

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра «Машинобудування та технічний сервіс машин»

ПОКРАЩЕННЯ ПРОТИЗНОСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧИХ  
РІДИН ГІДРОПРИВОДІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

Пояснювальна записка і розрахунки  
до дипломної роботи магістра

РРБМ.2405.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211-БКМ-Д23  
спеціальності 133 – Галузеве  
машинобудування (роботу виконано  
самостійно, відповідно до принципів  
академічної доброчесності)  
Сергій ВАСІН

Керівник: доцент, канд. техн. наук,  
Володимир СТЕФАНОВ

Рецензент: доцент, канд. техн. наук,  
Вадим ТИЩЕНКО

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

Васіну Сергію Вікторовичу

1 Тема «Покращення протизносних властивостей робочих рідин гідроприводів будівельних машин»

та керівник роботи Стефанов Володимир Олександрович, к.т.н., доцент.

затверджені розпорядженням по будівельному факультету

від « 30 » вересня 2024 року № 10

2 Строк подання студентом закінченої роботи « 30 » грудня 2024 року

3 Вихідні дані: екскаватор ЕО-4321;

присадка: стеаринова та олеїнова кислоти;

робоча рідина І-20; з

температура робочої рідини 80<sup>0</sup>С.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Склад і будова граничних змащувальних шарів

2 Фізичні основи впливу електростатичної обробки робочої рідини на формування граничної мастильної плівки в гідроприводах

3 Експериментальні дослідження на машині тертя ЧКМ

4 Експериментальні дослідження на машині тертя СМЦ-2

5 Розрахунок економічного ефекту

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5 Перелік графічного матеріалу

1 Еволюція розвитку трибології – 1 аркуш;

2 Вплив зовнішнього електростатичного поля на стан робочої рідини в

будівельних машинах – 1 аркуш;

3 Розрахунок енергії взаємодії молекул присадки з поверхнею тертя агрегатів гідроприводу – 1 аркуш;

4 Визначення товщини змащувального шару на поверхнях тертя гідроагрегатів – 1 аркуш;





5 Експериментальні дослідження впливу електростатичної обробки робочої рідини – 2 аркуші;

6 Гідравлічна схема екскаватора – 1 аркуш;

7 Розрахунок пристрою для електростатичної обробки – 1 аркуш;

8 Техніко-економічні показники (ТБ) – 1 аркуш.

#### 6 Консультанти окремих розділів


Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахунок економічного ефекту від модернізації машини	Токмакова І.В., професор, д-р екон. наук		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Козар Л.М., доцент, канд. техн. наук		

7 Дата видачі завдання «30» вересня 2024 року.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Інформаційний пошук за напрямом дослідження	10.10.2024	
2 Фізичні основи впливу електростатичної обробки робочої рідини на формування граничної мастильної плівки в гідроприводах	27.10.2024	
3 Експериментальні дослідження на машині тертя ЧКМ	10.11.2024	
4 Експериментальні дослідження на машині тертя СМЦ-2	01.12.2024	
5 Розрахунок економічного ефекту	12.12.2024	
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	12.12.2024	
Графічна частина	25.12.2024	

Студент  Сергій ВАСІН

Керівник  Володимир СТЕФАНОВ

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки на 105 аркушах формату А4, що містить 19 табл., 30 рис., список джерел з 49 найм., додатки на 10 стор, а також 9 слайдів презентації.

Ключові слова: ЕКСКАВАТОР, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД, ПРИСАДКА, РОБОЧА РІДИНА, ЕЛЕКТРОСТАТИЧНА ОБРОБКА.

Об'єктом дослідження є вплив присадок та електростатичної обробки робочої рідини на її протизносні властивості.

Метою дослідження є покращення протизносних властивостей робочих рідин гідроприводів будівельних машин за рахунок використання електростатичної обробки.

Основним завданням роботи є дослідження щодо пошуку раціональних значень концентрації протизносної присадки в умовах електростатичної обробки..

## ABSTRACT

The thesis consists of an explanatory note on 105 A4 pages containing 19 tables, 30 figures, a list of references with 49 names, appendices on 10 pages, and 9 presentation slides.

Key words: EXCAVATOR, HYDRAULIC DRIVE, ADDITIVE, WORKING FLUID, ELECTROSTATIC TREATMENT.





The object of study is the effect of additives and electrostatic treatment of the working fluid on its anti-wear properties.

The purpose of the study is to improve the anti-wear properties of hydraulic fluids of construction machinery drives by using electrostatic treatment.

