

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра машинобудування та технічного сервісу машин

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ  
КОЛІЙНИХ МАШИН ШЛЯХОМ ФІЗИЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ  
МАСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Пояснювальна записка та розрахунки  
до дипломної роботи магістра

МОП.200.00.00.000 ПЗ

Розробив:

студент групи 215-БКМ-323

спеціальності 133 – галузеве машинобудування

(роботу виконано самостійно, відповідно до  
принципів академічної доброчесності)

Ярослав МАСЛОВ

Керівник: професор, докт. техн. наук

Микола РЕМАРЧУК

Рецензент: професор, докт. техн. наук

Дмитро ПЛУГІН

Харків – 2025

# Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Будівельний»

Кафедра «Машинобудування та технічний сервіс машин»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, колійні машини та обладнання»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри,  
професор, д-р техн. наук

 Сергій ВОРОНІН





«01» жовтня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ Маслову Ярославу Вячеславовичу

1. Тема роботи **«Підвищення довговічності підшипників ковзання колійних машин шляхом фізичної модифікації мастильного матеріалу»** та керівник Ремарчук Микола Парфенійович, д.т.н., професор затверджені розпорядженням по будівельному факультету від «30» вересня 2024 р. № 11.
2. Строк подання студентом закінченої роботи «30» грудня 2024 року.
3. Вихідні дані:
  - 3.1 Базова машина: колійна машина ВПО-3000 в парі з локомотивом ТЕ-3;
  - 3.2 Матеріали вкладишів підшипників: латунь ЛС59-1 за ГОСТ 15527 з наплавкою бабіту Б16 за ГОСТ 1320-74;
  - 3.3 Марка оливи: Осьова «Л» ГОСТ 610-72.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
  - 4.1 Стан питання та задачі дослідження.
  - 4.2 Теоретичне обґрунтування зниження зносу підшипників ковзання
  - 4.3 Експериментальні дослідження зносу підшипників на машині тертя
  - 4.4 Техніко-економічний розрахунок
  - 4.5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
  - 5.1 Характеристика базової машини – 1 лист А1
  - 5.2 Аналіз факторів впливу на знос та тертя в підшипниках – 1 лист А1
  - 5.3 Структура оливи та механізм формування мастильної плівки – 1 лист А1
  - 5.4 Розрахунок навантажень в підшипниках ковзання – 1 лист А1

- 5.5 Розрахунок коефіцієнта тертя в підшипниках ковзання – 1 лист А1  
 5.6 Розрахунок зносу та ресурсу підшипників ковзання – 1 лист А1  
 5.7. Опис стенду для випробування підшипників ковзання на знос – 1 лист А1  
 5.8. Результати експериментальних випробувань підшипників – 1 лист А1  
 5.9 Порівняння техніко-економічних показників – 1 лист А1

6. Консультанти розділів роботи

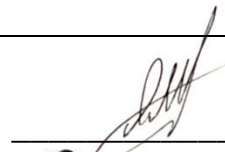
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Дата, підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічний розрахунок	Токмакова І.В., професор, д.е.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Козар Л.М., доцент, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання «30» вересня 2024 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Стан питання та задачі дослідження	01.10.24 – 31.10.24	
2	Теоретичне обґрунтування зниження зносу підшипників ковзання	15.10.24 – 30.10.24	
3	Експериментальні дослідження зносу підшипників на машині тертя	15.10.24 – 15.12.24	
4	Техніко-економічний розрахунок	01.12.24 – 15.12.24	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.12.24 – 30.12.24	
6	Розробка графічного (ілюстративного) матеріалу	01.11.24 – 30.12.24	

Студент



Я.В. Маслов

Керівник роботи



М.П. Ремарчук

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки на 130 аркушах формату А4, що містить 24 табл., 24 рис., список джерел з 35 найм., додатки на 10 стор, а також 9 слайдів презентації.

Ключові слова: КОЛІЙНА МАШИНА, ПІДШИПНИК КОВЗАННЯ, ДОВГОВІЧНІСТЬ, РЕСУРС, ОЛИВА, ПРИСАДКА, ЕЛЕКТРИЧНА ОБРОБКА.

