

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Ректор Хмельницького  
національного університету  
д.т.н., проф. Скиба М.Є.

11.07.2015

2015 року

**ВИТЯГ**

з протоколу № 1-т засідання міжкафедрального семінару «Тертя та зношування в машинах» Хмельницького національного університету від 5 лютого 2015 року

**Присутні:** зав. каф. зносостійкості і надійності машин, д.т.н., проф. Диха О.В., зав. каф. інформаційних технологій проектування д.т.н., проф. Сорокати Р.В., зав. каф. інженерної механіки та комп'ютерної графіки, д.т.н., проф. Шалапко Ю.І., професор кафедри машинознавства д.т.н., проф. Каплун В.Г., професор кафедри машинознавства д.т.н., проф. Стечишин М.С., професор кафедри технології машинобудування д.т.н., проф. Гордєєв А.І., доцент каф. ЗНМ доц. Вельбой В.П., доцент кафедри ІТП к.т.н., доц. Пасічник О.А., доцент каф. ЗНМ к.т.н., доц. Бабак О.П., доцент каф. ЗНМ к.т.н., доц. Дробот О.С., доцент каф. ЗНМ к.т.н., доц. Маковкін О.М., доцент каф. ЗНМ к.т.н., доц. Абрамов О.О., к.т.н., доцент каф. ЗНМ к.т.н., доц. Свідерській В.П., доцент каф. ЗНМ к.т.н., доц. Каплун П.В., доцент кафедри ПМІГ к.т.н., доц. Підгайчук С.Я., доцент кафедри ОП к.т.н. Білик А.П., доцент кафедри ПМІГ к.т.н. Машовець Н.С. (у тому числі 5 докторів наук та 6 кандидатів наук за спеціальністю 05.02.04-тертя та зношування в машинах).

**Слухали:** Доповідь здобувача Посонського Сергія Феліксівича по дисертаційній роботі на тему "Підвищення зносостійкості циліндричних напрямних ковзання методом дискретної електроконтактної цементації", представленої на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах. Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради університету протокол № 4 від 23.11.2011 року. Науковий керівник – доктор технічних наук (спец. 05.02.04 - тертя та зношування в машинах), професор Диха Олександр Володимирович, завідувач кафедри ЗНМ ХНУ.

**Питання задавали:** д.т.н., проф. Сорокати Р.В., д.т.н., проф. Гордєєв А.І., к.т.н., доц. Вельбой В.П., к.т.н., доц. Пасічник О.А., к.т.н., доц. Бабак О.П., к.т.н., доц. Дробот О.С., к.т.н., доц. Маковкін О.М., к.т.н., доц. Абрамов О.О., к.т.н., доц. Свідерській В.П., к.т.н., доц. Каплун П.В.

На задані питання Посонський С.Ф. дав обґрунтовані вичерпні відповіді.



В результаті обговорення дисертаційної роботи встановлено:

**Актуальність теми та її зв'язок з планом науково-дослідницьких робіт**

Одною з актуальних проблем сучасного машинобудування є розробка заходів по підвищенню довговічності машин в жорстких умовах експлуатації. При цьому на перше місце виходить проблема забезпечення зносостійкості поверхні деталей трибосистем, які визначають ресурс машини в цілому.

Досвід виробництва та експлуатації машин показав, що їхня довговічність та експлуатаційна надійність у значній мірі залежать від стану і фізико-механічних властивостей тонких поверхневих шарів вузлів тертя, де зароджуються і розвиваються процеси зношування. У зв'язку із цим важливого значення набуває розвиток методів модифікації (зміцнення) поверхонь тертя. Новою тенденцією в інженерії поверхні є розробка комбінованих технологій з використанням високо енергетичних впливів на поверхню деталей. Зокрема, до таких методів модифікації поверхневого стану відносять дискретну електроконтактну цементацію (ДЕКЦ). Дискретна електроконтактна цементація призводить до позитивних змін у структурі, напружено-деформованому стану, фазовому складі поверхневого шару металу та забезпечує оптимальний розподіл фізико-механічних властивостей на зміцненій поверхні залежно від конкретних умов експлуатації. Це обумовлює актуальність дослідження процесів та механізмів формування зносостійкого шару при електромеханічному зміцненні.

