

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Локомотиви»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

М. І. Капіца

« _____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня *«магістр»*

Галузь знань *27 Транспорт*

Спеціальність *273 Залізничний транспорт*

Освітньо-професійна програма *Локомотиви та локомотивне господарство*

Тема **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХНІ
КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ**

Theme **DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE THE WEAR OF THE
SURFACE OF THE WHEEL PAIRS OF LOCOMOTIVES**

Керівник дипломної
роботи

М. І. Капіца

Нормоконтролер

Л. В. Колодій

Студент групи ЛГ1926

Я. В. Бабенко

Student

Babenko Jaroslav

Дніпро, 2020

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота на тему «Розробка заходів зі зменшення зношування поверхні колісних пар локомотивів» загальним обсягом 6 листів демонстраційного матеріалу та 77 аркушів розрахунково-пояснювальної записки, яка складається з 4 розділів. Робота містить 15 ілюстрацій, 3 таблиці та список літературних джерел з 16 найменувань.

Об'єктом дослідження в магістерській дипломній роботі виступає колісна пара локомотива, а метою – розробка заходів зменшення зношування поверхні колісних пар.

В першому розділі виконано огляд та аналіз існуючих заходів підвищення ресурсу колісних пар локомотивів. Розглянуто теоретичні основи природи зчеплення коліс із рейками. Вказано фактори що впливають на зношування колісних пар локомотива й надано аналіз видів та причини пошкодження колісних пар. На підставі аналізу існуючих заходів підвищення ресурсу колісних пар спроектована уніфікована для різних серій тепловозів система гребнезмащування. Надано рекомендації впровадження заходів з відновлення геометричних розмірів бандажів колісних пар локомотивів і можливість загартування поверхні бандажів колісних пар, що також суттєво вплине на підвищення їх ресурсу.

В економічному розділі проведено розрахунок строку окупності та ефективності впровадження вищевказаної системи. Згідно розрахункам, строк окупності системи складає близько 4 місяців.

Для поліпшення стану охорони праці при впровадженні заходів зі зменшення зношування поверхні колісних пар локомотивів запропоновано встановлення системи вентиляції на робочому місці наплавлення бандажів.

Ключовими словами в магістерській дипломній роботі виступають: гребнезмащувач, тепловоз, плазмове загартування, ресурс, колісна пара, зношування, поверхня, економічне обґрунтування, охорона праці.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КОЛІСНИХ ПАР	8
1.1 Теоретичні основи природи зчеплення коліс із рейками	8
1.2 Фактори що впливають на зношування колісних пар локомотива	13
1.3 Види та причини пошкодження колісних пар	15
1.4 Аналіз існуючих заходів підвищення ресурсу колісних пар	18
1.5 Будова та принцип дії рідинних гребнезмащувачів.....	23
2 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ	28
2.1 Загальна характеристика гребнезмащувача	28
2.2 Монтаж гребнезмащувача на тепловоз	28
2.3 Будова та принцип роботи системи автоматичного гребнезмащувача	31
2.4 Плазмове зміцнення поверхні гребенів колісних пар локомотивів	36
2.5 Розробка заходів з відновлення геометричних розмірів бандажів колісних пар локомотивів	45
2.6 Розрахунок пристрою для транспортування візків тепловозів	48
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ ГРЕБЕНІВ КОЛІСНИХ ПАР НА ТЕПЛОВОЗІ.....	61
4 ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХНІ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ	67
4.1 Впровадження робочого місця наплавки бандажів колісних пар	67
4.2 Розрахунок витяжного пристрою робочого місця наплавника.....	68
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

					<i>0032.196372.000.03MP.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Бабенко</i>			<i>Розробка заходів зі зменшення зношування поверхні колісних пар локомотивів</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Капіца</i>				Н	5	
Реценз.						<i>ДНУЗТ, зр. ЛГ1926</i>		
Н. Контр.		<i>Колодій</i>						
Затверд.		<i>Капіца</i>						

ВСТУП

На сьогоднішній день такий вид діяльності, як перевезення, є невід'ємною частиною нашої життєдіяльності. Вантажі можна транспортувати в будь-яке місце, незалежно від обсягу й розмірів. Варіантів для цього надається досить багато – це і міжнародні авіаперевезення, і залізничні перевезення, і морські вантажоперевезення і так далі.

Сьогодні, в умовах реформування залізничного транспорту, підвищення конкуренції на ринку транспортних послуг, залізнична галузь має бути адаптована до функціонування в умовах ринкових відносин, коли на ринку транспортних послуг посилюється конкурентна боротьба між різними видами транспорту, скорочуються обсяги державних замовлень на перевезення, у бюджеті майже не передбачаються кошти на розвиток залізничного транспорту. Саме тому, особливо актуальними постають питання забезпечення стійкого соціально-економічного розвитку залізничного транспорту України в умовах невизначеності його забезпечення.

Утримання локомотивного парку – найбільш фондомістке в структурі витрат Укрзалізниці. Переважна частина витрат припадає на експлуатацію та утримання транспортного рухомого складу, закупівлю паливо-мастильних матеріалів, закупівлю електроенергії.

Перспектива локомотивобудування на Україні в даний момент впирається, перед усім, у недостачу матеріальних коштів на фінансування розробки нових типів локомотивів, будування та випробування нових зразків, а також навичок будування нових серій локомотивів, електро- та дизель-поїздів.

Окрім введення в роботу нових зразків техніки вдосконалюються системи технічного обслуговування та ремонту локомотивів, система експлуатації, нормування режимів роботи тощо. Сучасний етап розвитку системи експлуатації потребує удосконалення заходів по забезпеченню безпеки руху поїздів та маневровій роботі, котра займає найважливіше місце в експлуатації локомотивів.

Однією з головних деталей будь-якого локомотива є колісна пара, яка і є

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

відповідальною за безпеку руху. Надійність роботи колісних пар значною мірою залежить від стану бандажів.

Ресурс бандажів колісних пар локомотивів є одним з визначальних факторів величини міжремонтних пробігів – не збільшивши ресурс бандажів, неможливо продовжити міжремонтний період між поточними ремонтами, що стримує збільшення пробігів між ремонтами у всій системі технічних обслуговувань та поточних ремонтів локомотивів. Тому магістерську дипломну роботу присвячено розгляду можливих заходів з підвищення ресурсу колісних пар локомотивів.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КОЛІСНИХ ПАР

1.1 Теоретичні основи природи зчеплення коліс із рейками

Дослідження природи зчеплення коліс з рейками дозволяє знаходити засоби зменшення зношування поверхні кочення коліс і рейок, забезпечення стійкості руху локомотивів, підвищення норм і маси (вертушок) поїздів. Зрозуміло, що природа зчеплення стала предметом численних теоретичних і експериментальних досліджень у нас і за кордоном.

У теорії тертя розрізняють три види механічної взаємодії поверхонь твердих тіл, що відносяться до зчеплення коліс з рейками: пружний контакт, пластичний контакт, мікрорізання. При пружному контакті відбувається формозміна матеріалу в зоні контакту у вигляді пружного відтискання його, коли навантаження й молекулярні зв'язки не перевищують границі текучості. Пластичний контакт виникає, коли контактні напруги досягають межі плинності й матеріал обтікає більш тверді мікровиступи. Мікрорізання виникає, коли контактні напруги досягають значень, при яких припиняється режим обтікання виступів деформованого металу й відбувається руйнування мікровиступів.

Усі ці види механічної взаємодії залежать від: нормального й дотичного навантаження, шорсткості контактуючих поверхонь, механічних властивостей матеріалу, тангенціальної міцності мікровиступів, тривалості контактування, впливу зовнішнього середовища.

Статичне навантаження колісної пари на рейки тепловоза 2ТЭ10М становить 220 кН. При динамічній взаємодії з рейками воно може досягати 300 кН. Під дією нормального навантаження відбувається зминання металу в зоні контакту, у результаті якого утворюється контурна площа еліптичного виду. Тільки під дією статичного навантаження її площа може досягати 400 мм².

У зоні контурної ділянки відбувається механічне зачеплення мікровиступів подібно зубчатій передачі, а також вдавлювання в деформований метал більш

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердих виступів. Під дією сили зсуву (дотична сила тяги) виникає пружна деформація металу рейки й колеса. Пружною деформацією називають зміну форми контактуючих поверхонь без зміни обсягу тіла.

При відсутності зовнішнього впливу, сили притягування й відштовхування молекул твердого тіла взаємно врівноважені між собою. Під дією сили зсуву відбувається зсув молекул у вузлах кристалічних решіток металу, і рівновага порушується. Сили міжмолекулярної взаємодії перешкоджають цьому зсуву, і в тілі виникають пружні сили, що врівноважують зовнішні.

При деформації металу витрачається робота на взаємне проникнення атомів, молекул і іонів, яка згідно із законом збереження енергії перетвориться в потенційну енергію пружної деформації. При перекочуванні коліс деформований метал звільняється від навантаження й пружні сили молекулярних зв'язків повертають кристалічну решітку в попередній стан за рахунок раніше накопиченої потенційної енергії. Завдяки цьому відновлюється форма колеса й рейки [1].

При циклічному повторенні навантаження-розвантаження відбувається процес пружного гістерезису, що характеризується петлею гістерезису. Припущення про утворення петлі гістерезису деформованого металу коліс і рейок вдалося підтвердити експериментально. Гістерезисна петля являє собою різницю між витраченою й повернутою роботою деформації й зображується діаграмою залежності напруги від деформації. Тому що площа діаграми пропорційна частині енергії пружності, котра перейшла у тепло, то деформація являє собою незворотній процес розсіювання (дисипації) енергії. Цим явищем частково пояснюється те, що сила тяги локомотива на автозчепі менше дотичної сили тяги на ободах коліс.

Дослідження контактуючих поверхонь прводять до висновку про те, що вона складається із зони зчеплення й зони ковзання. Перша розташована в передній частині за напрямком руху, друга – після неї.

За теорією Рейнольдса, пружна деформація металу супроводжується

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

мікроковзанням. Під дією нормального навантаження й дотичної сили колесо при коченні переміщає перед собою хвилю деформованого металу рейки. Матеріал колеса при цьому стиснутий у зоні набігання, й розтягнутий в основі поверхні. Матеріал рейки, навпаки, розтягнутий у зоні набігання й стиснутий в основі пружної хвилі. У результаті пружного розтискування металу колеса й рейки в протилежних напрямках, виникає відносне переміщення контактуючих поверхонь, що називається пружним ковзанням зсуву. Сила тертя, що виникає при зсуві спрямована вбік, зворотному ковзанню, і співпадає за напрямком з силою пружної деформації. Тому сила тертя й сила пружної деформації є величинами що підлягають алгебраїчній сумі.

Внаслідок конічної форми поверхні катання і зазорів між їхніми гребенями і внутрішніми гранями головок рейок відбувається виляння (звивистий рух колісних пар у колії). При цьому кочення коліс однієї колісної пари відбувається кругами катання різних діаметрів, і тому колеса проходять різні колії. Але тому що вони жорстко посаджені на одну вісь, виникає поздовжнє проковзування коліс по рейкам. Одночасно відбувається також поперечне ковзання, яке залежить від кута нахилу гребеня поверхні кочення, профілю головки рейки, кута набігання колеса на рейку, бази й жорсткості зв'язки візка з кузовом у плані, швидкості руху, радіуса кривій і підвищення зовнішньої рейки при проходженні кривих ділянок колії, різниці діаметрів лівого й правого коліс колісної пари, тертя у зв'язках візків з рамою тепловоза. Внаслідок складності явища сили тертя ковзання від виляння колісних пар не піддаються обліку й тому оцінюються разом з поздовжнім тертям ковзання. Поздовжнє й поперечне ковзання колісних пар, обумовлені конструкцією й станом екіпажа й колії, називають кінематичним ковзанням.

Таким чином, сила тертя ковзання виникає внаслідок пружного й кінематичного ковзання коліс. При великому навантаженні шар контакту деформованого металу втрачає рухливість і під поверхнею тертя відбувається деформація пластичного зсуву, у результаті якої може виникнути буксування.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Отже, механічна складова сили тяги по зчепленню являє собою сукупність взаємодії внутрішніх сил у результаті пружної та пластичної деформацій, з однієї сторони і зовнішніх сил – зачеплення мікровиступів і сил тертя в результаті пружного зсуву й кінематичного ковзання – з іншої.

При великій силі стиснення мікровиступів утворюються містки з'єднання (спайки), які в сукупності створюють фрикційні зв'язки між колесами й рейками. Такі міжмолекулярні взаємодії називають адгезією. Відповідно до науки про фізику твердого тіла, природа адгезії пояснюється обміном електронами атомів на поверхні стиснутих тіл. Якщо атоми й молекули усередині кристалічних решіток металу перебувають в урівноваженому стані завдяки силам взаємного притягання, то на його поверхні вони перебувають у неуврівноваженому стані й мають поверхневу енергію взаємодії з атомами й молекулами дотичного тіла. Взаємодію при адгезії вимірюють силою, яка необхідна для відриву друг від друга контактуючих поверхонь, що доводиться на одиницю площі контакту.

При коченні коліс відбувається циклічне зняття навантаження. При цьому сили пружної деформації розривають адгезійні містки й відновлюють первісну форму контактуючих тіл. Порушення фрикційного зв'язку не руйнує метал, але при цьому зростає його наклеп із втратою властивостей пружності. Деформація металу в зоні контакту впливає на сили адгезії: чим більше деформація, тим інтенсивніше руйнуються адсорбовані й окисні плівки на поверхні коліс і рейок, тим більше сили адгезії між частинами поверхонь.

Поверхня металів має властивість поглинати речовини зовнішнього середовища. Явище поглинання, як відомо з курсу фізики, називається адсорбцією. Тіло, на поверхні якого відбувається адсорбція, називають адсорбентом. Речовинами, що поглинаються – адсорбати, можуть бути газ, пил, волога, бруд, масло. Природа адсорбції пояснюється тим, що адсорбат, потрапляючи на поверхню адсорбенту, утримується (адсорбується), внаслідок вільної енергії його поверхневих шарів. Частки адсорбата або втримуються якийсь час на поверхні, а потім «залишають» її, або утворюють тонкі адсорбційні

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

плівки.

Гази й кисень повітря можуть вступати в реакцію з металом і утворювати окисні плівки. Як показали дослідження, тертя, що виникає в результаті деформації, різко інтенсифікує процес окиснення, у результаті якого на поверхні бандажів і рейок утворюються досить міцні окисні плівки, що знижують опір зсуву.

Очевидно, адсорбційні сили мають ту ж фізичну природу, що й міжмолекулярні взаємодії контактуючих твердих тіл. Значення цих сил залежать від пористості й мікрорельєфу поверхонь металу, його складу, природи адсорбата, тиску й температури. У процесі деформації металу відбуваються зсуви в кристалічних решітках, молекули адсорбата проникають углиб по границях кристалів і явище адсорбції виникає на внутрішніх поверхнях. Тоді адсорбовані плівки стають більш міцними. Природно, що при в'їзді локомотива на забруднені рейки відбувається буксування.

Дослідження адсорбції вченими привели до висновку про те, що вона відіграє велику роль у процесах тертя, зношування й зчеплення. Як довів академік П. А. Ребиндер, у результаті адсорбції відбувається значне зниження опору тіл деформуванню, що приводить до зниження границі текучості. У фізиці твердого тіла це явище одержало назву ефекту Ребиндера. Адсорбція в значній мірі може змінювати процес деформації, знизити міцність і прискорити настання повзучості металу (виникнення пластичної деформації без збільшення навантаження зсуву). У свою чергу при деформації й зсуві металу дотичними силами відбувається руйнування адсорбованих і здирання окисних плівок, видавлювання сторонніх краплень, що приводить у контакт чисті металеві поверхні.