Об'єктом дослідження є зношування підшипників ковзання в умовах фізичної модифікації оливи електричною обробкою.

Метою дослідження є підвищення ресурсу підшипників ковзання робочого обладнання колійної машини ВПО-3000, а також моторно-осьових підшипників її транспортного засобу – локомотиву ТЕ-3, за рахунок фізичної активації присадок в оливі зовнішнім електричним полем.

Основним завданням роботи є моделювання та дослідження зносу підшипників ковзання на машині тертя в умовах мащення оливою, до якої додають протизношувальну присадку та яка підлягає електричній обробці.

## ABSTRACT

The thesis consists of an explanatory note on 130 sheets of A4 format, containing 24 tables, 24 figures, a list of sources with 35 entries, appendices on 10 pages, as well as 9 presentation slides.

Keywords: TRACK MACHINE, PLAIN BEARING, DURABILITY, RESOURCE, OIL, ADDITIVE, ELECTRICAL TREATMENT.


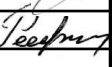
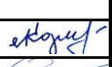

The object of the study is the wear of sliding bearings under conditions of physical modification of oil by electrical treatment.

The purpose of the study is to increase the service life of sliding bearings of the working equipment of the VPO-3000 rail car, as well as the motor-axle bearings of its vehicle - the TE-3 locomotive, due to the physical activation of additives in the oil by an external electric field.

The main task of the work is to model and study the wear of sliding bearings on a friction machine under conditions of lubrication with oil to which an anti-wear additive is added and which is subject to electrical treatment.

## Зміст

Вступ	6
1 Стан питання та аналіз дослідження	7
1.1 Характеристика базової машини	7
1.2 Аналіз факторів, які впливають на тертя та знос в підшипниках ковзання базової машини	10
1.3 Умови роботи підшипників ковзання колійних машин	22
Висновки по розділу 1. Мета та задачі дослідження	24
2 Теоретичне обґрунтування зменшення зносу підшипників ковзання	25
2.1 Фізичні основи зменшення зносу підшипників	25
2.2 Розрахунок механічної складової коефіцієнту тертя в підшипнику в залежності від товщини змащувальної плівки	35
2.3 Розрахунок зносу підшипника в умовах мащення при електростатичній обробці оливи	50
3 Експериментальні дослідження зносу підшипників на машині тертя	59
4 Техніко-економічний розрахунок	71
4.1 Мета роботи	71
4.2 Розрахунок балансової вартості базової та модернізованої машин	71
4.3 Розрахунок річної продуктивності машини	78
4.4 Розрахунок собівартості машино-години роботи	79
4.5 Розрахунок економічного ефекту	86
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	99
5.1 Коротка характеристика проектного об'єкту	99
5.2 Аналіз потенційних небезпек на об'єкті	100
5.3 Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці	103
5.4 Надзвичайні ситуації та подолання їх наслідків	106
5.5 Розрахунок звукоізоляції кабіни оператора машини	111
Висновки по роботі	115
Список використаних джерел	116
Додатки	121

					<i>МОП.200.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Маслов			Підвищення довговічності підшипників ковзання колійних машин шляхом фізичної модифікації мастильного матеріалу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ремарчук					5	130
Т. Контр.						УкрДУЗТ кафедра МТСМ		
Н. Контр.		Казар						
Затвердив		Воранін						

## Висновки по роботі

1. Підшипники ковзання робочого обладнання колійних машин та їх транспортних засобів переважно працюють в умовах граничного мащення, яке характеризується найгіршими умовами тертя з великими втратами на тертя та підвищеним зносом. Зважаючи на конструктивні особливості ПК колійних машин, перспективним способом покращення мастильної здатності олив є додавання присадок, впровадження циркуляційної системи змащування та застосування їх електричної обробки.

2. Результати теоретичного дослідження показали, що інтенсивність зношування, знос та ресурс ПК змінюються на порядок на кожних 0,1 мкм приросту адсорбованої мастильної плівки. Це підтвердило перспективність запропонованої інтенсифікації адсорбційного процесу в ПК колійних машин.

