

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра «Машинобудування та технічний сервіс машин»

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ
ЕЛЕКТРООБРОБКИ**

Пояснювальна записка і розрахунки
до дипломної роботи магістра

БМЕО 100.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211-БКМ-Д24
спеціальності 133 – Галузеве
машинобудування (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)

Сергій НЕСТЕРЕНКО

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

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

Харків – 2026

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

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ Нестеренку Сергію Івановичу

1	Тема	«Підвищення експлуатаційних характеристик будівельних машин шляхом використання електрообробки»
	та керівник роботи	Стефанов Володимир Олександрович, канд. техн. наук, доц. затверджені розпорядженням по будівельному факультету від « <u>27</u> » <u>жовтня</u> 20 <u>25</u> року № <u>15</u>
2	Строк подання студентом закінченої роботи	« <u>09</u> » <u>січня</u> 20 <u>26</u> року
3	Вихідні дані:	Екскаватор ЕО-3323; вихідна напруга пристрою ЕО: 100В–3000В; робоча рідина: індустріальна олива з присадкою.
4	Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)	
	1	Стан питання і задачі дослідження
	2	Експериментальні та експлуатаційні дослідження впливу електростатичного поля на експлуатаційні характеристики будівельних машин
	3	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
	4	Розрахунок економічної ефективності використання результатів дослідження

5 Перелік графічного матеріалу

1 Структура робочої рідини – 1 аркуш;
2 Структура мастильної плівки – 1 аркуш;
3 Процес взаємодії поверхні тертя з мастильним середовищем – 1 аркуш;
4 Алгоритм збільшення продуктивності екскаватора – 1 аркуш;
5 Обладнання для впливу напруженості електростатичного поля – 1 аркуш;
6 Залежності товщини мастильної плівки – 1 аркуш;
7 Експлуатаційні випробування аксіально плунжерних насосів – 1 аркуш;
8 Пристрій обробки робочої рідини в гідросистемі екскаватора ЕО-3323 – 1 аркуш;
9 Результати розрахунку річного економічного ефекту – 1 аркуш.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахунок економічної ефективності використання результатів дослідження	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 «03» листопада 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Стан питання і задачі дослідження	20.11.2025	
2 Експериментальні та експлуатаційні дослідження впливу електростатичного поля на експлуатаційні характеристики будівельних машин	12.12.2025	
3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	28.12.2025	
4 Розрахунок економічної ефективності використання результатів дослідження	29.12.2025	
Графічна частина	05.01.2026	

Студент  Сергій НЕСТЕРЕНКО

Керівник  Володимир СТЕФАНОВ

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки на 106 аркушах формату А4, що містить 20 таблиць, 28 рисунків, список джерел з 41 найменування, додатки на 11 сторінках, а також 10 слайдів презентації.

Ключові слова: ЗЕМЛЕРИЙНА МАШИНА, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД, РОБОЧА РІДИНА, ЕЛЕКТРОСТАТИСНА ОБРОБКА, УДОСКОНАЛЕННЯ.

Об'єктом дослідження є процес впливу електростатичного поля на робочу рідину, що дозволяє підвищити її протизносні властивості та продовжити ресурс гідроагрегатів.

Метою дослідження є визначення продуктивності та ресурсу будівельних машин при обробленні робочих рідин гідроприводів електростатичним полем.

Основним завданням роботи є вивчення та впровадження заходів щодо підвищення продуктивності та ресурсу екскаватора, а також проведення всіх необхідних експериментальних досліджень по визначенню впливу електростатичної обробки робочої рідини на знос основних вузлів досліджуваної машини.

ABSTRACT

The thesis consists of an explanatory note on 106 A4 sheets, containing 20 tables, 28 figures, a list of sources with 41 titles, 11-page appendices, and 10 presentation slides.

Keywords: EARTHMOVING MACHINE, HYDRAULIC DRIVE, WORKING FLUID, ELECTROSTATIC TREATMENT, IMPROVEMENT.

The object of the study is the process of the influence of an electrostatic field on the working fluid, which allows to increase its anti-wear properties and extend the service life of hydraulic units.

The purpose of the study is to determine the productivity and resource of construction machines when treating working fluids of hydraulic drives with an electrostatic field.

The main objective of the work is to study and implement measures to increase the productivity and resource of the excavator, as well as conduct all necessary experimental studies to determine the effect of electrostatic treatment of the working fluid on the wear of the main components of the machine under study.