Найважливішими факторами, що визначають руйнування плівок і виникнення адгезійних взаємодій, є значення нормального та тангенціального навантажень у зоні контакту та швидкість проковзування коліс по рейках. Суттєво на сили адгезії можуть впливати динамічні навантаження та розвантаження колісних пар, вібрації колісних пар, які викликають пластичний

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

плин металу в поверхневих шарах навіть при незначних навантаженнях.

До речовин зовнішнього середовища відноситься пісок, що подається на рейки під колеса локомотива. Однак якщо раніше розглянуті речовини знижують силу зчеплення, то пісок, навпаки, сприяє її підвищенню. У цей час подача піску під колеса є найбільш ефективним способом підвищення стійкості проти буксування. Фізична природа цього явища пояснюється наступним. Кварцовий пісок має гострі грані зерен і високу твердість, що досягає 10кН/см^2 . Внаслідок цього зерна піску в зоні контакту коліс із рейками руйнують не тільки адсорбційні плівки, але й дуже міцні окисні плівки, що оголюють кристали металу й сприяють збільшенню сил адгезії. Більше того, у результаті вдавнення зерен у зоні контакту збільшується обсяг металу, що бере участь в опорі зсуву. Руйнуючи поверхневі плівки й проникаючи в проміжки мікровиступів контактуючих поверхонь, пісок заповнює порожнечі, витісняючи частки адсорбата. Таке явище у фізиці одержало назву суцільності. До того ж зерна піску мають більші опори зрізу й зсуву. Внаслідок явища суцільності зростає площа дійсного контакту, а завдяки високому опорі зсуву різко зростає зчеплення коліс із рейками.

1.2 Фактори що впливають на зношування колісних пар локомотива

Розподіл зношування по поверхні бандажів колісних пар у різну пору року дає характеристика факторів, що впливають на руйнування структури металу й відповідно дозволяє вибрати ефективні способи його зниження.

Слід зазначити, що в літній період гребінь інтенсивно зношується, випереджаючи швидкість наростання прокату. Якщо зберігається контакт у двох точках, властивий контакту знову обточеної колісної пари та нової рейки, а це у свою чергу пов'язане з тим, що як правило капітальний ремонт колії роблять у літню пору й поверхня головки рейки ще не набула свого «звичного» обрису, то при повному гребені слід мати вже початковий прокат.

Взимку ж на засніженій колії та при інєї на бічній грані головки рейки утворюється крижана плівка, яка є природнім змащенням, що добре захищає

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

гребені від зношування. При цих умовах кочення бандажа швидко переходить від контакту у двох точках до контакту в одній точці, а зношування гребеня значно знижується.

Низькі температури взимку можуть впливати на поверхневий шар і його твердість. У міру кочення бандажа по рейці в літній період накопичуються мікроскопічні деформації.

В осінньо-весняний період у період рясних дощів і туманів зношування колісних пар та рейок знижується, а пов'язано це з тим, що звичайна вода сприяє зниженню коефіцієнта тертя ковзання гребенів колісних пар. Мастильна дія обумовлена зменшенням сил зчеплення між дотичними тілами, а також опору деформаціям зсуву, яких зазнають поверхневі шари тіл які зазнають тертя. Помітно, що для охолодження тертьових поверхонь при обробці металу різанням застосовують складні багатокомпонентні мастильні рідини, які, поряд з іншими необхідними властивостями, можуть вимивати абразивний пил. Ця корисна властивість є й у води [2].

Ще одне характерне явище при змазуванні – змочування тертьових поверхонь тертя, розтікання рідини по них. Ця властивість води є найбільш характерною. В цілому змочування розглядається як результат міжмолекулярної взаємодії змащувального матеріалу із твердою поверхнею, дифузійними процесами в поверхневому шарі й залежить від поверхневої напруги, яка сприяє втриманню змащення на поверхні, що змазується.

У той же час необхідно пам'ятати про вплив води на зчеплення коліс із рейками, як вказується в Правилах тягових розрахунків, при нульовій швидкості коефіцієнт зчеплення стає рівним коефіцієнту тертя ковзання, який особливо знижується при паморозі.

Щоб зменшити сили тертя, інтенсивність зношування поверхні кочення колісних пар тепловозів і рейок, у літній період необхідно застосовувати змащення. Мастильні матеріали можуть бути рідкими (масло, вода), у вигляді емульсій, пластичними й твердими (тальк, графіт, дисульфід молібдену й ін.).

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.3 Види та причини пошкодження колісних пар

Основними видами пошкоджень елементів колісних пар є: тріщини, електропідпали, підрізи гребенів, повзуни (вибоїни), вищербини, місцеві напливи металу на зовнішніх гранях поверхні кочення, задири металу поверхонь тертя, ослаблення пресових з'єднань. Тріщини, що утворюються в елементах колісних пар в умовах експлуатації, виникають через втомні явища в металі, що перебувають тривалий час під впливом знакоперемінних навантажень. Втомні тріщини є наслідком порушення цілісності елемента, які можуть привести до його зламу, і тому становлять особливу небезпеку для нормальної експлуатації колісних пар і рухомого складу в цілому. Тріщини в осях утворюються переважно на поверхнях тертя, галтелях і поверхнях підступичних частин. На поверхнях тертя буксових підшипників тріщини утворюються в основному від несвоєчасного змащення або від застосування забрудненого масла. Це неминуче приводить до нагрівання підшипникових шийок. Тріщини також з'являються від неякісного виготовлення або ремонту підшипника, який може бути вставлений у буксу з перекосом. Нещільне прилягання до шийки також викликає нагрівання підшипника та шийки. Охолодження нагрітих вузлів у всіх випадках повинно бути природнім. При штучному прискореному охолодженні (застосування води або снігу) на поверхні нагрітої шийки неминуче утворюються гартівні тріщини.

На галтелях при переході від більшого діаметра осі до меншого тріщини утворюються від невиконання встановлених креслярських розмірів при механічній обробці осі, а також при наявності підрізів поверхні та від невиконання класу шорсткості радіусної поверхні. На поверхні підступичної частини центру колеса утворення тріщин відбувається переважно на відстані 30-40 мм від початку перехідної галтелі, основною причиною чого є недотримання класу шорсткості при механічній обробці. Поздовжні тріщини на середній частині осі з'являються через наявність плівок у металі, які утворюються від порушення технології при виготовленні заготовки [3].

У всіх конструкціях центрів у процесі експлуатації колісних пар з'являються

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

тріщини внаслідок динамічних ударів на стиках рейок при значних навантаженнях від ваги локомотива, при вписуванні в криві ділянки колії особливо з малим радіусом.

Найпоширенішими пошкодженнями зубчастих передач колісних пар локомотивів є втомні поверхневі тріщини, які поширюються від впадини між зубами, найчастіше вони починають свій ріст по кінцях цієї впадини й рідше з торцевої поверхні зуба. Поверхневі тріщини виникають у процесі шліфування зубів. Подальший їхній розвиток приводить до викрашування поверхонь зубів. Утворення тріщин відбувається й від порушення технологічного процесу поверхневого загартування зубів. Найнебезпечніші так звані променеві тріщини, що утворюються у впадинах між зубами й виходять на торцеву поверхню зубчастого колеса. Якщо ці тріщини вчасно не виявити, то вони можуть розвиватися далі й привести до зламу зуба або до розриву зубчастого вінця. Злам зуба в процесі експлуатації може привести до заклинювання колісної пари з утворенням повзунів (вибоїн) на поверхні круга катання колеса.

Електропідпали на поверхнях елементів колісних пар походять від їхнього з'єднання з неізолюваним електрозварювальним інструментом під час зварювальних робіт на локомотиві або в колісних цехах при ремонті колісних пар. Цей вид пошкоджень колісних пар становить значну небезпеку тому, що в місці зіткнення оголеного електрозварювального інструменту або електрода з поверхнею елемента відбувається підпалення металу, і якщо це пошкодження не усунути, то на цій поверхні утворюються тріщини. Тому колісні пари, що мають на будь-якому елементі електропідпали, не дозволяється допускати до експлуатації до усунення дефекту або заміни елемента залежно від ступеня пошкодження.

Підрізи гребенів, повзуни й задири є наслідком нерівномірного зношування металу елементів колісних пар. Підрізи гребенів проявляються у вигляді однобічного вертикального або похилого підрізу гребеня з гострим напливом металу. Для забезпечення безпечного проходження локомотива виконують

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

перевірку розмірів нерівномірного зношування гребеня спеціальним шаблоном. У всіх випадках коли вертикальний підріз гребеня досягає висоти більш 18 мм, такий локомотив не може забезпечити безпечне проходження по стрілочних переводах. При наявності похилого підрізу гребеня з гострим накатом (напливом) металу на гребені, локомотив також відставляють з експлуатації для виправлення дефектної колісної пари. Основною причиною підрізу гребенів є незадовільна якість монтажних робіт при підкочуванні колісних пар, що виражається в однобічному зсуві колісної пари в рамі уздовж осі в праву або ліву сторону від її нормального положення або перекіс її в рамі. Залежно від величини зсуву колісної пари у вирізах рами, а також порушення розважування по сторонах локомотива, відбувається нерівномірний, однобічний підріз гребеня до граничних бракувальних розмірів.

Повзуни (вибоїни) на поверхні кочення коліс утворюються тоді, під час руху локомотива заклинює колісна пара, припиняючи своє обертання. При такому переміщенні відбувається інтенсивне стирання контактної поверхні коліс і рейок. Кожний повзун, що утворюється на поверхні кочення коліс колісної пари, має параболічну форму із плоскою основою. Такі пошкодження за звичай відбуваються: при руйнуванні буксового підшипника, попаданні в зачеплення зубчастої передачі зуба, що відпав та при екстремому гальмуванні.

На практиці експлуатації колісних пар локомотивів мають місце випадки, при яких відбувається місцеве збільшення ширини поверхні кочення. У результаті роздавлювання поверхні по колу катання через знижену твердість металу утворюються місцеві напливи з виходом на зовнішню поверхню, що є наслідком незадовільної термічної обробки при виготовленні заготовки на заводі. При експлуатації дозволяється без виправлення залишати місцеві напливи металу на колісних парах, якщо вони не перевищують над зовнішньою поверхнею колеса 5 мм.

У колісних парах бувають випадки ослаблення зубчастих коліс, напресованих на вісь. Ці пошкодження можна виявити по розриву фарби на

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

торцевій поверхні по всьому периметру з'єднання, а також по виступу змазки або іржі із з'єднання поверхонь. Іноді при значному ослабленні пресових з'єднань відбувається зсув колеса вздовж осі. Такі пошкодження з'являються переважно при невиконанні класу шорсткості при механічній обробці поверхонь, що з'єднуються, недотриманні необхідних розмірів натягу посадочних поверхонь перед запресуванням, а також порушенні технології запресування.

Задирки поверхонь тертя шийок у вигляді гострих поперечних рисок відбуваються переважно при підшипниках ковзання через відсутність або застосування забрудненого масла (переважно піском) і у всіх випадках супроводжуються нагріванням до температури більш 100°C. Локомотив при зазначених пошкодженнях колісної пари вилучають із експлуатації для виправлення задирів або заміни ушкодженої колісної пари.

Якщо задирки невеликі і їх можна вилучити з поверхні тертя, виконують обточування поверхні шийок на верстатах згідно із Правилами ремонту.

1.4 Аналіз існуючих заходів підвищення ресурсу колісних пар

Проблемою зносу колісних пар прямо чи побічно займалися багато вчених і практиків у нас і за кордоном. На основі натурних спостережень робилися висновки про вплив тих чи інших факторів на інтенсивність зносу, на основі теоретичних розробок будувалися моделі явища. У той же час зусилля багатьох авторів, спрямованих на вирішення окремих питань цього явища, не завжди призводять до очікуваного результату. Успіху можна досягти тільки при комплексному підході до вирішення проблеми. Крім того, на міцність з'єднання "бандаж-обід" колісних пар локомотивів впливає також відмінність умов експлуатації в різних депо, різна вантажонапруженість окремих ділянок вимагає індивідуального підходу в кожному конкретному випадку, що доводить про необхідність прийняття рішень щодо впровадження заходів з підвищення надійності колісних пар тільки після детального аналізу місцевих умов експлуатації, технічного стану парку колісних пар, технологічних можливостей

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

ремонтного виробництва [1, 4].

Характер зносу, що визначається інтенсивністю зміни форми гребеня, залежить від умов тертя, властивостей матеріалів гребеня і рейки і наявності в контактні колеса з рейкою, так званого, "третього тіла" – абразиву або мастила.

1.4.1 Обточування колісних пар

Прокат бандажів колісних пар усувають обточуванням на спеціальних верстатах з викочуванням та без викочування з-під тепловоза. Бандажі колісних пар на поточному ремонті ПР-3 обточують на колісно-токарних верстатах, забезпечених гідрокопіровальним пристроєм. У міру обточування товщина бандажа зменшується і найменша його товщина при випуску з поточного ремонту допускається 43 мм. Зовнішній профіль бандажа при обточуванні контролюють шаблоном, а відстані між внутрішніми гранями бандажів - штангенциркулем. Шаблон щільно притискають до внутрішньої грані бандажа, при цьому зазор по поверхні катання допускається до 0,5 мм, а по висоті і товщині гребеня - до 1 мм.

В умовах депо прокат бандажів без викочування колісних пар усувають при технічному обслуговуванні ТО-4 на спеціальних колісно-фрезерних верстатах КЖ-20М. Верстат розташовують у спеціальній канаві зі знімними рейковими вставками. Для обробки бандажів тепловоз встановлюють на канаву, домкратом тяговий електродвигун піднімають трохи вгору, а рейкові вставки відводять убік, і колісна пара виявляється підвішеною на моторно-осьових підшипниках. До бандажів підводять супорти із фрезами та обточку бандажа ведуть до необхідних розмірів. Час обробки однієї колісної пари складає 30-40 хв [1].

1.4.2 Наплавлення

Зношену поверхню гребеня відновлюють електронаплавленням спеціальними дводуговими апаратами А-482 під флюсом або вручну з викочуванням колісних пар з-під тепловоза з наступною обробкою на верстаті. Дозволяється також наплавляти гребені бандажів без викочування колісних пар з-

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

під тепловоза дводуговим апаратом Р-643 з наступною обробкою на верстаті. Наплавлення зношених гребенів дозволяє приблизно в півтора рази скоротити зняття металу з бандажа при його обточуванні для отримання нормального профілю і продовжити термін служби бандажа.

Після обробки наплавленого гребеня бандаж ретельно оглядають і перевіряють дефектоскопом. Вибоїни (повзуни) на поверхні катання бандажа усувають обточуванням або електронаплавленням з подальшою обробкою .

Посадочні поверхні обода і маточини колісного центру при зношуванні відновлюють наплавленням з подальшим обточуванням до розміру, що забезпечує необхідний натяг [1].