The main task of the work is to study the search for rational values of the concentration of an anti-wear additive under electrostatic treatment. It was determined that the dynamic processes in the rectifier unit with a pulse-width modulated converter are determined by its controllable part.

## Зміст

Вступ	7
1 Стан питання і задачі дослідження	8
1.1 Еволюція розвитку трибології	8
1.2 Склад і будова граничних змащувальних шарів	11
2 Вплив концентрації присадки та електростатичної обробки робочої рідини на трибологічні властивості робочої рідини	30
2.1 Фізичні основи впливу електростатичної обробки робочої рідини на формування граничної мастильної плівки в гідроприводах	30
2.2 Експериментальні дослідження впливу концентрації присадки та електростатичної обробки робочої рідини на швидкість зносу поверхонь тертя	46
2.2.1 Експериментальні дослідження на машині тертя ЧКМ	46
2.2.2 Експериментальні дослідження на машині тертя СМЦ-2	53
3 Техніко-економічне обґрунтування результатів досліджень	58
3.1 Розрахунок продуктивності машин	58
3.2 Розрахунок собівартості машино-години	60
3.3 Розрахунок економічного ефекту заходів з НТП і вибору найкращого варіанту	65
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	76
4.1 Коротка характеристика об'єкту дослідження	76
4.2 Аналіз умов праці	76
4.3 Заходи з охорони праці	78
4.4 Надзвичайні ситуації та подолання їх наслідків	80
4.4.1 Надзвичайні ситуації, причини їх виникнення та наслідки	80
4.4.2 Пожежна безпека об'єкта	81

						<b>РРБМ.2405.00.00.000 ПЗ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Кільк.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ док.</b>	<b>Підп.</b>	<b>Дата</b>	<b>Покращення протизносних властивостей робочих рідин гідроприводів будівельних машин</b>	<b>Стадія</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
Розробив		Васін						5	105
Перевірив		Стефанов					<b>УкрДУЗТ Кафедра МТСМ</b>		
Н. контр.		Козар							
Затв.		Воронін							

4.5 Визначення кількості техніки для рятувальних та невідкладних робіт (РНР)	82
Висновки за результатами роботи	89
Список використаних джерел	90
Додаток А Ілюстративний матеріал	96

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

РРБМ.2405.00.00.000 ПЗ

Аркуш

6

## Висновки за результатами роботи

1. Робочі рідини, що використовуються в гідроприводах будівельних машин є багатокомпонентними системами. Основними їхніми компонентами є – базова олива, продукти зносу та забруднень та ще різного роду присадки. В основному протизносні присадки є поверхнево-активними речовинами, що зменшують знос поверхонь тертя гідроприводів будівельних машин.

2. Молекули поверхнево-активних речовин мають поверхневу активність, за допомогою якої створюють адсорбційний шар як на поверхні тертя, так і на інших поверхнях елементів гідросистеми.

3. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження довели, що ресурс гідроприводу екскаваторів залежить від товщини мастильної плівки на поверхнях тертя та концентрації присадки. Встановлено, що використання електростатичної обробки робочої рідини та застосування раціональної концентрації протизносної присадки призводить до продовження ресурсу гідроагрегатів до 1,2 разів.

4. Економічні розрахунки машино – години, та економічного ефекту у сфері експлуатації машини із застосуванням присадки до робочої рідини підтверджують, що підвищення ресурсу шляхом вводу присадки є ефективним. Собівартість машино – години використання запропонованого варіанту складає 1837,65 грн. що на 6,26 грн. менш ніж у існуючого, а економічний ефект за 10 років склав 14823534 грн., що на 473756 грн. більше. Строк повернення витрат для варіанту із застосуванням присадки склав 1 рік, а без присадки склав теж 1 рік.

