

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОЧИХ
ПОВЕРХОНЬ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ
ТЕХНІКИ»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності
208 «Агроінженерія» денної форми
навчання

ВОЗНИЙ Владіслав Васильович

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

ОЛЕНЮК Олександр Анатолійович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів ____.

Шкала ECTS ____.

« ____ » _____ 20 ____ р.

Допускається до захисту:

« ____ » _____ 20 ____ р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія», канд. техн. наук, доцент,

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

ЗМІСТ

Завдання на виконання дипломної роботи.....	4
Анотація.....	6
Реферат	7
ВСТУП.....	8
1. ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ.....	12
1.1. Загальні відомості про зубчасті передачі.....	12
1.2. Геометрія евольвентного зачеплення.....	12
1.3. Коефіцієнт торцевого перекриття та змінна навантаження по профілю зубу	18
1.4. Точність виготовлення зубчастих коліс та її вплив на якість передачі	19
1.5. Обґрунтування мети та напрямків роботи	21
2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ.....	24
2.1. Технологія виготовлення зубчастих передач	24
2.2. Характеристика властивостей матеріалу деталі.....	30
2.3. Аналіз заводського технологічного процесу виготовлення шестерні	33
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПО МЕТОДАМ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ.....	35
3.1. Вплив геометрії зачеплення на несучу здатність та довговічність зубчастих передач	35
3.2. Вплив матеріалу та хіміко-термічної обробки зубчастих коліс на несучу здатність та довговічність.....	44
3.3. Вплив технології виготовлення на несучу здатність та довговічність зубчастих передач та методи їх механічного зміцнення.....	57

3.4. Вплив точності виготовлення та зборки зубчастих передач на несучу здатність та довговічність	66
4. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ.....	71
4.1. Опис конструкції трикулачкового патрона	71
4.2. Опис і конструювання гідродробоструменевої установки.....	72
4.3. Пристосування для виміру зубчастих коліс	73
4.4. Розрахунок патрона і пневмоциліндра.....	74
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	81
5.1. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці.....	81
5.2. Технологічна картка контролю показників безпеки при обробці зубчастих коліс за допомогою трикулачкового патрону	84
5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	85
6. РОЗРОБКА БІЗНЕС-ПЛАНУ	88
6.1. Маркетинговий аналіз.....	88
6.2. Виробничий план.....	89
6.3. Фінансовий план.....	95
6.4. Визначення точки беззбитковості.....	97
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	100
ДОДАТОК А Трикулачковий пневматичний самоцентруючий важільний патрон	103
ДОДАТОК А Копії друкованих статей	104
ДОДАТОК Б Матеріали комп'ютерної презентації	105

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасному машинобудуванні та ремонті широко застосовуються різні конструкції зубчастих передач. Працездатність і ресурс машин, тракторів і комбайнів значною мірою залежать від матеріалу та технології виготовлення зубчастих коліс. Нині важко назвати галузь промисловості, що виготовляє машини, де не використовувалися б зубчасті передачі. З розвитком загального і спеціального машинобудування роль зубчастих передач, які передають механічну енергію через зміну частоти обертання та навантаження, не зменшується, а, навпаки, зростає. Постійно збільшується попит на важконавантажені та високошвидкісні передачі, що відрізняються помірною матеріаломісткістю, компактністю і надійністю.

Проблема підвищення навантажувальної здатності зубчастих передач, значного зменшення їхніх масогабаритних показників та поліпшення віброакустичних характеристик є актуальною, і від її успішного розв'язання залежить розвиток сучасного тракторо- і машинобудування.

Одним із важливих завдань, що стоять перед організаціями, які експлуатують автомобільну та автотракторну техніку, є продовження терміну служби зубчастих передач, які широко використовуються в коробках передач та інших редукторах.

Технологія виготовлення зубчастих коліс є складною інженерною задачею. Від якості матеріалу зубчастих коліс і методів їхньої обробки залежатиме подальший ресурс роботи як вузла, так і всієї машини в цілому.

Тому розробка технологічних методів підвищення зносостійкості та довговічності зубчастих передач тракторів і комбайнів є одним із пріоритетних напрямів у розробці технологій виготовлення редукторних установок для різних видів техніки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами досліджень. Робота виконувалась у відповідності з переліком пріоритетних тематичних напрямів

наукових досліджень і науково-технічних розробок затверджених Постановою Кабінету Міністрів України.

Мета і завдання досліджень. Метою даного дослідження є обґрунтування, розробка та вдосконалення технологічних методів підвищення зносостійкості і довговічності зубчастих передач, що використовуються в сільськогосподарській техніці. Це важливо для забезпечення надійності та стійкості обладнання в умовах інтенсивного використання та агресивних зовнішніх середовищ.

