженням гострих кромки кристалітів у її поверхню.

Способи застосування твердозмащувальних матеріалів:

- введення їх у дисперсному вигляді в масла і консистентне змащування;
- у порошкоподібному вигляді, наприклад, при обробці металів тиском;
- ротапринтний спосіб, при якому тверде змащування у вигляді спеціальних брикетів наноситься на поверхню за рахунок тертя;
- нанесення хімічними й електрохімічними способами, коли, наприклад, оксиди й сульфіді утворюються прямо на поверхні тертя;
- нанесення на поверхню суспензії з твердозмащувального порошку і

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

плівкоутворювальної рідини, яка представляє собою розчин смоли або рідке скло (водний розчин силікату натрію). Після отвердіння утвориться твердозмащувальне покриття товщиною 20-30 мкм.

Перший спосіб отримав поширення при змащуванні пар колесо-рейка у формі добавок графіту або дисульфиду молібдену в нафтові масла та консистентне змащування, використовувані в бортових або стаціонарних колійних лубрикаторах. Ці мастильні матеріали варто визнати непридатними для широкого застосування як внаслідок властивих їм недоліків, відзначених вище, так і внаслідок високої вартості.

Ротапринтний спосіб знайшов застосування в локомотивних гребнезмащувачах із брикетами з композиційних матеріалів, які містять дисульфід молібдену, графіт, зв'язуючу речовину й різноманітні добавки. Для того, щоб гребнезмащувачі мали відчутну ефективність, ними потрібно обробити значну частину загальної кількості коліс рухомого складу, що нереально. Заслужує на увагу використання брикетованого матеріалу для нанесення твердозмащувального покриття безпосередньо на рейки. Однак, у літературі не виявлено відомостей про практичне здійснення такого процесу. Необхідні дослідження ще не виконані.

Останній з перерахованих способів – нанесення на рейки суспензії з твердозмащувального порошкоподібного матеріалу зі зв'язуючою речовиною – представляється найбільш раціональним для повсюдного застосування. При цьому способі можливі усілякі варіанти в складі покриття й конструкціях пристроїв для його нанесення, що частково вже успішно випробувані. Отримані результати свідчать про можливість поєднати досить високу ефективність і прийнятну вартість протизносної обробки поверхонь рейок, які зношуються, і коліс на всій протяжності залізничних ліній.

1.5 Показники зниження зносу гребнів колісних пар локомотивів

На виробництві за рік середній знос гребнів колісних пар на 10 тис км пробігу усіх серій тягового рухомого складу (ТРС) Придніпровської залізниці

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

знаходяться на стабільному рівні в порівнянні з минулим роком і склав 0,28 мм. В поточному році була продовжена робота по обладнанню електровозів гребнезмащувачами в умовах локомотиворемонтних депо. В депо заплановано обладнати лубрикаторами 22 електровоза ЧС7 та 3 тепловоза ЧМЭЗ.

Аналіз зносу бандажів колісних пар електровозів та рейок, які експлуатуються на перевальних ділянках залізниці розглянемо з розрахунку на 10 тис км пробігу (табл. 1.1, 1.2, 1.3, рис. 1.2, 1.3). З наведеного аналізу зносів бандажів колісних пар електровозів, які експлуатуються на гірських ділянках, бачимо, що із застосуванням лубрикації рейок їх знос знизився вдвічі. Ми можемо говорити тільки про зниження темпів росту цього зносу. Це пояснюється застосуванням піску на цих ділянках, що зводить нанівець позитивні результати лубрикації.

Таблиця 1.1 – Знос бандажів колісних пар на 10 тис км пробігу

Серія ТРС	Кількість ТРС	Кількість ТРС обладнаних рейкозмащувачами	Знос гребнів к.п. ТРС на 10 тис км пробігу	Знос гребнів к.п. ТРС на 10 тис км пробігу (локомотиви обладнанні системою рейкозмащування)
ЧС2	52	18	0,39	0,26
ЧС7	32	17	0,36	0,24
ВЛ11 ВЛ11м	4 / 21	7	0,53	0,33
ВЛ11м/6	5	5	0,26	0,169
ВЛ8	14	-	0,22	-
2ТЭ116	16	12	0,42	0,36
ЧМЭЗ	42	-	0,4	-

Служба локомотивного господарства врахувала досвід заліниць України в галузі застосування лубрикації рейок за допомогою пристроїв, якими обладнані магістральні локомотиви, що слідують в голові поїзда.

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Таблиця 1.2 – Знос гребня колісних пар локомотивів обладнаних системою гребнезмащування

Місяць	Знос гребнів на 10 тис км пробігу по серії локомотива, мм				
	ЧС2	ЧС7	ВЛ11	ВЛ11м/6	2ТЕ116
Січень	0,26	0,24	0,37	0,16	0,25
Лютий	0,20	0,29	0,34	0,17	0,28
Березень	0,16	0,24	0,38	0,16	0,16
Квітень	0,17	0,26	0,35	0,17	0,19
Травень	0,165	0,29	0,25	0,15	0,15
Червень	0,18	0,3	0,29	0,13	0,17
Середня величина	0,189	0,27	0,33	0,15	0,2

Таблиця 1.3 – Знос гребня колісних пар локомотивів обладнаних системою гребнезмащування

Місяць	Знос гребнів на 10 тис км пробігу по серії локомотива, мм				
	ЧС2	ЧС7	ВЛ11	ВЛ11м/6	2ТЕ116
Липень	0,26	0,24	0,33	0,17	0,36
Серпень	0,24	0,23	0,34	0,16	0,37
Вересень	0,27	0,25	0,38	0,17	0,40
Жовтень	0,25	0,26	0,35	0,16	0,38
Листопад	0,20	0,21	0,27	0,15	0,37
Грудень	0,19	0,20	0,26	0,13	0,34
Середній знос гребня к.п.	0,23	0,23	0,32	0,15	0,37

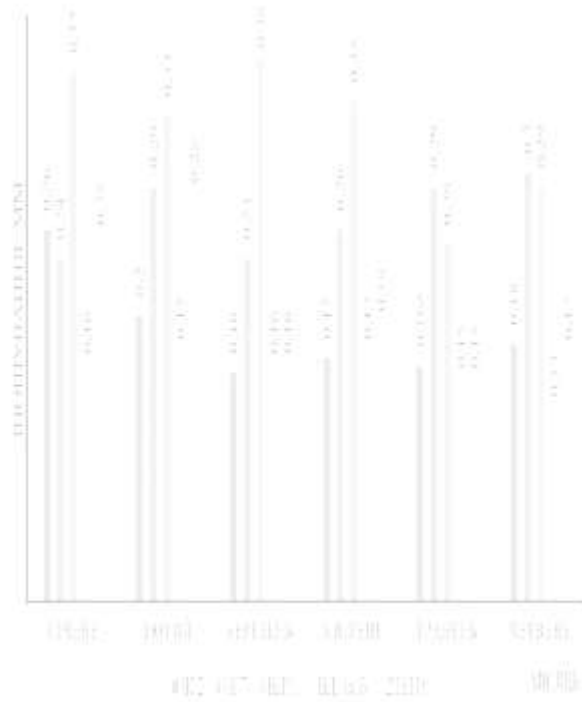


Рисунок 1.2 – Розподіл зносу гребнів колісних пар по серіях локомотивів

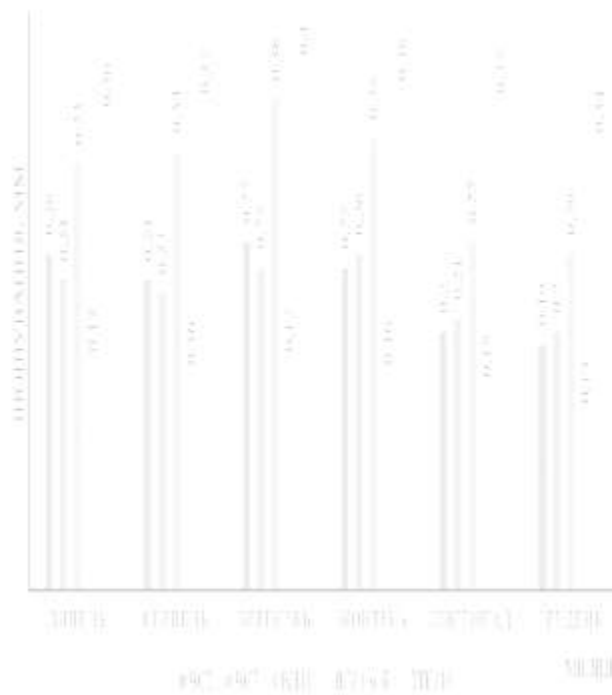


Рисунок 1.3 – Розподіл зносу гребнів колісних пар по серіях локомотивів

Часті виходи з ладу цих пристроїв, ускладнення технічного догляду та ремонту таких елементів і ускладнений контроль за регулярністю застосування лубрикації локомотивними бригадами не дозволяли отримати позитивного ефекту від застосування лубрикації. Придніпровська залізниця пішла по шляху

обладнання пересувних пристроїв для змащування рейок в кривих та їх обслуговування прикріпленими локомотивними бригадами. Два рази на добу рейки в кривих змащувалися графітовим змащуванням, виготовленим на базі осьового масла. Витрата змащування при щітковому нанесенні складала 128 кг змащування на добу або 2,46 кг на 1 км кривої. Витрата графітового змащування при ежекторному нанесенні на бокову частину головки рейки складала 70 кг на добу або 1,35 кг на 1 км кривої.

Спочатку передбачалось наносити змащування на рейки спеціальними щітками. Управління пристроєм здійснювалося з кабіни машиніста.

Відомий цілий ряд способів зниження інтенсивності зносу гребнів і рейок, до основних з яких можна віднести:

- змащування гребнів локомотивними лубрикаторами;
- змащування бічної грані головки рейки підлоговими рейковими лубрикаторами;
- змащування гребнів підлоговими лубрикаторами;
- використання раціональних профілів бандажів колісних пар;
- використання оптимальних співвідношень твердості бандажів і рейкової сталі;
- використання раціональних режимів ведення поїздів;
- використання раціональних технологій обточування колісних пар.

При збільшенні періоду обточування колісних пар збільшується час їх експлуатації в переробному, зміцненому стані гребнів. При цьому середня інтенсивність зношування різко знижується.

1.6 Результати досліджень та пропозиції щодо вдосконалення системи змащування рейок

1.6.1 Будова пристрою для змащування рейок

В локомотивному депо використовуються 2 види рейкозмащувачів. На двосекційних локомотивах (ЧС7, ВЛ8) встановлені рейкозмащувачі типу ГСЗ, на односекційних локомотивах (ЧС2) встановлені рейкозмащувачі типу ГСЛ-1.

					<i>0032.226323.000.03МР.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Локомотивний рейкозмащувач ГСЗ призначений для змащування гребнів колісних пар рейкового рухомого складу.

Застосування рейкозмащувача ГСЗ забезпечує:

- зниження інтенсивності зносу гребнів коліс (бандажів) та збільшення їх ресурсу;
- зниження інтенсивності бокового зносу рейок та збільшення їх строку служби;
- зменшення опору руху та витрат електроенергії (дизпалива) на тягу поїздів;
- зменшення небезпеки сходу з рейок із-за зниження коефіцієнту тертя;
- зниження витрат, пов'язаних з простоем рухомого складу при заміні коліс (бандажів) і рейок.

Призначення лубрикатора. Локомотивні лубрикатори призначені для змащення гребнів колісних пар рейкового рухомого складу (магістральні та промислові локомотиви, вагони трамвая та метрополітену).

Застосування лубрикаторів забезпечує:

- зниження інтенсивності зношування гребнів коліс та збільшення їх ресурсу;
- зниження інтенсивності бокового зношування рейок та збільшення їх терміну служби;
- зменшення опору руху та витрати дизельного палива на тягу поїздів;
- зменшення небезпеки сходу з рейок через зниження коефіцієнта тертя;
- зниження витрат, пов'язаних із простоем рухомого складу при заміні коліс (бандажів) та рейок.

Вимоги до лубрикаторів. Локомотивні лубрикатори повинні забезпечити:

- суттєве зниження інтенсивності зношування гребня;
- роботу в автоматичному режимі без втручання локомотивної бригади;
- можливість використання різноманітних мастильних матеріалів, в тому числі таких, які піддаються біохімічному розкладанню;
- низьку вартість, простоту монтажу та обслуговування;

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- можливість регулювання кількості мастила, яке подається в зону тертя в залежності від типу рухомого складу та умов експлуатації;
 - мінімальне забруднення екіпажної частини та верхньої будови колії.
- Всім переліченим вимогам відповідає лубрикатор ГСЗ.

Технічні характеристики

Напруга живлення (постійний струм), В	50; 75; 110
Тиск повітря, МПа	0,5 – 0,9
Можлива частота подачі мастила, м	99; 132; 165; 196; 263
Об'єм резервуара для мастила, л	6,0
Кількість пневмогідронасосів (на локомотив)	2
Кількість розпилювачів мастила (на локомотив)	4
Кількість одночасно працюючих розпилювачів	4 (2)
Кількість мастила, яке подається за одне включення, г	0,2 (0,1)
Режим роботи пристрою	автоматичний

Мастило, яке використовується – біологічні мастила, що легко розщеплюються, чи мастила класу N000 по NGLI (наприклад, типу “Могул”), і, як найпоширеніше «АЗМОЛ Рельсол-М», призначені для змащення гребнів колісних пар.

Рейкозмащувач працює наступним чином.

Змашувальний матеріал розміщений в герметичних резервуарах 2 і під дією поступаючого через роз'єднувальний кран 1 з магістралі локомотива стиснутого повітря (0,5 МПа) нагнітається через роз'єднувальні крани 3 і масляні фільтри 5 в дозуючі камери насосів 6 (рис. 1.4) .

При включенні електропневматичних вентилів 4 від кожного насосу 6 і магістраль повітряно-масляної суміші поступає 0,1г мастильного матеріалу, котрий з допомогою форсунок 7 напиллюється на гребні колісних пар.

Форсунка 7 є пристроєм для змішування змащування з повітрям і подачі її

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Рисунок 1.4 – Схема рейкозмащувача:

1, 3 – роз’єднувальний кран; 2 – резервуар для мастила; 4 – електропневматичний вентиль; 5 – дозуючий насос; 6 – розпилювач повітря-масляної системи

на бічну грань головки рейок. Форсунка розташована на спеціальному кронштейні, встановленому на корпусі букси колісної пари. Наконечник форсунки з’єднаний з корпусом за допомогою гумової трубки. Така конструкція виключає поломки при проходженні стрілочних переводів і переїздів. З’єднання форсунки з масляною і повітряною магістралями здійснюється гумовими шлангами.

Частота включення електропневматичних вентилів визначається системою автоматичного управління СУ, яка складається з датчика пройденого шляху ДП і блоку живлення БП.

Блок живлення представляє собою транзисторний ключ, керуючий елементами, зібраними на основі інтегральних мікросхем. Регулювання тривалості імпульсу здійснюється за допомогою змінного резистору R6. Частота включення блоку живлення визначається місцем під’єднання перемички А на комутаційному полі плати блоку живлення. Датчик шляху складається з

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

закріпленого на приводному валу, швидкостеміра постійного магніту і нерухомого герметичного магніту, який керує контактом, періодично замикаючого при русі електровоза (одне замикання за один оберт валу швидкостеміра). Передбачена можливість подачі мастила через кожні 99, 132, 165, 198 і 265 м.

Для рухомого складу з максимальними швидкостями руху до 100 км/год рекомендується подача мастила з інтервалом 99 м.

1.6.2 Монтаж лубрикатора

Для кожного типу локомотива заздалегідь визначаються найбільш доцільні місця кріплення резервуара, панелі керування та місце підключення до магістралі стиснутого повітря 0,5 МПа. Схема розташування елементів лубрикатора представлена на рис. 1.4. При монтажі елементів лубрикатора виконуються наступні роботи.

Підключення пневматичного кола до магістралі стиснутого повітря. Підключення виконується шляхом уварювання сполучного штуцера 18 у встановленому місці магістралі 0,5 МПа 19. На штуцері встановлюється роз'єднувальний кран 17.

Кріплення панелі керування. Панель керування 1 кріпиться у вертикальному стані чотирма болтами 28, які угвинчуються в дистанційні втулки 29, заздалегідь приварені до металоконструкцій в місці, що забезпечує зручне обслуговування.