## Список використаних джерел

- 1 Лисіков Є.М. Надмолекулярні структури рідких мастильних середовищ та їхній вплив на зношування технічних систем [Монографія] / Є.М. Лисіков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронін. - Харків: ЕДЕНА, 2009. - 274 с.
- 2 Лисіков Є.М. Нанотехнології на залізничному транспорті: навчальний посібник / Є.М. Лисіков, С.В. Воронін, О.О. Скорик, Д.В. Онопрейчук. – Харків: ДІСА ПЛЮС, 2013. – 212 с.
- 3 Руднєв В.К. Експлуатаційні матеріали для будівельних і дорожніх машин / В.К. Руднєв, Є.С. Венцель, Є.М. Лисіков. – Київ, 1993. 234 с.
- 4 Руднєв В.К. Підвищення експлуатаційної надійності гідроприводів будівельних і дорожніх машин / В.К. Руднєв, Є.С. Венцель, Е.Н. Лисіков.– К.: УМК , 1989. 210 с.
- 5 Шехтер Ю.М. Оливорозчинні поверхнево-активні речовини / Ю.М. Шехтер, С.Е. Крейн, Л.М. Тетерін. – Київ : Хімія, 1978. 302 с.
- 6 Фукс Г.І. Колоїдна хімія нафти і нафтопродуктів. – К., 1984, 64 с. (нове в житті, науці і техніці), Хімія. № 2.
- 7 Виноградова І.Е. Протизносні присадки до олив (протизносні, протизадирні, антифрикційні). – К., Хімія, 1972. 272 с.
- 8 Лашхи В.Л. Колоїдна хімія мастил (в умовах застосування) / В.Л. Лашхи, І.Г. Фукс, Г.І. Шор. // Хімія і технологія палив і мастил. – К., 1991, № 6, с. 16-20.
- 9 Тихонов В.П. Успіхи колоїдної хімії. – Ташкент, ФАН, 1987.
- 10 Шехтер Ю.М. Поверхнево-активні речовини з нафтової сировини. – К. : Хімія, 1971.
- 11 Сюняєв З.І. Нафтові дисперсні системи. – К.: Хімія, 1990. 226 с.
- 12 Ахматов А.С. Молекулярна фізика граничного тертя. –К.: Фізмат, 1963. 472 с.



- 13 Міттелл К.Л. Міцелоутворення, солюбілізація та мікроемульсії. – М.: 1980. 598 с.
- 14 Глазов Г.І. Виробництво нафтових мастил / Г.І. Глазов, І.Г. Фукс. – К.: Хімія, 1976. 192 с.
- 15 Дернова Л.І. Властивості поверхні оксиду заліза, модифікованого стеариноювою кислотою та октадециламіном / Л.І. Дернова, А.Є Чалих, Ю.А. Ельтеков. К.: Журнал фізичної хімії: т. 67, № 10, 1990. С. 1995-2000.
- 16 Якобсон А.Я. Адсорбційні властивості  $-Fe_2O_3$ . – К.:Журнал фізичної хімії: 1985, т. 58, № 4.
- 17 Загоревська О.В. Дослідження властивостей поверхні  $-Fe_2O_3$  газохроматографічним методом. – К.: Журнал фізичної хімії: 1989, т. 63, № 12, С. 3289-3294.
- 18 Баклі Д.А. Поверхневі явища при адгезії та фракційній взаємодії. – К.: Машинобудування, 1986. 360 с.
- 19 Григор'єв М.А. Очищення оливи в двигунах внутрішнього згорання. – К.: Машинобудування, 1993. 151с.
- 20 Лисіков Є.М. Вплив електростатичної обробки робочих рідин на інтенсивність зносу пар тертя гідроприводів / Вісник Харківського державного автомобільно-дорожнього технічного університету: – Харків: РІО ХДАДТУ. 2000. вип.12 - 13. С.75 - 78.
- 21 Шелюбський Б.В. Технічна експлуатація дорожніх машин / Б.В. Шелюбський, В.Г. Ткаченко // довідник інженера-механіка. 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Транспорт, 1986. 296 с.
- 22 Лисіков Є.М. Методична вказівка з техніко-економічного обґрунтування дипломного проекту. – Харків: ХАДІ, 1994.
- 23 Венцель Є.С. Поліпшення якості та підвищення термінів служби нафтових олив / Є.С. Венцель, С.Г. Жалкін, М.І. Данько. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. 168 с.

24 Руднєв В.М. Підвищення експлуатаційної надійності гідроприводів будівельних і дорожніх машин: навчальний посібник. – Київ : УМК ВО, 1989. 130с.

25 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях : методичні вказівки до виконання розділу в дипломному проекті спеціалістів і магістрів / М. І. Ворожбіян, О. В. Костиркін, Д. С. Козодой, Б. К. Гармаш. УкрДАЗТ, 2014. 22 с. Також доступний у PDF: URL: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/7368> (дата звернення: 23.11.2024).

26 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: 23.11.2024).

27 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: 23.11.2024).

28 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації : ДСН 3.3.6.039-99 : затв. МОЗ України 01.12.1999 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text> (дата звернення: 23.11.2024).

29 Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій : затв. МОЗ України 21.05.2007. // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07#Text> (дата звернення: 23.11.2024).

30 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці : НПАОП 0.00-4.12-05 : затв. Держнаглядохоронпраці 26.01.2005 // База даних «Законодавство України» /

Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 23.11.2024).