При вирішенні загальної проблеми підвищення зносостійкості сталевих напрямних ковзання виникає протиріччя, подолання якого б дозволило створити нову триботехнологію зміцнення. Тобто, потреба у формуванні заданого рівня трибологічних властивостей напрямних при відсутності достовірних закономірностей впливу параметрів ДЕКЦ на напружений стан і зносостійкість поверхневих шарів напрямних.

Це протиріччя являє собою суть проблемної ситуації для машинобудівної галузі України, відображенням якої є актуальність підвищення зносостійкості напрямних ковзання методом дискретної електроконтактної цементації.

Дисертаційна робота виконувалась згідно пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні на 2011-2015 роки. Окремі розділи роботи виконані в рамках планових держбюджетних робіт Хмельницького національного університету на замовлення МОН України: "Розробка нових технологій і устаткування для дискретного зміцнення циліндричних поверхонь та моделювання їх зносостійкості" (№ ДР 0111U002301, 2011 – 2012 рр.), "Теорія методів випробувань і розрахунків технічних трибосистем та чисельний аналіз їх зносостійкості" (№ ДР 0113U002063, 2013-2015рр.).

**Конкретний персональний внесок автора в одержанні наукових результатів**

Результати проведених експериментальних та теоретичних досліджень отримано автором самостійно. Постановка проблеми і задач досліджень



виконано спільно з науковим керівником д.т.н., проф. Дихою О.В. Матеріали дисертаційної роботи не містять ідей, що належать співавторам.

Запропонований новий спосіб локального зміцнення напрямних елементів циліндричних трибоспрямижень: дискретна електроконтактна цементация (ДЕКЦ), який, за рахунок використання вуглецевої тканини в електричному силовому контакті між електродом-інструментом та зміцнюємою поверхню, дозволяє на порядки скоротити тривалість процесу науглецювання порівняно з традиційними способами ХТО. Для практичної реалізації способу ДЕКЦ запропонована конструкція пристрою для зміцнення внутрішніх циліндричних поверхонь напрямних елементів в широких межах технологічних параметрів.

Отримані аналітичні залежності і чисельні моделі для визначення контактних параметрів при ДЕКЦ.

Досліджений напружено-деформований стан дискретно зміцненої поверхні і визначена оптимальна геометрія обробки за критерієм зносостійкості.

Запропонована конструкція випробувального пристрою для трибологічних випробувань.

Розроблений приклад реалізації запропонованої технології для підвищення зносостійкості циліндричних напрямних ковзання конкретних вузлів тертя.

#### **Достовірність результатів проведених досліджень**

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій сформульованих в дисертаційній роботі здобувача Посонського С.Ф. базується на результатах теоретичних та експериментальних досліджень автора, проведених на достатньо високому рівні з використанням сучасних методик та методів досліджень на ПК з використанням програмних засобів фізичного та математичного моделювання та обробки бази даних експериментів.

Методологія дослідження розроблена на базі сучасних методів і основних положень трибології, механіки контактної взаємодії, інженерії поверхні. В теоретичних дослідженнях використані методи розв'язку зносоконтактних задач, моделювання контактної взаємодії на основі чисельно-комп'ютеризованого методу скінчених елементів.

Процеси формування і зміцнення поверхонь з дискретно-орієнтованою топографією виконано з застосуванням методу дискретної електроконтактної цементации. При обробці результатів теоретичних і експериментальних досліджень використані методи комп'ютерного моделювання, математичної статистики і комп'ютерні пакети прикладних програм.

