

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра «Машинобудування та технічний сервіс машин»

**УЩІЛЬНЕННЯ ДЛЯ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ
ГІДРОПРИВОДУ МАШИН І СТЕНДИ ДЛЯ ЇХ
ВИПРОБУВАННЯ**

Пояснювальна записка і розрахунки
до дипломної роботи магістра

УРЗМ 00.00.00.000 ПЗ

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

Дмитро МАТВІЄНКО

Керівник: професор, д-р техн. наук

Микола РЕМАРЧУК

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Євген ОРЕЛІ

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Будівельний»

Кафедра «Машинобудування та технічний сервіс машин»

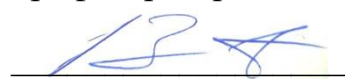
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук



С.В. Воронін

«01» жовтня 2024 р.





ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Матвієнко Дмитро Іванович

1. Тема проекту «Ущільнення для рухомих з'єднань в елементах гідроприводу машин і стенди для їх випробування» та керівник роботи Ремарчук Микола Парфенійович, д-р техн. наук, професор затверджені розпорядженням по будівельному факультету від «30» вересня 2024 р. № 10
2. Строк подання слухачем закінченої роботи «30» грудня 2024 року.
3. Початкові дані:
 - 3.1 Ущільнення, що застосовуються для герметизації елементів гідроприводу, зокрема, силових циліндрів бульдозер на базі трактора ДТЗ 5354.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - 4.1 Аналітичний огляд наукових джерел з питання конструктивного виконання ущільнень і розробки засобів їх випробування.
 - 4.2 Особливості розробки стенда для дослідження роботи ущільнення в складі елементів гідроприводу
 - 4.3 Розрахунок основних параметрів гідроприводу стенда
 - 4.4 Імітаційний метод визначення функціональних характеристик ущільнення при проведенні випробувань.
 - 4.5 Розрахунок економічного ефекту

- 4.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік графічного матеріалу (презентації)
- 5.1 Титульний лист – (слайд 1)
- 5.2 Огляд наукових робіт за результатами випробування ущільнення в лабораторних умовах – (слайдів 2-6)
- 5.3 Мета роботи і задачі дослідження – (слайд 7)
- 5.4 Стенд для випробування ущільнення – (слайдів 8-10)
- 5.5 Імітаційне моделювання роботи ущільнення – (слайд 11)
- 5.6 Комп'ютерна реєстрація результатів дослідження – (слайд 12)
- 5.7 Розрахунок економічних показників – (слайд 13)
- 5.8 Основні висновки – (слайд 14)
- 5.8 Додатки – (слайди 15-16)

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічний розрахунок	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

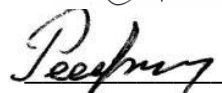
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналітичний огляд досліджень за темою роботи	24.10.2024 – 12.11.2024	виконано
2	Результати основних досліджень за темою роботи	16.10.2024 – 08.11.2024	виконано
3	Розрахунок економічного ефекту	12.10.2024 – 16.11.2024	виконано
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.10.2024 – 16.11.2024	виконано
5	Графічна частина роботи	10.11.2024 – 16.12.2024	виконано

Студент



Дмитро МАТВІЄНКО

Керівник роботи



Микола РЕМАРЧУК

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 16 слайдів презентації, 110 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 19 рисунків, 10 таблиць, 41 літературних джерел.

Ключові слова: УЩІЛЬНЕННЯ, ГІДРОПРИВОД МАШИН, СТЕНДИ, ВИПРОБУВАННЯ, РУХОМІ З'ЄДНАННЯ, ЦИЛІНДРИ, ГЕРМЕТИЧНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.

Об'єктом дослідження є ущільнення рухомих з'єднань в елементах гідроприводу машин і стенди для їх випробування.

Метою роботи є розгляд конструктивних особливостей ущільнень для рухомих з'єднань в елементах гідроприводу машин і створення стендів для їх випробування.

В роботі представлено основні схемні рішення конструктивних виконань ущільнення для силових гідроциліндрів.

Визначити основні фактори із них головні, що максимально впливають на рівень працездатності ущільнення.

Запропоновано конструктивне рішення імітатора для випробування ущільнення в лабораторних умовах.

Визначено величина економічного ефекту від впровадження модернізованого силового циліндра з підвищеною якістю ущільнення для управління робочим обладнанням бульдозера.

ABSTRACT

This qualification work includes 16 presentation slides, 110 sheets of A4 explanatory note, including 17 figures, 10 tables, 41 references.

Keywords: SEALS, HYDRAULIC DRIVE OF MACHINES, STANDS, TESTING, MOVABLE JOINTS, CYLINDERS, TIGHTNESS, WORK EFFICIENCY.

The object of study is seals for movable joints in hydraulic drive elements of machines and test benches for their testing.

The purpose of the study is to consider the design features of seals for movable joints in hydraulic drive elements of machines and to create test benches for their testing.