31 Примірна інструкція з охорони праці для машиніста екскаватора : ПІ 1.1.23-250-2004 : затв. ДК «Газ України», НАК «Нафтогаз України» 30.07.2004. URL: [https://dnaop.com/html/33330/doc-%D0%9F%D0%86\\_1.1.23-250-2004](https://dnaop.com/html/33330/doc-%D0%9F%D0%86_1.1.23-250-2004) (дата звернення: 23.11.2024).

32 Норми безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам залізничного транспорту : НПАОП 60.1-3.31-17 : затв. Мінсоцполітики України 30.01.2017 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0238-17#Text> (дата звернення: 23.11.2024).

33 Інструкція з охорони праці для машиніста екскаватора. URL : <https://ohoronapraci.com.ua/instructions/37666-instrukciya-z-okhoroni-praci-dlya-mashinista-pomichnika-mashinista-ekskavatora> (Дата звернення: 23.11.2024).

34 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: 23.11.2024).

35 Правила охорони електричних мереж : затв. Кабінетом Міністрів України 27.12.2023 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1455-2022-%D0%BF#n11> (дата звернення: 23.11.2024).

36 Правила охорони ліній електрозв'язку : затв. Кабінетом Міністрів України 29.01.1996 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/135-96-%D0%BF> (дата звернення: 26.11.2024).

37 ДСТУ EN 626-1:2014. Безпечність машин. Зниження ризику для здоров'я, спричинюваного небезпечними речовинами, що їх виділяють

машини. Частина 1. Принципи і технічні вимоги для виробників машин.  
Чинний від 2016–01–01. URL:  
[http://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY3/dsty\\_en\\_626-1-2003.pdf](http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_en_626-1-2003.pdf) (дата  
звернення: 23.11.2024).

38 Гігієнічні регламенти хімічних речовин у повітрі робочої зони :  
затв. МОЗ України 04.07.2020 // База даних «Законодавство України» /  
Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20#Text> (дата звернення: 23.11.2024).

39 Санітарні норми мікроклімату виробничих  
приміщень : ДСН 3.3.6.042-99 : затв. МОЗ України 01.12.1999 // База даних  
«Законодавство України» / Верховна Рада України. URL:  
<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення:  
05.12.2024).

40 ДСТУ Б А.3.2-15:2011. Норми освітлення будівельних майданчиків.  
На заміну ГОСТ 12.1.046–85 : чинний від 2012–12–01. URL:  
[http://ksv.do.am/GOST/ DSTY\\_ALL/DSTY4/dsty\\_b\\_a.3.2-15-2011.pdf](http://ksv.do.am/GOST/ DSTY_ALL/DSTY4/dsty_b_a.3.2-15-2011.pdf) (дата  
звернення: 23.11.2024).

41 ДСТУ EN 1837:2022. Безпечність машин. Вбудоване  
освітлення ; (EN 1837:2020, IDT) : чинний від 2022–09–15. URL:  
[http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=99130](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=99130) (дата  
звернення: 23.11.2024).

42 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: 23.11.2024).

43 Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних  
ситуацій : ДК 019:2010 : чинний від 2011–01–01 // База даних «Законодавство  
України» / Верховна Рада України. URL:  
<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text> (дата звернення:  
23.11.2024).

44 Класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій : затв. МВС України 06.08.2018 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18#Text> (дата звернення: 23.11.2024).

45 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення : ДБН В.1.1-46:2017 : затв. Мінрегіонбудом України 25.04.2017. URL: <http://surl.li/dvojl> (дата звернення: 23.11.2024).

46 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: 23.11.2024).

47 Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві : ДБН А.3.2-2-2009 (НПАОП 45.2-7.02-12) : затв. Мінрегіонбудом України 30.12.2011. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=25399](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25399) (дата звернення: 23.11.2024).

48 Норми оснащення об'єктів і рухомого складу залізничного транспорту пожежною технікою та інвентарем : ЦУО-0023 НАПБ 03.004-2002 : затв. Мінтрансом України 09.07.2002. URL: [http://wmzdoroga.at.ua/\\_ld/1/122\\_O-0023.pdf](http://wmzdoroga.at.ua/_ld/1/122_O-0023.pdf) (дата звернення: 23.11.2024).

49 Васійчук В. О., Гончарук В. Є., Качан С. І., Мохняк С. М. Основи цивільного захисту : навч. посіб. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2010. 417 с. Також доступний у PDF: URL: [https://dut.edu.ua/uploads/1\\_1672\\_87262937.pdf](https://dut.edu.ua/uploads/1_1672_87262937.pdf) (дата звернення: 23.11.2024).