#### **Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:**

- вперше запропонований процес локального зміцнення напрямних елементів циліндричних трибоспрямижень дискретною електроконтактною цементацией (ДЕКЦ) на основі використання вуглецевовмісного матеріалу в електричному силовому контакті між електродом-інструментом та зміцнюємою поверхню, що дозволило на порядок скоротити тривалість процесу науглецювання порівняно з традиційними способами ХТО;



- удосконалений метод розв'язку оберненої зносоконтактної задачі для внутрішнього контакту циліндрів близьких радіусів (циліндрична напрямна ковзання) шляхом побудови моделі зношування у вигляді безрозмірного комплексу визначальних факторів та використанням апроксимуючих аналогів нелінійних функцій для кута контакту від зносу;

- отримані оптимальні за критерієм зносостійкості геометричні характеристики ДЕKC зміцнених трибологічних поверхонь комплексним застосуванням розрахунково-експериментальних моделей зношування, теорії планування факторного експерименту та скінчено-елементних моделей напружено-деформованого поверхневого стану

### **Використання отриманих результатів**

Методика підвищення зносостійкості і довговічності циліндричних напрямних елементів машин шляхом модифікації поверхні деталі дискретною електроконтактною цементацією прийнята до впровадження у виробництво на ПАТ "Червона зірка" (м. Кіровоград) і ПАТ "Термопластавтомат" (м. Хмельницький).

Конструкція багатофункціональної установки для випробувань на тертя та зношування за схемою "вал – колодочка" із зворотно-поступальним рухом рекомендована для широкого впровадження у випробувальних лабораторіях для кількісної оцінки ефективності функціональних зносостійких покриттів на циліндричних зразках при терті із зворотно-поступальним рухом.

Положення, отримані в дисертаційному дослідженні, впроваджені у навчальний процес кафедри зносостійкості і надійності машин Хмельницького національного університету при викладанні дисциплін "Вузли тертя та мащення машин", "Триботехніка та основи надійності машин", "Технологічне устаткування".

### **Оцінка рівня апробації результатів роботи**

Результати роботи доповідалися на наук.-техн. конференціях викладачів, аспірантів та співробітників Хмельницького національного університету (2009-2014 р.р.), на: Міжнародній науково - практичній конференції "Ольвійський форум - 2010: Стратегії України в геополітичному просторі" (м. Миколаїв, ЧДУ, 2010 р.); VIII Українсько-Польській конференції молодих науковців "Механіка та інформатика" (Хмельницький, ХНУ, 2011 р.); Міжнародній науково - практичній конференції "Інноваційні технології в машинобудуванні" (м. Запоріжжя, ЗНТУ, 2011 р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій", (м. Львів, КІНПАТРИ ЛТД, 2012 р.); VI-VII Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та аспірантів "Підвищення надійності машин і обладнання" (м. Кіровоград, КНТУ, 2012-2013 рр.); Міжнародній науково-технічній конференції "Ольвійський форум - 2014: Стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі", (м. Миколаїв, ЧДУ, 2014 р.).



### **Повнота викладення результатів досліджень в друкованих працях**

Результати досліджень достатньо повно опубліковані у сімнадцяти друкованих роботах у фахових виданнях, з них одна у закордонному виданні, двох патентах і матеріалах конференцій. Серед основних наукових праць наступні.