1.4.3 Перетяжка бандажів

При заміні та перетяжці бандажів в умовах депо придатні бандажі знімають нагріванням їх до температури не більше 320°C. Непридатні бандажі зрізають газовим пальником так, щоб не пошкодити колісного центру. Перед нагріванням бандажа вибивають або вирізують на верстаті бандажне (укріплення) кільце. Знятий бандаж дефектоскопіюють і обміряють для визначення натягу, овальності і конусності. Натяг з перетяжки бандажів (1-1,5 мм на 1000 мм діаметру обода) забезпечується прокладками товщиною до 2 мм, у кількості до 4 шт., що укладаються в один шар з відстанню між ними до 10 мм. Для посадки бандаж нагрівають в горнах, чим забезпечують рівномірний нагрів до 250-320°C. Після насадки в виточку бандажа, остиглого до температури не нижче 200°C, заводять кільце і обтискають борт бандажа. Щільність насадки бандажа перевіряють після його охолодження по звуку від ударів слюсарним молотком по поверхні катання. Для контролю за зрушенням бандажа після посадки на зовнішню грань бандажа і на обід наносять контрольні мітки, які мають по радіусу на одній прямій лінії. Для цього на бандаж наносять 4-5 кернів глибиною 1-1,5 мм на довжині 25 мм, а на ободі затупленим зубилом - ризику глибиною до 1 мм. Контрольні смуги при фарбуванні колісної пари роблять на бандажі в місці постановки контрольних

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

відміток - фарбою червоного кольору на всю товщину бандажа, а на ободі - як продовження контрольної смуги на бандажі - білилами на всю товщину обода [1].

1.4.4 Лубрикація

Ефективність використання лубрикації багато в чому залежить від умов вживання змащуючого матеріалу, а саме від способу підведення мастила в зону фрикційної взаємодії, пристроїв для їх підведення і способів активації (метод хімічної або фізичної дії на мастило з метою підвищення його ефективності). Фізичні методи активації змащувальних матеріалів є найбільш перспективними для вживання у процесах фрикційної взаємодії [].

В умовах інтенсивного впровадження ресурсозбереження і підвищення ефективності систем, що застосовуються на локомотивах, відсутні пропозиції щодо використання способів активації мастил в системі «гребінь колеса–рейка».

Встановлення рейкозмащувачів. Рейкозмащувач – стаціонарний колійний пристрій, що встановлюється в зоні кривих певних радіусів для нанесення мастила на реборди колісних пар і рейкову колію для зменшення сил тертя між рейкою та ребордою колеса і відповідно продовження терміну експлуатації рейкової колії.

На кривих ділянках з радіусом меншим 800 м колії необхідно обладнувати рейкозмащувачами.

Стаціонарний шляховий рейкозмащувач складається з двох конструктивних вузлів – змащуючого пристрою та шафи. Змащувальний пристрій містить два безконтактних датчика виявлення коліс і форсунку-дозатор з електропневматичним клапаном. Шафа містить газовий балон з регулятором тиску, резервуар для змащення, електронний блок управління та електричну батарею живлення. Змащувальний пристрій закріплюється на рейці, а шафа розташовується на узбіччі або укосі баластної призми. Змащувальний пристрій і шафа пов'язані шлангами подачі мастила і газу, а також електричним кабелем для підключення датчиків і електропневматичного клапана подачі газу у форсунку-

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Через горловину 13 при закритому вентилі 12, що знаходиться на першому трубопроводі 2, в масляний резервуар 1 заливають, гнучкий змащуючий елемент 3 встановлюють у зоні гребеня 4 колісної пари 5 з боку внутрішньої рейки 6 криволінійного ділянки шляху на відстані, приблизно, 40 мм там, де гребінь 4 колісної пари 5 притискається до рейки 6. Додаткову меншу ємність 7 для змащення встановлюють на узбіччі рейкової колії поруч з масляним резервуаром 1 так, щоб рівень масла в ній збігався з рівнем масла в наконечнику гнучкого змащуючого елемента 3. Над маслом в масляному резервуарі 1 є повітряний прошарок, так як верхній кінець 10 другого трубопроводу не досягає верху масляного резервуара 1. Вентиль 12 відкривають. При русі поїзда рівень мастила в додатковій меншій ємності 7 падає, відкриваючи доступ повітря в простір над мастилом в масляному резервуарі 1, і необхідна порція змащення автоматично надходить в додаткову меншу ємність 7 до перекриття нижнього кінця 9 другого трубопроводу 8, забезпечуючи заданий рівень мастила [1].

Встановлення гребнезмащувачів. Гребнезмащувач – це механічна конструкція, що забезпечує підтискання до колеса змащуючого стрижня з відносно постійним зусиллям регульованим пружинами більшою чи меншою жорсткості.

Конструкція гребнезмащувача (рис. 1.2) забезпечує відсутність контакту металевих рухомих частин (штовхача) при зносі змащуючого олівця завдяки обмежувачу переміщення штовхача, що знаходиться на кінці троса [1].

1.5 Будова та принцип дії рідинних гребнезмащувачів

Перевірка працездатності гребнезмащувача здійснюється при механічному переміщенні підпружиненого штовхача в напрямку від гребнезмащувача.

Ефективність застосування гребнезмащувачів забезпечується за рахунок режимів їх роботи:

– мастильний матеріал наноситься дрібними дозами одночасно на гребені декількох набігаючих колісних пар, чим забезпечується рівномірний перенесення

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

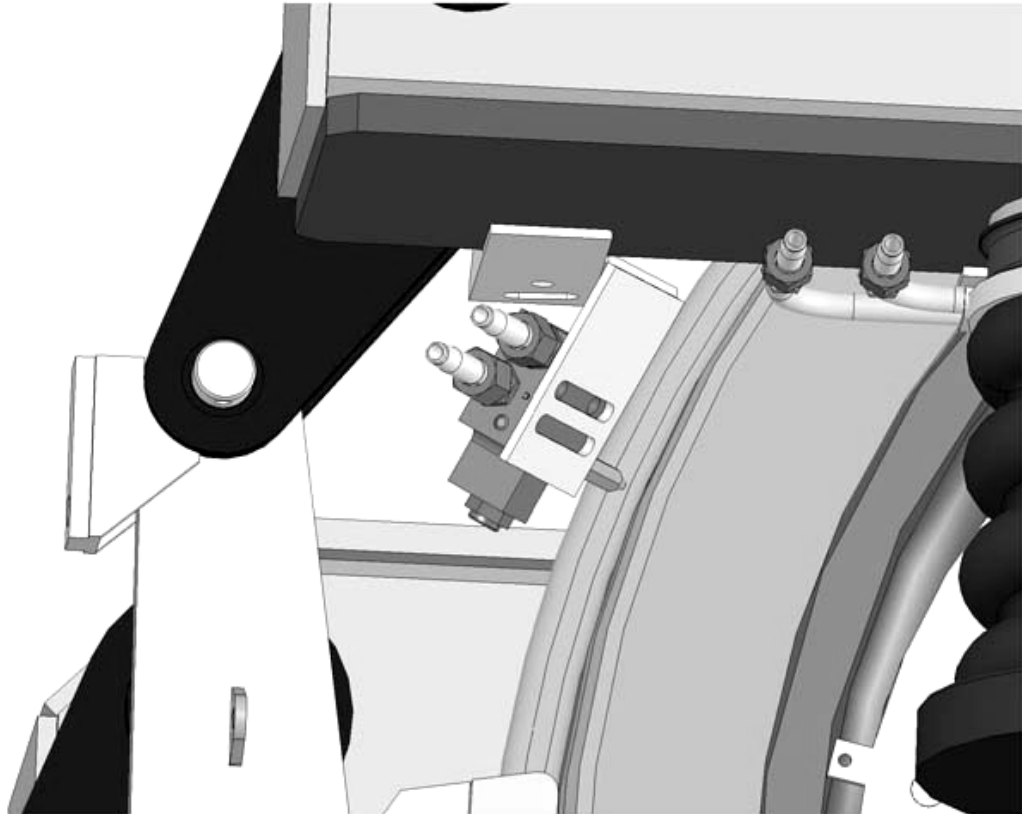


Рисунок 1.2 – Гребнезмащувач

мастила на бічні грані рейок;

- під час руху по кривих ділянках подається збільшена кількість мастила або на обидва гребені, або тільки на гребінь колеса, що контактує із зовнішнім рейкою;

- подача мастила блокується як при надходженні від бортової мережі сигналів про подачу піску і гальмуванні, так і власним датчиком інтенсивного гальмування.

Варіанти виконань характеризуються такими показниками:

- кількість форсунок, що визначає кількість набігаючих осей, на гребені коліс яких одночасно подається мастило;

- кількість вентилів електропневматичних, які управляють роботою форсунок;

- кількістю вентилів електропневматичних визначається принцип паралельного або роздільного включення форсунок при русі по криволінійних

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

величина якого менше величини зазору між конічною поверхнею голчастого клапана і внутрішньої конічної поверхнею конічного насадка, заміряного уздовж осі клапана [3].

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ

2.1 Загальна характеристика гребнезмащувача

Пропонуємо універсальну систему гребнезмащування, яку можна використовувати на тепловозах всіх серій, які експлуатуються в депо. Система включається в роботу залежно від кута повороту візка тепловоза. Змащування відбувається шляхом притискання твердих стрижнів до гребеня колеса. Змащувальні стрижні складаються з елементів, які забезпечують зниження тертя при різних умовах: кліматичних, термічних, трибологічних тощо. Розглянемо будову системи та її встановлення на тепловоз на прикладі тепловоза 2ТЭ10М.

2.2 Монтаж гребнезмащувача на тепловоз

Монтаж гребнезмащувача на тепловоз зводиться до встановлення вимірювальних приладів та блока керування.

До вимірювальних приладів відносяться пристрої, що відстежують положення рами візка відносно рами тепловоза (рис. 2.1) та датчик оберту колісної пари.

Датчик встановлюється на металеві пластини, які приварені відповідно на раму візка та головну раму. Цю операцію необхідно виконувати при виконанні поточного ремонту в об'ємі ПР-2 або ПР-3, щоб не виключати тепловоз з експлуатації. На раму візка пластина наварюється на відстані 1010 мм від передньої частини візка від центру тепловоза, щоб полегшити доступ до датчика при налаштуванні та обслуговуванні.

На раму тепловоза наварюється така ж пластина, але у вертикальній площині.

На пластини, в яких попередньо виконані отвори та нарізане різьблення встановлюється датчик (рис. 2.2).

При вході тепловоза в криву ділянку рама візка відхиляється від рами тепловоза, при чому, на невеликих швидкостях, кут повороту переднього візка

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

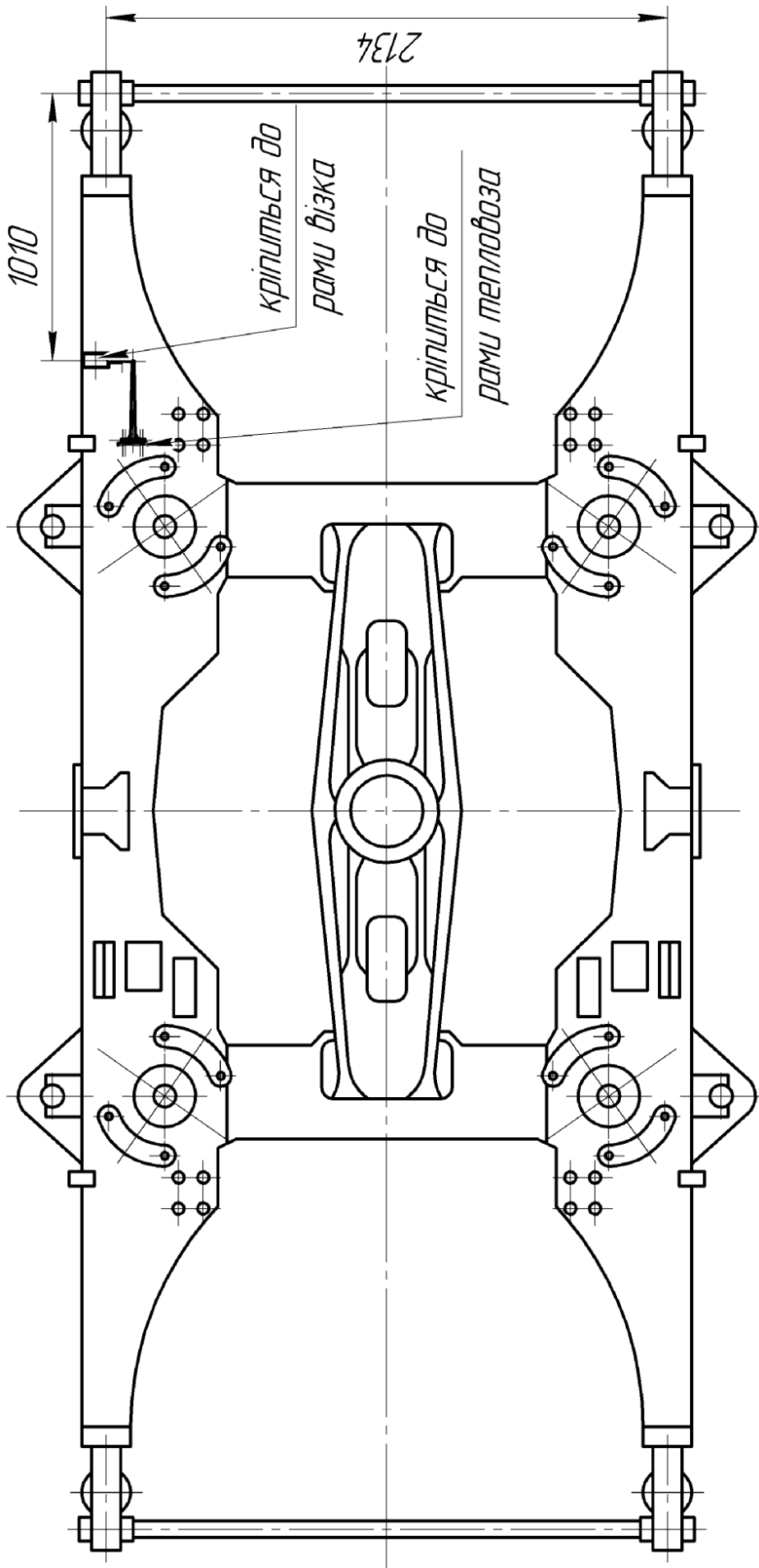


Рисунок 2.1 – Встановлення датчика повороту рами візка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.196372.000.03MP.ПЗ

Арк.

29

більший, ніж заднього по напрямку руху. Цей поворот зумовлює зміну положення штока 9, який має змогу рухатись в обидві сторони.

Важільна передача 3, 4 зусилля виконана для того, щоб не передавати навантаження при коливаннях кузова тепловоза.

Центруючий важіль 7 знімає радіальне навантаження з штока 9.

Довжина тягового важеля близько 300 мм має забезпечити необхідну чутливість датчика, оскільки кути повороту візка в найчастіших випадках не перевищують 4°.

Гумовий сильфон 8 має забезпечувати герметичне рухоме з'єднання штока з корпусом датчика, оскільки робота датчика заснована на електронних приладах.

При виконанні ТО-3 тепловоза необхідно додавати змащування в рухоме з'єднання 3, 4.

2.3 Будова та принцип роботи системи автоматичного гребнезмащувача

2.3.1 Датчик повороту візка та принцип його роботи

Принцип роботи датчика заснований на ефекті Холла. При русі штока 9 (рис. 2.2), він зумовлює переміщення феромагнітної пластини 9 (рис. 2.3).

Пластина перекриває зазор між магнітом та датчиком Холла, який створює сигнал на блок керування.

В корпусі встановлено два датчика Холла, оскільки візок при русі тепловоза відхиляється в обидва напрямки.

За допомогою гвинтів 12 виникає можливість зміни положення датчиків Холла для налаштування спрацьовування датчика при відхиленні візка на певний кут.

Наведемо короткі відомості про датчик Холла.