Кріплення резервуара. Резервуар 10 кріпиться хомутом 11 на двох шпильках 30, приварених до металоконструкцій кузова. Після виконання робіт з кріплення резервуара встановлюється роз'єднувальний кран 15 з фільтром 16.

Монтаж датчика шляху. На приводному валу швидкостеміра 24 в кабіні машиніста, хомутами 5, 27 кріпиться до нерухомих металоконструкцій на відстані 5-6 мм до магніта 26 хомутами 20, 21.

Установка дільника повітряно-масляної суміші. Дільник повітряно-масляної суміші 34 приварюється до кінцевого бруса 33 рами візка в середній його частині відносно подовжній осі локомотива для 1-ої та 8-ої колісних пар.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

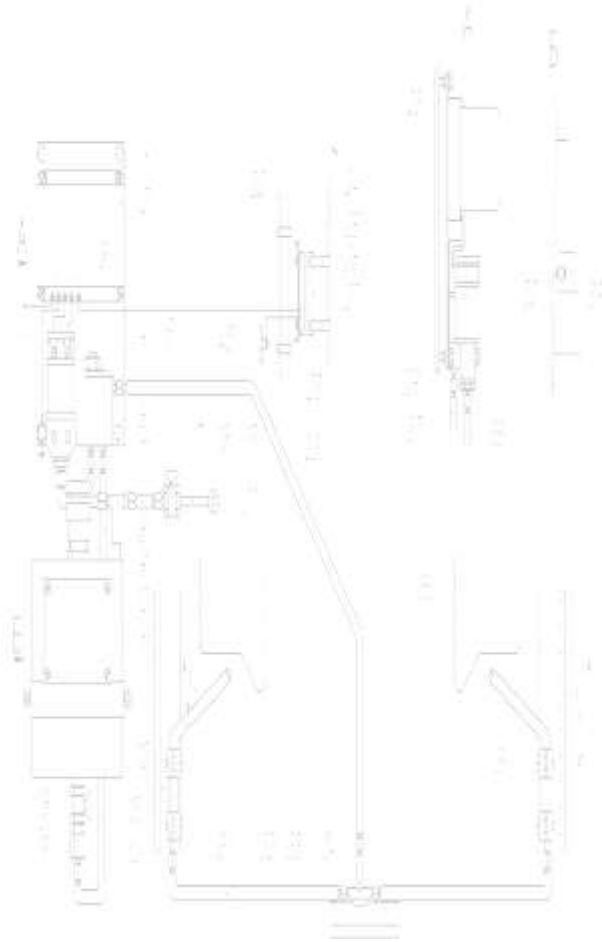


Рисунок 1.5 – Схема розташування елементів лубрикатора ГСЗ

Кріплення утримувачів розпилювачів. Утримувачі 14 розпилювачів мастила 31 приварюються до поздовжньої боковини 13 рами візка в місці, яке дозволить виконувати необхідні умови орієнтації розпилювача відносно бандажів 36. Фіксація розпилювача здійснюється за допомогою болтів 36.

Монтаж гнучких рукавів та електричних кіл. Монтаж гнучких рукавів виконується згідно даним табл. 1.4, а електричних кіл – згідно даним табл. 1.5.

1.7 Альтернативні лубрикатори та види мастила

На даний час існує багато систем змащування гребнів колісних пар локомотивів, серед них досить поширена система СПП12-5, яку випускає науково-виробнича фірма «Південьтехнотранс». Вибір лубрикатора ГСЗ, в порівнянні з СПП12-5, обумовлений тим, що при приблизно однакових технічних характеристиках, ГСЗ значно дешевший у виготовленні і монтажі.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 1.4 – Призначення та довжина гнучких рукавів (згідно з рис. 1.5)

Позначення рукава	Назва сполучного вузла	Довжина, м/кількість, шт. для електровоза ВЛ8
7	Кран 17 – трійник 6	3,2/2
9	Трійник 6 – штуцер ЕПВ 38	0,4/2
8	Штуцер ЕПВ 37 – насос 4	0,4/2
12	Фільтр 16 – насос 4	1,0/2
5	Насос 4 – дільник 34	3,2/2
32	Дільник 34 – розпилювач 31	2,0/2

Таблиця 1.5 – Дані для виконання монтажу електричних кіл лубрикатора

Ділянка електричного кола	Довжина дроту для електровоза ВЛ8
Клема 1 блока живлення – +50В кола управління	6,0
Клема 2 блока живлення – корпус	0,3
Клема 3 блока живлення – Ліва клема ЕПВ	0,2
Клема 4 блока живлення – Права клема ЕПВ	0,2
Клема 5 блока живлення – геркон	7,0
Геркон – корпус	1,0
Місце підключення до «+» джерела живлення (по схемі електровоза)	Дріт №65

Тому, більш доцільно і вигідно використати лубрикатор ГСЗ.

Серед інших систем гребнезмащування викликає інтерес автоматичний гребнезмащувач АГС8, розроблений за кордоном, і який з успіхом використовується в локомотивних депо. Застосування АГС8 у ряді локомотивних депо дозволило в 5-10 разів зменшити інтенсивність зносу

гребнів, що підвищує в 2-3 рази термін служби колісних пар. Слід помітити що для відновлення альбомного профілю колісної пари у разі підрізу гребня необхідно зрізувати в 2-3 рази більше металу, чим при обточці по прокату. Технічні характеристики ГСЗ та АГС8 досить схожі, але мають деякі відмінності. У АГС8 більший діапазон можливої частота подачі мастила і напруги живлення електронного блоку управління. Також в роботі АГС8 припиняється подача мастила при використанні піскоподачі локомотивною бригадою. Більш економічна подача мастила. Крім того, АГС8 працює від електронного швидкостеміра. При умовах встановлення електронних швидкостемірів на електровозах ВЛ8, з'явиться можливість використання АГС8. Головним недоліком АГС 8 є його висока ціна.

Мастило «АЗМОЛ Рельсол-М», яке пропонується використовувати при експлуатації гребнезмашувача ГСЗ, на даний час є найбільш доцільною з точки зору ціна-якість.

У 1982-1984 рр. у ДПТі було розроблене і впроваджене покриття для ходових коліс мостових кранів дизельного та складального цехів ДТРЗ, яке за своєю якістю значно краще ніж «Рельсол-М», але використання дорогих компонентів при виготовленні, робить його використання на залізниці економічно не вигідним.

Крім того мастило «Рельсол-М», яке пройшло випробування часом, перспективним є використання у гребнезмашувачах нового мастила «Пума-М». Воно розроблене виробниками того ж «Рельсола-М», має відмінності у своїх характеристиках і після випробувань на окремих ділянках залізничних колій та аналізу його якості, може замінити «Рельсол-М». До того ж ціна його майже така сама, як і «Рельсол-М».

1.5.2 Шляхи збільшення строку служби бандажів

Існує декілька шляхів збільшення строку служби бандажів:

- зменшення інтенсивності зносу;
- відновлення бандажу.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Довговічність виготовлених і деталей, які відновлюються, може бути підвищена за рахунок зміцнення їхнього поверхневого прошарку. Зміцнення доцільно для колінчатих валів, листових ресор, бандажів і коліс колісних пар і різноманітні вали, що працюють при циклічному навантаженні. Підвищення експлуатаційних властивостей деталей локомотивів і вагонів, які відновлюються наплавленням і механічною обробкою можна досягти деякими методами зміцнення:

- хіміко-термічною обробкою;
- поверхневим загартуванням;
- поверхневим пластичним деформуванням;
- електромеханічною обробкою;
- застосуванням зносостійких покриттів і т.д.

Зменшити інтенсивність зносу бандажа можна збільшивши твердість матеріалу за допомогою електроіскрового та електродугового зміцнення. У більшості локомотивних депо для електроіскрового зміцнення бандажів застосовувалися електроіскрові установки УПР-3М, ІЕ-2М. Кращі результати зміцнення місцевого прокату досягалися при так званому грубому режимі 1-3 А, 200 В при питомому часі зміцнення 6 хв/см².

Зменшити зношування можна також за допомогою раціонального підбору профілю бандажу та рейки.

Раціональний профіль бандажа повинен забезпечувати:

- розвиток контактних поверхонь, зниження контактних напружень, і підтримання протягом заданого періоду експлуатації раціональної форми зносу гребня при найменшому односторонньому зносі гребня;
- стабільність ходових якостей незалежно від розміру покату, плавність ходу, поліпшене центрування колісної пари при русі в прямолінійній ділянці колії.

Аналіз характеру зносу бандажів показує, що профілі які використовуються в даний час характеризуються інтенсивним зносом гребня при зміні його товщини від 33 до 30 мм. При подальшому зменшенні товщини гребня інтенсивність зносу

					0032.226323.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

зменшується.

Інтенсивне зношування коліс зростає одночасно зі зростанням величини зношування рейок, що може бути пояснено зменшенням площі контакту колеса з рейкою. Особливо несприятливою вважається ситуація, коли колесо котиться по зовнішній нитці кривої, контактуючи з рейкою тільки по гребню і не маючи опори на поверхню кочення.

Була розроблена технологія обточування до вищенаведених розмірів. Для визначення ефективності заходу одна секція локомотивів був обточений до 33 мм, а друга секція – до 30 мм. Вже після 3000 км у середньому зношування на одне колесо склало:

- при обточуванні до 33 мм – 1,69 мм;
- до 30 мм – 0,69 мм.

Інтенсивність зносу знизилася в 2,26 рази. Через 7500-8000 км зношування гребня склало відповідно 2,1 мм і 1,0 мм, після 16500-17000 км товщина гребня практично зрівнялась.

1.5.3 Рекомендації по зниженню зносу колісних пар локомотивів

У результаті проведеного аналізу досліджень динаміки зношення гребнів бандажів колісних пар локомотивів і методів усунення (зменшення) зносу були вироблені пропозиції по зниженню зносу колісних пар. Збільшення зносу пари «колесо-рейка» є наслідок багатьох причин, головною із яких вчені і фахівці вважають зміну допусків на утримання колії, тому їхнє усунення повинно виконуватися по кількох напрямках.

Перший напрямок – це усунення причин, які і раніше мали місце і впливали на інтенсивність зношування гребнів колісних пар, але внаслідок того, що матеріальні, трудові і фінансові витрати по заміні колісних пар не викликали труднощів, при ремонті й експлуатації тягового рухомого складу порушення не усувалися. Такими причинами в першу чергу були:

- не виконання вимог по взаємному розташуванню в системі кузов – рама візки – колісні пари;

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

– відсутність контролю обмірів колісних пар до і після обточки і виміру діаметра коліс при поточних ремонтах ПР-1 і технічних обслуговуваннях ТО-3.

У результаті цього порушувалися вимоги по допусках, що передбачалися нормативними документами. Для зміни становища, яке створилося, були введені карти вимірів, які заповнювали найбільш кваліфіковані робітники, зменшені допуски на обточку колісних пар, розроблена облікова документація. Періодичність обточування тягового рухомого складу, який працює в однакових умовах, дозволяє робити висновки про порушення в утриманні окремих локомотивів. Таким локомотивам приділялася особлива увага при постановці на ремонт. Підвищена частота постановки локомотивів на обточку, які працюють в однакових умовах, – це головна ознака порушення геометрії розташування в системі елементів кузов – рама візки – колісні пари.

Другий напрямок – це впровадження заходів, які не потребують тривалого впровадження і трудомісткості з попереднім аналізом практичної ефективності. Одним з таких заходів є обточування колісних пар до товщини гребнів у залежності від відстані між внутрішніми гранями бандажів до 29-31 мм, при цьому обов'язковому зсуві вісі катання колеса в положення, яке було при ширині колії 1524мм.

Третій напрямок – це застосування, перевірки ефективності й ухвалення рішення по більш складним, що вимагає більш тривалої перевірки, істотних фінансових витрат, розробка спеціального нестандартного устаткування. Це відноситься до устаткування фірми «Топас» по плазмовому загартуванню гребнів.

Четвертий напрямок – це розробка пристроїв і типів мастила або інших матеріалів, які забезпечують зниження інтенсивності зношування пари «колесо – рейка». На жаль, необхідно відзначити, що цей напрямок розробляється дуже повільно. Є безліч розробок пристроїв для змащування бічної грані головки рейки і гребнів, але вони не задовольняють вимогам надійності і забезпечення необхідної трудомісткості їхнього ремонту. Потрібно відзначити, що застосування лубрикаторів дає зниження інтенсивності зношування, збільшує

					0032.226323.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

запас стійкості колеса, знижує необхідну величину тягового зусилля, приблизно на 10% забезпечує економію електроенергії.

На зношування колісних пар впливає:

- твердість металу рейки і бандажа, за результатами досліджень оптимальне співвідношення між твердістю рейок і коліс, які дають мінімальну інтенсивність їхнього зношування складає 1,0-1,05;
- кліматичні умови, зимою інтенсивність зносу нижче в порівнянні з літнім періодом року;
- стан колії, зменшення ширини колії до 1520 мм.

1.5.4 Пропозиції щодо збільшення ресурсу бандажів колісних пар електровозів

Пропозиції щодо збільшення ресурсу бандажів колісних пар (електровози):

- встановити гранично допустимий параметр зносу товщини гребня бандажа колісних пар електровозів ЧС7, ЧС2 – не менше 23 мм;
- провести аналіз роботи графітових стрижневих рейкозмашувачів і зменшення бандажів колісних пар при їх використанні. За результатами проведеного аналізу надати пропозиції в службу локомотивного господарства з приводу можливості їх установки на електровози, а так само можливість заміни рейкозмашувачів масляних на графітові стрижневі;
- ввести в технологію ремонту ТО-3, та ПР-1 повірки універсального гребневимірювача ГУ-1 з одного року до 3 місяців;
- організувати контрольну перевірку якості проведення повірки універсального гребневимірювача ГУ-1 на відповідність технічних умов заводу-виробника;
- уніфікувати профіль бандажа локомотива з вагоном.

Висновки до розділу. Проблема інтенсивного зносу граней рейок і контактуючих з ними гребнів колісних пар рухомого складу на залізничних коліях 1520 мм постала близько 25-ти років тому.

Найбільш ефективним методом зниження швидкості зносу колісних пар рухомого складу і залізничних рейок вважається змашування третьових поверхонь.

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Мастильний матеріал наносять або на гребні коліс, або на бічну грань головки рейки. При встановленні рейкозмащувачів на локомотиві змащування безпосередньо вводиться в контакт із рейками однієї-двох колісних пар. Якесь частина мастильного матеріалу переноситься і до інших колісних пар цього локомотива. Що ж стосується численних вагонних коліс, то в їхній контакт із рейками змащування практично не потрапляє і на зношування впливу не здійснює.

Найбільш раціональним вважається нанесення мастильного матеріалу на бічну поверхню головки рейок із використанням пересувних рейкозмащувачів. У цьому випадку, за умови нанесення на обидві рейки, змащування подається до всіх пар тертя колесо-рейка на протязі оброблюваної ділянки. За її межами ефект змащування швидко убуває зі зменшенням кількості змащування на одиниці площі поверхні тертя, оскільки це визначається процесом переносу змащування колесами рухомого складу.

При змащуванні тільки зовнішніх рейок у кривих, до чого зазвичай, прагнуть у даний час, без змащування залишаються приблизно три чверті залізничних ліній. Відповідно зменшується і можливий техніко-економічний ефект.

Як показав досвід використання для змащування колесо-рейка різних мастил (індустріальних, трансмісійних, моторних), без твердозмащувальних й інших добавок вони мало ефективні. Існує цілий клас твердих речовин, які володіють мастильною здатністю. Це графіт, дисульфід молібдену, дихалькогеніди таких металів, як вольфрам, молібден, тантал, ніобій, галоїдні з'єднання, сульфід й фосфіди металів. Як мастильні матеріали можуть застосовуватися багато оксидів, які запобігають схоплюванню тертьових деталей, а також м'які метали – мідь, олово, алюміній, свинець, кадмій і ін. Твердим змащуванням, або самозмащувальними матеріалами, служать багато полімерів, особливо такі, як фторопласт, поліетилен, поліамід, широко використовувані в триботехніці.

Ввести в технологію ремонту ТО-3 та ПР-1 повірки універсального гребневимірника ГУ-1 з одного року до 3 місяців – це дасть більшу безаварійність локомотивів, які експлуатуються в депо.

