

«Затверджую»



Ректор Хмельницького
національного університету

Скиба М. Є.

«22» 11 2017 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 1-17 від 24 листопада 2017 р.
засідання міжкафедрального наукового семінару факультету інженерної
механіки Хмельницького національного університету

Присутні: Голова засідання – д.т.н., проф. каф. технології машинобудування Гордєєв А.І., д.т.н., проф., зав. каф. зносостійкості та надійності машин Диха О.В., д.т.н., проф., зав. кафедри галузевого машинобудування та агроінженерії Кіницький Я.Т., д.т.н., проф. каф. галузевого машинобудування та агроінженерії Костоґриз С.Г., д.т.н., проф. каф. технології машинобудування Мазур М.П., д.т.н., проф. каф. технології машинобудування Гладкий Я.Т., д.т.н., проф., зав. каф. комп'ютерних наук та інформаційних технологій Сорокати́й Р.В., д.т.н., проф., провідний науковий співробітник науково-дослідної частини ХНУ Каплун В.Г., к.т.н., доц. каф. галузевого машинобудування та агроінженерії Харжевський В.О., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Дробот О.С., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Рудик О.Ю., к.т.н., доц. каф. галузевого машинобудування та агроінженерії Лук'янюк М.В., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Свідерський В.П., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Маковкін О.М., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Посонський С.Ф., к.т.н., ст. викладач каф. зносостійкості і надійності машин Гончар В.А.

Серед присутніх: 8 докторів наук і 8 кандидатів наук, з яких чотири доктори наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах та 7 членів спеціалізованої ради Д 70.052.02 Хмельницького національного університету.

Слухали: головуючого засідання д.т.н., проф. Гордєєва А.І., який повідомив присутніх про те, що дане засідання проводиться для розгляду дисертаційної роботи «Науково-прикладні основи застосування безводневого іонного азотування для підвищення контактної міцності трибосистем» Каплуна Павла Віталійовича на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах. Здобувач опублікував 54 наукові роботи по дисертаційній роботі (з них 7 – без співавторів), у тому числі 5 колективних монографій, 30 статей у фахових наукових виданнях, 16 матеріалів та тез доповідей, має 3 патенти України.

Слухали: доповідь кандидата технічних наук, доцента Каплуна Павла Віталійовича за матеріалами дисертаційної роботи «Трибологічні основи підвищення контактної витривалості та зносостійкості сталей з покриттями при терті кочення», представленій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – Тертя та зношування в машинах (науковий консультант – д.т.н., проф. Диха О.В.).

Дисертація виконувалась на кафедрі зносостійкості і надійності машин Хмельницького національного університету. Тема дисертації в остаточній редакції затверджена на засіданні Вченої ради Хмельницького національного університету (протокол № ___ від __ _____ 2016 року).

Питання задавали: д.т.н., проф. каф. галузевого машинобудування та агроінженерії Костогриз С.Г., д.т.н., проф. технології машинобудування Мазур М.П., д.т.н., проф. технології машинобудування Гордеев А.І., д.т.н., проф. каф. комп'ютерних наук та інформаційних технологій Сорокати Р.В., д.т.н., проф. кафедри галузевого машинобудування та агроінженерії Кіницький Я.Т., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Дробот О.С., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Маковкін О.М.

У обговоренні приймали участь: д.т.н., проф. каф. технології машинобудування Мазур М.П., д.т.н., проф. каф. технології машинобудування Гордеев А.І., д.т.н., проф. каф. галузевого машинобудування та агроінженерії Костогриз С.Г., д.т.н., проф. каф. комп'ютерних наук та інформаційних технологій Сорокати Р.В., д.т.н., проф. каф. технології машинобудування Гладкий Я.Т., д.т.н., проф., провідний науковий співробітник науководослідної частини ХНУ Каплун В.Г., к.т.н., доц. каф. галузевого машинобудування та агроінженерії Харжевський В.О., доц. каф. галузевого машинобудування та агроінженерії Лук'янюк М.В., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Свідерський В.П., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Посонський С.Ф., к.т.н., доц. каф. зносостійкості і надійності машин Рудик О.Ю.