Основні завдання дослідження включають:

1. Аналіз сучасних матеріалів та технологій, що застосовуються для виготовлення зубчастих коліс, зокрема, для забезпечення високої контактної міцності та стійкості до зношування.
2. Проведення експериментальних досліджень щодо впливу різних параметрів геометрії зачеплення на несучу здатність та довговічність передач.
3. Розробка конструктивних рішень для точного затиску та обробки зубчастих коліс, включаючи використання трикулачкових пневматичних патронів та гідродробоструменевих установок.
4. Оцінка ефективності гідродробоструменевого зміцнення та інших методів для підвищення експлуатаційних характеристик зубчастих коліс.
5. Впровадження рішень з охорони праці та безпеки працівників під час виконання операцій, пов'язаних із виготовленням та обробкою зубчастих передач.
6. Розробка бізнес-плану, що включає аналіз ринку та обґрунтування економічної ефективності використання нових зубчастих передач для сільськогосподарської техніки.

Об'єкт дослідження – зубчасті передачі, що використовуються в сільськогосподарській техніці.

Предмет дослідження – технологічні методи та конструктивні рішення для підвищення зносостійкості та довговічності зубчастих передач.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети в дослідженні використовувалися такі методи: аналітичний метод – для систематизації та критичного аналізу науково-технічної літератури з питань підвищення зносостійкості та довговічності зубчастих передач, а також для вивчення сучасних методів поверхневого зміцнення та конструктивних адаптацій. Експериментальний метод застосовувався для оцінки ефективності різних технологій обробки та зміцнення зубів шестерень, включаючи методи гідродробоструменевої обробки та термообробки, що дозволяє підвищити міцність і стійкість до зносу.

Для обробки отриманих даних використовувалися статистичні методи, зокрема, для аналізу результатів експериментів та оцінки впливу обраних технологій на довговічність зубчастих передач. Крім того, моделювання застосовувалося для створення алгоритмів процесу обробки та перевірки їх ефективності, що дозволило оптимізувати параметри обробки зубів і забезпечити високу якість продукції.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення полягає у можливості впровадження розроблених технологічних методів підвищення зносостійкості та довговічності зубчастих передач у виробництво сільськогосподарської техніки. Використання гідродробоструменевої обробки та термічного зміцнення сприяє значному підвищенню стійкості зубців до зношування, що дозволяє збільшити тривалість експлуатації передач та зменшити частоту ремонту техніки. Це, у свою чергу, знижує витрати агропромислових підприємств на технічне обслуговування і простої техніки.

Одержані результати також можуть бути використані в розробці нових конструктивних рішень для виробництва зубчастих передач, зокрема, адаптації трикулачкових пневматичних патронів та інших елементів, що забезпечують точність обробки і зниження зношуваності. Це підвищує надійність сільськогосподарського обладнання та його стійкість до агресивних умов експлуатації, що є критичним для забезпечення безперервної роботи в польових умовах.

Публікації. За матеріалами роботи опубліковано статтю у збірнику наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. У роботі обґрунтовано актуальність використання технологічних методів підвищення зносостійкості та довговічності зубчастих передач, що є важливим для підвищення надійності сільськогосподарської техніки в умовах інтенсивного використання.

2. Розглянуто теоретичні передумови, які визначають необхідні матеріали та технології для виготовлення зубчастих коліс, що забезпечують їхню високу міцність і стійкість до зносу.

3. Проведені експериментальні дослідження показали, що зміна геометрії зачеплення та використання спеціалізованих матеріалів значно підвищує довговічність зубчастих передач.

4. Проаналізовано переваги гідродробоструменевого зміцнення, що сприяє покращенню експлуатаційних характеристик зубчастих коліс і зниженню витрат на їх обслуговування.

5. Використання спеціальних матеріалів та термообробки дозволило значно підвищити контактну міцність та опірність зношуванню зубчастих коліс, що є критичним для сільськогосподарських умов роботи.

6. Запропоновані рішення дозволяють досягти високої точності та довговічності зубчастих коліс, що позитивно впливає на зменшення витрат підприємств на обслуговування техніки.

7. Розроблено конструктивні рішення для затиску та обробки зубчастих коліс, включаючи використання трикулачкового пневматичного патрона та гідродробоструменевої установки, що підвищує точність обробки і зменшує знос.

8. Впроваджено заходи з охорони праці та безпеки, які включають індивідуальний захист працівників, регулярні інструктажі, моніторинг умов праці та технічне обслуговування обладнання для запобігання нещасним випадкам.

9. Розроблено бізнес-план, який включає аналіз ринку та показує перспективність впровадження нових високоякісних зубчастих передач для сільськогосподарської техніки, що забезпечує стійкий попит на продукцію. Загальні витрати склали 723 532 грн, а дохід від реалізації продукції досяг 1 200 тис. грн, що забезпечило чистий прибуток у розмірі 276 468 грн. Отриманий показник рентабельності становить 38,2%, що свідчить про високу економічну ефективність проєкту, а термін окупності інвестицій розрахований на рівні 2 років, що вказує на швидке повернення вкладених коштів.