Покриття можна наносити на рейки з використанням змащувальних

					0032.226323.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

пристроїв, змонтованих на локомотивах і пристосованих для масляно-графітного змащування. Як встановлено вимірами товщини гребнів коліс мастильного тепловоза, випробуване покриття запобігає заїданню робочих поверхонь гребнів і знижує інтенсивність їхнього зносу. Однак, через великий розкид даних по масляно-графітному змащуванні не представляється можливим дати визначену оцінку покриття в порівнянні з цим змащуванням. Для отримання даних, які більш імовірно характеризують протизносне покриття, необхідно його витрату встановлювати з урахуванням об'ємного вмісту власне мастильних речовин.

З огляду на низьку вартість, недефіцитність і нешкідливість запропонованого покриття, його можна вважати перспективним матеріалом для протизносної обробки рейок на всій протяжності. Це дозволить одержати максимальний техніко-економічний ефект за рахунок різкого зниження інтенсивності зносу колісних пар усього рухомого складу і рейок.

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2 ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ, ЯКЕ ПРОПОНУЄТЬСЯ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИ ПОДОВЖЕННІ РЕСУРСУ РОБОТИ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ

2.1 Механізація робіт по ремонту колісних пар локомотивів

У системі ремонту рухомого складу велике значення має раціоналізація робочих процесів, спрямована на концентрацію технологічних операцій.

Більша частка в загальному обсязі робіт доводиться на огляд, виявлення несправностей, ремонт і контроль якості колісних пар.

Концентрація операцій веде до збільшення числа одночасно оброблюваних компонентів, що вимагає ефективної автоматизації виробничого процесу. Найбільш актуальною проблемою є автоматизація переміщення колісних пар [9].

Для виміру основних розмірів колісної пари з автоматичним записом всіх розмірів, що перевіряються, на бланку використовується стаціонарна автоматична установка (рис. 2.1).

Колісна пара по похилих рейках і під дією власної маси зачухується на стэнд, замикаючи на своєму шляху кінцевий вимикач 23, при цьому спрацьовує відповідний електромагніт повітродозподільника, що впускає повітря в робочі циліндри механізмів зупинки 19 і відсічки 24. У результаті піднімаються упори, що зупиняють колісну пару над підйомником, і упори відсічки, які не пропускають наступну колісну пару. Пересуваючись, колісна пара замикає контакти кінцевого вимикача 21, що подає команду підйомнику 20 на підйом її до рівня центрів. Наприкінці руху підйомник замикає контакти кінцевого вимикача 18, які включають схему руху центра. Центр, переміщаючись праворуч ліворуч, пересуває колісну пару на полозках 11 до рухомого центра 4 і закріплює її. При цьому колісна пара торцем осі включає кінцевий вимикач 3, що дає команду пневматичним приводам на переміщення базових упорів до зіткнення з базовими поверхнями колісної пари. При русі ці упори замикають відповідні кінцеві вимикачі (13, 16, 17), що дають команду на переміщення вимірювальних (контролюючих) голівок 5 - 10, 12, 14, 15, 22. Пройшовши певні відстані,

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

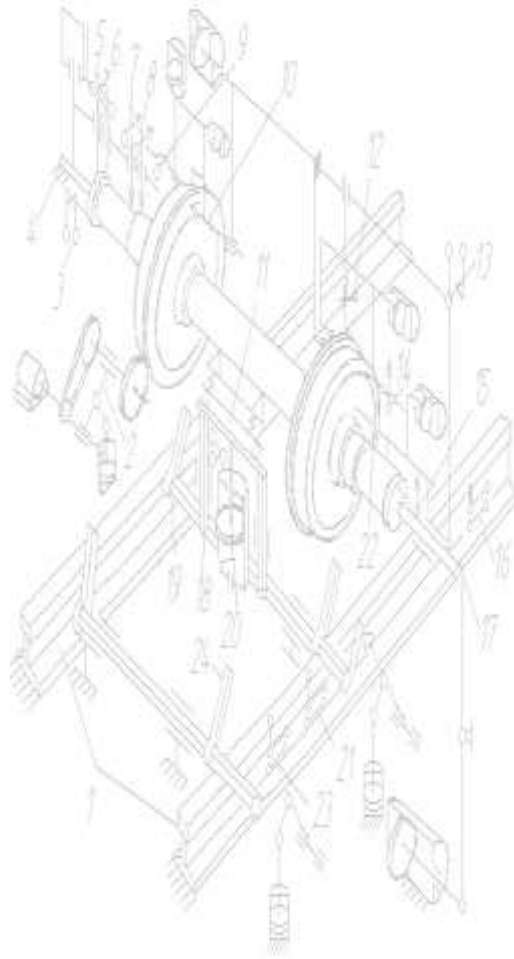


Рисунок 2.1 – Схема стаціонарної установки для вимірювання геометрії колісних пар

вимірювальні голівки замкнуть свої кінцеві вимикачі, які забезпечують повернення голівок у вихідне положення після закінчення виміру.

Вимірювальні датчики призначені для перетворення лінійного переміщення стрижня датчика в обертний рух диска із прорізами, які модулюють світловий потік джерела світла на фотодіод і резистор, що перетворюють імпульси світла в імпульси напруги, що надходять на вхід рахункового осередку пристрою, що реєструє. У пристрої, що реєструє, відбувається фіксація імпульсів на спеціальному табло і їхній запис на паперовій стрічці, після чого друкувальний пристрій через свій кінцевий вимикач дає команду механізмам вимірювальних голівок відійти у вихідне положення.

Перед закінченням руху у вихідне положення датчики замикають відповідні кінцеві вимикачі, які відчиняють упори і включають механізм повороту 2 колісні

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

пари. Відбувається поворот колісної пари на $1/3$ довжини окружності, замикається відповідний кінцевий вимикач, що дає команду на повторний вимір, фіксацію та друкування даних.

Після трикратного виміру і друкування розмірів ролик механізму повороту 2 відводиться від колісного центра, замикає кінцевий вимикач, що дає команду для механізму рухомого центра переміститися у вихідне положення.

Рухомий центр звільняє колісну пару, що лягає на підйомник, який опускає її донизу на рейки разом з упорами зупинки.

Колісна пара по похилих рейках скачується, замикаючи при цьому кінцевий вимикач 16, що включає механізм відсічки; упори опускаються і пропускають для виміру наступну колісну пару. Весь цикл контролю повторюється спочатку.

Для механізації процесу зупинки, повороту і виштовхування колісних пар (рис. 2.2) на перпендикулярно розташовану колію застосовано поворотний пристрій, який складається з ферми, що обертається на центральній опорній осі. Поворот ферми забезпечують два пневмоциліндри, одна зі стінок яких виконана у вигляді зубчатої рейки, з'єднаної із шестірнею, насадженої на центральну вісь. Зусилля, що розвивається двома циліндрами, понад 2,5 т, діаметр кола 1100 мм, а маса близько 1,6 т.

Обточка колісних пар проводиться на встановленому верстаті компанії RAFAMET. Для верстатів RAFAMET характерні наступні конструктивні та експлуатаційні особливості:

- можливість обточування профілю поверхні катання, торцівки зовнішніх і внутрішніх бічних граней, розточення канавок граничної обробки обох коліс (суцільнокатаних або бандажних) нових або зношених колісних пар одночасно двома супортами в автоматичному режимі;

- попередній вимір зношування профіля та автоматична установка металорізального інструмента на оптимальну глибину різання для зменшення зняття металу;

- точність і повторюваність обробки (це, зокрема, дозволяє застосовувати верстаті RAFAMET для обробки колісних пар високошвидкісного рухомого

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

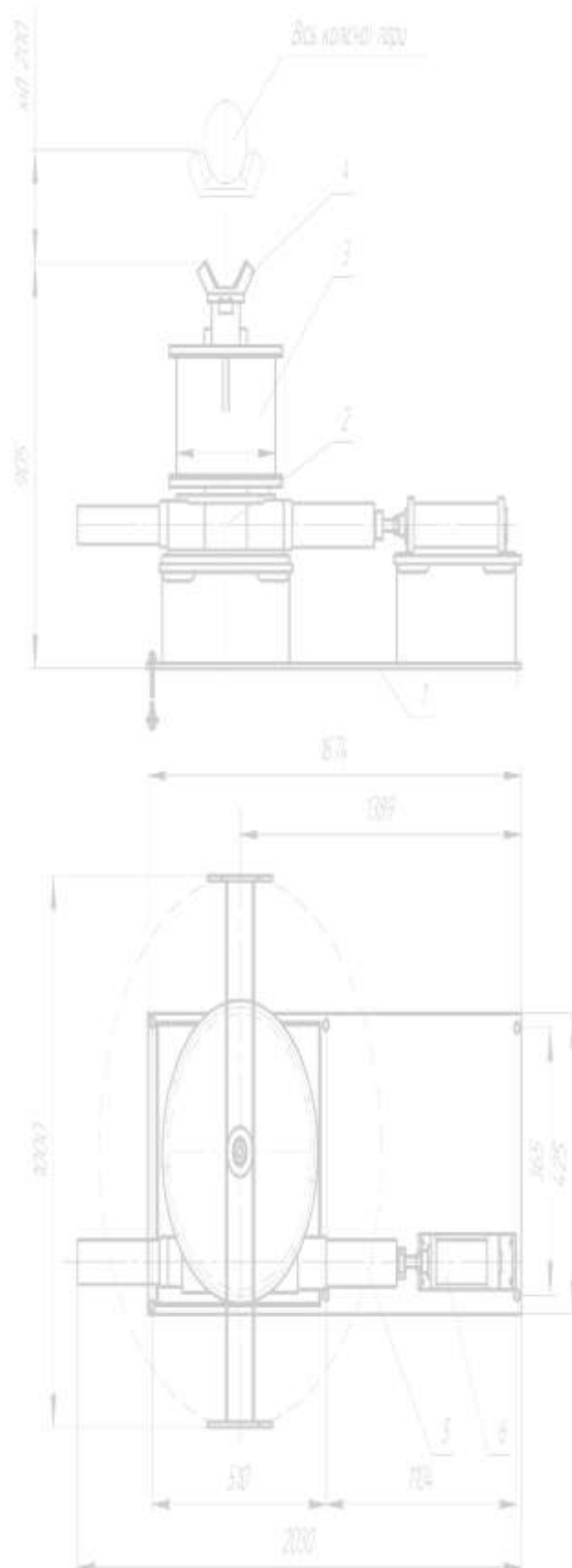


Рисунок 2.2 – Стенд повороту і виштовхування колісних пар

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.226323.000.03MP.ПЗ

Арк.

37

складу);

– компактна конструкція, простота приводу, підвищена надійність і економічність у роботі.

Забезпеченню економічності сприяє застосування систем числового програмного керування (ЧПУ). У програмі обробки закладені профілі колісних пар із зазначеною шириною гребня. Система ЧПУ автоматично визначає та задає режим обробки, при якому одержання ширини гребня найближчої градації забезпечується з мінімальним зняттям стружки. Це дозволяє верстату без переналагодження виходити на профіль, оптимальний для кожної оброблюваної колісної пари. Крім того, система керування зручна й проста, внаслідок чого для навчання роботі на верстаті на практиці досить одного дня.

Верстат UBВ-112N (рис. 2.3). Непрохідний коліснотокарний верстат (у найменуванні моделі цифровий індекс відповідає діаметру оброблюваних коліс у сантиметрах, індекс N – наявності системи ЧПУ).



Рисунок 2.3 – Непрохідний коліснотокарний верстат UBВ-112N

Призначений для обробки колісних пар в індивідуальному порядку з загрузкою їх на верстат і зняттям з верстата за допомогою цехових вантажопідйомних засобів або накочуванням і викочуванням колісної пари по рейках з однієї (передньої) сторони верстата.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Верстат UBB-112N від верстата базової моделі UBB-112 традиційного виконання відрізняється тим, що в його конструкцію і систему керування уведений ряд принципів нововведень.

В основному вони стосуються систем вимірів і числового програмного керування, які крім автоматизації процесу обробки дозволяють вирішити проблему економії матеріалу коліс. Верстат оснащений двома вимірювальними голівками, за допомогою яких у систему керування передається інформація про значення ширини і висоти гребнів, діаметрів поверхні кочення і відстані між внутрішніми гранями коліс. Тривалість обробки однієї колісної пари не перевищує 10 хв. У системі керування застосований пульт нової конструкції, на дисплеї якого висвітлюються бажаною мовою результати вимірів колісної пари, параметри обробки, а також інформація про неполадки. Шафа з апаратурою герметизована і теплоізолювана, завдяки цьому забезпечується повний захист апаратури від впливів навколишнього середовища, що особливо важливо в умовах роботи в колісному цеху, якщо, наприклад, верстат установлений поблизу від машини для обмивки колісних пар.

Діапазон робочих температур верстата становить від -5 до +55°C. При цьому щоб уникнути різких перепадів температури усередині шафи він оснащений системою терморегулювання з підігрівом або охолодженням у випадку потреби.

Застосовані у верстаті нововведення стосуються також механічної і електричної частини. Так, що направляють бабок і супортів загартовані, що практично усуває їхнє зношування. Збільшено твердість супортів, завдяки чому підвищується не тільки їхня міцність, але й точність обробки. Для приводу основних вузлів і агрегатів використовуються асинхронні електродвигуни. Якість виготовлення верстата забезпечує його роботу без капітального ремонту протягом 20 років з мінімальними потребами в запасних частинах.

Верстат працює в автоматичному циклі, основними елементами якого є кріплення колісної пари, позиціонування супортів, вимір профілю і визначення оптимальних параметрів обробки, обробка, вивільнення колісної пари.

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Технічні характеристики верстата UBB-112N

Ширина колії, мм	1520
Діаметр оброблюваних коліс по крузі кочення, мм	600 - 1120
Довжина осі колісної пари, мм	1640 - 2550
Максимальна ширина бандажа, мм	150
Діапазон безступінчастого регулювання частоти обертання планшайб, хв	до 40
Швидкість настановних переміщень, мм/хв:	
- шпіндельних бабок	1 400
- пінолей	550
- підйомника	1 800
Точність обробки круга кочення, мм:	
- биття круга кочення	0,2
- биття внутрішніх бічних граней	0,2
- різниця діаметрів круга кочення коліс колісної пари	0,3
- зазор між шаблоном і поверхнею профілю	0,3
- шорсткість обробленої поверхні	40 - 80
Число і потужність двигунів головного приводу, кВт	2x50
Габарити верстата, мм	8400x2780x2520
Маса верстата, т	38
Міцність оброблюваного матеріалу, Н/мм	100
Максимальна глибина різання за один прохід, мм	
- для зношеної колісної пари	5
- для нової колісної пари:	
- по профілю	5
- по бічних гранях	3,5

Головний привод (рис. 2.4). Верстат має два незалежних, але електрично зв'язаних і спільно керованих головних приводів, кожний з яких оснащений електродвигуном постійного струму, регульованим за допомогою тиристорної

схеми і редуктора.



Рисунок 2.4 – Головний привод верстата UBВ-112N

Двигуни встановлені зовні відповідної шпиндельної бабки, редуктори вбудовані в бабки. Передбачено рекуперативне гальмування приводу.

Шпиндельні бабки і кулачки (рис. 2.5). Шпиндельні бабки з корпусами, виготовленими із чавуну, змонтовані на стійках верстата. Кожна бабка оснащена шпинделем, що обертається на двох радіальних дворядних і одному упорному роликотідшипниках, на якому посаджена планшайба.



Рисунок 2.5 – Шпиндельна бабка верстата UBВ-112N

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

У циліндричних отворах шпинделів розташовані висувні пінолі із центрами, що переміщуються від окремих двигунів через редуктор і пару гвинт – гайка. Переміщення бабок по напрямним стійок також походить від окремих двигунів через пару гвинт – гайка.

Є пристрої обмеження крутного моменту і зусилля притиску центрів, що запобігають перевантаженню приводів.

Зцентрована колісна пара кріпиться для обробки коліс за допомогою трьох кулачків, розташованих через 120° на планшайбах шпиндельних бабок. Кулачки затискають колісну пару, радіально розсовуючись під дією гідравлічного циліндра. Хід кулачків становить 100 м. Установка діапазону переміщень кулачків виконується індивідуально по шкалі на планшайбі. Механізм переміщення кулачків пристосований до роботи як в автоматичному, так і в ручному режимах.

Підйомник і пристрій, що центрує. Колісна пара, що вкочується на верстат з переду, зупиняється на осі верстата і піднімається підйомником за борти ободів коліс. Пристрій, що центрує, припиняє підйом, коли вісь центрових отворів осі колісної пари перебуває приблизно на 5 мм нижче осі центрів верстата незалежно від діаметра коліс по крузі кочення.