В результаті обговорення дисертаційної роботи Каплуна Павла Віталійовича засідання ухвалило наступний **висновок**:

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

В техніці велика кількість деталей і вузлів машин та механізмів працюють при терті кочення. Це підшипники кочення, зубчасті колеса, колеса залізничного транспорту і пересувних кранів, вальці подачі металорізальних верстатів, накатні ролики тощо, які застосовуються в вузлах і механізмах у різних галузях. Переважаюча більшість деталей машин при коченні працюють з проковзуванням і вихід їх з ладу відбувається від зношування та руйнування поверхні викришуванням при контактній втомі металу. Тому дисертаційна робота Каплуна П.В., в якій вирішується наукова проблема підвищення контактної витривалості та зносостійкості сталей з

покриттями при терті кочення є актуальною і має велике наукове та практичне значення для народного господарства. Розроблені метод, методики, технології та отримані результати розширюють межі застосування сталей з покриттями для деталей машин і механізмів, що працюють в умовах тертя кочення, дозволяють проводити зміцнення поверхонь тертя за оптимальними режимами та оцінювати композицію «азотоване покриття – основа» за критерієм довговічності.

2. Особиста участь автора в отриманні конкретних наукових результатів, викладених в дисертації.

З 67 наукових праць, опублікованих за темою дисертаційної роботи, 11 виконано без співавторів, наукові статті у співавторстві – спільно з науковим консультантом та провідними фахівцями у галузі тертя та зношування, де здобувачу належить провідна роль в отриманні наукових результатів. Дисертація містить лише ті наукові результати, що отримані здобувачем особисто.

3. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень і рекомендацій.

Достовірність наукових результатів, розроблених теоретичних положень та висновків забезпечена строгістю постановки та розв'язування задач з використанням апробованих методів теорії пружності, чисельних методів скінчених елементів, методу графів, методів визначення залишкових напружень, фізичного матеріалознавства; порівнянням отриманих результатів з результатами моделювання, та експериментальними методами досліджень довговічності згідно з чинним стандартом ГОСТ 23.208-79.

4. Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Вперше науково обґрунтовано і розроблено новий метод підвищення контактної витривалості та зносостійкості конструкційних елементів з покриттями при терті кочення. Метод включає: іонне азотування або іонне оксиазотування в безводневих середовищах за технологічними режимами, що забезпечують максимальну твердість та товщину азотованого шару; термоактивування азотованого шару в розплаві солей з певною витримкою в часі при температурі гартування для оптимізації властивостей покриття; наступне гартування та низькотемпературний відпуск для забезпечення високої твердості основи.

2. Вперше на основі експериментальних досліджень розроблено математичну модель визначення твердості в будь-якій точці по глибині азотованого шару в залежності від технологічних параметрів процесу іонного азотування. Розроблено новий спосіб визначення твердості по товщині азотованого шару та експериментально-розрахункову методику для його впровадження.

3. Вперше встановлена прямопропорційна залежність між мікротвердістю та залишковими напруженнями стиску в азотованих шарах після іонного азотування, на основі якої розроблено новий метод визначення залишкових напружень в будь-якій точці поперечного перерізу азотованого шару за показниками мікротвердості в цих точках.

4. Вперше розроблено комплексний критерій оцінки властивостей композиції «азотоване покриття – основа» та запропоновані його оптимальні значення для різних типів сталей і технологій нанесення покриттів, при яких досягається максимальне підвищення контактної витривалості конструкційних елементів з азотованими покриттями при терті кочення.

5. Отримані закономірності впливу технологічних параметрів процесу іонного азотування в безводневих середовищах на властивості та залишкові напруження в азотованому шарі ряду сталей. На основі оптимізації технологічних параметрів іонного азотування визначені оптимальні режими, що забезпечують максимальні значення товщини і твердості азотованого шару цих сталей.