Датчик Холла – це датчик магнітного поля. Він був так названий через принцип своєї роботи – ефект Холла: якщо в магнітне поле помістити пластину з протікаючим через неї струмом, то електрони в пластині будуть відхилятися в напрямку, перпендикулярному напрямку струму. У яку саме сторону будуть відхилятися електрони, залежить від полярності магнітного поля. Різна щільність

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

аналогічно працює цифрова електроніка з логічними рівнями напруги. Цифрові ДХ діляться ще на уніполярні і біполярні: перші включаються магнітним полем певної полярності і вимикаються при зниженні індукції поля; біполярні ж включаються полем однієї полярності, а вимикаються полем протилежної полярності. Датчики Холла використовуються в якості безконтактних вимикачів, як заміна геркона, для безконтактних вимірів струму в провідниках, управління моторами, читання магнітних кодів, вимірювання рівня рідини (магнітний поплавок) і т.д. Для датчика положення рами візка обираємо цифровий біполярний датчик Холла SS495.

Для притискання змащувальних стрижнів необхідно встановлювати підсилювач сигналу, оскільки рівень напруги датчика Холла складає 5 В.

Схема двокаскадного підсилювача наведена на рис. 2.4.

Датчик оберту колісної пари. Датчик (рис. 2.5) встановлюється в кожух тягового редуктора в безпосередній близькості від відомого колеса. Оскільки всередині кожуха редуктора залите змащування, то датчик має бути герметичним. Тому обираємо індукційний датчик підрахунку зубів.

Основні технічні характеристики датчика.

Опір обмотки датчика, Ом	570 – 750;
Індуктивність обмотки, мГн	200 – 420;
Мінімальна амплітуда напруги з датчика при частоті задаючого диска $0,5 \text{ c}^{-1}$, не менше, В	0,3;
Максимальна амплітуда напруги з датчика при частоті задаючого диска 117 c^{-1} , не більш, В	250;
Габаритні розміри, мм	30×45×69;

Зазор між торцем датчика і зубами колеса складає 3...7,5 мм (рис. 3.9). Опір обмотки датчика складає 900 Ом. Датчик є обмоткою з мідного дроту, усередині якої розташований намагнічений сердечник. Датчик генерує синхроімпульси напруги синхронно проходженню зубів мимо торця датчика. Форма осцилограми

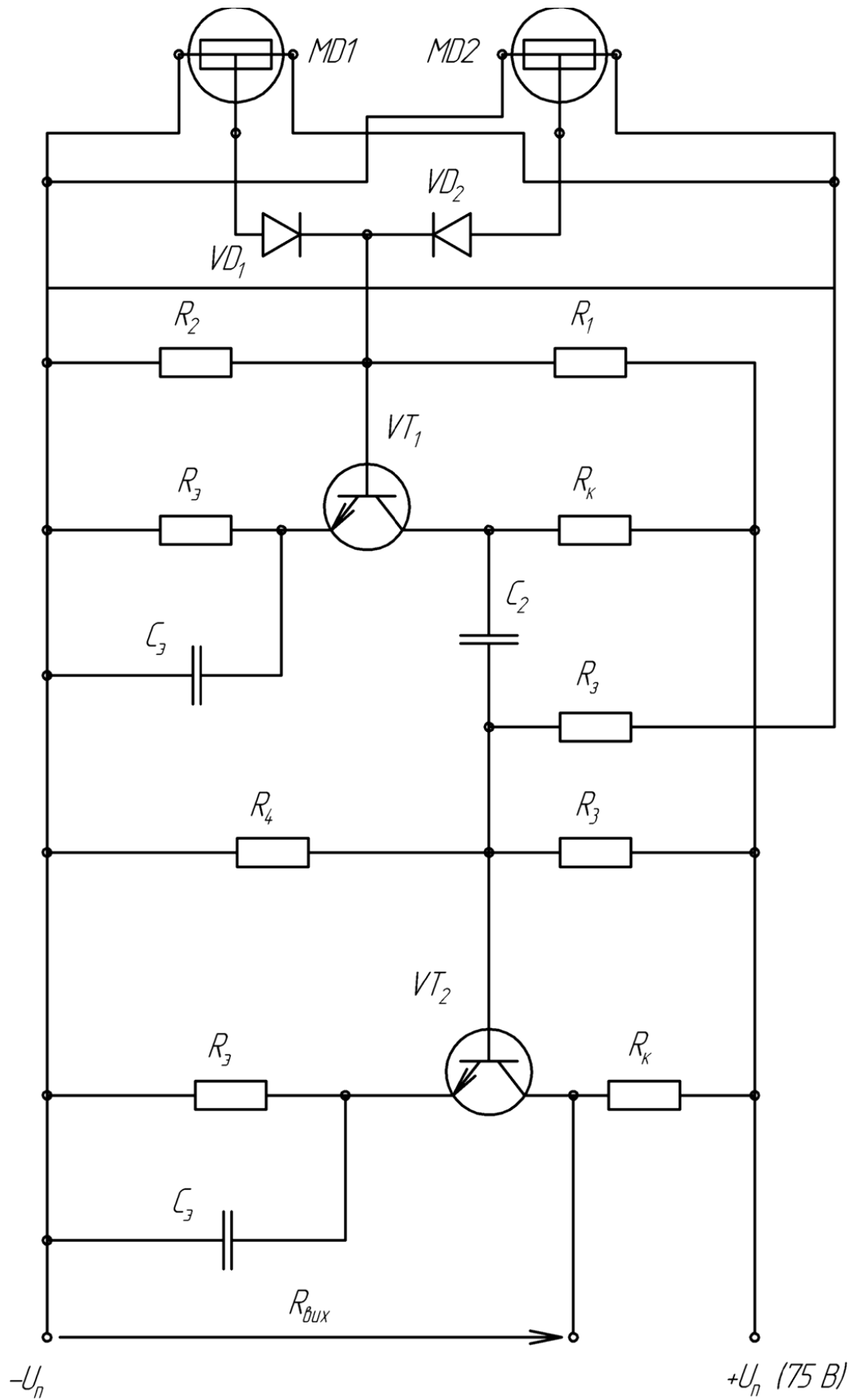


Рисунок 2.4 – Схема двокаскадного підсилювача сигналу датчика Холла

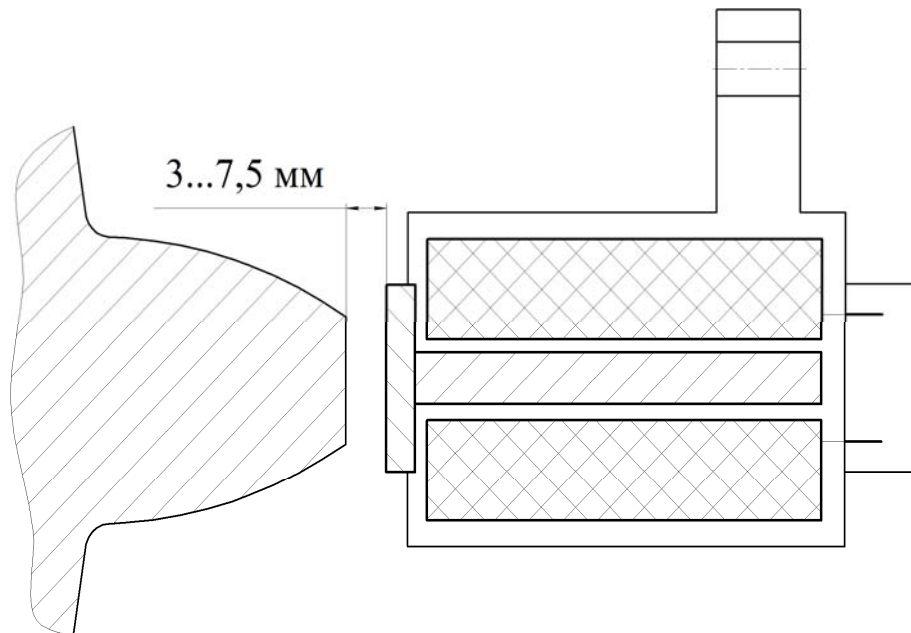


Рисунок 2.5 – Датчик оберту колісної пари

напруги вихідного сигналу датчика положення колінчастого валу близька до синусоїди. Амплітуда напруги і частота проходження синхроімпульсів пропорційні частоті обертання.

Схема встановлення датчика наведена на рис. 2.6.

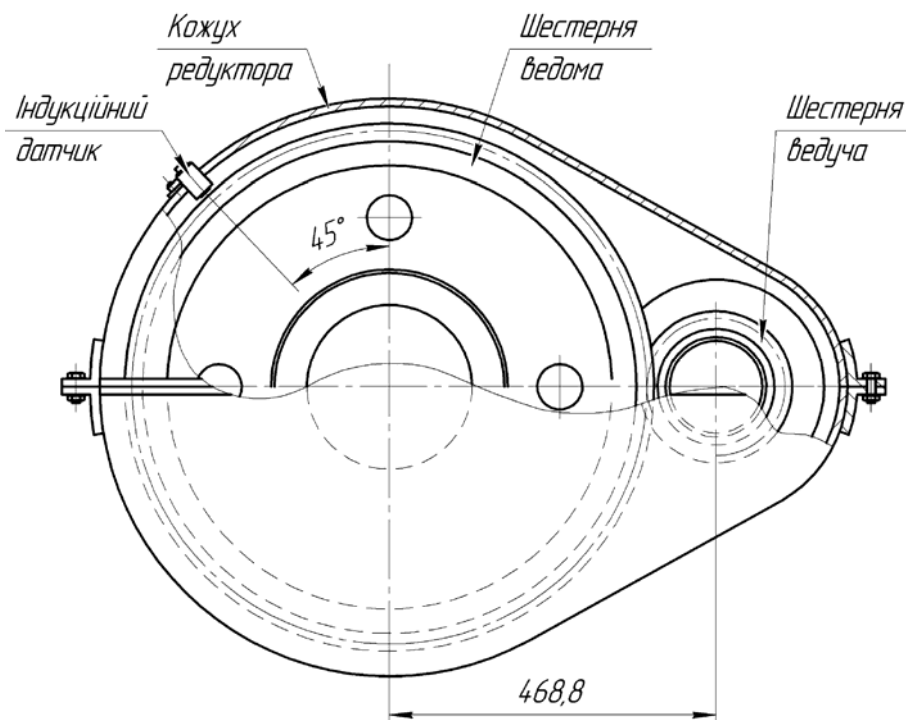


Рисунок 2.6 – Схема встановлення датчика оберту колісної пари

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.3.2 Будова та принцип роботи притискаючого елемента

Притискаючий елемент є по суті пневмоциліндром, в який вставлено змащувальний стрижень. Управління виконується відкриттям електропневматичного клапана, який включається блоком керування.

Будову пневмоциліндра наведено на рис. 2.7.

2.3.3 Геометрія та хімічний склад змащувальних елементів

Змащувальні стрижні є головним елементом гребнезмащувача. Вони повинні забезпечувати надійне змащення пари гребінь колісної пари – рейка при вході в криву при різних температурах, кліматичних умовах, силах притискання тощо. Тому обираємо наступний елементний склад (рис. 2.8).

Наведений склад забезпечить виконання вищевказаних умов.

2.4 Плазмове зміцнення поверхні гребенів колісних пар локомотивів

Методи підвищення ресурсу коліс локомотивів по спільності ознак і характеру можна розбити на чотири групи: конструкційні, технологічні, експлуатаційні й обумовлені якістю утримання колії.

Вартість колісних пар складає суттєву частину основних фондів депо. До неї треба ще додати витрати на монтаж коліс, їх технічне обслуговування і ремонт. Колісна пара повинна витримувати заданий рівень динамічних навантажень і сил, що виникають у взаємодії як між екіпажем і колісними парами, так і між колесами і рейками. Всі ці функції реалізуються в зоні контакту колеса і рейки, що призводить до їх зносу в процесі експлуатації. Значні економічні затрати від зносу поверхонь кочення колісних пар заставляють постійно шукати нові підходи для вирішення цієї проблеми.

Основним заходом, що дозволяє суттєво знизити зношення колісних пар, стало плазмове зміцнення поверхні їх гребенів до твердості 380-430 НВ по Брінеллю, що забезпечує надійну роботу ободів в експлуатації.

Проблема зношення гребенів колісних пар зокрема, і ободів в цілому, також є

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

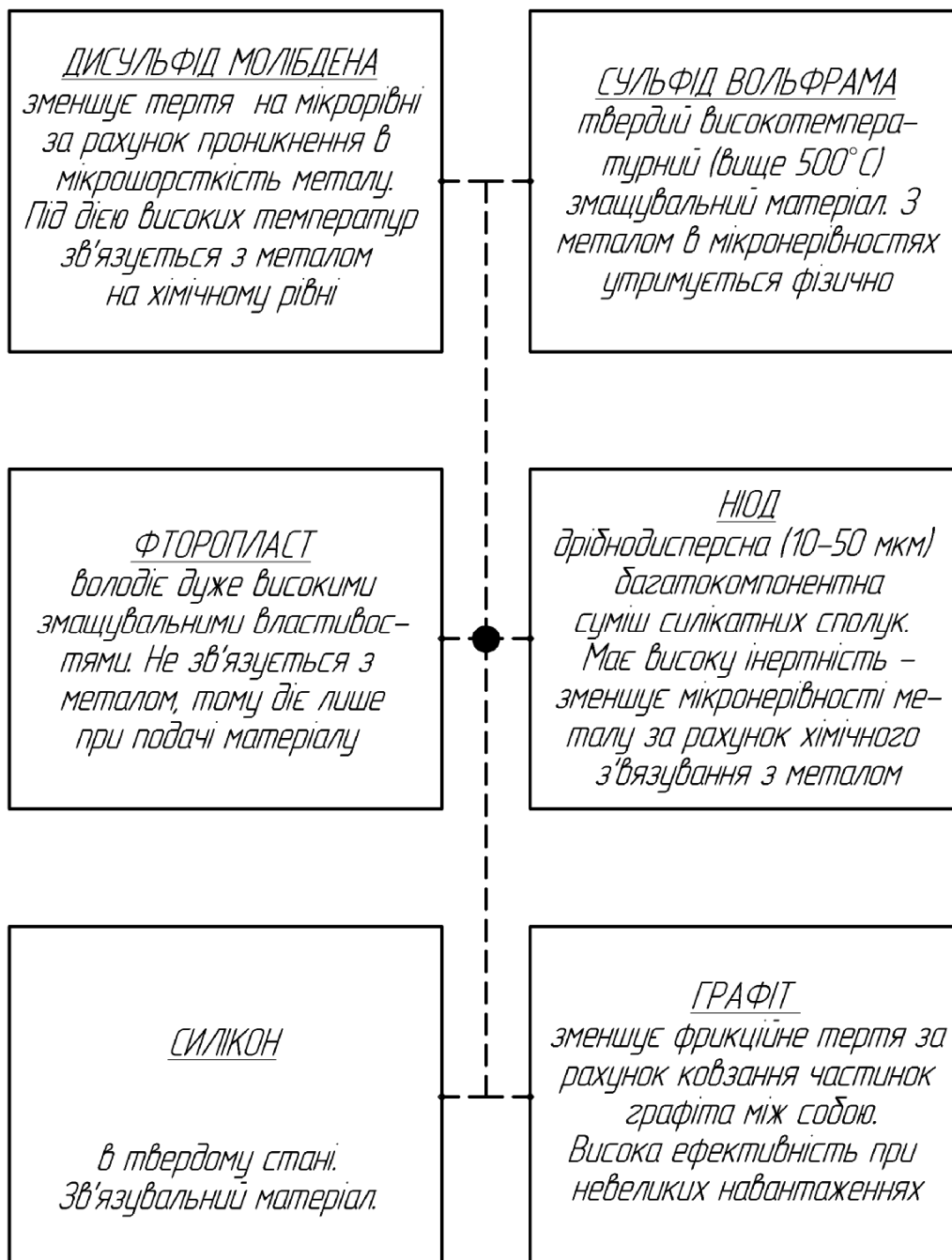


Рисунок 2.8 – Складові матеріали змащувальних стрижнів

актуальною для промислових підприємств. Локомотиви виконують роботу на коліях з кривими малого радіусу. Зношення гребенів колісних пар при експлуатації в кривих малих радіусів – до 250 м, та на 19-26 % ухилах складав 6,8 мм на 5 000 км. Особливо критична ситуація з забезпеченням локомотивами об'єму перевезень, через значну кількість вилучення їх з експлуатації внаслідок граничного зносу гребенів та бандажів. Зважаючи на це, нами запропоновано

встановити установку для загартування гребенів колісних пар в локомотивному депо.