Це передбачено для того, щоб після входу центрів у центрові отвори колісна пара могла бути вільно піднята з підйомника. Після центрування колісної пари в центрах підйомник і пристрій, що центрує, вертаються у вихідне положення. Підйомник і пристрій, що центрує, також можуть працювати в автоматичному режимі або з керуванням поза циклом. Привід підйомника - гідравлічний. Супорти (рис. 2.6). Верстат оснащений двома супортами.

Кожний супорт складається з підстави й верхнього корпусу, до якого прикріплений різцетримач. Підстава супорта переміщається по напрямних поперечної балки перпендикулярно осі верстата за допомогою двигуна з безступінчастим регулюванням частоти обертання через зубчато-ремінну передачу і куле-гвинтову пару. Аналогічний по пристрою привід переміщення верхнього корпусу по напрямної підстави супорта. У різцетримачі закріплений складений різець із двома ріжучими пластинами.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42



Рисунок 2.6 – Супорт верстата

Штовхальники. Для транспортування та зупинки колісних пар застосовані пневматичні штовхальники, вмонтовані в рейки. Штовхальник складається із пневмоциліндра діаметром 10", що шарнірно пов'язаний із кронштейном, укріпленим на фундаменті і зі штовхальником. Інший кінець штовхальника шарнірно пов'язаний з рейкою. Сприйняття бічних навантажень приймається двома напрямними, привареними до штовхальника. Конфігурація штовхальника дозволяє утримувати колісну пару від подальшого переміщення при накатці її на штовхальник, а також фіксувати вісь у певному положенні щодо поворотного пристрою. До торця голівки лівої частини рейки приварені упори для підтримки і фіксації штовхальника під час скочування колісної пари.

Для розвантаження штока циліндра до торця правої частини головки рейки приварена пластина яка виступає опорою штовхальника під час накатки колісної пари. Швидкість підйому штока циліндра регулюють дроселем зі зворотним клапаном. Опускання поршня відбувається під дією пружини, що перебуває в циліндрі.

2.2 Універсальна установка для відновлення профілю бандажа плазмовим наплавленням

Установка для відновлення профілю бандажа плазмовим наплавленням

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

використовується для відновлення дефектних і ремонту колісних пар рухомого складу залізниць. Установа (рис. 2.7) містить основу з розташованими на ньому напрямними для установки і переміщення колісних пар, опорний пристрій вивішування, привід обертання колісних пар, стійки з встановленим на них технологічним обладнанням. Опорний пристрій виконано у вигляді домкрата з встановленою на його штоку поворотною кареткою, обладнаної опорами з підтримуючими роликами і бічними упорами з натискними роликами. Щонайменше, один з натискних роликів виконаний приводним. Стійки шарнірно з'єднані з основою. На стійках встановлені рухомі уздовж їх осі траверси з монтажними плитами для установки змінного обробного технологічного обладнання. Напрямні для установки і переміщення колісних пар виконані розсувними.

Установа містить підставу 1, на якому закріплені розсувні на задану ширину колії напрямні 2 для встановлення та перекочування колісної пари. Механізм розсування напрямних умовно не показаний. Ним може бути, наприклад синхронно діюча пара гвинтових стяжок. По осі перпендикулярно напрямку перекочування на підставі встановлені стійки 4 через під'ятники 5. Стійки з під'ятника з'єднані шарнірами 6 і виконавчими механізмами 7 стійок 4. У верхній частині стійок розміщені направляючі 8 для установки рухливих траверс 9. Траверси 9 з'єднані зі стійками 4 виконавчими механізмами 10, забезпечують їх взаємне переміщення і фіксацію в заданому положенні. У верхній частині траверс 9 встановлені поворотні монтажні плити 11 для розміщення вузлів кріплення і установки змінного металообробного устаткування, наприклад зварювальних головок 12. У центрі підстави розміщено опорний пристрій вивішування 13, у вигляді домкрата, на штоку 14 якого встановлено каретка 15. На каретці 15 змонтовані рухливі уздовж осі колісної пари опорні вузли 16 з підтримуючими роликами 17. Переміщення опор 16 здійснюється виконавчим механізмом 18. На каретці 15 також встановлені рухливі уздовж осі колісної пари бічні упори 19, хоча б на одному з яких змонтовано пристрій приводу обертання роликів 20, тобто хоча б один з роликів 20 бічних упорів 19 є приводним для обертання колісної пари 3. Надійний контакт роликів 20 з бічною поверхнею

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

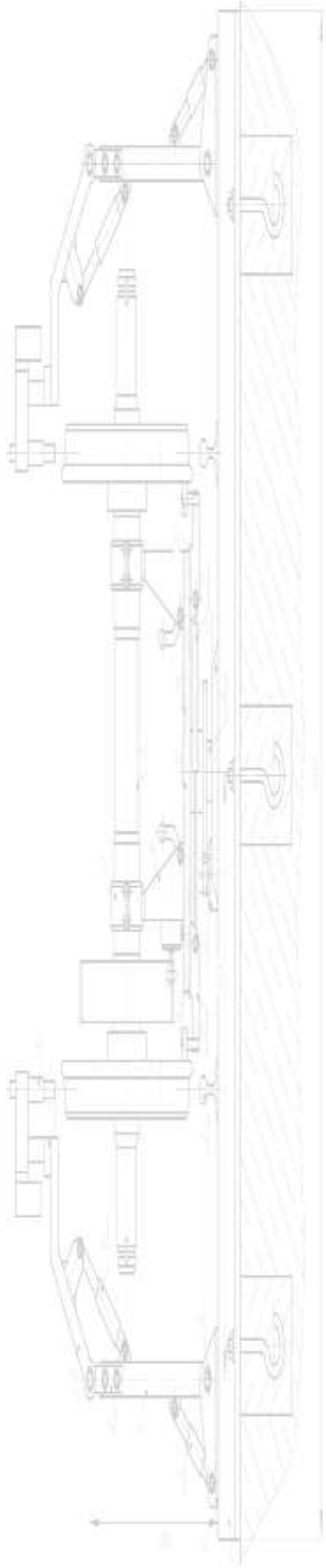


Рисунок 2.7 – Універсальна установка для відновлення профілю бандажа плазмовим наплавленням

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.226323.000.03MP.ПЗ

коліс забезпечується виконавчим механізмом 21, крім того, ролики 20 встановлені в бічних упорах з можливістю вертикального зсуву уздовж осі обертання для налаштування упорів залежно від діаметра колеса. Каретка 15 щодо штока 14 має можливість повороту в плані з фіксацією в заданому робочому положенні встановленої колісної пари 3 пристроєм 22, виконаним, наприклад у вигляді фрикційного гальма. Захисні кожуха букс умовно не показані. Установа працює таким чином. Колісна пара 3 накочується за попередньо встановленим на необхідну ширину колії напрямних 2 підстави 1 установки (зміщення направляючих 2 відбувається рівномірно відносно опорного пристрою вивішування 13 колісної пари 3) до збігу її осі з віссю опорного пристрою 13. Опорні вузли 16 каретки 15 встановлюються виконавчим механізмом 18 в потрібне положення по точках обпирання через ролики 17. Шток 14 домкрата висувається і піднімає колісну пару 3 над направляючими 2 на висоту, що забезпечує вільне обертання коліс і всієї колісної пари в плані, і фіксує її пристроєм 22. Ролики 20 упорів 19 налаштовуються по діаметру оброблюваного колеса і через виконавчий механізм 21 вводяться в контакт з бічними поверхнями коліс (іх бандажів). Залежно від необхідних зон обробки колісної пари 3 допомогою виконавчих механізмів 7 і 10, а також поворотом стійок 4 в підп'ятнику 5 і поворотом колісної пари в плані забезпечується підведення обробного технологічного обладнання, наприклад зварювальних головок 12, в робочу зону. Остаточне налаштування металообробного устаткування по відношенню до поверхні обробки здійснюється установкою його на монтажних плитах 11 і власними елементами настройки. Робочий процес обробки може починатися одночасно з обертанням колісної пари 3 від пристрою приводу обертання, або з деякою затримкою і може проходити автоматично або в ручному режимі. По завершенні циклу обробки обертання вимикається, обробляє обладнання переналаштовується на іншу зону обробки, або відводиться у вихідне положення, колісна пара звільняється від бічних упорів 19 і встановлювати заново для подальшої обробки або опускається на напрямні 2 колісної пари 3 та скочується з установки.

Конструкція універсальної установки для обробки колісних пар дозволяє

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

істотно розширити його операційно-технологічні можливості. Збільшується діапазон виконуваних операцій за рахунок установки на монтажних плитах змінного обробного обладнання (для нагріву, наплавлення, зварювання, термообробки, напилення та ін. операцій) і підведення його в будь-яку зону колісної пари. Опорний пристрій забезпечує обробку колісних пар різних типів і колії. Застосування встановлюваних в заданих положеннях стійок з траверсами і монтажними плитами, а також поворот колісної пари в плані дозволяє вести обробку будь-якої зони як коліс, так і осі. Крім того, закріпивши на монтажних плитах дефектоскоп, можна здійснювати дефектоскопію елементів колісної пари. Можливість повороту колісної пари в плані дозволяє проводити обробку обладнанням, розташованим тільки на одній зі стійок, або використовувати у пристрої одну стійку взагалі.

2.3 Організація плазмового поверхневого загартування колісних пар локомотивів

Експлуатація навантажених зв'язаних вузлів рухомого складу супроводжується контактними-втомними ушкодженнями поверхонь, що проявляються у вигляді дрібних або великих ділянок віднесення матеріалу, а в граничних випадках утворенням тріщин і руйнуванням. Руйнування і пластична деформація зв'язаних деталей або пар тертя передусім пов'язані з явищами, що відбуваються на поверхні розділу.

Якщо виключити дефекти литва і термообробки руйнування виробу при експлуатації розпочинається з мікротріщин, які виникають біля кордонів розділу. У більшості випадків поверхневі шари матеріалу деталі визначають її поведінка і експлуатаційні властивості. В цілому закономірності контактної взаємодії, пов'язані з сумісністю матеріалів і триботехнічними аспектами, відомі. Вони є основою для підвищення експлуатаційних показників якості ремонту зношених деталей.

Останніми роками отримало розвиток плазмове поверхневе загартування гребнів колісних пар. Метою плазмового поверхневого зміцнення колісних пар

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

являється підвищення їх довговічності і надійності при експлуатації без зниження працездатності рейок.

Для досягнення цієї мети розв'язано три взаємозв'язані і суперечливі проблеми.

Перша полягає в поверхневому локальному зміцненні робочої поверхні гребня на задану твердість з отриманням мелкодисперсної структури металу зміцненого шару. Саме ці чинники забезпечують зниження темпів зносу гребня і зменшення коефіцієнта тертя між гребнем і бічною поверхнею голівки рейки, що сприятливо впливає на рейки, особливо в кривих, уповільнюючи їх знос.

Друга проблема пов'язана з формуванням полів внутрішньої напруги, діючої, як в об'ємі металу, так і між зернами. Швидкі нагриви і охолодження локальної ділянки масивного колеса призводять до структурних перетворень, пов'язаних зі зміною питомого об'єму, і пластичним деформаціям – стискуванню і розтягуванню. Найбільші проблеми виникають при загартуванні бандажів. Оскільки це пов'язано з безпекою руху доцільно освітити їх детальніше. Матеріал бандажа на колесі знаходиться в умовах складного напруженого неоднорідного стану. У початковому стані за рахунок натягу відбувається пластична деформація матеріалу, а рівень тих, що розтягують напруги перевищує межу плинності. В процесі плазмового загартування напруга перерозподіляється.

Розрахунки показують, що рівень напруги поблизу центру плями нагріву має менші значення в порівнянні з периферією, відповідно максимум напруги зміщується на деяку відстань від центру нагріву. Відмінність напруги за величиною для різних варіантів розташування плазмотрона відносно гребня колеса невелика і складає близько 5%. На відміну від напруженого стану максимум деформацій співпадає з максимумом температур, тобто знаходиться в центрі нагріву.

Відмінність деформацій по величині для різних варіантів розташування плазмотрона, як і для напруги, невелика. При цьому можна відмітити наступну закономірність. По мірі віддалення осі плазмотрона від гребня деформації зменшуються на 13%, а потім збільшуються на 18%.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Натяг призводить до значному росту і зміні знаку окружної напруги. Після охолодження колеса виникають залишкова напруга і деформації. Інтенсивність напруги перевищує межу плинності матеріалу, а пластичні деформації досягають величини $\epsilon = 0,15\%$. Матеріал знаходиться в умовах тривісного розтягування при відношенні головної напруги 1/5. Розміри найбільш напруженої області бандажа відповідають області термічної дії. Зона пластичної деформації матеріалу поширюється від поверхні бандажа на глибину 5-6 мм. Максимальні пластичні деформації мають місце на поверхні бандажа в районі безпосередньої дії струменя плазмотрона на бандаж.

Третя проблема пов'язана зі зміною тонкої структури металу в результаті плазмового поверхневого нагріву. Залежно від режиму плазмової загартування можуть бути отримані практично протилежні результати. У випадку правильній технології (оптимального термічного циклу) буде отримана тонкопластинчата структура переважно троосто-сорбитна в суміші з безструктурним мартенситом у поверхні, що має дещо підвищену мікротвердість і що характеризується плавним переходом до основного металу. Отримана тонка структура відрізняється дисперсністю субструктурних елементів (субзерен, блоків, осередків), рівномірним розподілом дислокацій без градієнтів по дислокаційній щільності. В цьому випадку, структура початкового металу ушляхетнюється і усі механічні характеристики покращуються. У випадку порушення технології (відхиленні термічного циклу від оптимального) формується грубопластинчата структура (феррито-перлитна) з феритними облямівками. Вона характеризується наявністю неметалічних включення сульфідного типу, більших за розміром субструктур, а також нерівномірним розподілом дислокацій і формуванням різких градієнтів дислокаційної щільності, що формуються, як правило у області контакту жорстких і м'яких структурних складових (цементних пластин з феритними прошарками в перліті, або на межах перлітових зерен з феритними облямівками і тому подібне). Тут можуть виникати тріщини.

У експлуатації робоча поверхня колеса знаходиться під дією комплексу різних навантажень. Виявлено, що при одночасній наявності трьох чинників: матеріал обода знаходиться в складно-напруженому стані з поверхневим

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

наклепанням, коли на поверхню накладаються які-небудь термомеханічні дії, пов'язані з нагрівом: плазмою, від тертя гальмівних колодок або рейок, що виникають при блокуванні коліс в час гальмування – робочий поверхневий шар матеріалу колеса може практично втратити здатність чинити опір руйнуванню. Зовні це виражається в повній втраті пластичності, окрихчуванні, появі на поверхні сітки тріщин, що нагадують риб'ячу луску, а на рівні тонкої структури – в накопиченні дефектів і її розупорядкуванні. При цьому підвищується здатність поверхневих мікротріщин до поширення углиб бандажа. Попадання таких мікротріщин в несприятливе поле розтягуючої напруги першого роду може привести до розриву бандажа. Подібні руйнування повною мірою можна віднести до категорії несподіваних з глибоко захованою істинною причиною.

Виконаний аналіз структури і фізико-механических властивостей приповерхневих шарів колісної сталі в зоні контакту з рейкою, що формуються під дією комплексу різнорідних чинників. Виявлені первинні причини руйнування колеса при одночасній наявності вищезгаданих трьох чинників, що стало науковою основою для підвищення їх надійності.

Технологія плазмового поверхневого загартування колісних пар, розроблена НПП ТОПАС дозволяє підвищити контактну-втомну міцність металу і, як слідство, збільшує ресурс і надійність колісних пар тягового і рухливого складу. Інтенсивність зносу гребнів колісних пар з плазмовим зміцненням значно нижче чим у серійних (у 2,5-3 рази). Ця технологія має дві відмітні особливості:

– локальне (у зоні найбільшого зносу)поверхневе зміцнення гребня колеса на глибину 2,5-3 мм і ширину 35 мм з твердості 280 НВ (у початковому матеріалі) до 430 НВ в середньому по зоні зміцнення і 480 НВ для тонкого фрикційного приповерхневого шару. Це забезпечує оптимальне співвідношення твердості контактуючих поверхонь колеса і рейки;

– зміна структури зміцненої зони колеса – з ферито-перлитної суміші з розміром початкових зерен 30-40 мкм до суміші мартенситу з розетковим трооститом 50:50%. Це покращує механічні властивості (у тому числі знижує коефіцієнт тертя в контакті гребня з бічною поверхнею рейки на 30-50%) і

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

підвищує тріщиностійкість матеріалу колеса в зоні плазмового зміцнення.