6. Отримані закономірності розподілу азоту та мікротвердості по товщині азотованого шару в залежності від температури і часу його термоактивування. На основі цих закономірностей розроблені нові технології іонного нітрогартування та оксинітрогартування, що забезпечують оптимальні властивості азотованого шару і твердості основи за критерієм максимальної контактної витривалості композиції «покриття-основа».

7. Отримані залежності кінетики зношування азотованих шарів в різних середовищах при різних навантаженнях і режимах іонного азотування та нітрогартування при коченні з проковзуванням.

8. Встановлена експоненціальна залежність контактної витривалості від твердості основи різних сталей з покриттями та від вмісту залишкового аустеніту в структурі сталі X12M після нітрогартування.

9. Отримані порівняльні дані контактної витривалості різних сталей з покриттями, нанесеними за різними технологіями, в мастилі I-20 та порівняльні дані контактної витривалості сталі 40X після нітрогартування при випробуваннях в різних середовищах (мастилі I-20, абразивному, дистильованій воді, морській воді та при сухому терті).

10. Підтверджено, що контактна витривалість азотованих зразків при лінійному контакті менша в порівнянні точковим контактом при ідентичних умовах випробувань, що обумовлено різними умовами роботи матеріалу при плоскому і об'ємному напружених станах на площадці контакту.

11. Підтверджено негативний вплив водню на контактну витривалість сталей, що азотувалися в водневомістких середовищах, який викликає зменшення контактної витривалості конструкційних елементів на 15-54 % в порівнянні з азотуванням в безводневих середовищах. При цьому негативний вплив водню зростає зі зменшенням легуваності сталі.

5. Практична цінність роботи полягає в наступному:

Розроблені нові технології нітрогартування та оксинітрогартуванні підвищують контактну витривалість конструктивних елементів при терті кочення в 1,9–2.2 рази в порівнянні з гартуванням.

Розроблені новий спосіб та експериментально-розрахункова методика визначення мікротвердості в будь-якій точці поперечного перерізу азотованого шару, що можуть застосовуватися в наукових дослідженнях.

Розроблена експериментально-розрахункова методика визначення залишкових напружень в азотованих шарах за показниками мікротвердості, яка може застосовуватися в наукових дослідженнях та на виробництві.

Запропоновано комплексний критерій оцінки якості композиції «азотоване покриття – основа», який може використовуватися в виробництві для вибору оптимальних режимів зміцнення при нанесенні покриттів методом азотування на деталі машин, що працюють в умовах тертя кочення, а також для аналізу властивостей конструкційних елементів з покриттями з метою зменшення кількості експериментальних досліджень при випробуваннях.

Результати роботи впроваджені на промислових підприємствах : НВП ТОВ НВФ «Адвісмаш», ПАТ «Завод «Темп», ВП «Волочиський машинобудівний завод» ПАТ «Мотор Січ» , НВП «Віднова», ТОВ Р.І.Н.О., ДП «Красилівський агрегатний завод», навчальний процес Хмельницького національного університету.

6. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором. Матеріали дисертації достатньо повно висвітлені у 67 опублікованих наукових працях (з них 11 – без співавторів), у тому числі 4 колективних монографіях, 32 наукових статтях у фахових виданнях з переліку МОН України, 8 – у закордонних рецензованих періодичних виданнях з технічних наук, 3 патентах України, а також 20 матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях.

Список опублікованих праць

Монографії:

1. Каплун П.В., Гончар В.А. Зносостійкість деталей екструдерів і термопластавтоматів в абразивному середовищі: монографія в 2-х ч. Під загальною редакцією В.Г. Каплуна. Хмельницький: ХНУ. 2014. 244 с. Ч. I: Зносостійкість деталей екструдерів при виготовленні високоефективних комбікормів. ХНУ. 2014. 133 с.

2. Ляшенко. Б.А, Каплун П.В., Златопольский Ф.И. и др. Поверхностное упрочнение зубчатых колес: монографія. Кировоград: КОД, 2015. 184 с.