10. Загальні результати роботи спрямовані на підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку за рахунок інноваційних рішень та технологій, що задовольняють сучасні потреби агропромислового сектору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія». / Ю.І. Панцир та інші / За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2023. 51 с.
2. Тарасенко, В. О. Технологія машинобудування. Методи підвищення зносостійкості деталей. Київ: Наукова думка, 2002. 312 с.
3. Мазур, А. Ю. Сучасні методи зміцнення поверхонь деталей: теорія і практика. Харків : ХНАДУ, 2005. 256 с.
4. Семенченко, В. Г., Карпенко, Ю. П. Дослідження впливу технологічних процесів зміцнення на зносостійкість зубчастих передач. Науковий журнал машинобудування, 2010, №3, С. 24–31.
5. Григоренко, Г. І., Кузьменко, А. І. Матеріали та технології для виготовлення і зміцнення деталей машин. Львів : Техніка, 2011. 304 с.
6. Куценко, В. І. Машинознавство: основи виготовлення і відновлення деталей. Дніпро : Науковий світ, 2017. 220 с.
7. Захаренко, В. А., Олійник, Т. С. Сучасні матеріали та методи підвищення якості роботи зубчастих передач. Інженерна наука та виробництво, 2020, №5, С. 35–41.
8. Квасницький, В. П. Машинобудівні матеріали: властивості та застосування. Київ: Ліра-К, 2005. 432 с.
9. Singh, R., Verma, A. K. Advances in fatigue resistance through heat treatment in gear manufacturing. Materials Science Forum, 2021, 1032, pp. 45–51.
10. Остапенко, В. Г., Ковальчук, І. М. Технологія металів та конструкційні матеріали. Львів: Політехніка, 2010. 364 с.
11. Бойко, В. В. Основи термічної обробки матеріалів. Харків: ХНАДУ, 2012. 286 с.

12. Горбунов, М. К., & Власенко, Т. Л. Особливості застосування хромонікелевих сталей для зубчастих передач. Інженерний журнал, 2020, №6, С. 27–34.
13. Микитюк, А. С. Обробка металів тиском. Київ: Техніка, 2018. 330 с.
14. Паламарчук, М. А. Технологія машинобудування: дослідження зносостійкості матеріалів. Київ: Кондор, 2008. 412 с.
15. Smith, J. R., Zhang, L. Experimental advancements in the fatigue resistance of gear materials. Tribology International, 2018, 126, pp. 125–133.
16. Пономаренко, І. С. Матеріалознавство і техніка зміцнення деталей. Львів: Світ, 2012. 298 с.
17. Гаврилюк, В. С. Інженерна триботехніка. Харків: ХНУРЕ, 2015. 310с.
18. Watanabe, H., Nakamura, Y. Surface engineering for enhancing gear longevity under high stress. Journal of Materials Science, 2021, 56(3), pp. 215–227.
19. Левченко, П. О. Методи та обладнання для дослідження зносостійкості металів. Дніпро: Технополіс, 2020. 325 с.
20. Дорошенко, І. Г., Мельник, В. Л. Вплив методів обробки на контактну міцність зубчастих передач. Машинобудування та матеріалознавство, 2022, №2, С. 18–26.
21. Коломієць, В. П., & Шевченко, М. О. Основи конструкційних рішень у машинобудуванні. Львів: Техніка, 2010. 312 с.
22. Чернов, П. І. Механіка та міцність матеріалів: обґрунтування вибору конструкцій. Харків: ХНАДУ, 2018. 320 с.
23. Anderson, J., Taylor, R. Innovations in gear surface strengthening using hydro-peening techniques. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2020, 56(2), pp. 245–253.
24. Петренко, В. С. Сучасні технології конструювання: теорія і практика. Дніпро: Технополіс, 2021. 287 с.
25. Охорона праці в Україні. Нормативні документи. Київ : КНТ, вид-во, 2004. 438 с.

26. Москальова В. М. Основи охорони праці : Підручник. Київ : Професіонал, 2005. 672 с.
27. Ярошевська В. М. Безпека життєдіяльності : [підруч. для студ. ВНЗ]. Київ : Професіонал, 2004. 560 с.
28. Тарасюк Г. М. Бізнес-план: розробка, обґрунтування та аналіз : навч. посіб. для студентів ВНЗ. Київ : Каравела, 2008. 280 с.
29. Барнич Ю.О. Бізнес-план підприємницької виробничої діяльності : навч. посіб. Київ : НТУУ "КПІ", 2011. 124 с.
30. Воротіна Л.І., Воротін В.Є., Чайковська В.П. Бізнес-планування: методологія, методика, механізм : навч. посіб. Київ : Вид-во Європ. ун-ту, 2010. 223 с.