Для реалізації цієї технології розроблена нова спеціалізована «Установка високошвидкісного плазмового загартування двомодульна» УВПЗ-2М (рис. 2.8), яка дозволила виконувати плазмове поверхнєве зміцнення колісних пар, як без викатки коліс з-під локомотива, так і з повною викаткою.

Осовні технічні характеристики установки УВПЗ-2М наведені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Основні технічні характеристики установки УВПЗ-2М

Найменування параметра	Одиниця виміру	Величина
Встановлена потужність	кВА	105
Потужність плазмотрона	кВт	60
Напруга живлячої мережі	В	380
Витрата стислого повітря при тиску в мережі 0,5-0,6 МПа	м ³ /год	5-8
Витрату горючого газу	м ³ /год	0,5
Витрата води для охолодження при тиску в мережі, що підводиться 0,3 МПа	м ³ /год	1,5-2
Тривалість включення	%	100
Глибина загартованої зони	мм	2,5-3
загартованої зони Ширина	мм	25-35

Дослідження і досвід експлуатації установок плазмового зміцнення свідчать про те, що цей процес може бути автоматизований. Рішення усіх трьох описаних вище проблем зводиться до забезпечення повторюваності на кожному колесі оптимального термічного циклу. Для цього створена система автономній оптимізації ідея якої видно на рис. 2.9.

Виходячи з вимог гарантованого забезпечення точності і повторюваності процесу зміцнення розроблений комп'ютерний блок автономної оптимізації для установок УВПЗ-2М. Блок автономної оптимізації забезпечує:

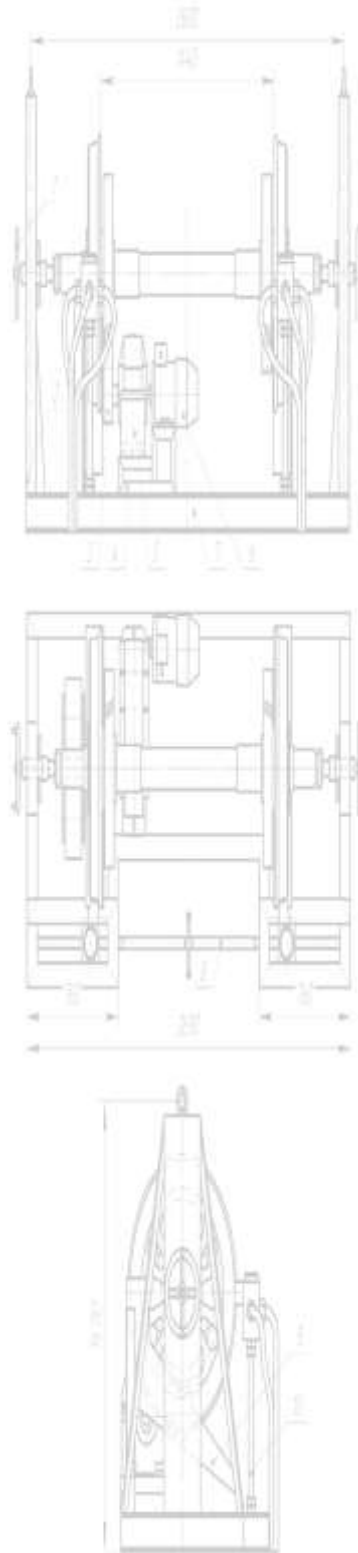


Рисунок 2.8 – Установка високошвидкісного плазмового загартування

двомодульна:

1 – центр притискний; 2 – стійка; 3 – ведуча шестерня; 4 – рама приводу; 5 – редуктор циліндричний; 6 – електродвигун; 7 – рама; 8 – гвинт регулювальний; 9 – короб іскровловлюючий; 10 – плазмотрон

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

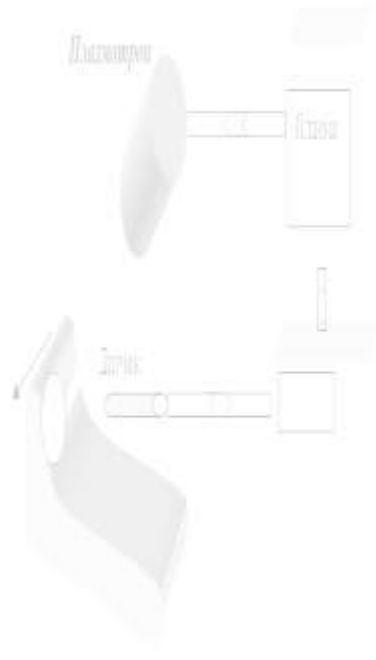


Рисунок 2.9 – Схема управління і стабілізації термічного циклу

– оперативное програмування режимів і параметрів, відображення поточного стану контрольованих параметрів технологічного процесу, протоколювання і збереження в енергонезалежній пам'яті параметрів технологічного процесу плазмового поверхневого загартування колісних пар, висновок на персональний комп'ютер накопиченої інформації;

– обробку аналогових сигналів з пірометра, джерела електроживлення плазмотронів датчиків тиску і вхідних дискретних сигналів з виконавчих механізмів і формування вихідних команд управління за заданою програмою з метою автоматичної підтримки оптимального термічного циклу.

Більш ніж семирічна експлуатація локомотивів з плазмовим зміцненими гребнями колісних пар дозволила зробити наступні висновки.

– Плазмове зміцнення – це високопродуктивний ефективний метод двох-трьох кратного продовження ресурсу колісних пар і може бути реалізований в умовах типового депо. Ця технологія забезпечує підвищення надійності при експлуатації колісних пар.

– Гарантоване відтворення найкращих показників експлуатаційної надійності і зносостійкості пари рейка-колесо забезпечується при повній автоматизації процесу і точному дотриманні параметрів загартування на кожному

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

колесі.

– Внаслідок пригнічення пластичної деформації загартування навіть одного елемента трибосистеми (гребнів коліс) на високу твердість не лише не робить негативною дію на інший елемент (на шлях), але навпроти, покращує його стан.

На базі установки УВПЗ-2М розроблена нова технологія високошвидкісного плазмової відпустки наклепаною (зміцненою) поверхні кочення колісних пар. Ця технологія успішно впроваджена у ряді депо (рис. 2.10). Твердість поверхневого шару металу коліс підвищується за рахунок наклепу при русі з 285 НВ до 330-350 НВ, а на повзунах що виникають при гальмуванні із заблокованими колесами, твердість може сягати 50-55 HRC.



Рисунок 2.10 – Відпуск повзунів

У такій ситуації відпуск поверхневого шару металу перед перепрофілюванням поверхні катання коліс значно полегшує роботу різального інструменту і верстата. Це дає можливість підвищити швидкість обточування у 2-3 рази, поліпшити поверхневі властивості металу колеса і отримати значну економію.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ЛОКОМОТИВА В КРИВИХ ДІЛЯНКАХ КОЛІЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РЕЙКОЗМАЩУВАЧІВ

3.1 Аналітичне розв'язання задачі динамічної стійкості локомотива в кривих ділянках колії

Під час руху локомотива у кривій на нього діють багато сил у вертикальній та горизонтальній площинах. В горизонтальній площині сили діють вздовж колії так і перпендикулярно до неї.

Призначення динамічного вписування – аналіз горизонтальних поперечних сил і відповідних допустимих швидкостей руху локомотива, а також визначення критеріїв безпеки руху.

Наприкінці нам потрібно скласти динамічний паспорт локомотива, тобто потрібно побудувати наступні залежності

$$Y_1 = f(V), Y_2 = f(V), Y_3 = f(V), Y_4 = f(V). \quad (3.1)$$

Для проведення розрахунків обираємо тепловоз серії ТЭП70, який рухається по кривій радіусом 1000 м.

На нього потрібно нанести обмеження по конструкційній швидкості $V_k = 160$ км/год, а також обмеження по максимальному боковому тиску $Y_1' \leq 100$ кН.

На локомотив, що рухається в кривій, діє велика кількість сил, весь комплекс яких врахувати неможливо. Тому задача динамічного вписування виконується з деякими припущеннями, через які враховуються тільки наступні сили:

$F_1 - F_6$ – горизонтальні складові сили тертя бандажів по рейках, кН;

C – відцентрова сила локомотива, кН;

C_1 – горизонтальна складова ваги локомотива, яка виникає від підвищення зовнішньої рейки в кривій, кН;

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$Y_1 - Y_6$ – бокові реакції зі сторони рейок від дії на них колісних пар, кН;

$Y'_1 - Y'_6$ – боковий тиск коліс на головки рейок, кН;

M – моменти тертя в опорах, кН·м.

Залежності направляючих зусиль $Y_I=f(V)$ та бокового тиску $Y'_I = f(V)$ звичайно називають динамічним паспортом локомотива в горизонтальній площині. Для переднього візка реакціями рейок є зусилля Y_1 і Y_3 .

Почнемо з креслення схеми візка тепловоза (рис. 3.1, табл. 3.1) і нанесення не нього сил та моментів, які діють на візок.

При нанесенні на схему центра повороту Ω приймемо, що візок знаходиться в установці найбільшого перекосу. Для цього положення полюсна відстань першої (направляючої) колісної пари

$$X_1 = -\frac{B}{2} + \frac{R}{B} (2 \cdot \sigma + \Delta), \quad (3.2)$$

де B – база візка, м ($B=4600$ мм);

R – радіус кривої для динамічного вписування, $R = 1000$ м;

$2 \cdot \sigma + \Delta$ - ширина колії зазорів, мм.

Таблиця 3.1 – Параметри екіпажної частини тепловоза ТЭП70 (до рис. 3.5, б)

A	B	C	D^*	E	$L_{ш}$	$\Delta_{ш}$	L_6	$L_{н}$	ΔH
21 700	4 300	2 300	2 425	2 000	13 770	750	12 250	12 680	215

Ширина колії зазорів приймається мінімальна з урахуванням допусків від номінального розміру. Згідно [] приймається $2 \cdot \sigma = 7$ мм, а розширення при $R=1000$ м немає, тобто $\Delta = 0$ мм.

$$2 \cdot \sigma + \Delta; \quad (3.3)$$

$$2 \cdot \sigma + \Delta = 7 + 0 = 7 \text{ мм,}$$

					0032.226323.000.03MP.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						56

$$x_1 = \frac{4,3}{2} + \frac{1000}{4,3} \cdot 0,007 = 2,15 \text{ м.}$$

Провівши деякі перетворення отримаємо $X_2 = 0,15$ м, $X_3 = 2,15$ м, $X_u = 2,085$ м.

Значення $\cos\alpha_i$, r_i визначаються за допоміжними кривими $\cos\alpha_i = f(X_i)$, $r_i = f(X_i)$, наведені на рис. 3.2.

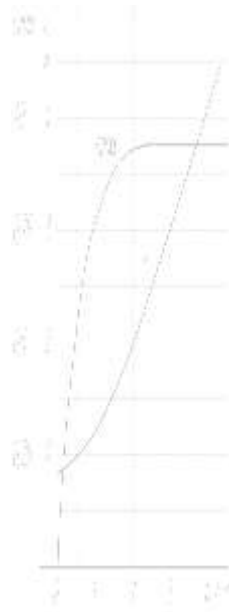


Рисунок 3.2 – Графік залежностей $r_i = f(X_i)$ і $\cos\alpha_i = f(X_i)$

З рис. 3.2 знаходимо значення $r_1=3770$ мм, $r_2=1603$ мм, $r_3=1251$ мм, $\cos\alpha_1=0,978$, $\cos\alpha_2=0,892$, $\cos\alpha_3=0,746$.

Візки тепловоза безщелепні з опорно-рамним підвішуванням.

Визначення сил, які входять до рівняння рівноваги. Середнє значення сили тертя в опорних точках коліс рахуємо рівним для всіх колісних пар тепловоза. Приблизно воно може бути обчислено за формулою

$$2 \cdot F_t = 2 \cdot P \cdot f_{mp}, \quad (3.4)$$

де $2P$ – статичний тиск від колісної пари на рейки, $2 \cdot P = 210$ кН;

f_{mp} – коефіцієнт тертя між рейками та бандажами, $f_{mp} = 0,25$.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$2F_1 = 2F_2 = 2F_3; \quad (3.5)$$

$$2F_1 = 2F_2 = 2F_3 = 210 \cdot 0,25 = 52,5 \text{ кН.}$$

Відцентрова сила, яка приходить на візок C , кН

$$C = \frac{G \cdot V^2}{3,6 \cdot g \cdot R}, \quad (3.6)$$

де G – частина ваги тепловоза, яка приходить на візок, кН;

g – прискорення вільного падіння, м/с², $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

R – радіус кривої для динамічного вписування, м.

$$G = 210 \cdot 3 = 630 \text{ кН}, \quad (3.7)$$

Сила від підвищення зовнішньої рейки, кН

$$C_1 = \frac{G \cdot h}{2 \cdot S}, \quad (3.8)$$

де h – підвищення зовнішньої рейки, мм, $h = 100 \text{ мм}$;

S – половина відстані між колами кочення бандажів коліс, м, $S = 0,8 \text{ м}$.

$$C_1 = \frac{630 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,8} = 39,40 \text{ кН.}$$

Визначення сумарних моментів сил тертя і повертаючих моментів.

При повороті візка відносно кузова на опорах створюється обертовий момент M_B і момент тертя $M_{тр}$.

$$M_{тр} = 2 \cdot F_c \cdot l_2; \quad (3.9)$$

$$M_B = 2 \cdot a_{пов} \cdot M_{тр} \cdot \left(l_1^2 + l_2^2 \right), \quad (3.10)$$

де F_c – сила опору гасників;

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

J – жорсткість пружини;

Кут повороту візка

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{\frac{L}{2} \cdot X_2}{R_0}, \quad (3.11)$$

де L – база тепловоза.

$$\alpha_n = \operatorname{arctg} \frac{\frac{12,680}{2} \cdot 0,15}{1000} = 1,41.$$

Сила тертя на боковій опорі

$$M_{\text{тп}} = \frac{2 \cdot 800 \cdot 0,1 \cdot 9,81}{1000} = 1,57 \text{ кНм.}$$

$$M_0 = \frac{2 \cdot 1,41 \cdot 250}{1000} \left(1,05^2 + 0,15^2 \right) = 0,79 \text{ кНм.}$$

Установка найбільшого перекосу. Складаємо систему рівнянь рівноваги візка в кривій

$$\begin{cases} -Y_1 + C - C_1 + 2F_1 \cos \alpha_1 - 2F_2 \cos \alpha_2 + Y_3 = 0; \\ Y_1 \eta - C_1 \eta + C_2 \eta - 2F_1 \eta - 2F_2 \sin \alpha_2 S - 2F_3 - M_B - M_{\text{тп}} + Y_3 \zeta = 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

У цій системі двох рівнянь є три невідомі: Y_1 , Y_3 , C . Розв'язати її можна зробивши таке припущення: нехай тепловоз займає установку найбільшого перекосу, але вже реакція $Y_3 = 0$, тобто ми зменшуємо кількість невідомих до двох і система розв'язується.

При рішенні системи рівнянь отримуємо $Y_1 = 196$ кН, $C = 222$ кН.

При такій відцентровій силі швидкість переходу з установки найбільшого перекосу на вільну установку буде рівна

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$V = \sqrt{\frac{3,6^2 \cdot 9,81 \cdot R_{\partial} \cdot C}{G}}; \quad (3.13)$$

$$V = \sqrt{\frac{3,6^2 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot 222}{630}} = 212 \text{ км/год.}$$

Дана швидкість є більша конструкційної, тому розрахунок в зоні вільної і хордової установок дадуть ще більші значення швидкостей. Отже, подальші розрахунки не ведемо.

Для положення найбільшого перекосу, коли задня колісна пара притиснута до внутрішньої рейки, $Y_3 \neq 0$. Задамося швидкостями від 0 до 160 км/год – конструкційної швидкості з кроком 5 км/год. В такому діапазоні будемо вести розрахунки. Знайдемо значення сил Y_1, Y_3, C .