3. Каплун В.Г., Каплун П.В. Ионное азотирование в безводородных средах: монографія. Хмельницький: ХНУ, 2015. 344 с.

4. Каплун П.В., Паршенко К.А. Підвищення зносостійкості і довговічності підшипників кочення: монографія. Хмельницький: ХНУ. 2016. 237 с.

Наукові праці у фахових виданнях:

1. Каплун П.В. Дослідження напружено-деформованого стану пластини з покриттями при контактному навантаженні. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 1999, №4. С. 179-182.

2. Каплун П.В. Люховець В.В., Глушак Г.С. Дослідження трибологічних характеристик та довговічності конструктивних елементів з дифузійними і

комбінованими покриттями. Вісник Технологічного університету Поділля: ТУП. 2000. Ч.1. №5. С. 85-87.

3. Каплун П.В., Донченко О.А. Вплив технології азотування на механіку руйнування, міцність і довговічність конструкційних елементів. Вісник Технологічного університету Поділля: ТУП. 2000. Ч.2. №3. С. 33-35.

4. Каплун П.В., Кіницький Я.Т., Кузьменко А.Г. Швидкість проковзування кульок в упорних підшипниках кочення. Вісник Технологічного університету Поділля: ТУП. 2001. №1. С. 110-115.

5. Каплун П.В. Кинетика износа сталей с диффузионными покрытиями при контактном циклическом нагружении. Проблемы трибологии. 2001. №1. С. 199-204.

6. Каплун П.В., Паршенко А.В. Дослідження спрацювання і довговічності підшипників кочення і зміцнювальними покриттями. Машинознавство. Львів 2001. №6. С. 50-52.

7. Каплун П.В., Паршенко А.В., Кухар В.І. Вплив покриттів на процеси зношування при циклічному контактному навантаженні. Вісник Технологічного університету Поділля: ТУП. 2001. Ч.1. №3. С. 12-16.

8. Каплун П.В. Вплив покриттів на зносостійкість і довговічність підшипників кочення. Проблеми трибології. 2003. №4. С. 131-140.

9. Каплун П.В., Каплун В.Г. Повышение долговечности деталей машин азотированием в плазме тлеющего разряда в безводородных насыщающих средах. Вісник двигунобудування. Запоріжжя: ОАО «Мотор Січ». 2004. № 3/2004. С. 73-76.

10. Каплун В.Г., Каплун П.В., Паршенко А.В. Пути повышения износостойкости и долговечности конструктивных элементов при действии циклических контактных напряжений. Межд. сб. науч. труд. *Прогрессивные технологи и системы в машиностроении*. Донецк: ДНТУ. 2005. вып. 30. С. 97-104.

11. Каплун П.В., Каплун В.Г. Влияние параметров азотированного слоя и остаточных напряжений на напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов при изгибе. Вісник двигунобудування. Запоріжжя: ОАО «Мотор Січ». 2006. № 2. С. 66-70.

12. Каплун В.Г. Прогрессивные технологии упрочнения поверхности конструктивных элементов/ В.Г. Каплун, П.В. Каплун// В кн. «Современные технологии в машиностроении», Харьков, НТУ ХПИ. 2007. С. 388-422.

13. Каплун В.Г., Каплун П.В., Шалапко Ю.І. Комплексні технології зміцнення деталей машин. Вісник двигунобудування. Запоріжжя: ОАО «Мотор Січ». 2007. № 2. С. 132-135.

14. Каплун П.В., Каплун В.Г., Урбанюк Є.А. Strengthening of cutting instrument in glowdischarge plasma in hydrogen-free saturation mediums. Вісник Хмельницького національного університету. 2007. № 5. С. 75-79.

15. Ляшенко Б.А., Каплун П.В., Саловых Е.А. и др. Технологическое обеспечение дискретной структуры поверхности при азотировании. Технические системы. 2009. № 2. С. 55-59.