2.4.1 Обладнання та енергоносії що використовуються при загартуванні

Плазмовому поверхневому загартуванню підлягають колісні пари локомотивів, які повністю задовольняють вимогам «Инструкции по формированию и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм» ЦТ-4351, з ободом товщиною більше 55 мм та шорсткістю робочої поверхні гребеня $R_z < 80$. Забороняється плазмове загартування гребенів колісних пар, відновлених наплавленням. Обробка гребеня колеса струменем низькотемпературної плазми продуктів горіння за один прохід дозволяє одержати підвищену твердість до 400 НВ на глибину $2,5 \pm 0,5$ мм при ширині загартованої зони 30 ± 5 мм.

Плазмове загартування виконується на спеціальному посту, обладнаному:

- плазмовим устаткуванням УВПЗ-2М, укомплектованим плазмотроном ПУН-1 з анодом ОПС 300.20.01.007 і плазмовим модулем ОПС 300.20.00.000;
- обертачем колісних пар, що забезпечує лінійну швидкість поверхні кочення 0,9-1,3 см/с та блокування плазмового устаткування по обертанню коліс;
- пристосуванням для переміщення і точного встановлення плазмового модуля (плазмотрона з насадкою) відносно гребеня колеса.

Для плазмового поверхневого загартування застосовують наступні енергоносії:

- електроенергія 3Ф, 380 В, 100 кВА;
- стиснене повітря кл. 14 ГОСТ 174 3-80 з тиском $0,4 \pm 0,01$ МПа;
- газ природний паливний стиснений для газобалонних автомобілів (метан) ГОСТ 27577-87, допускаються гази вуглеводневі скраплені для автомобільного транспорту (пропан-бутан) ГОСТ 27578-87, керуватися СНіП 2.04.08-87.

- охолоджуюче середовище: дистильована вода в блоці автономного охолодження чи питна вода з магістрального трубопроводу з тиском

					<i>0032.196372.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

0,3± 0,02 МПа повинна мати температуру 5-25 °С і відповідати ГОСТ 2874- 82.

2.4.2 Технологія загартування гребенів колісних пар

Перед загартуванням гребеня його поверхню зачищають від іржі до металевого блиску, а також від мастила, вологи та інших забруднень. Для виявлення тріщин, пор, плів, раковин, вищербин, сколів, відкришувань, задирів в зоні загартування поверхня гребеня ретельно перевіряється. При виявленні дефектів загартування забороняється.

Температура колісної пари, яка підлягає плазмовому загартуванню, повинна бути не нижче -10 °С.

Підготувати установку до роботи, для чого перед початком зміни:

- перевірити герметичність усіх водяних, повітряних і газових комунікацій;
- провести огляд плазмотрона і насадки: забруднення, підгари, напливи усунути;

- ізолятори та електроди плазмотрона протерти спиртом або уайт-спиритом, при необхідності зачистити спочатку шліфувальною шкуркою (номер 1000);

- ущільнювальні гумові манжети змастити технічним вазеліном.

Регламентні і профілактичні заходи провести відповідно з паспортом ОПС 300.00.000 ПС;

- перевірити цілісність ізоляторів плазмотрону, захисних кожухів, загородження на обладнанні. Після проведених перевірок колісну пару поставити на обертаючий пристрій.

Плазмовий модуль з плазмотроном закріпити в пристосуванні з урахуванням наступних вимог:

- точно встановити плазмовий модуль (плазмотрон у складі з насадкою) відносно гребеня колеса - забезпечити щільне прилягання насадки по всій довжині вздовж гребеня та поверхні кочення і його вільне ковзання, при цьому вісь сопла плазмотрона повинна перетинати середню лінію робочої поверхні гребеня, вказаної на рис. 2.9;

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

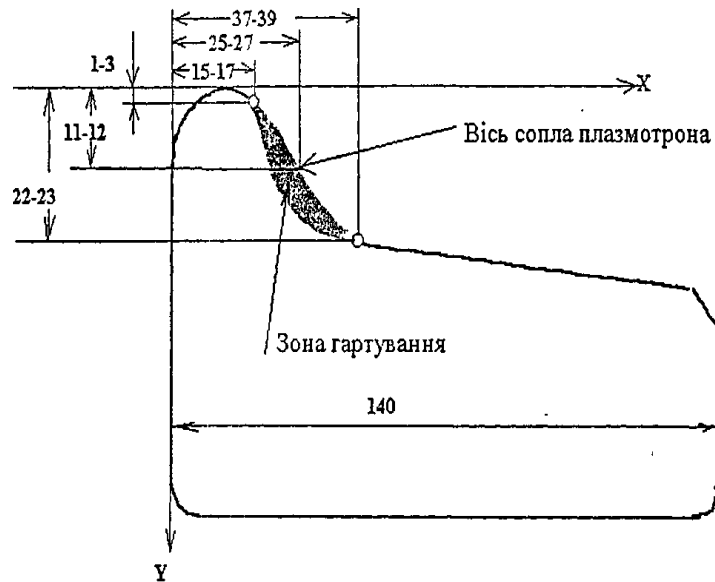


Рисунок 2.9 – Визначення осі сопла плазмотрона

- комунікації плазмотрона не повинні торкатися поверхні колеса або інших деталей, що рухаються.

Після надійного закріплення плазмового модуля ввімкнути вимикач на щиті. Відкрити вентилі подачі повітря, води та паливного газу. На балонному редукторі установити тиск паливного газу 30,5 МПа, включити автоматичний перемикач блоку електроживлення «Плазма-2» При цьому загориться лампочка «МЕРЕЖА». Включити водяну помпу. Ввімкнути пристрій обертання колісної пари і встановити швидкість обертання по колу кочення 1,0 см/с.

Встановити напрямок «1», включити тумблери подачі води і повітря на водяному блоці пульта управління. Виставити тиск води $0,3 \pm 0,02$ МПа, повітря $0,22 \pm 0,01$ МПа. На пульті управління повинна загорітися лампочка «ГОТОВНІСТЬ», а також лампочка «1». Переконалися у наявності стікання води з усіх елементів пристрою на зливні візуальним контролем.

На реле часу на лицьовій панелі пульта управління установити час загартування, що забезпечить перекриття загартованої доріжки за 1 оберт на 50-70 мм.

Загартування гребеня колісної пари проводити плазмовим струменем продуктів горіння з наступними параметрами.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Напруга дуги, В	200±10
Струм дуги плазмотрона, А	190±10
Тиск повітря, МПа	2,2 ±0,1
Тиск води, МПа	3,0±0,2
Тиск метану (пропан-бутану), МПа	2,3±0,1
Лінійна швидкість обертання колеса, см/сек	1,0
Кут нахилу сопла відносно дотикової до поверхні гребеня	25°±5°.

Відстань від зрізу сопла до поверхні гребеня встановлюється по шаблону.

Провести загартування поверхні гребеня, для чого натиснути кнопку «ПУСК» на пульті управління.

Після запуску плазмотрона на повітрі автоматично вмикається подача паливного газу на плазмотрон та інжекційний пальник плазмового модуля, при цьому на пульті управління засвічується лампочка «ПРИР. ГАЗ». При необхідності - відрегулювати струм дуги плазмотрона у межах 180-200 А та витрати паливного газу так, щоб напруга на дузі плазмотрона дорівнювала 190-210 В.

Проконтролювати наявність факелу на інжекційному пальнику плазмового модуля, котрий автоматично повинен загорітися від плазмового струменя через 5-10 секунд після запуску плазмотрона.

Провести загартування поверхні гребеня. В процесі загартування необхідно слідкувати: за кольором та формою плазмового струменя (червоний колір свідчить про надлишок паливного газу в плазмоутворюючій суміші, що неприпустимо, зелений - про інтенсивність вигорання електродів плазмотрона, що також неприпустимо, нормальний колір струменя вважається оранжево-блакитний); формуванням загартованої доріжки і роботою усіх пристроїв, які забезпечують необхідну відстань від сопла плазмотрона до поверхні гребеня; контролювати швидкість обертів колеса і режим загартування по приладах. При

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

правильному розміщенні плазмового модуля відносно поверхні гребеня потік плазмового струменя, що відбивається, не виходять за межі насадки. Волога в зоні загартування не допускається.

Після проведення загартування зупинити обертання колеса. Провести старанний огляд загартованої доріжки, звернувши особливу увагу на її розташування, ширину і кольори побіжалості. Підплавлення поверхні неприпустиме. Заміряти твердість, яка повинна бути визначена по методиці ГОСТ 18661-73 приладами динамічної дії типу ТДМ-1. При замірі твердості ретельно контролювати стан поверхні - вона повинна бути рівною, гладкою, без пор та неметалевих включень, вільною від окалини та інших сторонніх речовин.

Загартована поверхня гребеня колеса повинна відповідати наступним вимогам:

- розташування зони зміцнення на гребені контролюється по кольорах побіжалості шаблоном, уточнюється по поверхневій твердості, яка на межі повинна бути рівною 260-280 НВ;

- ширина загартованої зони повинна знаходитися в межах 25-35 мм, ознакою зміщення зони загартування на поверхню кочення (що недопустимо) є наявність деформаційної сітки поверхневого шару металу на її межі. Ця деформаційна, сітка проглядається через лупу з 7 - кратним збільшенням;

- середня твердість загартованої доріжки повинна знаходитися в межах 380-430 НВ і контролюватися на кожному колесі;

- твердість вимірюється не менше ніж на 3-х ділянках по колу бандажа на рівній довжині одна від одної. На кожній ділянці робиться не менше п'яти вимірювань з наступним усередненням отриманих результатів.

Після перевірки усіх перелічених вимог встановити напрямок «2» і провести загартування другого гребеня. Після її проведення контроль якості загартування проводити в тому ж порядку.

При необхідності допускається відпуск поверхневого шару металу з підвищеною твердістю. Для проведення високотемпературного відпуску тумблер

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

на лицьовій панелі пульта управління встановити в положення «ВІДПУСК» і провести високотемпературний відпуск на наступному режимі.

Напруга на дузі плазмотрона, В	170
Струм дуги плазмотрона, А	170
Тиск повітря, МПа	2,2
Тиск води, МПа	3,0
Лінійна швидкість обертання колеса, м/с	1,0-1,3

2.4.3 Контроль якості загартування

Контроль якості підготовки і проведення робіт по загартуванню проводить майстер цеху, який здійснює:

- вхідний контроль матеріалів, які надходять у депо, на відповідність ГОСТу;
- контроль відповідності режимів та параметрів вимогам технологічного процесу плазмового загартування;
- контроль розташування загартованої доріжки на гребені і відповідність твердості нормативній величині;
- періодичний контроль дотримання технологічного процесу і якості зміцнення проводиться головним технологом (інженером-технологом), головним інженером депо.

Приймальники локомотивів здійснюють приймання колісних пар після плазмового загартування і періодичний контроль дотримання технологічного процесу. Зміцнення колісних пар реєструється у спеціальному цеховому журналі з зазначенням номера колісної пари, дати плазмового загартування (число, місяць, рік), прізвища спеціаліста, що виконував загартування, його розпис, розписи які прийняли колісну пару після загартування (майстер, приймальник, головний технолог, головний інженер). Журнал обліку плазмового загартування колісних пар зберігається не менше 2-х років після останнього запису.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

На бандажі (ободі) зміцненого колеса повинна бути нанесена поряд з контрольною рисою положення бандажа відносно колісного центру синя смуга шириною 15-20 мм, яка в процесі експлуатації при необхідності повинна відновлятися.

2.5 Розробка заходів з відновлення геометричних розмірів бандажів колісних пар локомотивів

З метою підвищення ресурсу колісних пар тепловозів ТЭМ2, 2ТЭ10М та тягових агрегатів пропонуємо до впровадження станок типу А41 для обточування колісних пар локомотивів.

Станок А41 (рис. 2.10) – універсальний, призначений для обточування без викочування колісних пар тягових агрегатів, електровозів та тепловозів. Даний станок може бути застосований для обточування колісних пар різних діаметрів



Рисунок 2.10 – Фото станка типу А41 для обточування колісних пар тепловозів

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Технічні характеристики станка наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики станка А41

Операція	Одиниця виміру	Значення
Швидкість обточування	м/мм	80
Подача супортів	мм/об	15, 16, 17
Глибина різання	мм	4
Потужність електричного двигуна для подачі супортів	кВт	0,6
Кількість електричних двигунів подачі супортів	-	2
Площа, займається станком, підходами до станка	м	5,6x8
Вага станка	т	4,7

Станок складається із правого і лівого супортів, встановлених на станині; правого і лівого редукторів для механічної повздовжньої подачі супортів; правого і лівого вузлів переходу від редуктора до супорта; піднімаючого пристрою – двох гідродомкратів для підняття за букси колісну пару.

Супорти і підіймаючі пристрої розміщені всередині канави; вузли переходу від редуктора до супортів встановлені в нішах фундаменту за межами канави. На станку встановлені правий і лівий супорт.

Рух супортів здійснюється по повздовжній і поперечній подачах. Повздовжнє переміщення супорта здійснюється верхніми і нижніми салазками супортів.

Нижні салазки переміщуються за допомогою закріплених на них гайках і закручуючихся в них ходових гвинтів подачі, що приводяться в обертання за допомогою асинхронних двигунів (через редуктор і вузол переходу). Верхні салазки переміщують вручну від обертання ручки гвинта подачі. Поперечна подача супортів здійснюється переміщенням середніх салазок, також вручну від обертання маховиків, що насаджені на кінці валів поперечних подач. В супортах передбачені поворотні столи, котрі дають можливість виконувати обробку

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

конічних поверхонь бандажів при застосуванні механічної повздовжньої подачі.

Встановлення супорта під кутом до бандажа при обточці конічних поверхонь здійснюється за допомогою гвинтового механізму, який приводиться в дію маховиком від руки. Для визначення величини подачі на гвинтах середнього і верхнього супортів встановлені лімби. Поворотний стіл в основі супорта, закріплюється чотирма болтами.

Підняття колісної пари з буксами для виведення з-під неї рейкової вставки і підтримання її під час обточування, здійснюється за допомогою підйомного пристрою.

Підйомний пристрій складається з двох пневмогідролічних домкратів вантажопід'ємністю 10 т, встановлюються вони на загальній плиті.

Тиск повітря необхідний для домкратів 4-6 атмосфери. Плита має можливість переміщатися на 140 мм вздовж колії по направляючих що приварені до стіни, встановленої безпосередньо на фундаменті. Кожен домкрат має можливість переміщатися поперек колії по направляючих, що встановлені на плиті підйомного пристрою. Ці переміщення дають можливість підняття будь-якої колісної пари для обточки без розвертання тепловоза.

Підняття колісної пари здійснюється наступним чином: колісна пара встановлюється на рейковій вставці напроти домкратів. Обертанням маховиків переміщення домкратів встановлюємо їх під буксами, і таким чином піднімається колісна пара.

Для запобігання перекосу колісної пари по вертикалі на головку підйомника встановлюють пластину товщиною рівною величині перекосу. Пластина встановлюється на головку підйомника, що знаходиться під нижчим кінцем осі колісної пари і після того як колісна пара буде встановлена на домкрати, пластина повинна знаходитися на ролику домкрата під буксою.