Задаючись значеннями відцентрової сили C в залежності від швидкості руху локомотива, ми отримаємо значення бокової реакції зі сторони внутрішньої рейки. Дані записуємо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок параметрів динамічного вписування

$V, \text{ км/год}$	$Y_1, \text{ кН}$	$Y_3, \text{ кН}$	$C, \text{ кН}$	$Y'_1, \text{ кН}$	$Y_p, \text{ кН}$	$K_{2\partial}$	$Y'_{1\partial}, \text{ кН}$
1	2	3	4	5	6	7	8
0	38,60	65,79	0,00	12,35	-13,90	1,00	12,35
5	38,68	65,75	0,12	12,43	-13,82	1,01	12,56
10	38,92	65,62	0,50	12,67	-13,58	1,02	12,93
15	39,33	65,41	1,12	13,08	-13,17	1,03	13,47
20	39,90	65,11	1,98	13,65	-12,60	1,04	14,20
25	40,63	64,72	3,10	14,38	-11,87	1,05	15,10
30	41,53	64,25	4,46	15,28	-10,97	1,06	16,19
35	42,58	63,70	6,08	16,33	-9,92	1,07	17,47
40	43,80	63,06	7,93	17,55	-8,70	1,08	18,95
45	45,18	62,33	10,04	18,93	-7,32	1,09	20,64

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
50	46,73	61,52	12,40	20,48	-5,77	1,10	22,52
55	48,43	60,62	15,00	22,18	-4,07	1,11	24,62
60	50,30	59,64	17,85	24,05	-2,20	1,12	26,94
65	52,33	58,57	20,95	26,08	-0,17	1,13	29,47
70	54,53	57,42	24,30	28,28	2,03	1,14	32,24
75	56,88	56,18	27,90	30,63	4,38	1,15	35,23
80	59,40	54,85	31,74	33,15	6,90	1,16	38,46
85	62,08	53,45	35,83	35,83	9,58	1,17	41,93
90	64,93	51,95	40,17	38,68	12,43	1,18	45,64
95	67,93	50,37	44,76	41,68	15,43	1,19	49,60
100	71,10	48,70	49,59	44,85	18,60	1,20	53,82
105	74,44	46,95	54,68	48,19	21,94	1,21	58,30
110	77,93	45,11	60,01	51,68	25,43	1,22	63,05
115	81,59	43,19	65,59	55,34	29,09	1,23	68,06
120	85,41	41,18	71,41	59,16	32,91	1,24	73,35
125	89,39	39,09	77,49	63,14	36,89	1,25	78,92
130	93,53	36,91	83,81	67,28	41,03	1,26	84,78
135	97,84	34,65	90,38	71,59	45,34	1,27	90,92
140	102,31	32,30	97,20	76,06	49,81	1,28	97,35
145	106,94	29,86	104,27	80,69	54,44	1,29	104,09
150	111,73	27,34	111,58	85,48	59,23	1,30	111,13
155	116,69	24,74	119,14	90,44	64,19	1,31	118,48
160	121,81	22,05	126,96	95,56	69,31	1,32	126,14

Коефіцієнт горизонтальної динамічності знаходимо за формулою:

$$K_{20} = 1 + 0,002 \cdot V. \quad (3.14)$$

Боковий тиск колеса на рейки $Y'_{1\partial}$, кН, визначаємо:

$$Y'_{1\partial} = (Y_1 - F_1) \cdot K_{2\partial} \quad (3.15)$$

За отриманими даними з рівнянь будемо залежності $Y_1=f(V)$, $Y_3=f(V)$, $Y'_{1\partial}=f(V)$ зображені на рис. 3.3.

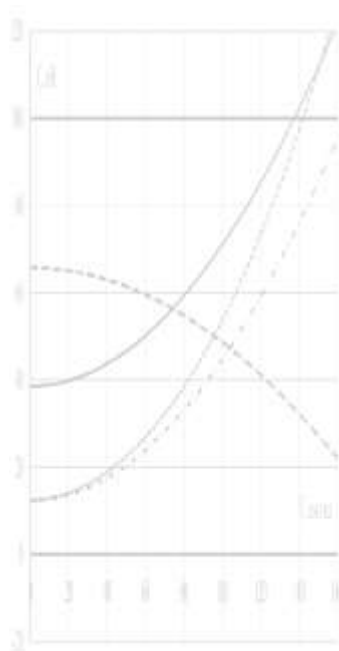


Рисунок 3.3 – Динамічний паспорт локомотива в горизонтальній площині:

— — $Y_1=f(V)$; - · - - $Y'_1=f(V)$; - · · · - $Y'_{1\partial}=f(V)$; - - - $Y_3=f(V)$

Отже, було зроблено оцінку динамічних якостей тепловоза і зроблено висновок, що бокова реакція Y_1 зі сторони зовнішньої рейки на колісну пару перевищує значення – 100 кН при заданій конструкційній швидкості, сила бічного тиску – 95 кН. Виходячи з цього робимо висновок, що в експлуатації тепловоз може рухатись по кривих, радіус яких не більший ніж 1000 м з конструкційною швидкістю.

3.2 Математичне моделювання динамічної стійкості локомотива в кривих ділянках колії

Для визначення параметрів стійкості екіпажу в кривих ділянках створюємо

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

математичну модель динамічного вписування локомотива.

Задаємо параметри кривої ділянки та коефіцієнту тертя

$$R = 1000; f = 0,3; h = 0,1.$$

Задаємо параметри екіпажу тепловоза ТЭП70

$$S = 0,8; B = 4300; \sigma = 3,5; \delta = 0; E = 2000; L = 12680; dH = 0.215.$$

Відцентрова сила дорівнює:

$$C = \frac{630,5v^2}{9,81 \cdot 3,6^2 \cdot R}.$$

Складаємо систему рівнянь рівноваги екіпажу для положення найбільшого перекосу

$$eq = \begin{pmatrix} -Y1 + C - Cl + 2 \cdot Fl \cdot \cos \alpha 1 - 2 \cdot F3 \cdot \cos \alpha 3 + Y3 = 0 \\ -Y1 + Cl - C \cdot xc + Cl \cdot xc - 2 \cdot Fl \cdot r1 - 2 \cdot F2 \cdot \sin(\arccos(\cos \alpha 2)) \cdot S = 0 \\ -2 \cdot F3 \cdot r3 - Mb - Mtr + Y3 \cdot r3 = 0 \end{pmatrix};$$

Визначаємо полюсні відстані

$$x1 := (1/2) * B + R * (2 * \sigma + \delta) / B;$$

$$x2 := x1 - E;$$

$$x3 := B - x1;$$

Задаємо математичний опис залежностей радіусів дії сил тертя

$$\begin{aligned} X &= [0,1,2,3,4,5]; \\ r &= [8,1,3,2,2,3,1,4,1,5]; \\ \cos \alpha &= [0,78,93,97,98,1]; \\ Xr &= \text{ spline}(X, r, \cos \alpha); \\ X \cos \alpha &= \text{ spline}(X, \cos \alpha, r); \end{aligned}$$

та визначаємо параметри

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$x1=3.67;x2=1.37;x3=99;xc:=x2+x3-dH;$

$r1:=evalf(subs(x=x1,Xr));$

$r2:=evalf(subs(x=x2,Xr));$

$r3:=evalf(subs(x=x3,Xr));$

$cosd1:=evalf(subs(x=r1,Xcosd));$

$cosd2:=evalf(subs(x=r2,Xcosd));$

$cosd3:=evalf(subs(x=r3,Xcosd));$

$F1 := (1/2) * (630.5 * (1/3)) * f;$

$F2 := 210 * f * (1/2);$

$F3 := 210 * f * (1/2);$

$G := 210.175 * 3;$

$C1 := G * h / (2 * S);$

$Mtr := .1 * (9.81 * (2 * 800) * (1/1000));$

$alphap := arctan(((1/2) * L - x2) / R);$

$Mb := (1/1000) * (2 * alphap * 250) * (1.05 * 1.05 + .15 * .15).$

Вирішуємо систему рівнянь відносно Y1, Y3

$e := solve(eq, { Y1, Y3 });$

$\left\{ \begin{array}{l} Y1 = 0.003250428122v + 51.43350527, \\ Y3 = -0.001708765696v + 76.13244319 \end{array} \right\}.$

Визначаємо корні системи рівнянь з інтервалом 5 км/год

$v := 0; R; f; while v < 165 do print(v, e, C); v := v + 5 end do;$

$0, \{ Y1 = 51.43350527, Y3 = 76.13244319 \}, 0.0000000000;$

$5, \{ Y1 = 51.55052068, Y3 = 76.07092762 \}, 0.1785309774;$

...

$160, \{ Y1 = 134.6444652, Y3 = 32.38804137 \}, 126.9553617.$

Повторюємо обчислення для різних значень коефіцієнта тертя. Результати зводимо в табл. 3.3-3.7 та рис. 3.4-3.8.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Таблиця 3.3 – Результати обчислень динамічної стійкості в кривій $R=1000$ м при коефіцієнті тертя $f=0,1$

V , км/год	Y_l , кН	Y_3 , кН	C , кН	Y'_1 , кН	Y_p , кН	K_{20}	Y'_{10} , кН
0	0,25	34,77	0,00	-10,25	-20,75	1	-10,2
5	0,33	34,73	0,12	-10,17	-20,67	1,01	-10,3
10	0,58	34,60	0,50	-9,92	-20,42	1,02	-10,1
15	0,98	34,39	1,12	-9,52	-20,02	1,03	-9,80
20	1,55	34,09	1,98	-8,95	-19,45	1,04	-9,31
25	2,28	33,70	3,10	-8,22	-18,72	1,05	-8,63
30	3,18	33,23	4,46	-7,32	-17,82	1,06	-7,76
35	4,23	32,68	6,08	-6,27	-16,77	1,07	-6,71
40	5,45	32,04	7,93	-5,05	-15,55	1,08	-5,45
45	6,83	31,31	10,04	-3,67	-14,17	1,09	-4,00
50	8,38	30,50	12,40	-2,12	-12,62	1,1	-2,34
55	10,1	29,60	15,00	-0,42	-10,92	1,11	-0,46
60	12,0	28,62	17,85	1,45	-9,05	1,12	1,63
65	14,0	27,55	20,95	3,48	-7,02	1,13	3,94
70	16,2	26,40	24,30	5,68	-4,82	1,14	6,47
75	18,5	25,16	27,90	8,03	-2,47	1,15	9,24
80	21,1	23,84	31,74	10,55	0,05	1,16	12,2
85	23,7	22,43	35,83	13,24	2,74	1,17	15,5
90	26,6	20,93	40,17	16,08	5,58	1,18	19,0
95	29,6	19,35	44,76	19,09	8,59	1,19	22,7
100	32,8	17,68	49,59	22,26	11,76	1,2	26,7
105	36,1	15,93	54,68	25,59	15,09	1,21	31,0
110	39,6	14,10	60,01	29,08	18,58	1,22	35,5
115	43,2	12,17	65,59	32,74	22,24	1,23	40,3
120	47,1	10,17	71,41	36,56	26,06	1,24	45,3
125	51,0	8,07	77,49	40,54	30,04	1,25	50,7
130	55,2	5,89	83,81	44,68	34,18	1,26	56,3
135	59,5	3,63	90,38	48,99	38,49	1,27	62,2
140	64,0	1,28	97,20	53,46	42,96	1,28	68,4
145	68,6	-1,15	104,27	58,09	47,59	1,29	74,9
150	73,4	-3,68	111,58	62,89	52,39	1,3	81,8
155	78,3	-6,28	119,14	67,84	57,34	1,31	88,9
160	83,5	-8,97	126,96	72,96	62,46	1,32	96,3

Таблиця 3.4 – Результати обчислень динамічної стійкості в кривій $R=1000$ м при коефіцієнті тертя $f=0,15$

V , км/год	Y_l , кН	Y_3 , кН	C , кН	Y'_1 , кН	Y_p , кН	K_{20}	Y'_{10} , кН
0	13,0	45,1	0,0	-2,72	-18,5	1	-2,72
5	13,1	45,1	0,1	-2,63	-18,4	1,01	-2,66
10	13,4	44,9	0,5	-2,39	-18,1	1,02	-2,44
15	13,8	44,7	1,1	-1,98	-17,7	1,03	-2,04
20	14,3	44,4	2,0	-1,42	-17,2	1,04	-1,47
25	15,1	44,0	3,1	-0,68	-16,4	1,05	-0,72
30	16,0	43,6	4,5	0,21	-15,5	1,06	0,22
35	17,0	43,0	6,1	1,27	-14,5	1,07	1,35
40	18,2	42,4	7,9	2,48	-13,3	1,08	2,68
45	19,6	41,7	10,0	3,87	-11,9	1,09	4,21
50	21,2	40,8	12,4	5,41	-10,3	1,1	5,95
55	22,9	39,9	15,0	7,12	-8,6	1,11	7,90
60	24,7	39,0	17,9	8,99	-6,8	1,12	10,06
65	26,8	37,9	21,0	11,0	-4,7	1,13	12,45
70	29,0	36,7	24,3	13,2	-2,5	1,14	15,06
75	31,3	35,5	27,9	15,6	-0,2	1,15	17,90
80	33,8	34,2	31,7	18,1	2,3	1,16	20,98
85	36,5	32,8	35,8	20,8	5,0	1,17	24,30
90	39,4	31,3	40,2	23,6	7,9	1,18	27,86
95	42,4	29,7	44,8	26,6	10,9	1,19	31,68
100	45,5	28,0	49,6	29,8	14,0	1,2	35,75
105	48,9	26,3	54,7	33,1	17,4	1,21	40,07
110	52,4	24,4	60,0	36,6	20,9	1,22	44,67
115	56,0	22,5	65,6	40,3	24,5	1,23	49,53
120	59,8	20,5	71,4	44,1	28,3	1,24	54,67
125	63,8	18,4	77,5	48,1	32,3	1,25	60,09
130	68,0	16,2	83,8	52,2	36,5	1,26	65,79
135	72,3	14,0	90,4	56,5	40,8	1,27	71,78
140	76,7	11,6	97,2	61,0	45,2	1,28	78,07
145	81,4	9,2	104,3	65,6	49,9	1,29	84,65
150	86,2	6,7	111,6	70,4	54,7	1,3	91,54
155	91,1	4,1	119,1	75,4	59,6	1,31	98,74
160	96,2	1,4	127,0	80,5	64,7	1,32	106,3

Таблиця 3.5 – Результати обчислень динамічної стійкості в кривій $R = 1000$ м при коефіцієнті тертя $\mu = 0,2$

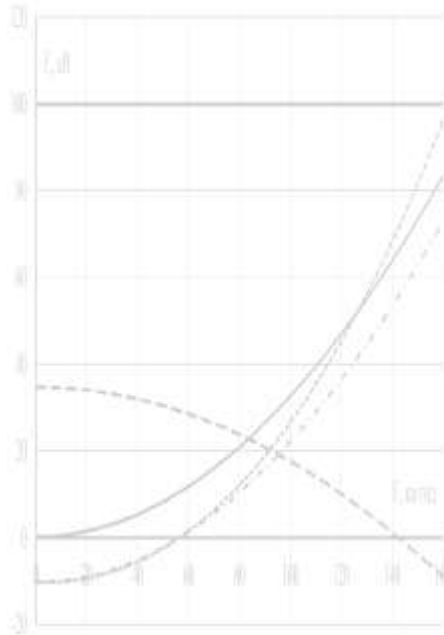
V , км/год	Y_L , кН	Y_3 , кН	C , кН	Y'_1 , кН	Y_p , кН	$K_{\Sigma\partial}$	$Y'_{1\partial}$, кН
0	25,8	55,5	0,0	4,8	-16,2	1	4,82
5	25,9	55,4	0,1	4,9	-16,1	1,01	4,95
10	26,1	55,3	0,5	5,1	-15,9	1,02	5,24
15	26,5	55,1	1,1	5,5	-15,5	1,03	5,71
20	27,1	54,8	2,0	6,1	-14,9	1,04	6,36
25	27,8	54,4	3,1	6,8	-14,2	1,05	7,19
30	28,7	53,9	4,5	7,7	-13,3	1,06	8,21
35	29,8	53,4	6,1	8,8	-12,2	1,07	9,41
40	31,0	52,7	7,9	10,0	-11,0	1,08	10,82
45	32,4	52,0	10,0	11,4	-9,6	1,09	12,42
50	33,9	51,2	12,4	12,9	-8,1	1,1	14,24
55	35,6	50,3	15,0	14,6	-6,4	1,11	16,26
60	37,5	49,3	17,9	16,5	-4,5	1,12	18,50
65	39,5	48,2	21,0	18,5	-2,5	1,13	20,96
70	41,7	47,1	24,3	20,7	-0,3	1,14	23,65
75	44,1	45,8	27,9	23,1	2,1	1,15	26,57
80	46,6	44,5	31,7	25,6	4,6	1,16	29,72
85	49,3	43,1	35,8	28,3	7,3	1,17	33,11
90	52,1	41,6	40,2	31,1	10,1	1,18	36,75
95	55,2	40,0	44,8	34,2	13,2	1,19	40,64
100	58,3	38,4	49,6	37,3	16,3	1,2	44,79
105	61,7	36,6	54,7	40,7	19,7	1,21	49,19
110	65,1	34,8	60,0	44,1	23,1	1,22	53,86
115	68,8	32,9	65,6	47,8	26,8	1,23	58,80
120	72,6	30,8	71,4	51,6	30,6	1,24	64,01
125	76,6	28,8	77,5	55,6	34,6	1,25	69,51
130	80,7	26,6	83,8	59,7	38,7	1,26	75,28
135	85,1	24,3	90,4	64,1	43,1	1,27	81,35
140	89,5	22,0	97,2	68,5	47,5	1,28	87,71
145	94,2	19,5	104,3	73,2	52,2	1,29	94,37
150	99,0	17,0	111,6	78,0	57,0	1,3	101,3
155	103,9	14,4	119,1	82,9	61,9	1,31	108,6
160	109,0	11,7	127,0	88,0	67,0	1,32	116,2