The paper presents the main schematic solutions of structural designs of seals for power hydraulic cylinders.




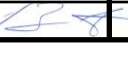
The main factors that have the greatest impact on the level of seal performance are identified.

The constructive solution of the simulator for testing the seal in the laboratory is proposed.

The value of the economic effect from the introduction of a modernized power cylinder with improved sealing quality for controlling the working equipment of a bulldozer is determined.

Зміст

Вступ	7
1 Аналітичний огляд наукових джерел з питання конструктивного виконання ущільнень і розробки засобів їх випробування	9
1.1 Загальні положення	9
1.2 Сучасні конструктивні виконання ущільнень	10
1.3 Застосування методики планування експериментів для дослідження сили тертя в ущільненнях	12
1.4 Результати експериментальних досліджень	16
2 Особливості розробки стенда для дослідження роботи ущільнення в складі елементів гідроприводу	26
2.1 Загальні положення	26
2.2 Задачі по підвищенню надійності стенда	26
2.3 Вимоги і основні етапи проектування стенда	27
2.4 Випробування виготовленого стенда	30
3 Розрахунок основних параметрів гідроприводу стенда	32
3.1 Розрахунок параметрів і вибір елементів гідроприводу	32
3.2 Визначення втрат тиску у гідроприводі від лінійних опорів	40
3.3 Визначення втрат тиску у гідроприводі від місцевих опорів	43
3.4 Визначення втрат тиску в гідроелементах	45
3.5 Визначення загального ККД гідроприводу	47

					<i>УРЗМ 00.00.00.000 ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розраб.		Матвієнко			УЩІЛЬНЕННЯ ДЛЯ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ ГІДРОПРИВОДУ МАШИН І СТЕНДИ ДЛЯ ЇХ ВИПРОБУВАННЯ	Літ.	Арк.	Акрушів	
Проверил		Ремарчук					5	110	
Реценз.						<i>УкрДУЗТ</i>			
Н. Контр.		Козар							
Затверд.		Воронін							

4 Імітаційний метод визначення функціональних характеристик ущільнення при проведенні випробувань	51
4.1 Будова, принцип роботи стенда для іспиту ущільнень	51
4.2 Гідравлічна схема стенда	52
4.3 Устаткування й апаратура	53
4.4 Проведення вимірів	56
4.5 Комп'ютерна реєстрація результатів випробування	58
5 Розрахунок економічного ефекту від застосування модернізованого силового гідроциліндра для малогабаритного бульдозера на базі трактора ДТЗ 5354	59
5.1 Загальні положення	59
5.2 Визначення витрат на придбання машини та її модернізацію	60
5.3 Розрахунок продуктивності машин	62
5.4 Розрахунок вартості машино - часу роботи машин	64
5.5 Розрахунок економічного ефекту	69
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	76
6.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження	76
6.2 Аналіз умов праці	76
6.3 Заходи з охорони праці	77
6.4 Аналіз можливих надзвичайних ситуацій	79
6.5 Пожежна безпека об'єкта	81
6.6 Розрахунок бульдозера на стійкість	81
Основні висновки	87
Список використаних джерел	88
Додаток А	94

Основні висновки

1. За результатами аналітичного огляду наукових джерел сформовано мету роботи і задачі дослідження для досягнення даної мети.
2. Представлені основні схемні рішення конструктивних виконань ущільнення для силових гідроциліндрів;
3. Визначити основні головні фактори, що максимально впливають на рівень працездатності ущільнення;
4. Запропоновані конструктивні рішення імітатора і ряд стендів для випробування ущільнення в лабораторних умовах;
5. Визначена величина економічного ефекту від впровадження модернізованого силового циліндра з підвищенням якості ущільнення для управління робочим обладнанням бульдозера.

Список використаних джерел

1. Аврунин Г.А. Аналіз розвитку об'ємних гідропередач для мобільних машин. *Промислова гідравліка і пневматика*. Вінниця: ВДАУ. 2004. № 4(10). С. 3–11
2. Конін В.В., Приходько І.А., Шишков Ф. Перспективні аеронавігаційні системи: навчальний посібник для вузів. Київ: Нац. авіац. ун-т., 2018. 111 с.
3. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: навч. посібник. Вінниця: Нова книга, 2004. 176 с.
4. Каталог ущільнень. Профіль ущільнення поршня URL: <https://sju.ua/katalog-uplotnenij/profil/uplotnenija-porshnja> (дата звернення: 24.12.2023).
5. Онищенко О.Г., Дураченко Г.Ф. Гідро- та пневмоприводи: навч. посіб. Полтава: ПолтНТУ, 2009. 202 с.
6. Визначення стану рухомих ущільнень за величиною зусилля на тертя в залежності від рівня навантаження / М.П. Ремарчук, Я.В. Чмуж, О.О. Суранов та ін. The 11th International scientific and practical conference “*Modern problems of science, education and society*” January 8-10, 2024 SPC “Sciconf.com.ua”, Kyiv, Ukraine. 2024. С. 477-483.
7. Крутіков Г.А. Системи гідропроводів: навч. посіб. / Г.А. Крутіков, М.Г. Стрижак; за ред. Г.А. Крутікова. Харків: НТУ «ХПІ». 2014. 220 с.
8. Гладкий П.М. Оптимальне проектування гідро пневмосистем їх елементів: Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003.– 240 с.
9. Лур'є З.Я., Іваніцька О.П., Жерняк А.І. Моделювання та оптимізація гідравлічних систем. Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1995, 144 с.
10. Федорець В.О., Педченко М.П., Струтинський В.Б., Новік М.А. Єлісеєв Ю.В. Гідропровід та гідроавтоматика. К.: Вища школа, 1995. – 463 с.