1. Посонський С. Ф. Конструктивне забезпечення поверхневого дискретного зміцнення електроконтактною цементацією [Текст] / В. П. Вельбой, С. Ф. Посонський, О. В. Диха // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2010. – № 2. – С. 83-85.
2. Посонський С. Ф. Аналіз досліджень дискретного зміцнення і підвищення зносостійкості поверхонь трибоелементів [Текст] / С. Ф. Посонський // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2010. – № 3. – С. 138-141.
3. Посонський С. Ф. Структура поверхні після електроконтактного науглецювання [Текст] / О.С.Дробот, С.Ф. Посонський // Вісник ХНУ. – 2011. – №2. – С. 11-13.
4. Посонський С. Ф. Дискретна електроконтактна цементація циліндричної поверхні [Текст] / В.П. Вельбой, С.Ф. Посонський, О.В.Диха, О.С.Дробот // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2011. – № 3. – С. 29-30.
5. Посонський С. Ф. Технологія і обладнання для дискретного зміцнення напрямних поверхонь тертя [Текст] / О.В. Диха, С. Ф. Посонський, О. П. Бабак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2012. – № 3. – С. 143-146.
6. Посонський С. Ф. Обернена зносоконтактна задача для циліндричної прямої ковзання [Текст] / О.В. Диха, С.Ф. Посонський, О.П. Бабак // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2014. – № 4. – С. 65-72
7. Posonsky S. The structure of friction surfaces [Text] / O. Dykha, S. Posonsky // Proceedings of 8th International tribological Symposium "INSYCONT 2010", "Energy And Environmental Aspects of Tribology". – Cracow – 2010. – P. 11–17.
8. Посонський С.Ф. Технологія дискретного зміцнення поверхонь тертя [Текст] / С.Ф. Посонський, О.П. Бабак, А.А. Вичавка // Тези наукових праць VIII Українсько-Польської конференції молодих науковців "Механіка та інформатика". – Хмельницький: ХНУ, 2011. – С. 98-99.
9. Посонський С. Ф. Ефективні технології створення дискретно-зміцнених трибологічних поверхонь [Текст] / О.В. Диха, С.Ф. Посонський // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій : тези доповідей. – Львів: КІНПАТРІ ЛТД. – Л., 2012. – С. 150-151.
10. Пат. України № 66517u Спосіб дискретної електроконтактною цементації циліндричної поверхні [Текст] / О.В. Диха, О.С. Дробот, В.П. Вельбой, С.Ф. Посонський; Укр. – № u201106950; Заявл. 02.06.11 ; Опубл. 10.01.12, Бюл. № 1, 2012 р.
11. Пат. України № 66857. Пристрій для електроконтактного формування дискретно зміцненої внутрішньої циліндричної поверхні [Текст] / С. Ф. Посонський, В.П. Вельбой, О. В. Диха; Укр. – № u201106963; Заявл. 02.06.11; Опубл. 25.01.2012, Бюл. № 2, 2012 р.



**Відповідність дисертації паспорту спеціальності та рекомендації до захисту**

Тема дисертації Посонського С.Ф., обсяг проведених досліджень та отриманих здобувачем результатів відповідають спеціальності 05.02.04 –тертя та зношування в машинах (Постанова президії ВАК України 20.09.2007 N 23-08/7) за наступними напрямками досліджень:

Напрямки дослідження:

- розроблення методів проведення випробувань на тертя та зношування устаткування, випробувальних стендів і трибометричних комплексів;
- дослідження процесів, які розвиваються на поверхнях тертя контактуючих тіл, зв'язок цих процесів із триадою тертя та керування цими процесами. Розв'язок конкретних задач для вузлів тертя;
- розроблення методів досягнення потрібних триботехнічних властивостей поверхонь тертя завдяки зміцнюючому впливу та нанесенню покриття та дослідження їх трибологічних характеристик.

**Ухвалили:** Дисертаційна робота Посонського Сергія Феліксовича на тему "Підвищення зносостійкості циліндричних напрямних ковзання методом дискретної електроконтактної цементації", поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, відповідає вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій згідно з пп. 9,11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 і рекомендується до захисту за спеціальністю: 05.02.04 – тертя та зношування в машинах.

Головуючий:  
зав. кафедрою інформаційних  
технологій проектування  
д.т.н., проф.

Р.В. Сорокати́й

Секретар:  
доц. кафедри зносостійкості  
і надійності машин

О.П. Бабак