

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра машинобудування та технічного сервісу машин

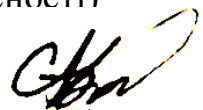
Підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів будівельних машин

Пояснювальна записка і розрахунки
до дипломної роботи магістра

АПН.211.00.00.000 ПЗ

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

Артем ДМІТРІЄВ



Керівник: професор, докт. техн. наук
Сергій ВОРОНІН

Рецензент: професор, докт. техн. наук
Дмитро ПЛУГІН

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

«03» листопада 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ Дмітрієву Артему Костянтиновичу

1 Тема роботи: **«Підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів будівельних машин»**, та науковий керівник Воронін Сергій Володимирович докт. техн. наук, професор затверджені розпорядженням по будівельному факультету від «27» жовтня 2025 року № 15.

2 Строк подання студентом закінченої роботи: «30» грудня 2025 року.

3 Вихідні дані: 1 Базова машина – екскаватор гідравлічний одноковшевий
2 Гідравлічний агрегат – насос Sauer PV21
3 Робоча рідина – ВМГЗ
4 Клас чистоти робочої рідини – від 10 до 15

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

- 4.1 Конструкції та умови роботи гідравлічних агрегатів будівельних машин
- 4.2 Зношування та його вплив на ресурс гідравлічних агрегатів
- 4.3 Методи підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів будівельних машин
- 4.4 Теоретичне обґрунтування впливу зношування на ресурс гідроагрегатів
- 4.5 Випробування гідравлічних агрегатів та прогнозування їх ресурсу
- 4.6 Техніко-економічний розрахунок
- 4.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - 5.1 Будівельні машини та типи гідравлічних агрегатів в них - 1 лист
 - 5.2 Особливості конструкції типових гідравлічних агрегатів - 2 листа
 - 5.3 Вимоги до якості та чистоти робочої рідини - 1 лист
 - 5.4 Теоретичне обґрунтування ресурсу гідравлічних агрегатів - 1 лист
 - 5.5 Стендові випробування насоса Sauer PV21 - 2 листа
 - 5.6 Прогнозування зміни ресурсу насоса Sauer PV21 - 2 листа
 - 5.7 Результати техніко-економічного розрахунку - 1 лист

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування	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 «03» листопада 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Стан питання та задачі дослідження	01.08.25 – 30.09.25	
2 Теоретичне обґрунтування впливу зношування на ресурс гідроагрегатів	01.10.25 – 31.10.25	
3 Випробування гідравлічних агрегатів та прогнозування їх ресурсу	01.06.25 – 30.09.25	
4 Техніко-економічний розрахунок	03.11.25 – 15.11.25	
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	03.11.25 – 30.11.25	
6 Графічна частина	01.11.25 – 15.12.25	

Студент  А.К. Дмитрієв

Керівник  С.В. Воронін

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки на 115 аркушах формату А4, що містить 17 табл., 18 рис., список джерел з 36 найм., додатки на 11 сторінках.

Ключові слова: ГІДРАВЛІЧНИЙ АГРЕГАТ, НАСОС, ГІДРОМОТОР, РЕСУРС, РОБОЧА РІДИНА, КЛАС ЧИСТОТИ.

Об'єктом дослідження є процес зношування прецизійних пар аксіально-поршневих гідроагрегатів в залежності від класу чистоти робочої рідини.

Метою дослідження є підвищення ресурсу аксіально-поршневих гідроагрегатів будівельних машин шляхом встановлення впливу класу чистоти робочої рідини на знос прецизійних пар.

Підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів досягається шляхом додаткового тонкого очищення робочої рідини, що призводить до зменшення швидкості зношування прецизійних плунжерних пар та підшипників кочення.

ABSTRACT

The thesis consists of an explanatory note on 115 sheets of A4 format, containing 17 tables, 18 figures, a list of sources with 36 entries, appendices on 11 pages.

Keywords: HYDRAULIC UNIT, PUMP, HYDRAULIC MOTOR, RESOURCE, WORKING FLUID, CLASS OF CLEANLINESS.

The object of the study is the wear process of precision pairs of axial-piston hydraulic units depending on the purity class of the working fluid.

The purpose of the study is to increase the resource of axial-piston hydraulic units of construction machines by establishing the influence of the purity class of the working fluid on the wear of precision pairs.

An increase in the resource of hydraulic units is achieved by additional fine cleaning of the working fluid, which leads to a decrease in the rate of wear of precision plunger pairs and rolling.