В кожному домкраті повинна бути встановлена розпирна скоба для гвинтової головки домкрата і два "сухаря" для гідравлічного циліндра домкрата.

При обточці гідравлічні циліндри домкратів повинні опиратися на "сухарі" і

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

гвинтові головки на скоби.

Після обточування колісної пари постановка її на колію відбувається наступним чином:

- підготувати супорти до переміщення колісної пари, для того їх потрібно опустити вниз;
- включити кінцевий кран і підняти колісну пару вище рівня головки рейок на 5-10 мм;
- поставити рейкові вставки на місце і закрити на засови. Вийняти “сухарі” з-під плунжерів і скоби з-під головок домкратів;
- відкриті перепускні клапана домкратів і опустити колісну пару на рейкові вставки;
- опустити домкрати в крайнє нижнє положення;
- виміряти діаметри обточених бандажів.

Рейкові вставки опираються на спеціальні плити, що встановлені на фундаменті. На рейкових вставках кріпляться засови, які закривають вставки при переміщенні по них тепловозів.

До станка також подається стиснуте повітря, для забезпечення роботи пневмогідродомкратів.

Також на станку передбачене місцеве освітлення, що повинно забезпечити безпечні умови праці для роботи на станку.

2.6 Розрахунок пристрою для транспортування візків тепловозів

На ремонтній канаві необхідно встановити лебідку за допомогою якої здійснювалась б подача візків до станка для обточування колісних пар.

Для цього виконаємо розрахунок і підбір лебідки.

Розрахунок канату, діаметрів барабана. Розрахунок опору руху при зрушенні візка тепловоза 2ТЭ10М з місця:

$$F = P_g \cdot \mu \cdot g, \quad (2.1)$$

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

де P_{σ} – маса візка тепловоза 2ТЭ10М [10];

μ – коефіцієнт щеплення колеса з рейкою;

g – сила земного тяжіння.

$$F = 22 \cdot 0,25 \cdot 9,81 = 54 \text{ кН.}$$

Максимальне зусилля у вітці канату, що набігає на барабан, при переміщенні візка:

$$S_{\max} = F ; \quad (2.2)$$

$$S_{\max} = 54 \text{ кН.}$$

Розривне зусилля в канаті:

$$F_0 = S_{\max} \cdot z_p, \quad (2.3)$$

де z_p – коефіцієнт запасу міцності канату [12];

$$F_0 = 54 \cdot 3 = 162 \text{ кН.}$$

За отриманим розривним зусиллям обираємо сталевий канат подвійної завивки ЛК-Р 6Х19(1+6; 6\6)+1, маркірувальна група 1470 МПа, діаметр канату $d_k = 19,5$ мм [12].

Діаметр канатного барабана по центру навитого канату:

$$D_{\bar{\sigma}} \geq h_1 \cdot d_k, \quad (2.4)$$

де h_1 – коефіцієнт вибору діаметру [12].

$$D_{\bar{\sigma}} \geq 18 \cdot 19,5 = 351 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_{\bar{\sigma}} = 400$ мм.

Діаметр канатного барабана по дну канавки:

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$D'_o = D_o - d_k; \quad (2.5)$$

$$D'_o = 400 - 19,5 = 380,5 \text{ мм.}$$

Розрахунок потужності і вибір двигуна, вибір редуктора. Розрахунок потужності двигуна механізму пересування візка, кВт:

$$N_p = \frac{Q \cdot V_e}{\eta_m}, \quad (2.6)$$

де η_m – ККД механізму пересування [12];

V_e – швидкість пересування візка, приймаємо 0,2 м/с.

$$N_p = \frac{22 \cdot 0,2}{0,82} = 5,6 \text{ кВт.}$$

З каталогу вибираємо електродвигун змінного струму з фазним ротором МТФ112-6, потужність якого $N = 6,5$ кВт, частота обертання $n = 895 \text{ хв}^{-1}$, максимальний момент $M_{\max} = 140 \text{ Н}\cdot\text{м}$, момент інерції ротора $I_p = 0,069 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Номінальний момент на валу двигуна:

$$M_H = 975 \frac{N}{n}; \quad (2.7)$$

$$M_H = 9750 \cdot \frac{6,5}{895} = 70,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Розрахункове передаточне число редуктора:

$$U_{pp} = \frac{n}{n_B}, \quad (2.8)$$

де n_B – частота обертання барабана.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_B = \frac{V_k}{\pi \cdot D_B}, \quad (2.9)$$

де V_k – швидкість навивання каната на барабан.

$$V_k = V_g \cdot 60; \quad (2.10)$$

$$V_k = 0,2 \cdot 60 = 12 \text{ м/хв};$$

$$n_B = \frac{12}{3,14 \cdot 0,351} = 10,9 \text{ хв}^{-1};$$

$$U_{pp} = \frac{895}{10,9} = 82,11.$$

Редуктор механізму підйому вибираємо виходячи з розрахункового обертового моменту на тихохідному валу, частоти обертання ротора двигуна, групи режиму роботи механізму і необхідного передаточного числа.

Обертальний момент на тихохідному валу редуктора:

$$M_T = \frac{S_{\max} \cdot D_B \cdot a}{2 \cdot \eta_{бар}}, \quad (2.11)$$

де a – кількість віток канату, що закріплені на барабані;

$\eta_{бар}$ – ККД барабана, приймаємо 0,97 [12].

$$M_T = \frac{54 \cdot 0,4 \cdot 1}{2 \cdot 0,97} = 11134 \text{ Нм.}$$

Приймаємо з'єднання редуктора з барабаном за допомогою зубчастої передачі із передаточним відношенням $U_{зп} = 3$.

Вибираємо редуктор Ц2-400 з передаточним числом $U_p = 40$, сумарною міжосьовою відстанню $a_w = 400$ мм, частотою обертання вала $n_{ш} = 960$ об/хв.

Фактична частота обертання барабана:

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_B^{\Phi} = \frac{n}{U_p \cdot U_{3П}}; \quad (2.12)$$

$$n_B^{\Phi} = \frac{950}{40 \cdot 3} = 7,9 \text{ хв}^{-1}.$$

Вибір гальм. Гальма встановлюються на швидкохідному валу механізму.

Розрахунковий гальмівний момент:

$$M_z = k_2 \cdot M_{ст.з}, \quad (2.13)$$

де k_2 – коефіцієнт запасу гальмування [12];

$M_{ст.з}$ – статичний момент на валу двигуна при гальмуванні.

$$M_{ст.з} = \frac{S_{\max} \cdot D_B \cdot a \cdot \eta_M}{2 \cdot U_p}; \quad (2.14)$$

$$M_{ст.з} = \frac{54 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,82}{2 \cdot 40} = 221,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Муфта між двигуном і редуктором. Обираємо муфту втулково-пальцеву з гальмівним шківом з найбільшим обертальним моментом $M = 1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$, діаметром гальмівного шківа $D = 300 \text{ мм}$, момент інерції муфти $I_M = 1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Розрахунковий момент для муфти може бути визначений з формули:

$$M_p = k_1 \cdot k_2 \cdot M_{ст}, \quad (2.15)$$

де k_1 і k_2 – коефіцієнти, які враховують, відповідно, ступінь відповідальності та умов роботи муфти [12];

$M_{ст}$ – статичний момент на валу двигуна при транспортуванні візка.

$$M_{ст} = \frac{S_{\max} \cdot D_B \cdot a}{2 \cdot U_p \cdot \eta_M}; \quad (2.16)$$

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$M_{cm} = \frac{54000 \cdot 0,4 \cdot 1}{2 \cdot 40 \cdot 0,82} = 329,3 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_p = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 329,3 = 470,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Перевірка правильності вибору електродвигуна. Проведемо перевірку двигуна на тривалість пуску. Для цього порахуємо середню тривалість пуску при переміщенні номінального вантажу.

$$t_{II} = \frac{I_{II} \cdot \omega}{M_{CT} - M_{II.CP}}, \quad (2.17)$$

де I_{II} – момент інерції рухомих мас механізму, приведений до валу двигуна;

ω – кутова швидкість вала двигуна;

$M_{II.CP}$ – середній момент електродвигуна в період пуску.

$$I_{II} = \delta \cdot (I_p + I_M) + \frac{G_B \cdot D_B^2}{4 \cdot g \cdot U_M^2 \cdot \eta_M}, \quad (2.18)$$

де δ – коефіцієнт, що враховує момент інерції мас деталей, які обертаються повільніше ніж вал двигуна.

$$I_{II} = 1,2 \cdot (0,069 + 1,5) + \frac{22000 \cdot 0,4^2}{4 \cdot 9,81 \cdot 80^2 \cdot 0,82} = 1,9 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{dв}}{30}; \quad (2.19)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 895}{30} = 93,6 \text{ с}^{-1};$$

$$M_{II.CP} = \frac{M_{max} + 1,1 \cdot M_H}{2}; \quad (2.20)$$

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$M_{П.СР} = \frac{140 + 1,1 \cdot 70,8}{2} = 108,9 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Отже, середня тривалість пуску буде рівна:

$$t_{II} = \frac{1,9 \cdot 93,6}{329,3 - 108,9} = 0,8 \text{ с.}$$

Середнє прискорення при пуску механізму:

$$a_{II} = \frac{V_B^{\Phi}}{t_{II}}; \quad (2.21)$$

$$a_{II} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25 \text{ м/с}^2.$$

Розрахунок вузла барабана. Розрахуємо довжину барабана і товщину стінок. Для цього спочатку порахуємо кількість витків нарізки на одній половині барабана.

$$z_B = \frac{L_k}{\pi \cdot D_0} + (1,5 \div 2), \quad (2.22)$$

де L_k – довжина каната, приймемо 30 м.

$$z_B = \frac{30}{3,14 \cdot 0,4} + 1,5 = 25 \text{ витків.}$$

Довжина нарізки на барабані:

$$l_H = z_B \cdot t_H, \quad (2.23)$$

де t_H – крок нарізки барабана для відповідного діаметру канату [12].

$$l_H = 25 \cdot 24,19 = 580 \text{ мм.}$$

Повна довжина барабана:

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\delta} = 2 \cdot (l_H + l_3) + l_0, \quad (2.24)$$

де l_3 – довжина ділянки барабана, яка використовується для закріплення канату;

l_0 – відстань між правою і лівою нарізками барабана.

$$L_{\delta} = 2 \cdot (580 + 25) + 120 = 1330 \text{ мм.}$$

Барабан виготовляється литим з чавуну СЧ15-32 з межею міцності на стиск $\sigma_B = 700$ МПа. З розрахунку на стиск товщина стінки барабана:

$$\delta = \frac{S_{\max}}{t_H \cdot [\sigma_{CT}]}, \quad (2.25)$$

де $[\sigma_{CT}]$ – допустиме напруження стиску для чавуну.

$$[\sigma_{CT}] = \frac{\sigma_B}{k}, \quad (2.26)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності [12].

$$[\sigma_{CT}] = \frac{700}{4,25} = 165 \text{ МПа;}$$

$$\delta = \frac{54000}{24,19 \cdot 165} = 13,5 \text{ мм.}$$

З умов технологічного процесу виготовлення литих барабанів, товщина стінки повинна бути не менше 12 мм і визначається за формулою:

$$\delta = 0,02 \cdot D_{\delta} + (6 \div 10); \quad (2.27)$$

$$\delta = 0,02 \cdot 400 + 8 = 16 \text{ мм.}$$

Розрахуємо вісь барабана. Вісь барабана виготовляється зі сталі 45 ГОСТ 1050-74. При спрощеному розрахунку осі барабана визначимо її діаметри в

					<i>0032.196372.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпечних перерізах за напруженнями згину. Визначившись із компоновочною схемою вузла барабана складемо розрахункову схему осі (рис. 2.11).

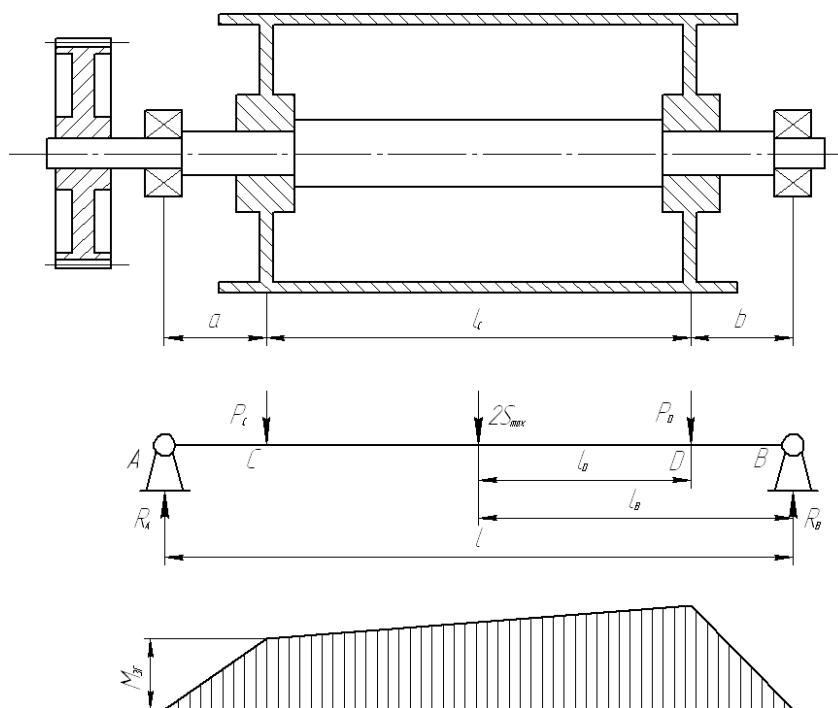


Рисунок 2.11 – Схема до розрахунку осі барабана та епюри згинаючих моментів

Небезпечними є перерізи 1-1 2-2, які співпадають з осями ступиць барабана, і переріз 3-3 більш навантаженої цапфи осі.

$$P_C = \frac{2S_{\max} \cdot c}{b + c}; \quad (2.28)$$

$$P_C = \frac{2 \cdot 54 \cdot 10^3 \cdot 545}{600 + 545} = 51406 \text{ Н};$$

$$P_D = 2S_{\max} - P_C; \quad (2.29)$$

$$P_D = 2 \cdot 54 \cdot 10^3 - 51406 = 56594 \text{ Н}.$$

Реакції в опорах:

$$R_A = \frac{2S_{\max} \cdot l_B}{l}; \quad (2.30)$$

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$R_A = \frac{2 \cdot 54 \cdot 10^3 \cdot 605}{1250} = 52272 \text{ Н};$$

$$R_B = 2S_{\max} - R_A; \quad (2.31)$$

$$R_B = 2 \cdot 54 \cdot 10^3 - 52272 = 55728 \text{ Н}.$$

Згинаючі моменти в перерізах 1-1 і 2-2:

$$M_C = R_A \cdot a; \quad (2.32)$$

$$M_C = 52272 \cdot 45 = 2352240 \text{ Н};$$

$$M_D = R_B \cdot d; \quad (2.33)$$

$$M_D = 55728 \cdot 60 = 3343680 \text{ Н}.$$

За отриманими значеннями будемо епюру згинальних моментів і визначаємо діаметр осі:

$$d_O = \sqrt[3]{\frac{M_{\max}}{0,1 \cdot [\sigma_{3\Gamma}]}}; \quad (2.34)$$

де $[\sigma_{3\Gamma}]$ – допустиме напруження матеріалу осі на згинання.

$$d_O = \sqrt[3]{\frac{3343680}{0,1 \cdot 55}} = 84,7 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_O = 85 \text{ мм}$.