Таблиця 3.6 – Результати обчислень динамічної стійкості в кривій $R=1000$ м при коефіцієнті тертя $f=0,25$

V , км/год	Y_1 , кН	Y_3 , кН	C , кН	Y'_1 , кН	Y_p , кН	$K_{\Sigma\theta}$	$Y'_{1\theta}$, кН
0	38,6	65,8	0,0	12,3	-13,9	1	12,3
5	38,7	65,7	0,1	12,4	-13,8	1,01	12,6
10	38,9	65,6	0,5	12,7	-13,6	1,02	12,9
15	39,3	65,4	1,1	13,1	-13,2	1,03	13,5
20	39,9	65,1	2,0	13,6	-12,6	1,04	14,2
25	40,6	64,7	3,1	14,4	-11,9	1,05	15,1
30	41,5	64,3	4,5	15,3	-11,0	1,06	16,2
35	42,6	63,7	6,1	16,3	-9,9	1,07	17,5
40	43,8	63,1	7,9	17,6	-8,7	1,08	19,0
45	45,2	62,3	10,0	18,9	-7,3	1,09	20,6
50	46,7	61,5	12,4	20,5	-5,8	1,1	22,5
55	48,4	60,6	15,0	22,2	-4,1	1,11	24,6
60	50,3	59,6	17,9	24,1	-2,2	1,12	26,9
65	52,3	58,6	21,0	26,1	-0,2	1,13	29,5
70	54,5	57,4	24,3	28,3	2,0	1,14	32,2
75	56,9	56,2	27,9	30,6	4,4	1,15	35,2
80	59,4	54,9	31,7	33,2	6,9	1,16	38,5
85	62,1	53,4	35,8	35,8	9,6	1,17	41,9
90	64,9	51,9	40,2	38,7	12,4	1,18	45,6
95	67,9	50,4	44,8	41,7	15,4	1,19	49,6
100	71,1	48,7	49,6	44,9	18,6	1,2	53,8
105	74,4	47,0	54,7	48,2	21,9	1,21	58,3
110	77,9	45,1	60,0	51,7	25,4	1,22	63,0
115	81,6	43,2	65,6	55,3	29,1	1,23	68,1
120	85,4	41,2	71,4	59,2	32,9	1,24	73,4
125	89,4	39,1	77,5	63,1	36,9	1,25	78,9
130	93,5	36,9	83,8	67,3	41,0	1,26	84,8
135	97,8	34,6	90,4	71,6	45,3	1,27	90,9
140	102,3	32,3	97,2	76,1	49,8	1,28	97,4
145	106,9	29,9	104,3	80,7	54,4	1,29	104
150	111,7	27,3	111,6	85,5	59,2	1,3	111
155	116,7	24,7	119,1	90,4	64,2	1,31	118
160	121,8	22,0	127,0	95,6	69,3	1,32	126

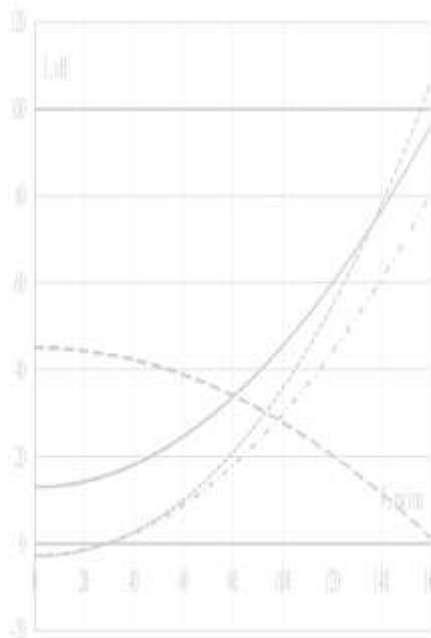
Таблиця 3.7 – Результати обчислень динамічної стійкості в кривій $R=1000$ м при коефіцієнті тертя $f=0,3$

V , км/год	Y_l , кН	Y_3 , кН	C , кН	Y'_1 , кН	Y_p , кН	K_{20}	Y'_{10} , кН
0	51,4	76,1	0,0	25,1	-1,1	1	25,1
5	51,5	76,1	0,1	25,2	-1,0	1,01	25,5
10	51,7	76,0	0,5	25,5	-0,8	1,02	26,0
15	52,1	75,7	1,1	25,9	-0,4	1,03	26,6
20	52,7	75,4	2,0	26,4	0,2	1,04	27,5
25	53,4	75,1	3,1	27,2	0,9	1,05	28,5
30	54,3	74,6	4,5	28,1	1,8	1,06	29,7
35	55,4	74,0	6,1	29,1	2,9	1,07	31,2
40	56,6	73,4	7,9	30,3	4,1	1,08	32,8
45	58,0	72,7	10,0	31,7	5,5	1,09	34,6
50	59,5	71,9	12,4	33,3	7,0	1,1	36,6
55	61,2	71,0	15,0	35,0	8,7	1,11	38,8
60	63,1	70,0	17,9	36,8	10,6	1,12	41,3
65	65,1	68,9	21,0	38,9	12,6	1,13	43,9
70	67,3	67,8	24,3	41,1	14,8	1,14	46,8
75	69,7	66,5	27,9	43,4	17,2	1,15	49,9
80	72,2	65,2	31,7	45,9	19,7	1,16	53,3
85	74,9	63,8	35,8	48,6	22,4	1,17	56,9
90	77,7	62,3	40,2	51,5	25,2	1,18	60,7
95	80,7	60,7	44,8	54,5	28,2	1,19	64,8
100	83,9	59,0	49,6	57,6	31,4	1,2	69,2
105	87,2	57,3	54,7	61,0	34,7	1,21	73,8
110	90,7	55,5	60,0	64,5	38,2	1,22	78,6
115	94,4	53,5	65,6	68,1	41,9	1,23	83,8
120	98,2	51,5	71,4	71,9	45,7	1,24	89,2
125	102,2	49,4	77,5	75,9	49,7	1,25	94,9
130	106,3	47,3	83,8	80,1	53,8	1,26	101
135	110,6	45,0	90,4	84,4	58,1	1,27	107
140	115,1	42,6	97,2	88,8	62,6	1,28	114
145	119,7	40,2	104,3	93,5	67,2	1,29	121
150	124,5	37,7	111,6	98,3	72,0	1,3	128
155	129,5	35,1	119,1	103,2	77,0	1,31	135
160	134,6	32,4	127,0	108,3	82,1	1,32	143



— — $Y_1=f(V)$; - · - - $Y_1'=f(V)$; · · · · · - $Y_{10}'=f(V)$; - - - $Y_3=f(V)$

Рисунок 3.4 – Динамічний паспорт при $f=0,1$

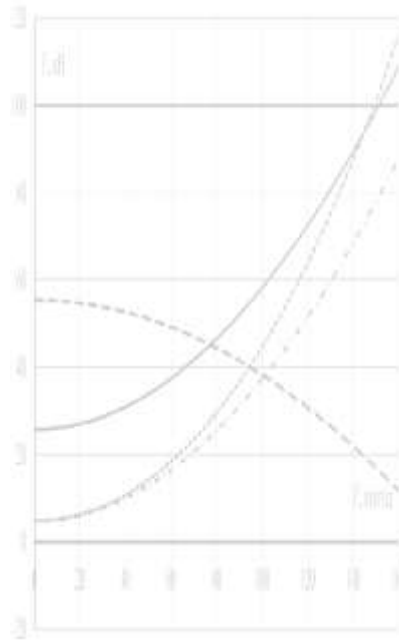


— — $Y_1=f(V)$; - · - - $Y_1'=f(V)$; · · · · · - $Y_{10}'=f(V)$; - - - $Y_3=f(V)$

Рисунок 3.5 – Динамічний паспорт при $f=0,15$

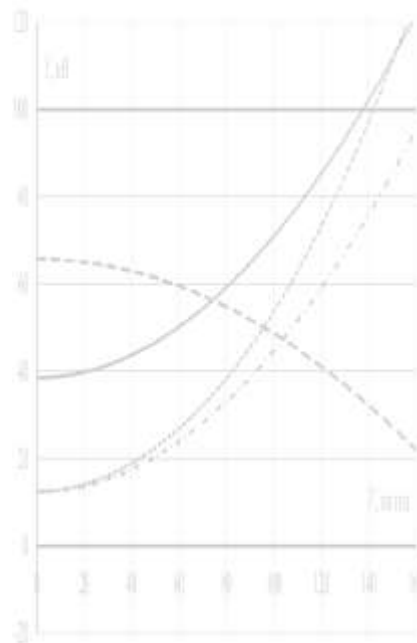
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.226323.000.03MP.ПЗ



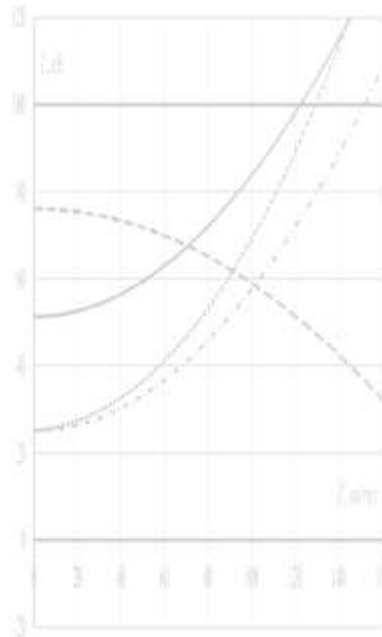
— — $Y_1=f(V)$; - · - - $Y_1'=f(V)$; · · · · · $Y_{1d}=f(V)$; - · - - $Y_3=f(V)$

Рисунок 3.6 – Динамічний паспорт при $f = 0,2$



— — $Y_1=f(V)$; - · - - $Y_1'=f(V)$; · · · · · $Y_{1d}=f(V)$; - · - - $Y_3=f(V)$

Рисунок 3.7 – Динамічний паспорт при $f = 0,25$



— — $Y_1=f(V)$; ···· — $Y_1'=f(V)$; - - - - - $Y_{1\delta}=f(V)$; - · - · - $Y_3=f(V)$

Рисунок 3.8 – Динамічний паспорт при $f=0,3$

За результатами розрахунків можна стверджувати, що при значенні коефіцієнта тертя $f=0,3$ відношення Y_1' / P набуває значень близько одиниці. Це свідчить про те, що при певних умовах збільшення коефіцієнту тертя, поступові зміни профілю бандажа внаслідок природного спрацьовування, наявності стиків на колії та інших факторах значення Y_1' / P може впритул наблизитись до критичного відповідно критерію безпеки по всповзанню гребня колісної пари на рейку. Отже, за цих умов необхідно застосовувати рейко- або гребнезмашувачі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РОБОТИ ДЕПО ПРИ ВІДСУТНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Підвищення стійкості об'єкта досягається посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкта. Для цього на кожному об'єкті завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи.

Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких депо буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо важливих елементів об'єкта. Заходи будуть економічно обґрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу.

Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, бо у процесі проектування, як відзначалося раніше, у багатьох випадках можна домогтися логічного поєднання загальних інженерних рішень із захисними заходами цивільної оборони, що знизить витрати на їх реалізацію.

На існуючих об'єктах заходи щодо підвищення стійкості доцільно проводити в процесі реконструкції чи виконання інших ремонтно-будівельних робіт.

Підвищення стійкості роботи об'єктів передбачає:

- захист робітників та службовців у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів і удосконалювання технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробку заходів щодо зменшення імовірності виникнення вторинних

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

факторів ураження і збитків від них;

- підготовку до відновлення виробництва після ураження об'єкта.

Щодо підвищення стійкості енергопостачання об'єкту, воно передбачає забезпечення безперебійного постачання об'єкту електроенергією, газом, стислим повітрям, парою та водою за рахунок дублювання джерел їх отримання і укриття комунікацій.

Стійкість енергопостачання об'єкту залізничного транспорту забезпечується заміною односторонньої схеми енергопостачання або двосторонньою або кільцевою системою енергопостачання (рис. 4.1), створенням резервних і пересувних джерел енергії, захистом системи енергопостачання від вражаючих чинників ядерного вибуху та вторинних вражаючих факторів, заміною повітряних комунікацій підземними та кабельними лініями.

Підвищення стійкості системи енергопостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів. Створюються дублюючі джерела електроенергії, газу, води і пари шляхом прокладання декількох електро-, газо-, водо- і паропостачальних комунікацій та подальшого їх закільцювання. Інженерні й енергетичні комунікації переносяться в підземні колектори, найбільш відповідальні пристрої (центральні диспетчерські розподільні пункти) розміщуються в підвальних приміщеннях будинків чи у спеціально побудованих міцних спорудах. Там, де прокладання комунікацій у траншеях чи тунелях неможливе, здійснюється закріплення трубопроводів до естакад, щоб уникнути їх зрушення чи скидання; самі естакади зміцнюються установкою розтяжок у місцях поворотів і розгалужень.

Для забезпечення проведення якомога швидшого відновлення виробництва на випадок виходу з ладу основних джерел енергоживлення повинен бути створений резерв джерел електро- і водопостачання (пересувні електростанції і насосні агрегати з автономними двигунами).

Стійкість систем електропостачання об'єкта підвищують, підключаючи його до декількох джерел живлення, віддалених одне від одного на відстань, що виключає можливість їх одночасного ураження одним ядерним вибухом. На

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

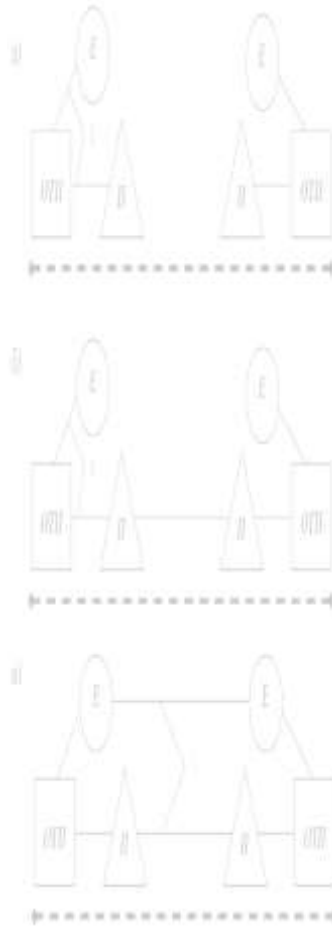


Рисунок 4.1 – Схеми одностороннього (а), двостороннього (б), кільцевого (в) електропостачання залізничних доріг:

1 – лінія електропередачі; Е – електростанція; ОТП – основна тягова підстанція;
 П – проміжна тягова підстанція

об'єктах, що мають теплові електростанції, обладнують пристосування для роботи теплоелектроцентралі (ТЕЦ) на різних видах палива, уживають заходів щодо створення запасів твердого і рідкого палива, його укриття і посилення конструкцій сховищ горючих матеріалів. У мережах електропостачання проводять заходи щодо переведення повітряних ліній електропередач на підземні.

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ПОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ РЕЙКОЗМАЩУВАЧІВ

Дохід від застосування пристроїв рейкозмащування на локомотивах визначимо за розрахунковою формулою:

$$D = E_n - B_{з(ПП)} - B_n - B_{рл} - B_{рб} - B_{рс} + E_{КП}, \quad (5.1)$$

де $B_{з(ПП)}$ – вартість змащування або протизносного покриття, використаних за рік, грн/рік;

E_n – річна економія коштів, що припадає на пропозицію, грн/рік;

B_n – вартість виготовлення та встановлення пристрою, грн;

$B_{рл}$ – вартість роботи локомотива по рейкозмащуванню за рік, грн/рік;

$B_{рб}$ – величина доплати локомотивним бригадам за обслуговування пристроїв рейкозмащування за рік, грн/рік;

$B_{рс}$ – величина доплати слюсарям за обслуговування пристроїв рейкозмащування за рік, грн/рік;

$E_{КП}$ – річна економія коштів, отримана в результаті зменшення кількості викаток КМБ, обточування та заміни бандажів, грн/рік.