Зміст

Вступ	6
1 Стан питання та задачі дослідження	8
1.1 Особливості конструкції та умови роботи гідравлічних агрегатів будівельних машин	8
1.2 Зношування та його вплив на ресурс гідравлічних агрегатів	17
1.3 Методи підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів	24
1.4 Висновки. Мета та задачі дослідження	30
2 Теоретичне обґрунтування впливу зношування на ресурс прецизійних пар аксіально-поршневих гідроагрегатів	32
3 Випробування гідравлічних агрегатів та прогнозування їх ресурсу	43
3.1 Стендові випробування аксіально-поршневого насоса з урахуванням напруження та чистоти робочої рідини	43
3.2 Прогнозування зміни ресурсу насоса у часі	59
4 Техніко-економічний розрахунок	68
4.1 Мета роботи	68
4.2 Визначення витрат на придбання машини та її модернізацію	69
4.3 Розрахунок продуктивності машини	71
4.4 Розрахунок вартості машино – години	73
4.5 Розрахунок економічного ефекту	79
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	84
Висновки по роботі	98
Список використаних джерел	100
Додаток А. Ілюстративний матеріал	105

					АПН.21.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Дмітрієв			Підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів будівельних машин		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Воронін						5	115
Реценз.							Дипломна робота магістра Кафедра МТСМ		
Н. Контр.		Козар							
Затверд.		Воронін							

Висновки по роботі

1. При роботі аксіально-поршневих гідроагрегатів їх деталі підлягають різним видам зношування, однак найбільш небезпечним, особливо для прецизійних пар, є абразивне зношування. Таке зношування має місце при будь-яких видах мащення деталей, але проявляється найбільш сильно при граничному мащенні, яке реалізується в плунжерних парах поблизу «мертвих точок» та в підшипниках валів насосів або моторів

2. Для більш повного вирішення проблеми абразивного зношування в гідроприводах будівельних машин слід зосередити увагу на методах додаткового тонкого очищення робочих рідин, які можна реалізувати шляхом впровадження в систему технічного обслуговування пересувних або стаціонарних засобів очищення рідин від механічних домішок надмалих розмірів.

3. В теоретичній частині роботи отримана залежність для визначення раціонального ресурсу головних гідравлічних агрегатів будівельних машин – аксіально-поршневих насосів та моторів з урахуванням мінімізації сумарних витрат, понесених за період сталого зношування життєвого циклу. При цьому витрати на придбання та підтримання у працездатному стані встановлюються за умови забезпечення максимально можливої продуктивності. Залежність дозволяє встановити раціональну періодичність технічних обслуговувань агрегатів та визначити їх раціональний ресурс, як при традиційному варіанті експлуатації, так і в умовах виконання додаткового тонкого очищення гідравлічної оливи.

4. Згідно з результатами проведених стендових випробувань встановлено, що інтенсивність зниження об'ємного ККД аксіально-поршневих насосів Sauer PV21 за 500 годин напрацювання, для варіанта змащення рідиною 10 класу чистоти, менше на 41,4% порівняно з використанням неочищеної рідини 15 класу чистоти. Ці результати підтвердили можливість зниження зносу прецизійних пар тертя гідравлічних агрегатів будівельних машин запропонованим способом додаткової відцентрової очистки рідини, а також надали можливість встановити закономірність

зношування плунжерних пар у часі, необхідну для визначення їх раціонального ресурсу.

5. Прогнозні розрахунки ресурсу показали, що застосування додаткового тонкого очищення робочої рідини дозволяє скоротити в 1,5 рази кількість обслуговувань аксіально-плунжерних агрегатів гідроприводів будівельних машин при одночасному збільшенні їх періодичності у 2,5 рази, що призводить до підвищення раціонального ресурсу цих агрегатів на 77 % порівняно з варіантом використання неочищеної додатково рідини.

6. Економічні розрахунки вартості машино-години та економічного ефекту у сфері експлуатації модернізованого екскаватора Hitachi-330 у порівнянні з базовим варіантом, показали що, модернізована машина є економічно вигіднішою. Собівартість машино-години використання модернізованого варіанту склала 1978 грн., що на 120 грн. менше ніж у базового, а приріст економічного ефекту за 10 років склав 2 659 000 грн. Строк повернення одноразових витрат не змінився та для обох варіантів складає 2 роки.

7. В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях виконано аналіз умов праці машиніста екскаватора, розроблені заходи з безпеки праці, а також запропоновані заходи пожежної безпеки та виконані розрахунки уражальної дії поленів в умовах надзвичайної ситуації.