3. Експериментальні дослідження процесу зношування ПК на машині тертя підтвердили за інтегральним показником "швидкість зношування" зміну протизношувальних властивостей ММ в залежності від концентрації присадки. Згідно з проведеними дослідженнями, за весь термін служби випробуваної оливи, швидкість зношування уповільнюється в 1,15 рази для необробленої рідини, і в 2 рази для оливи обробленої електричним полем.

4. Економічний ефект у сфері експлуатації модернізованої машини ВПО-3000 за 20 років збільшився на 408000 грн (4,35 %) і склав 9787900 грн. Техніко-економічні показники покращились за рахунок підвищення продуктивності та зменшення витрат на ремонти при запропонованому способі фізичної модифікації (активації) мастильного матеріалу.

5. На завершальному етапі роботи розроблені заходи з охорони праці машиністів машини, заходи подолання наслідків пожежі на залізниці, а також виконаний розрахунок звукоізоляції кабіни оператора.

## Список використаних джерел

1. Виправлювальньо-підбивальньо-обробна машина // Електронний ресурс.  
URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Виправлювальньо-підбивальньо-обробна\\_машина](https://uk.wikipedia.org/wiki/Виправлювальньо-підбивальньо-обробна_машина) (Дата звернення 06.11.2024).
2. Луганські тепловози 1956—2006 / Співробітники Центрального конструкторського бюро ВАТ ХК «Лугансктепловоз». – Луганськ, 2006. – 518 с.
3. ДСТУ 2823-94. Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення. URL: [https://dnaop.com/html/62330\\_4.html](https://dnaop.com/html/62330_4.html) (Дата звернення 06.11.2024).
4. Крагельський І.В. Тертя та зношування. – Машгіз, 1968.-480 с.
5. Ахматов А.С. Молекулярна фізика граничного тертя. – Фізматгіз, 1963 – 471 с.
6. Тертя, зношування та мащення (трибологія і триботехніка) / Під заг. ред. А.В. Чичинадзе. – Машинобудування, 2003-576 с.
7. Фалендиш А.П., Харламов П.О., Коваленко Д.М., Бабіч І.В. Експлуатаційні випробування моторно-осьових підшипників маневрових локомотивів // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Вип.68. – Харків: УкрДАЗТ. – С.239-250.
8. Voronin S. Increase in resource of slider bearings by means of formation intensification of boundary lubricating layer / S. Voronin, I. Hrunik, V. Tkach // Nauka i studia: Przemysl, 2013. – № 7(75). – p. 18 – 31.
9. Груник І.С. Стендові випробування моторно-осьових підшипників локомотивів в умовах електростатичної обробки осьової оливи із присадкою // Залізничний транспорт України, 2013. – № 2. – С.12-14.
10. Райко М.В. Мащення зубчатих передач. Київ: Техніка, 1970.-196 с.

11. Сюняєв З.И. Використання зовнішніх силових полів для підвищення якості мастильних матеріалів. – МІНХіТП ім. Губкіна, 1995. – 59 с.
12. Крагельський І.В. Основи розрахунку на тертя та знос / І.В. Крагельський, М.Н. Добичин, В.С. Комбалов. – Машинобудування, 1977.-525 с.
13. Вінарський М.С. Планування експерименту в технологічних дослідженнях. [Текст] / М.С. Вінарський, М.В. Лурье. – Київ: Техніка, 1975. – 168 с.
14. Боровик Ю.Т., Назаренко І.Л. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090214 «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання». Харків: УкрДАЗТ, 2012. 46 с. Також доступний у PDF: URL : <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/5842> (дата звернення: 07.11.2024).
15. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 2015–05–01. Київ : Мінекономрозвитку, 2015. 18 с. Також доступний у PDF: URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=61781](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=61781) (дата звернення: 31.10.2024).
16. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку :ДСН 3.3.6.037-99: затв. МОЗ України 01.12.1999 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text> (дата звернення: 31.10.2024).
17. ГОСТ 12.4.002-97. ССБТ. Засоби захисту рук від вібрації. Технічні вимоги і методи випробувань [Текст]. – Увед. 1998-07-01. – Вид-во стандартів, 2001. – 14 с.
18. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Електронний ресурс]: ДСН 3.3.6.039-99 : затв. М-вом охорони здоров'я України 01.12.1999. – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1862> (дата звернення: 01.11.2024).
19. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація [Текст]. – Увед. 1981-01-07. – Вид-во стандартів, 1996. – 14 с.



20. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Електронний ресурс]: ДСН 3.3.6.037-99: затв. М-вом охорони здоров'я України 01.12.1999. – Режим доступу: [http://postroy.net.ua/load/dsn/dsn\\_336037\\_99\\_sanitarni\\_normi\\_virobnichogo\\_shumu\\_ultrazvuku\\_ta\\_infrazvuku/18-1-0-693](http://postroy.net.ua/load/dsn/dsn_336037_99_sanitarni_normi_virobnichogo_shumu_ultrazvuku_ta_infrazvuku/18-1-0-693) (дата звернення: 01.11.2024).

21. ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006. Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги. Чинний від 2007–01–01. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 10 с. Також доступний у PDF: URL: [https://dnaop.com/html/1728/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3\\_%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_12.4.041\\_2006](https://dnaop.com/html/1728/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_12.4.041_2006) (дата звернення: 01.11.2024).

22. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони [Текст]. – Увед. 1989-01-01. – Вид-во стандартів, 2002. – 72 с.

23. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту [Текст]. – На заміну ГОСТ 12.1.019–79 : чинний з 2011–08–01. – К. : Держспоживстандарт України, 2011. – 18 с.

24. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення [Текст]. – Увед. 1982-07-01. – Вид-во стандартів, 2001. – 10 с.

25. ДСТУ EN 953:2014. Безпечність машин. Огорожі. Загальні вимоги до проектування і конструювання нерухомих та рухомих огорож; (EN 953:1997 +A1:2009, IDT). Чинний від 2016–01–01. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=89715](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=89715) (дата звернення: 01.11.2024).

26. Кодекс цивільного захисту України : затв. Верховною Радою України 02.10.2012 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення: 01.11.2024).

27. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій [Текст] : ДК 019:2010 : чинний від 2010–10–11. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 19 с.

28. Положення про класифікацію транспортних подій на залізницях України [Електронний ресурс] : затв. М-вом інфраструктури України 12.01.2012. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0117-12>.

29. Класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] : затв. М-вом надзвичайних ситуацій України 12.12.2012. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0040-13>.

30. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення [Текст] : ДБН В. 1.1-3-97 : затв. Держкоммістобудування України 28.02.1997. – К. : Держбуд України, 1998. – 48 с.

31. Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-4.33-1999 (ДНАОП 0.00-4.33-1999): затв. комітетом по нагляду за охороною праці України М-ва праці та соціальної політики України 17 черв. 1999 р. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0424-99>.

32. Методичні рекомендації щодо дій підрозділів МНС України під час гасіння пожеж залізничних цистерн зі зрідженими вуглеводневими газами та рідкими вуглеводнями [Електронний ресурс] : затв. Наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 9 верес. 2011 р. № 981. – Режим доступу : [http://cct.com.ua/2011/09.09.2011\\_981.htm](http://cct.com.ua/2011/09.09.2011_981.htm).

33. Положення про штаб з ліквідації надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру [Електронний ресурс] : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 19 серп. 2002 р. № 1201. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1201-2002-%D0%BF>.

34. Правила пожежної безпеки в Україні : НАПБ А.01.001-2014 : затв. МВС України 30.12.2014 // База даних «Законодавство України» / Верховна

Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення: 01.11.2024).

35. Норми оснащення об'єктів і рухомого складу залізничного транспорту пожежною технікою та інвентарем [Текст] : ЦУО-0023 НАПБ 03.004-2002 : затв. М-вом трансп. України 09.07.2002. – К. : Пожінформтехніка, 2002. – 116 с.