Зміст

Вступ	6
1 Стан питання і задачі дослідження	9
1.1 Склад і структура робочих рідин об'ємного гідроприводу будівельних машин.	9
1.2 Теоретичні основи підвищення експлуатаційних характеристик будівельних машин з об'ємним гідроприводом	25
2 Експериментальні та експлуатаційні дослідження впливу електростатичного поля на експлуатаційні характеристики будівельних машин	34
2.1 Експериментальні дослідження впливу напруженості зовнішнього електростатичного поля й часу напрацювання робочої рідини на товщину мастильної плівки	34
2.2 Визначення параметрів приладу для оброблення робочих рідин електростатичним полем	46
2.3 Експлуатаційні випробування аксіально-плунжерних насосів при обробленні робочої рідини електростатичним полем раціональної напруженості	52
3. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	60
3.1 Коротка характеристика об'єкту проектування	60
3.2 Аналіз умов праці	61
3.3 Заходи з охорони праці	63
3.4 Надзвичайні ситуації та подолання їх наслідків	65
3.4.1 Надзвичайні ситуації, причини їх виникнення та наслідки	65
3.4.2 Пожежна безпека	67
3.5 Визначення ступеня руйнувань будівель в умовах надзвичайної ситуації, пов'язаної з землетрусом	68

					БМЕО 100.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Підвищення експлуатаційних характеристик будівельних машин шляхом використання електрообробки	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Нестеренко							
Перевір.		Стефанов					5	106	
						УкрДУЗТ			
Н. Контр.		Козар							
Затверд.		Воронін							

4	Розрахунок економічної ефективності використання результатів дослідження	73
4.1	Мета роботи	73
4.2	Визначення витрат на придбання машини та її модернізацію	73
4.3	Розрахунок продуктивності машин	76
4.4	Розрахунок вартості машино - години роботи машин	78
4.5	Розрахунок економічного ефекту	83
4.6	Висновки	87
	Загальні висновки	88
	Список використаних джерел	90
	Додаток А Ілюстративний матеріал	96

Загальні висновки

1. Аналіз показав, що будівельні машини, виконуючи різного роду роботи, працює в найрізноманітніших умовах та режимах. Навісне обладнання будівельної техніки приводить в дію робоча рідина гідроприводу, що виконує функції робочого тіла. Експлуатаційні властивості робочої рідини визначають закономірність зносу трибосистем гідроприводу БДМ. Підвищення ресурсу та продуктивності гідроприводу шляхом підвищення об'ємного ККД насосу є актуальною проблемою, оскільки дозволить підвищити продуктивність роботи БДМ, скоротити час на виконання робіт та зменшити фінансові затрати на обслуговування та ремонт.

2. Робочі рідини, що застосовуються в гідроприводах будівельної техніки, являють собою багатокомпонентні вуглеводневі рідини на нафтовій основі. Основними їх компонентами є молекули базової оливи, продукти зносу, частинки забруднень та молекули ПАР, що утворюють різні надмолекулярні структури. Через таку структуру РР не в повній мірі відповідає ефективній роботі гідроприводу. Тому введення підготовчого етапу, обробки РР електростатичним полем, що змінює молекулярну структуру робочої рідини і підвищує ефективність виконання ПАР свого функціонального призначення, дозволяє покращити експлуатаційні характеристики БДМ.

3. Темп робіт визначається продуктивністю БМ, що залежить від тривалості робочого циклу гідрофікованої машини. Головним агрегатом гідроприводу, що впливає на швидкість виконавчих елементів є аксіально-плунжерний насос. При обробці РР електростатичним полем відбувається поляризація РР, тобто розширюється область дії силового поля, що призводить до інтенсифікації процесу адсорбції, збільшення товщини мастильного шару на поверхнях тертя та зниження інтенсивності зносу трибоспряжень. Завдяки цьому зменшується зазор плунжерної пари насоса, відповідно зменшуються витікання РР через зазори. Це

						Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призводить до підвищення ККД насоса, що в свою чергу впливає на скорочення робочого циклу виконавчих органів, а це значить збільшення продуктивності БМ, тобто підвищення темпу робіт.

4. Фізико-математична модель підвищення продуктивності БМ. Згідно даної моделі тривалість робочого циклу будівельної техніки залежить від товщини мастильної плівки в зазорі плунжерної пари аксіально-поршневого насосу. Товщина мастильної плівки в моделі розраховується з врахуванням надмолекулярних структур гідравлічної оливи (доменів) та напруженості ЕП яким оброблюється РР.

5. Застосування електростатичної обробки РР дає змогу значно скоротити тривалість робочого циклу БМ при граничному значенні ККД насосу без електрообробки та збільшити продуктивність машини на 10,48%, що суттєво підвищує темп виконання будівельних робіт БДМ.

6. Впровадження в гідросистему екскаватора ПОРР дасть змогу збільшити ресурс машини, зменшити трудомісткість обслуговування та може призвести до річного економічного ефекту за 10 років 14053540 грн.

						Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 Дернова Л.І. Властивості поверхні оксиду заліза, модифікованого стеариновою кислотою та октадециламіном / Л.І. Дернова, А.Є Чалих, Ю.А. Ельтеков. К.: Журнал фізичної хімії: т. 67, № 10, 1990. С. 1995-2000.

6 Загоревська О.В. Дослідження властивостей поверхні $-Fe_2O_3$ газохроматографічним методом. – К.: Журнал фізичної хімії: 1989, т. 63, № 12, С. 3289-3294.

7 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.

8 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.

9 Лисіков Є.М. Методична вказівка з техніко-економічного обґрунтування дипломного проекту. – Харків: ХАДІ, 1994.

						Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 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.

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

12 Проектування машин для земляних робіт / під ред. А.М. Холодова. – Х.: Вища школа. 1986. - 272 с.

13 Хмара, Л. А. Модернізація і підвищення продуктивності будівельних машин / Л. А. Хмара, Н. П. Колесник, В. П. Станевский. – К.: Будівельник, 1992. – 152 с.

14 Проектування машин для земляних робіт / за ред. А.М. Холодова. - Х.: Вища школа. Вид-во при Харків. Ун-ті, 1986. -272 с.

15 Руднєв В.К. Копання ґрунтів землерийно-транспортними машинами активної дії / В.К. Руднєв - Харків: Вища школа. Вид-во при Харків. Ун-ті, 1977.- 144 с.

16 Відновлення деталей машин. Довідник / Ф.І Пантелеєнко, В.П. Лялякін, В.М. Констатінов, В.П. Іванов. - Машинобудування, 2003.-672с.

17 Самохвалов Я.А. Довідник техника-конструктора / Я.А Самохвалов, М.Я. Левицький, В.К. Григорій. - К: Техніка, 1976.

18 Стефанов Б.М. Будівельні та колійні машини / Ч. 1. Колійні машини: Навч. посібник. // Б.М. Стефанов, А.М. Кравець, В.Г. Кравець – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 130 с.

19 Погребняк, А.В. Спорудження земляного полотна з використанням скреперних комплектів / Конспект лекцій з дисципліни «Комплексна механізація та автоматизація колійних і будівельних робіт» // А. В. Погребняк, А. В. Євтушенко. – Х. : УкрДАЗТ, 2008. –30 с.

						Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20 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 (дата звернення: 24.11.2025)

21 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: 25.11.2025).

22 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: 25.11.2025).

23 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : ДСН 3.3.6.037-99 : затв. МОЗ України 01.12.1999 // База даних «Нормативно-директивні документи МОЗ України». URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1789> (дата звернення: 25.11.2025).

24 ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Чинний від 2011–08–01. file:///C:/Users/leoko/Downloads/DSTU_7239_2011.pdf (дата звернення: 26.12.2025).

25 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: 23.11.2025).

26 ДСТУ EN ISO 14123-1:2016. Безпечність машин. Зниження ризику для здоров'я, спричинюваного небезпечними речовинами, виділюваними машинами. Частина 1. Принципи і технічні вимоги для виробників машин (EN ISO 14123-1:2015, IDT; ISO 14123-1:2015, IDT). Чинний від 2019–10–01. URL:

						Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64798

(дата

звернення: 23.11.2025).

27 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : ДСН 3.3.6.042-99 : затв. МОЗ України 01.12.1999 // База даних «Нормативно-директивні документи МОЗ України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text> (дата звернення: 23.11.2025).

28 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: 26.11.2025).

29 ДСТУ EN 149:2017. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування (EN 149:2001+A1:2009, IDT). Чинний від 2018-02-01. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75012 (дата звернення: 10.12.2025).

30 ДСТУ EN 953:2014. Безпечність машин. Огорожі. Загальні вимоги до проектування і конструювання нерухомих та рухомих огорож. Чинний від 2016-01-01. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=89715 (дата звернення: 23.12.2025).

31 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 (дата звернення: 26.12.2025).

32 Правила охорони електричних мереж : затв. Кабінетом Міністрів України 04.03.1997 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/209-97-%D0%BF> (дата звернення: 23.12.2025).

33 Правила охорони ліній електрозв'язку : затв. Кабінетом Міністрів України 29.01.1996 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада

						Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/135-96-%D0%BF> (дата звернення: 23.12.2025).

34 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: 26.12.2025).

35 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: 26.12.2025).

36 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?find=1&text=%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6#Text> (дата звернення: 26.12.2025).

37 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: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72096 (дата звернення: 26.12.2025).

38 ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Чинний від 2019-12-01. URL: http://www.utsks.com/images/My_pdf/8855_2019.pdf (дата звернення: 26.12.2025).

39 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: 26.12.2025).

40 ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Чинний від 2020–01–01 // База даних «Нормативна база». URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_8828_2019.pdf (дата звернення: 26.12.2025).

						Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

41 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 (дата звернення: 26.12.2025).

						Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		