11. Андренко П.М. Гідравлічні пристрої мехатронних систем: Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014.– 188 с.

12. Ресурсні випробування ущільнень зворотного руху при забезпеченні сталих умов навантаження / М. П. Ремарчук, О. О. Суранов, С. О. Стефанов, Р. С. Васянович, О. В. Кебко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2024. – Вип. 209. – С. 6-18.

13. Аврунин Г.А. Основи об'ємного гідропривода і пневмоавтоматики: Навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2009. – 424 с.

14 ДСТУ 3455.3-96. Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Ч.3 Гідроапарати та пневмоапарати. Терміни та визначення.

15. Лур'є З.Я. Розрахунок сили тертя на запорно-регулюючому елементі гідроапарата з вібраційною лінеаризацією / З.Я. Лур'є, М.П. Андренко // Вісник НТУ «ХПІ». 2008. – № 4.– С. 129-137.

16 Ремарчук М.П. Визначення загального ККД гідросистеми машини на етапі проектування / М.П. Ремарчук // Промислова гідравліка і пневматика: Всеукраїнський науково-технічний журнал. – Вінниця: ВДАУ, 2003. – №1. – С. 20-24.

17 Ремарчук М.П. Обґрунтування вибору оптимальних параметрів насоса і гідроциліндра на етапі проектування гідросистем ПТДМ / М.П. Ремарчук // Автомобільний транспорт: Сборник научных трудов. – Харьков: ХНАДУ. – 2004. – Вып. 14 – С. 27-31.

18. Ремарчук М.П. Суранов О.В Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з дисципліни «Гідравлічний привод БКВРМ» Харків: УкрДАЗТ –2014. – 27 с.

19 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: 02.12.2023).

20 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: 01.12.2023).

21 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці : НПАОП 0.00-4.12-05 : затв. Держнагляд охорони праці 26.01.2005 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 01.12.2023).

22 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: 01.12.2023).

23 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: 02.12.2023).

24 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: 01.12.2023).

25 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: 02.12.2023).

26 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: 02.12.2023).

27 ДСТУ Б А.3.2-15:2011. Норми освітлення будівельних майданчиків. На заміну ГОСТ 12.1.046–85 : чинний від 2012–12–01. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27975 (дата звернення: 02.12.2023).

28 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 (дата звернення: 12.06.2023).

29 ДСТУ EN 500-1:2018. Машини дорожньо-будівельні мобільні. Безпечність. Частина 1. Загальні вимоги ; (EN 500-1:2006 + A1:2009, IDT) : чинний від 2020–01–01. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80706 (дата звернення: 02.12.2023).

30 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 (дата звернення: 02.12.2023).

31 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: 02.12.2023).

32 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: 02.12.2023).

33 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: 26.11.2023).

34 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: 26.11.2023).

35 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: 02.12.2023).

36 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: 26.11.2023).

37 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд : ДБН В.1.2-14:2018 : затв. Мінрегіоном України 02.08.2018. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_1_2_14/1-1-0-1826 (дата звернення: 26.11.2023).

38 Порядок затвердження програм навчання та інструктажів з питань пожежної безпеки, організації та контролю за їх виконанням : затв. МВС України 05.12.2019 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0108-20#Text> (дата звернення: 02.12.2023).

39 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення : ДБН А.3.2-2-2009 (НПАОП 45.2-7.02-12) : затв. Мінрегіонбудом України 27.01.2009. . Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 116 с. Також доступний у PDF: URL:

http://ohoronapraci.org.ua/wp-content/uploads/2012/06/dbn_a_3_2_2_2009.pdf

(дата звернення: 02.12.2023).

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: 26.11.2023).

41 Норми оснащення об'єктів і рухомого складу залізничного транспорту пожежною технікою та інвентарем : ЦУО-0023 НАПБ 03.004-2002 : затв. Мінтранс України 09.07.2002. URL: http://wmzdoroga.at.ua/_ld/1/122_O-0023.pdf (дата звернення: 26.11.2023).