Розрахункове навантаження на підшипники:

$$R_P = k_{\sigma} \cdot R_A, \quad (2.35)$$

де k_{σ} – коефіцієнт безпеки [12].

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$R_p = 1,2 \cdot 52272 = 62726,4 \text{ Н}$$

Вибираємо підшипник радіальний дворядний №46122, для якого внутрішній діаметр $d = 110$ мм, зовнішній діаметр $D = 170$ мм, вантажопідйомність $C = 74400$ Н [12].

Після цього перевіримо міцність цапфи в перерізі 3-3 з умови:

$$\sigma_{32} = \frac{R_p \cdot B}{2 \cdot 0,1 \cdot d^3} \leq [\sigma_{32}], \quad (2.36)$$

де B і d – ширина і внутрішній діаметр підшипника відповідно.

$$\sigma_{3\Gamma} = \frac{62726,4 \cdot 28}{2 \cdot 0,1 \cdot 110^3} = 6,6 \text{ Н/мм.}$$

Розрахунок кріплення канату до барабана. Для кріплення канату до барабана використаємо притискні планки з напівкруглими канавками (рис. 2.12). Канат утримується від переміщення силою тертя, яка виникає між канатом і планкою та між канатом і барабаном. Планки призначаються залежно від діаметра канату [12].

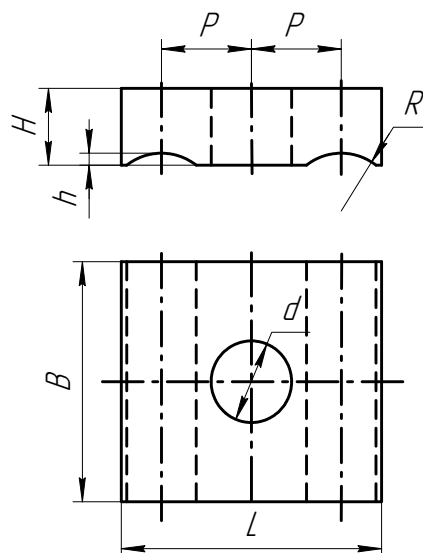


Рисунок 2.12 – Притискна планка

Внаслідок наявності на барабані запасних витків канату (1,5-2) натяг канату

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

перед притискною планкою значно менший, ніж зусилля в вітці канату, що навивається на барабан.

$$S = \frac{S_{\max}}{e^{f\alpha}}, \quad (2.37)$$

де $f = 0,1 \div 0,16$ – коефіцієнт тертя між канатом і барабаном [12];

$\alpha = (3 \div 4)\pi$ – кут обхвату канатом барабана.

$$S = \frac{54000}{2,72^{0,13 \cdot 4 \cdot 3,14}} = 10540 \text{ Н.}$$

Зусилля розтягу одного болта:

$$P = \frac{S}{(f + f_1)(e_1^{f\alpha_1} + 1)}, \quad (2.38)$$

де f_1 – приведений коефіцієнт тертя між канатом і планкою;

α_1 – кут обхвату барабана канатом при переході від однієї канавки планки до іншої.

$$P = \frac{10540}{(0,13 + 0,13) \cdot (1,6328 + 1)} = 15397,4 \text{ Н.}$$

Одночасно з розтягом болт зазнає згину від сили тертя між планкою і канатом, яка намагається зсунути планку в напрямку дії зусилля в канаті.

$$F = f_1 \cdot P; \quad (2.39)$$

$$F = 0,13 \cdot 15397,4 = 2001,6 \text{ Н.}$$

Приймаємо болт М12.

Сумарне напруження в болті:

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$\sigma = \sigma_P + \sigma_{3T} = \frac{n \cdot k \cdot P}{\pi \cdot d_1^2} + \frac{k \cdot F \cdot l}{0,1 \cdot d_1^3}, \quad (2.40)$$

де k – коефіцієнт запасу;

n – коефіцієнт, що враховує напруження кручення при затягуванні болта;

l – плече дії сили F .

$$\sigma = \frac{1,3 \cdot 1,5 \cdot 15397,4}{3,14 \cdot 22^2} + \frac{1,5 \cdot 2001,6 \cdot 34,5}{0,1 \cdot 22^3} = 117,03 \text{ МПа.}$$

Сумарне напруження повинно бути не більше допустимого напруження розтягу болта, тобто:

$$\sigma \leq [\sigma_P], \quad (2.41)$$

де $[\sigma_P]$ – допустиме напруження розтягу матеріалу болта.

$$[\sigma_P] = \frac{0,8 \cdot \sigma_T}{1,5}, \quad (2.42)$$

де σ_T – межа текучості матеріалу болта.

$$[\sigma_P] = \frac{0,8 \cdot 300}{1,5} = 170,7 \text{ МПа;}$$

$$117,03 \text{ МПа} \leq 170,7 \text{ МПа.}$$

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ ГРЕБЕНІВ КОЛІСНИХ ПАР НА ТЕПЛОВОЗІ

Використання автоматичних локомотивних гребнезмащувачів (систем змащування гребенів коліс локомотива) дозволяє отримати економічний ефект по наступним показникам:

- збільшення терміну експлуатації колісних пар шляхом зниження в
- декілька разів зносу гребня колеса;
- зменшення витрат дизельного пального на тягові зусилля (що особливо актуально в теперішній час) завдяки зниженню коефіцієнта тертя в зоні контакту бокової поверхні рейки та гребня колеса;
- збільшення терміну експлуатації рейок за рахунок зменшення зносу по боковій грані як на прямих ділянках так і (особливо) в кривих;
- зменшення ризику сходу локомотива з рейок завдяки зниженню
- коефіцієнту тертя гребня колеса та бокової поверхні рейок.

Розглянемо розрахунок економічного ефекту по першим двом пунктам, приведених вище, на основі даних, отриманих із промислових підприємств. Звичайно, ці дані декілька відрізняються один від одного, однак закономірність цифр, отримана із різних джерел, просліджується і тому для розрахунку беремо середні значення.

Існуючі затрати на утримання колісних пар локомотивів складаються з затрат на обточку бандажа та на його заміну після трьох обточок. Частота обточок коліс тепловозів по підрізу складає в середньому один раз в п'ять місяців. Після трьох обточок виконують заміну бандажа.

При виконання даного розрахунку, в затратах не враховані витрати, пов'язані з простоями локомотивів на ремонтах.

Для прикладу візьмемо вартість заміни бандажів колісних пар в умовах Дніпропетровського тепловозоремонтного заводу, де перебандажування однієї колісної пари складає 9180 грн, а одного колеса – 4590 грн. Переточка гребенів

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

коліс тепловоза 2ТЭ10М складає 9800 грн, тобто одного колеса 817 грн.

За розрахунковий період візьмемо термін чотири роки (48 місяців). За цей період необхідно виконати сім обточок та дві заміни бандажа. Затрати на утримання коліс одного локомотива за один рік складатимуть:

$$Z = (N \cdot O_K + K \cdot B) \cdot \frac{n}{4}, \quad (3.1)$$

де Z – затрати на утримання коліс одного локомотива, грн;

N – кількість обточок; $N=7$;

O_K – вартість обточки одного колеса; $O_K = 817$ грн.;

K – кількість замін бандажа; $K = 2$;

B – вартість заміни бандажа одного колеса; $B = 4590$ грн.;

n – кількість коліс локомотива 2ТЭ10М (одна секція); $n=12$;

4 – розрахунковий період (чотири роки).

$$Z = (7 \cdot 817 + 2 \cdot 4590) \cdot 12/4 = 44697 \text{ грн.}$$

При встановленні гребнезмащувачів на локомотив, період між обточками коліс збільшується в середньому в чотири рази (по дним промислових підприємств, які встановили локомотивні гребнезмащувачі), тобто за чотири роки необхідно тільки два рази обточити колісні пари, тоді, річні витрати на утримання коліс у цьому випадку складатимуть:

$$Z_r = (N_1 \cdot O_K) \cdot \frac{n}{4}, \quad (3.2)$$

де Z_r – річні витрати на утримання коліс локомотива, на якому встановлений гребнезмащувач, грн;

N_1 – кількість обточувань; $N_1 = 2$;

$$Z_r = (2 \cdot 817) \cdot 12/4 = 4902 \text{ грн.}$$

Економія на обточках коліс та заміні бандажа на одному тепловозі за рік

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

складе:

$$E_K = 3 - 3_G, \quad (3.3)$$

$$E_K = 44697 - 4902 = 39795 \text{ грн.}$$

Цілеспрямоване нанесення спеціального мастила правильно спроектованим гребнезмащувачем на визначену зону гребенів бандажа передніх коліс забезпечує змащування і всіх останніх осей в (вертушці) поїзді, число яких може досягати 100 штук. Це відбувається за рахунок переносу мастила з гребенів коліс передньої осі на бокову грань головки рейки. Вищесказане дає додаткову економію засобів, так як знижуються витрати дизельного пального на тягові зусилля, особливо в кривих. Величина економії палива може значно коливатися в залежності від цілого ряду факторів і лежить в межах від 5 – 30%. Так як в теперішній час не має єдиної та точної методики визначення фактичного зниження витрат тягової енергії внаслідок зниження опору руху, прийємо занижений відсоток економії дизельного пального рівний 5%. Згідно статистичним даним тепловоз серії 2ТЭ10М (одна секція) в умовах роботи гірничозбагачувальних комбінатів витрачає 200 літрів пального за зміну (12 годин). Розрахуємо річну витрату дизельного палива за формулою:

$$P = П \cdot \beta \cdot \kappa_3, \quad (3.4)$$

де P – річна витрата дизельного палива, л;

$П$ – витрата палива за зміну; $П = 100$ л;

β – коефіцієнт використання тепловоза; $\beta = 0,8$;

κ_3 – кількість змін у році.

$$P = 100 \cdot 0,8 \cdot (365 \cdot 2) = 58400 \text{ л.}$$

При встановленні локомотивного гребнезмащувача витрата палива зменшиться на 5% і буде складати:

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{Г} = P - (P \cdot 0,05),$$

$$P_{Г} = 58400 - (58400 \cdot 0,05) = 55480 \text{ л.}$$

Тобто економія палива буде складати:

$$E_{П} = P - P_{Г}, \quad (3.5)$$

$$E_{П} = 58400 - 55480 = 2920 \text{ л.}$$

Що в грошовому відношенні складатиме:

$$E_{ПГ} = E_{П} \cdot Ц,$$

де $Ц$ – ціна дизельного палива, $Ц = 14,65 \text{ грн}$

$$E_{ПГ} = 2920 \cdot 14,65 = 42778 \text{ грн.}$$

Вартість локомотивного гребнезмащувача (системи змащення гребенів коліс) з установкою на тепловоз складає орієнтовно (в залежності від варіанта комплектації) 18500 грн. Річна витрата спеціального мастила «Рельсол» на один локомотив може складати от 150 кг до 200 кг. Витрата мастила залежить від обраного алгоритму подачі мастила. Прийmemo для розрахунків середнє значення витрати мастила – 175 кг в рік по ціні 9347 грн за одну тонну (ціна виробника «АЗМОЛ»). Тоді витрати на мастило будуть складати:

$$P_{М} = Ц_{М} \cdot М, \quad (3.6)$$

де $P_{М}$ – витрати на мастило, грн;

$Ц_{М}$ – ціна за одну тонну, грн;

$М$ – річна витрата мастила, кг.

$$P_{М} = 9347 \cdot 0,175 = 1636 \text{ грн.}$$

Загальні річні витрати на придбання, установку, а також на мастило за рік будуть складати:

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$E_M = C_{\Gamma} + P_M, \quad (3.7)$$

де C_{Γ} – вартість локомотивного гребнезмащувача, грн.

$$E_M = 18500 + 1636 = 20136 \text{ грн.}$$

Загальний річний економічний ефект від впровадження системи змащування тільки на одному локомотиві буде складати:

$$E = (E_K + E_{\Pi}) - E_M, \quad (3.8)$$

$$E = (39795 + 42778) - 20136 = 62437 \text{ грн.}$$

Місячний ефект буде складати $62437/12 = 5203$ грн.

Розрахуємо термін окупності:

$$T_o = 18500/5203 = 3,6 \text{ місяці.}$$

Згідно вище наведеним розрахункам витрати на придбання, установку, а також на мастило за рік складають 20136 гривень. Економія від зниження затрат на обслуговування коліс за рік складає 39795 гривень. Економія від зниження витрат палива за рік складає не менше 42778 гривень.

Загальний річний економічний ефект від впровадження системи змащування тільки на одному локомотиві складає 62437 гривень, а термін окупності – 3,6 місяці.

При всіх усереднених розрахунках, видно, що впровадження системи змащування гребенів коліс на локомотивах дає істотний економічний ефект. При чому, в даному випадку не враховувався ефект від зменшення зносу колісних пар вагонів, які також періодично потребують заміни.

Всі приведені розрахунки буди зроблені для одного локомотива. При умові, якщо парк локомотивного депо буде обладнаний гребнезмащувачами на 70 – 80% з'являється нова, достатньо значима стаття економії. Збільшуються терміни експлуатації рейок, які доводиться змінювати по причині передчасного зносу по

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

боковій грані, особливо в кривих. Термін експлуатації їх збільшується в декілька разів, а якщо врахувати, що заміна одного кілометра залізничного полотна коштує не менше ніж один мільйон гривень, то стає зрозумілим, що збільшення експлуатації рейок тільки в кривих малого радіуса хоча б в два рази, дозволить заощадити значні грошові кошти.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

4 ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХНІ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ

4.1 Впровадження робочого місця наплавки бандажів колісних пар

Виробничі процеси нерідко супроводжуються виділеннями пилу, чи пари надлишків тепла, шкідливих газів і т. п. Взимку в більшості регіонів країни холодно - усе це створює несприятливі умови для роботи і може відбиватися на здоров'ї працюючих. Вимоги до повітряного середовища на виробництві зводяться до забезпечення в різні періоди року метеорологічних умов (температури, вологості, швидкості) і чистоти повітря на робочих місцях.

Відповідно до Санітарних норм проектування промислових підприємств СН-245-71 і ДСТ 12.4.021-75 кількість домішок у нормальному складі повітря не може перевищувати встановлені нормами гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Для забезпечення необхідної чистоти і хорошого метеорологічного стану повітряного середовища виробничих приміщень застосовується вентиляція і опалення.

Переміщення повітря (видалення з приміщень забрудненого повітря, подача замість його чистого повітря) може здійснюватися за допомогою природної чи механічної вентиляції.

У виробничих приміщеннях і спорудах повинні передбачатися отвори, що відкриваються, у вікнах (фрамуги, жалюзі і ін.), обґрунтовані розрахунком для подачі повітря, але площею не менш 20% загальної площі світлових отворів. Для направлення повітря, що надходить, у холодну пору року нагору і у теплий період року вниз повинні бути передбачені відповідні пристрої.

Пристрої вентиляції і опалення відповідно до вимог Санітарних норм ДСТ 12.4.021-75 і розділу СНиП П-33-75 по проектуванню опалення, вентиляції і кондиціонування повітря, а також кваліфікована їхня експлуатація дозволяють

					<i>0032.196372.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

попередити поширення шкідливих факторів, створити нормальний температурний режим, спрямувати рух повітря в приміщення таким чином, щоб сприяти утворенню повітряного середовища, що не чинить шкідливого впливу на організм людини.

Промислову вентиляцію застосовують для технічних цілей у різних технологічних процесах, наприклад при обдуванні виробів, для створення тяги в котлах, при пневматичному транспортуванні матеріалів і в санітарно-гігієнічних цілях для створення нормальних умов праці шляхом правильного повітрообміну в робочих приміщеннях.