Список використаних джерел

1. Фінкельштейн З. Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посібник / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко ; ред. П. М. Андренко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2014. – 308 с.
2. Григоров О. В. Гідравлічний привід підйомно-транспортних, будівельних та дорожніх машин : навч. посібник / О. В. Григоров ; Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. – Харків : НТУ "ХПІ", 2003. – 264 с.
3. Аврунін Г. А. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин: підруч. для студентів ВНЗ / Г. А. Аврунін, І. Г. Кириченко, В. Б. Самородов. - Харків : ХНАДУ, 2016. - 435 с.
4. Зорин В.А. Основы долговечности строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1986. – 248 с.
5. Кіндрачук М. В. Трибологія: підруч. / М. В. Кіндрачук, В. Ф. Лабунець, М. І. Пашечко, Є. В. Корбут. – К. : НАУ-друк, 2009. – 392 с.
6. Дмитриченко М. Ф. Триботехніка та основи надійності машин: навч. посіб. / М. Ф. Дмитриченко, Р. Г. Мнацаканов, О. О. Мікосянчик ; Нац. транспорт. ун-т. – К. : ІНФОРМАВТОДОР, 2006. – 216 с.
7. ДСТУ 2823 – 94. Зносостійкість виробів тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення: видання офіційне. – Затв. і введ. 1994–31–10. – К. : Держстандарт України, 1995. – 31 с.
8. Райко М. В. Смазка зубчатых передач / М. В. Райко. – К. : Техніка, 1970. – 196 с.
9. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения / А. С. Ахматов. – М. : Физматгиз, 1963. – 472 с.
10. Заславский Ю. С. Механизм действия противоизносных присадок к маслам / Ю. С. Заславский, Р. Н Заславский. – М. : Хімія, 1978. – 224 с.

11. Нанотехнології на залізничному транспорті: навч. посіб. / Є. М. Лисіков, С. В. Воронін, О. О. Скорик, Д. В. Онопрейчук. – Харків : ДІСА ПЛЮС, 2013. – 212 с.

12. Лысиков Е. Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем: монография / Е. Н. Лысиков, В. Б. Косолапов, С. В. Воронин. – Харьков : ЭДЭНА, 2009. – 274 с.

13. Венцель Е.С. Механизм улучшения противоизносных свойств масел при гидродинамическом диспергировании / Е.С. Венцель // Трение и износ. - 1992. -Т.13, №5.-С.905-910.

14. Гідравлічні поршневі насоси та мотори. Електронний каталог.– Режим доступу: <https://bailehydraulic.com/hyraulic-piston-pump/sauer-danfoss-hyraulic-piston-pump/sauer-hydraulic-piston-pump-spv-mixer-motor.html> (Дата звернення 02.11.2025)

15. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. - Киев: Техника, 1975. - 168 с.

16. 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. – 32 с. Також доступний у PDF: URL: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/5842> (дата звернення: 15.12.2025).

17. 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: 05.12.2025).

18. 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 (дата звернення: 05.12.2025).

19. 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: 05.12.2025).

20. 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: 06.12.2025).

21. 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 (дата звернення: 06.12.2025).

22. 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: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 08.12.2025).

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: 08.12.2025).

24. 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: 08.12.2025).

25. ДСТУ EN 1837:2009. Безпечність машин. Вмонтоване освітлення; (EN 1837:1999+A1:2009 IDT). На заміну ДСТУ ГОСТ EN 1837:2009 : чинний від 2012–01–01. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=68874 (дата звернення: 10.12.2025).

26. ДСТУ EN 953:2014. Безпечність машин. Огорожі. Загальні вимоги до проектування і конструювання нерухомих та рухомих огорож. Чинний від 2016–01–01. URL: <http://document.ua/bezpechnist-mashin -ogorozhi -zagalni-vimogi-do-proektuvannj-std28443.html> (дата звернення: 10.12.2025).

27. 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: 10.12.2025).

28. 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: 15.12.2025).

29. 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: 15.12.2025).

30. 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: 15.12.2025).

31. 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: 15.12.2025).

32. 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: 18.12.2025).

33. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок: НПАОП 40.1-1.32-01 : затв. Мінпраці України 21.06.2001 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text> (дата звернення: 18.12.2025).

34. 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/dvoj1> (дата звернення: 18.12.2025).

35. 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: 20.12.2025).

36. 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/l_1672_87262937.pdf (дата звернення: 21.12.2025).