За даними служби колії з розрахунку, що на ділянках обслуговування Д.-М. довжиною 212 км 70-75% довжини ділянки змащується запропонованим пристроєм, а решта робіт виконують робітники дистанції колії, загальна річна економія коштів на утримання колії складає 4187282 грн/рік, з них річна економія, що припадає на пристрої рейкозмащування, складає 705528 грн, тобто $E_n = 705\,528$ грн/рік.

Вартість змащування, використаної за рік на змащення рейок на ділянці, Д.-М. визначимо за формулою:

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

$$B_3 = B_2 \cdot C_2 + B_M \cdot C_M, \quad (5.2)$$

де B_2 , B_M – вартість відповідно 1 т графіту та осьового масла, $B_2 = 2335$ грн;

$$B_M = 963 \text{ грн};$$

C_2 , C_M – річні витрати відповідно графіту та масла на змащення рейок,

$$C_2 = 0,5 \text{ т/рік}, \quad C_M = 8,55 \text{ т/рік}.$$

$$B_3 = 2335 \cdot 0,5 + 963 \cdot 8,55 = 9401 \text{ грн/рік}.$$

Витрату графітового змащування в рік визначимо за формулою:

$$C_3 = C_2 + C_M, \quad (5.3)$$

$$C_3 = 0,5 + 8,55 = 9,05 \text{ т}.$$

Вартість протизносного покриття (ПП) є в 10-12 разів нижчою від вартості графітового змащування, а його витрата є такою ж, як і графітового змащування.

Тому вартість ПП, використаного за рік, буде складати:

$$B_{III} = \frac{B_3}{10}; \quad (5.4)$$

$$B_{III} = \frac{9401}{10} = 940 \text{ грн}.$$

Вартість виготовлення та встановлення пристрою рейкозмащування, обчислена бухгалтерією депо, складає $B_n = 4601$ грн.

Річну вартість роботи локомотива по змащенню рейок визначимо за формулою:

$$B_{рл} = B_{рл}^2 \cdot T_3 \cdot K_p \cdot 365, \quad (5.5)$$

де $B_{рл}^2$ – вартість години роботи локомотива;

T_3 – тривалість змащення, $T_3 = 4$ год;

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

K_p – кількість рейсів за добу, $K_p = 2$ год ;

$$B_{pl} = 236 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 365 = 689\,120 \text{ грн.}$$

Величина доплати локомотивним бригадам за обслуговування пристроїв рейкозмашування за рік складе

$$B_{p\bar{b}} = B_{p\bar{b}}^2 \cdot T_3 \cdot K_p \cdot 365, \quad (5.6)$$

де $B_{p\bar{b}}^2$ – величина оплати години обслуговування пристроїв рейкозмашування,

$$B_{p\bar{b}}^2 = 1,25 \text{ грн/рік.}$$

$$B_{p\bar{b}} = 1,25 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 365 = 3650 \text{ грн/рік.}$$

Величину доплати слюсарям, які обслуговують пристрої рейкозмашування (приготування змашування, її заправка в резервуари на тепловозі, техогляд пристроїв рейкозмашування і ін.), визначимо за формулою:

$$B_{pc} = Cm^{200} \cdot k_{\partial} \cdot T_o \cdot K_c \cdot 365, \quad (5.7)$$

де Cm^{200} – годинна ставка слюсаря 5-го розряду, $Cm^{200} = 22,24$ грн/год ;

k_{∂} – коефіцієнт доплати слюсарям за обслуговування пристроїв рейкозмашування, $k_{\partial} = 0,4$;

T_o – тривалість обслуговування пристроїв рейкозмашування на добу,
 $T_o = 2$ год/добу ;

K_c – кількість слюсарів, які обслуговують пристрої рейкозмашування,
 $K_c = 2$.

$$B_{pc} = 22,24 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 365 = 12988,16 \text{ грн/рік.}$$

Річну економію коштів, отриману в результаті зменшення кількості викаток

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

КМБ, обточування і заміни бандажів колісних пар локомотивів, визначимо за формулою:

$$E_{КП} = E_{П} + E_{КМБ}, \quad (5.8)$$

де $E_{П}$ – річний ефект від збільшення пробігу колісної пари, грн;

$E_{КМБ}$ – річне скорочення витрат, пов'язане зі зменшенням кількості викаток КМБ з причини заміни колісних пар локомотивів, грн;

$$E_{П} = E_{П}^1 \cdot K_{КП}, \quad (5.9)$$

де $E_{П}^1$ – ефект по одній колісній парі в рік від збільшення пробігу, грн;

$K_{КП}$ – кількість колісних пар на тепловозі, $K_{КП} = 6$.

$$E_{П}^1 = B_{КП}^{зб} - B_{КП}, \quad (5.10)$$

де $B_{КП}^{зб}$ – вартість однієї колісної пари зі зміною бандажа зі збільшеним пробігом,

$B_{КП}$ – вартість однієї колісної пари зі зміною бандажа.

$$B_{КП}^{зб} = \frac{B_{КП} \cdot \Pi_{КП}^{РЗ}}{\Pi_{КП}^{річ}}, \quad (5.11)$$

де $\Pi_{КП}^{річ}$ – середній річний пробіг колісної пари без застосування пристроїв рейкозмащування, $\Pi_{КП}^{річ} = 101,6$ тис км/рік;

$\Pi_{КП}^{РЗ}$ – середній річний пробіг колісної пари із застосуванням пристроїв рейкозмащування, тис км/рік .

Як показали дослідження застосування пристроїв рейкозмащування на масляно-графітній суміші і протизносому покритті зменшує знос колісних пар

					0032.226323.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

локомотива в середньому у 1,4 та 1,6 разів відповідно. Тому для масляно-графітового змащування середній річний пробіг колісної пари буде складати:

$$\Pi_{КП}^{P3(3)} = \Pi_{КП}^{річ} \cdot 1,4;$$

$$\Pi_{КП}^{P3(3)} = 101,6 \cdot 1,4 = 142,2 \text{ тис км/рік,}$$

а для протизносного покриття

$$\Pi_{КП}^{P3(III)} = \Pi_{КП}^{річ} \cdot 1,6;$$

$$\Pi_{КП}^{P3(III)} = 101,6 \cdot 1,6 = 162,6 \text{ тис км/рік.}$$

Тоді, згідно з формулами (5.9-5.11), маємо:

а) для масляно-графітового змащування:

$$B_{КП}^{зб} = \frac{1950 \cdot 142,2}{101,6} = 2729 \text{ грн;}$$

$$E_{II}^1 = 2729 - 1950 = 779 \text{ грн;}$$

$$E_{II} = 779 \cdot 6 = 4674 \text{ грн;}$$

б) для протизносного покриття:

$$B_{КП}^{зб} = \frac{1950 \cdot 162,6}{101,6} = 3121 \text{ грн;}$$

$$E_{II}^1 = 3121 - 1950 = 1171 \text{ грн;}$$

$$E_{II} = 1171 \cdot 6 = 7026 \text{ грн.}$$

Річне скорочення витрат, пов'язане зі зменшенням кількості викаток КМБ з причини заміни колісних пар локомотива $E_{КМБ}$, визначимо за формулою:

					0032.226323.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$E_{КМБ} = K_{\text{в}} \cdot k_{\text{з}} \cdot B_{КМБ}, \quad (5.12)$$

де $K_{\text{в}}$ – кількість викаток КМБ в рік до впровадження рейкозмашування, $K_{\text{в}} = 120$;

$k_{\text{з}}$ – коефіцієнт зменшення кількості викаток КМБ в результаті впровадження рейкозмашування, для масляно-графітної суміші $k_{\text{з}} = 0,4$, для протизносного покриття $k_{\text{з}} = 0,6$;

$B_{КМБ}$ – вартість однієї викатки КМБ в умовах депо, $B_{КМБ} = 600$ грн.

Тоді, річне скорочення витрат, пов'язане зі зменшенням кількості викаток КМБ, згідно з формулою (5.12) складе:

а) для масляно-графітної суміші:

$$E_{КМБ} = 120 \cdot 0,4 \cdot 600 = 28\,800 \text{ грн};$$

б) для протизносного покриття:

$$E_{КМБ} = 120 \cdot 0,6 \cdot 600 = 43\,200 \text{ грн}.$$

Згідно з формулою (5.8), економія коштів, отримана в результаті зменшення кількості викаток КМБ, обточення та заміни бандажів колісних пар локомотива, складе:

а) для масляно-графітної суміші:

$$E_{КП} = 4\,674 + 28\,800 = 33\,474 \text{ грн};$$

б) для протизносного покриття:

$$E_{КМБ} = 7\,026 + 43\,200 = 50\,226 \text{ грн}.$$

Тоді, згідно з формулою (5.1), дохід від застосування пристроїв рейкозмашування на локомотивах буде рівний:

а) для масляно-графітної суміші:

$$Д_{\text{з}} = 705\,528 - 9\,401 - 689\,120 - 3\,650 - 2\,476 + 33\,474 = 34\,355 \text{ грн/рік};$$

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

б) для протизносного покриття:

$$D_{III} = 705\,528 - 940 - 689\,120 - 3\,650 - 2\,476 + 50\,226 = 59\,568 \text{ грн/рік.}$$

Розрахунки виконано для одного локомотива, обладнаного пристроями рейкозмащення, без урахування того, що цей локомотив виконує також одночасно і поїзну роботу (тобто при розрахунках вважалося, що цей локомотив працює суто для виконання роботи по змащуванню рейок, без рухомого складу).

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що застосування пристроїв рейкозмащування на локомотивах дає значний річний дохід. Як бачимо, при використанні для змащення рейок протизносного покриття є більш ефективнішим, ніж використання масляно-графітної суміші на близько 40%. Крім того, з огляду на низьку вартість, недефіцитність, нешкідливість та легко доступність протизносного покриття, його можна вважати перспективним матеріалом для протизносної обробки рейок на всій протяжності залізничних ниток. Це дозволить отримати максимальний техніко-економічний ефект за рахунок різкого зниження інтенсивності зносу колісних пар усього рухомого складу та рейок.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ВИСНОВКИ

Основним завданням даної магістерської роботи є оцінка проблеми інтенсивного зносу граней рейок і контактуючих з ними гребнів колісних пар рухомого складу на залізничних коліях та розробка і економічне обґрунтування пропозицій щодо застосування пристроїв рейкозмащування на локомотивах.

Для досягнення поставлених завдань ми проаналізували ефективність застосування рейкозмащувачів на локомотивах й зупинились більш конкретно на таких питаннях: оглянули проблематику зносу рейок та гребнів колісних пар, проаналізували відмови колісних пар в експлуатації, проаналізували діючі системи рейкозмащувачів, навели склад і властивості протизносного покриття для гребнів колісних пар та рейок, розглянули показники зниження зносу гребнів колісних пар локомотивів. За результатами досліджень надали пропозиції щодо вдосконалення системи змащування рейок. Додатково розглянули альтернативні лубрикатори та види мастила.

При розгляді питання подовження ресурсу роботи колісних пар локомотивів ми обґрунтували технологічне устаткування, яке пропонується до впровадження та модернізації при подовженні ресурсу роботи колісних пар локомотивів. Для цього ми розглянули механізацію робіт по ремонту колісних пар локомотивів й запропонували до впровадження в технологічний процес ремонту універсальну установку для відновлення профілю бандажа плазмовим наплавленням. Додатково розглянули та обґрунтували організацію плазмового поверхневого загартування колісних пар локомотивів.

Оскільки рейкозмащування безпосередньо впливає на стійкість локомотива на колії, ми виконали математичне моделювання динамічних якостей локомотива в кривих ділянках колії при застосуванні рейкозмащувачів. Для цього аналітично розв'язали задачу динамічної стійкості локомотива в кривих ділянках колії й виконали її математичне моделювання. Результати свідчать про необхідність застосування лубрикації рейок та гребнів коліс.

В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях ми вирішили актуальне питання – підвищення стійкості роботи депо при відсутності

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

електропостачання.

Розрахунок економічної ефективності від подовження ресурсу роботи колісних пар локомотивів при впровадженні рейкозмащувачів довів актуальність їх впровадження з економічної точки зору:

– застосування пристроїв рейкозмащування на локомотивах дає значний річний дохід;

– використання для змащення рейок протизносного покриття є більш ефективнішим, ніж використання масляно-графітної суміші на близько 40%;

– з огляду на низьку вартість, недефіцитність, нешкідливість та легкодоступність протизносного покриття, його можна вважати перспективним матеріалом для протизносної обробки рейок на всій протяжності залізничних ниток, що дозволить отримати максимальний техніко-економічний ефект за рахунок різкого зниження інтенсивності зносу колісних пар усього рухомого складу та рейок.

					<i>0032.226323.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила технічної експлуатації залізниць України. – К.: Укрзалізниця, 1998. – 264 с.
2. Панков Ю. Н., Трикунов В. М. Ресурсосбережение в локомотивном хозяйстве //Локомотив. – 2002. – №1. – С. 32-36.
3. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація ремонтного та екіпірувального господарства: підручник /Б.Є. Боднар, М.І. Капіца, Є.Б. Боднар, О.Б. Очкасов; за ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Є. Боднара. – Електрон. вид. – Дніпро: Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022. – 220 с.
4. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство: Методичні вказівки до виконання курсового проекту /Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. імені акад. В.Лазаряна; уклад. Л.Ф. Гагін, М.І. Капіца. – Дніпропетровськ: ДІТ, 2007. – 44 с.
5. Теорія локомотивної тяги. Технічне обслуговування транспортних засобів: методичні вказівки до виконання курсової роботи /Д.В. Бобирь, М.І. Капіца, О.М. Гончаров, В.Н. Сердюк; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. – Д.: ДНУЗТ, 2003. – 62 с.
6. Бобирь Д. В., Грищенко М. А., Сердюк В. Н. Теорія локомотивної тяги: підручник. Дніпро: Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022. – 385 с.
7. Гетьман Г. К. Теория электрической тяги: монография: в 2 т. /Г. К. Гетьман. – Д.: Изд-во Днепрпетр. нац. ун-та железн. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2010. – Т. 1. – 450 с.
8. Боднар Б. Є., Нечаєв Є. Г., Бобир Д. В. Теорія та конструкція локомотивів. Екіпажна частина: Підручник для ВНЗ залізнич. трансп. / Під ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Є. Боднара. – Д.: ПП «Ліра ЛТД», 2008. – 287 с.
9. Боднар Б. Є., Нечаєв Є. Г., Бобир Д. В. Теорія та конструкція локомотивів. Основи проектування: Підручник для ВНЗ залізнич. трансп. / Під ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Є. Боднара. – Д.: ПП «Ліра ЛТД», 2010. – 360 с.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

10. Дж. Армстронг. Исследования по смазыванию рельсов в США //Железные дороги мира. – 1986. – №11. – С. 55-58.
11. Дж. Армстронг. Влияние смазывания рельсов на сопротивление движению и износ колес //Railway Age. – 1985. – № 8. – С. 46-60.
12. Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЭ116, які затверджені наказом Укрзалізниці від 20.03.2013 №075-Ц/од. – К.: вид-во Укрзалізниці, 2013. – 47 с.
13. Теорія та конструкція локомотивів: Методичні вказівки до виконання курсового проекту, розділ «Розрахунок техніко-економічних характеристик» /Дніпропетр. націон. універ. залізнич. трансп. ім. ак. В. Лазаряна; Уклад.: Д. В. Бобирь, Л. С. Казаріна, М. І. Мартишевській, Є. Г. Нечаєв. – Дніпропетровськ, 2006. – 30 с.
14. Бобирь, Д. В. Теорія та конструкція локомотивів: методичні вказівки до курсового проектування: у 3 ч. – Ч. 3. Динамічне вписування тепловоза в криву /Д. В. Бобирь, Я. В. Болжеларський, Є. Г. Нечаєв; Дніпропетр. нац. ун-т. залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – 22 с.
15. Економіка залізничного транспорту: підручник /О. М. Пшінько та ін.; за ред.: Ю. Ф. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – 480 с.

					0032.226323.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87