Природна вентиляція використовується для забезпечення сприятливих умов праці в цехах, де виділяється значна кількість тепла і не потрібно спеціальної підготовки повітря чи подачі його до заданих місць. При природній вентиляції переміщення повітря здійснюється за рахунок різниці мас холодного (зовнішнього) і теплого (внутрішнього) повітря (тепловий напір), а також за рахунок дії вітру (вітровий напір).

Витяжні вентилятори застосовуються для переміщення повітря в установках витяжної вентиляції. Характер і призначення витяжної вентиляції пред'являють до витяжних вентиляторів наступні вимоги: при переміщенні газів і пари колесо вентилятора робиться з матеріалу, що не піддається ржавінню (алюмінію, бронза, нержавіюча сталь і т. п.); при переміщенні повітря, що містить вогненебезпечні і вибухонебезпечні речовини (бензин, бензол і т. п.), застосовуються вентилятори вибухобезпечного виконання.

4.2 Розрахунок витяжного пристрою робочого місця наплавника

Величина повного тиску P , який повинен створювати вентилятор, визначається відповідно за формулою:

$$P = \beta \cdot H_c, \quad (4.1)$$

де β – коефіцієнт, який враховує втрати або підсоси повітря в повітрепроводах;

H_c – втрати тиску в повітрепроводі, Па.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

При сталених повітрепроводах довжиною менше 50 метрів приймається $\beta = 1,1$.

Сума втрат у повітрепроводі визначається сумою втрат у прямих та місцевих опорах відповідно до формули:

$$H_c = \Delta P_{np} + \Delta P_m + \Delta P_g, \quad (4.2)$$

де ΔP_{np} – втрати тиску на прямих ділянках повітрепроводу, Па;

ΔP_m – втрати тиску в місцевих опорах повітрепроводу, Па;

ΔP_g – величина швидкісного тиску на виході, Па (рис. 4.1).

Втрати тиску на прямих ділянках повітрепроводу визначаються за допомогою формули Дарсі:

$$\Delta P_{np} = \lambda \cdot \frac{l}{d_l} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2}, \quad (4.3)$$

де λ – коефіцієнт тертя;

l – довжина ділянки, м;

d_l – еквівалентний діаметр повітрепроводу, м;

ω – швидкість повітря на ділянці, м/с;

ρ – густина повітря, $\rho = 1,4 \text{ кг/м}^3$.

Еквівалентний діаметр d_l для повітрепроводів круглого перерізу дорівнює його діаметру, тобто d .

Для визначення коефіцієнту тертя необхідно визначити режим руху повітря, для чого треба визначити число Рейнольдса, відповідно до формули:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_0}{\nu}, \quad (4.4)$$

де d_0 – діаметр повітрепроводу, м;

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

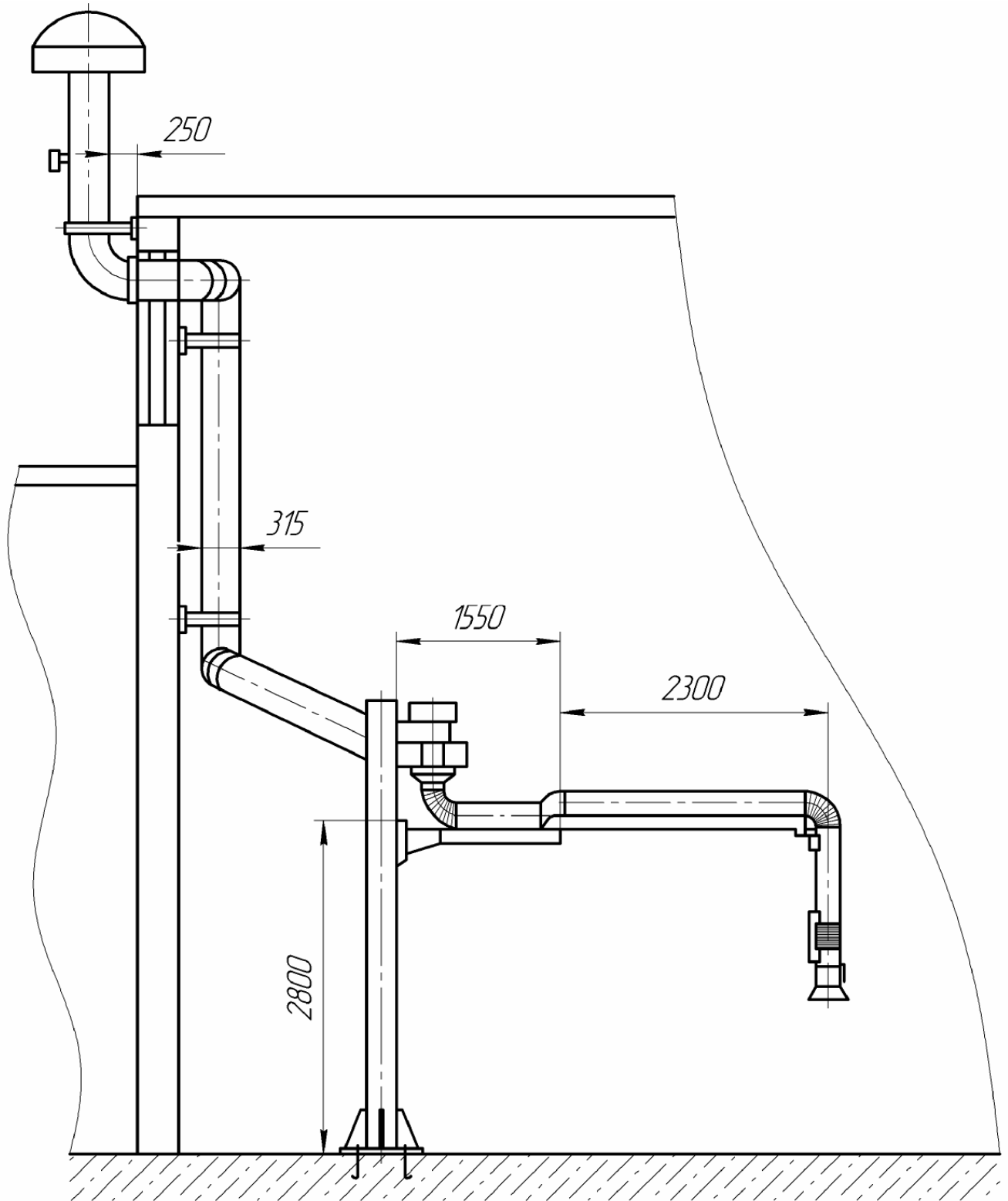


Рисунок 4.1 – Схема вентиляції робочого місця наплавника

ν – кінематична в'язкість тертя, $=15 \cdot 10^{-6} 15 \cdot 10^{-6}$ м/с.

Розглянемо першу ділянку вентиляційної мережі.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

На першій ділянці повітрепроводу його діаметр d_1 дорівнює 0,24 м. Швидкість повітря 7 м/с. Довжина першої ділянки l_1 , дорівнює 1,2 метра. Число Рейнольда, відповідно до формули (4.4) дорівнює:

$$Re_l = \frac{7 \cdot 0,24}{15 \cdot 10^{-6}} = 1,12 \cdot 10^5.$$

Для чисел Рейнольдса, які знаходяться в діапазоні $Re = (10^5 \div 10^8)$ коефіцієнт тертя визначається відповідно до формули Ніколадзе:

$$\lambda = 0,0032 + 0,221Re^{-0,237}. \quad (4.5)$$

Для першої ділянки коефіцієнт тертя дорівнює:

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 \cdot (1,12 \cdot 10^5)^{-0,237} = 1,73 \cdot 10^{-2}.$$

Втрати тиску на прямолінійній першій ділянці відповідно до формули (4.3) дорівнюють:

$$\Delta P_{npI} = 1,73 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1,2}{0,24} \cdot \frac{7^2 \cdot 1,4}{2} = 2,96 \text{ Па}.$$

Таким же чином визначаємо втрати тиску на другій, третій та четвертій прямолінійних ділянках повітропроводу. Вихідні дані відповідно до розрахункової схеми представимо у вигляді таб. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри розрахункової схеми

Номер ділянки	ω , м/с	d , м	$\lambda \cdot 10^{-2}$	l , м	ΔP_{np} , Па
I	7	0,24	1,73	1,2	2,96
II	6	0,25	1,78	8,0	14,35
III	5	0,28	1,80	1,0	1,13
IV	3	0,35	1,94	12,0	4,19
Сума					22,63

Втрати в місцевих опорах ΔP_M , визначаємо відповідно за формулою:

$$\Delta P_M = \sum \xi \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2}, \quad (4.6)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору.

На першій ділянці відповідно до розрахункової схеми ми маємо два місцевих опора типу “поворот”. При відношенні R/d рівному 0,35 коефіцієнт ξ дорівнює 1,2.

Втрати тиску в місцевих опорах, на першій ділянці ΔP_{M1} , підраховані відповідно до формули 5.6, дорівнюють:

$$\Delta P_M = 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{7^2 \cdot 1,2}{2} = 70,6 \text{ Па.}$$

Розрахунок втрат тиску в місцевих опорах наведемо у вигляді таблиці 5.2.

Визначимо величину швидкісного тиску за формулою:

Таблиця 5.2 – Розрахунок втрат в місцевих опорах

Номер ділянки	ω , м/с	$\sum \xi$	ΔP_M , Па
1	2	4	5
I	7	2,4	70,6
II	6	3,6	77,8
III	5	2,4	36
IV	3	1,0	10,8
Сума			195,2

$$\Delta P_\theta = \frac{\rho \cdot \omega^2}{2 \cdot g}, \quad (4.7)$$

де g – прискорення вільного падіння, $g=9,8 \text{ м/с}^2$.

Величина швидкісного тиску, відповідно до формули (4.7) дорівнює:

$$\Delta P_g = \frac{1,4 \cdot 3^2}{2 \cdot 9,8} = 0,64 \text{ Па.}$$

Втрати тиску у повітрепроводі відповідно до формули (4.2) дорівнюють:

$$H_c = 22,63 + 195,2 + 0,64 = 218,5 \text{ Па.}$$

Повний тиск P , який повинен розвинути вентилятор, відповідно до формули (4.1) дорівнює:

$$P = 1,1 \cdot 218,5 = 240 \text{ Па.}$$

Продуктивність вентилятора приймаємо рівною $v=2000 \text{ м}^3/\text{год}$ (згідно даних про максимальну концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони).

$$v=2000 \text{ м}^3/\text{год}=0,56 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Приймаємо вентилятор типу Ц4-70№6. По аеродинамічній характеристиці визначаємо ККД та частоту обертання вентилятора.

$$\eta_g = 0,79; \quad n = 960 \text{ об/хв.}$$

Потужність вентилятора визначається відповідно до формули:

$$N_g = \frac{v \cdot P}{102 \cdot \eta_g}, \quad (4.8)$$

Потужність двигуна вентилятора, розрахована відповідно до формули (4.8) дорівнює:

$$N_g = \frac{0,56 \cdot 24}{102 \cdot 0,79} = 0,17 \text{ кВт.}$$

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо двигун типу М-60 з потужністю 0,6 кВт та числом обертів – 1420 хв⁻¹.

З впровадженням витяжного пристрою на місці наплавника будуть дотримуватись вимоги з охорони праці, а саме безпечний відвід шкідливих газів під час роботи, поліпшення кліматичних умов. Це призведе до зменшення кількості захворювань легень, так як при вдиханні шкідливих викидів під час наплавлювання йде отруєння цими газами, а також зменшення інфекційних захворювань так як будуть покращенні кліматичні умови.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Тема магістерської дипломної роботи присвячена заходам, що дозволяють підвищити ресурс колісних пар.

В першому розділі виконано огляд та аналіз існуючих заходів підвищення ресурсу колісних пар локомотивів. Розглянуто теоретичні основи природи зчеплення коліс із рейками. Вказано фактори що впливають на зношування колісних пар локомотива й надано аналіз видів та причини пошкодження колісних пар.

На підставі аналізу існуючих заходів підвищення ресурсу колісних пар спроектована уніфікована для різних серій тепловозів система гребнезмащування, яка, базуючись на досвіді експлуатації інших рейко- та гребне змащувальних систем, дозволить збільшити експлуатаційний ресурс колісних пар до 60%. Система доволі проста в конструкції та може бути створеною в умовах виробничих підприємств. Основні складові системи:

- вимірювальна частина, яка складається з датчика повороту рами візка та датчика оберту колісної пари;
- електронного блоку керування системою;
- притискного пристрою;
- витратних матеріалів – стрижнів.

Також надано рекомендації впровадження заходів з відновлення геометричних розмірів бандажів колісних пар локомотивів і можливість загартування поверхні бандажів колісних пар, що також суттєво вплине на підвищення їх ресурсу.

В економічному розділі проведено розрахунок строку окупності та ефективності впровадження вищевказаної системи. Згідно розрахункам, строк окупності системи складає близько 4 місяців.

Для поліпшення стану охорони праці при впровадженні заходів зі зменшення зношування поверхні колісних пар локомотивів запропоновано встановлення системи вентиляції на робочому місці наплавлення бандажів.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаповалов В.В., Щербак П.Н., Майба И.А., Косыгин В.Т. Методы устранения износа колес и рельс //Железнодорожный транспорт. – 2004. – № 3. – С. 108–111.
2. Орлянський М.С. Визначення напрямків підвищення надійності колісних пар електровозів на основі аналізу їх відмов в експлуатації //Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011 – №126. – С. 167-170.
3. Горбунов Н.И., Ноженко Е.С., Марченко Д.Н., Попов С.В. и др. Ресурсосберегающие технологии в контакте «ребень колеса–рельса» //Вестник Восточноукраинского національного университета имени Владимира Даля. – 2008. – № 5. – Ч. 1. – С. 76–82.
4. Асцатуров Ю.Г., Чистяков А.В. Разработка эффективных устройств для активации смазочно-охлаждающих технологических средств //Совершенствование машин и технологий строительной индустрии: Сб. науч. тр. – Новочеркасск: НГТУ, 1999. – 127 с.
5. Фуфрянский М.А. Подвижной состав и тяга поездов / М.А. Фуфрянский, В.В. Деев.– М.: Транспорт, 1979. – 368 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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. Мартишевський, Є. Г. Нечаєв. – Дніпропетровськ, 2006. – 30 с.
9. Бобирь, Д. В. Теорія та конструкція локомотивів: методичні вказівки до

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

- 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.
10. Тепловоз 2ТЭ10М: Руководство по эксплуатации и обслуживанию /Министерство путей сообщения СССР. – М.: Транспорт, 1975. – 432 с.
 11. Тепловоз 2ТЭ116 /С. П. Филонов, А. И. Гибалов, В. Е. Быковский, М. О. Федоров.– М.: Транспорт, 1985. – 328с.
 12. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие для вузов /П.Ф. Дунаев, О.М. Леликов. – М.: Академия, 2006. – 496 с.
 13. Хасин Л. Ф. Экономика, организация и управление локомотивным хозяйством: учебник для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. /Л. Ф. Хасин, В. Н. Матвеев; Под. ред. Л. Ф. Хасина. – М.: Желдориздат, 2002. – 452с.
 14. Белов И. В., Галабурда В. Г., Данилин В. Ф. и др. Экономика железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1989. – 351с.
 15. Коваленко Е.А. Цибенко О.В. Економіка залізничного транспорту: Підручник для навчальних закладів. – Донецьк: Веско, 2006. – 70 с.
 16. Охрана труда на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж.-д. трансп. /Ю.Г. Сибаров, В.О. Дегтярёв, Т.К. Ефремова, А.В. Лощинин и др.; Под ред. Ю.Г. Сибарова. – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.

					0032.196372.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77