16. Каплун В.Г., Каплун П.В., Паршенко К.А. Дослідження властивостей поверхневих шарів та залишкових напружень сталі Х12 після азотування в тліючому розряді в безводневих середовищах. Вісник Хмельницького національного університету. № 2. 2010. С. 11-18.
17. Каплун П.В., Каплун В.Г., Матвіїшин П.В. Розрахунок зносостійкості і довговічності градієнтних покриттів при абразивному зношуванні. Проблеми трибології. №1. 2012. С. 116-120.
18. Каплун П.В., Каплун, В.Г., Гончар В.А. Математичне моделювання закономірностей розподілу твердості по товщині азотованого шару при азотуванні в тліючому розряді. Вісник ХНУ. №3. 2012. С. 7-11.
19. Гупка Б., Каплун П., Гупка А. Трибологічні аспекти експлуатаційної надійності важконавантажених пар тертя. Вісник Харківського нац.-техн.-ун-ту сільського господарства ім. П. Василенка. 2012. Вип. 122. С. 26-34.
20. Каплун П.В., Гончар В.А. Зносостійкість сталі 45 в корозійно-абразивному середовищі після іонного азотування. Вісник Хмельницького національного університету. 2013. №2. С. 57-61.
21. Каплун П.В., Гончар В.А. Дослідження властивостей азотованого шару сталі ШХ15 та його зношування в абразивному середовищі. Проблеми трибології. 2013. №1. С. 36-41.
22. Kaplun P., Kaplun V., Gonchar V. Calculation of wear resistance and durability of structural elements with gradient diffusive coatings and metastable phases in the structure of materials. Problems tribology. 2014. №2. P. 12-16.
23. Каплун П.В. Способи підвищення зносостійкості і контактної витривалості зубчастих коліс. Вісник НТУ "ХП". Серія: Проблеми механічного приводу. НТУ «ХП». 2015. №35 (1144). С. 67-75.
24. Каплун П.В., Гончар В.А. Влияние ионного азотирования на долговечность открытых зубчатых передач. Проблемы трибологии. 2015. №2. С. 74-84.
25. Каплун П.В., Гончар В.А., Донченко Т.В. та ін.. Визначення залишкових напружень в азотованих шарах після іонного азотування. Вісник Хмельницького національного університету. Сер. Технічні науки. 2015. №6. С. 7-12.
26. Каплун П.В., Гончар В.А. Вплив технологічних параметрів іонного азотування на величину залишкових напружень в сталі 45Х. Вісник Хмельницького національного університету. 2016. №1. С. 142-145.
27. Каплун П.В., Ляшенко Б.А. Визначення залишкових напружень в азотованих шарах після іонного азотування за показниками мікротвердості. Київ: Проблеми міцності. 2016. №6. С. 56-63.
28. Каплун П.В. Підвищення зносостійкості та довговічності підшипників кочення іонним азотуванням. Проблеми трибології. 2016. Т.80. №2. С. 15-20.
29. Каплун П.В., Гончар В.А. Малоцикловая усталость сталей после ионного азотирования в безводородных средах. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2016. №3. Т.52. С. 95-99.

30. Каплун П.В., Гончар В.А., Матвійшин П.В. та ін. Дослідження зносостійкості сталей в корозійно-абразивному середовищі після зміцнення поверхні іонним азотуванням. Проблеми трибології. 2017. №2 (84). С. 16-21.

31. Каплун П.В., Диха О.В., Гончар В.А. Контактна витривалість сталі 40Х в різних середовищах після іонного азотування та нітрогартування. Львів: Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2017. № 4. С. 42-47.

32. Каплун П.В., Гончар В.А. Комплексний критерій оцінки контактної витривалості конструкційних елементів з азотованими покриттями при терті кочення. Проблеми трибології. 2017. №3. С. 62-69.

У іноземних спеціалізованих періодичних виданнях:

33. Kaplun P. V., Kaplun V.G. Fatigue life of steel elements covered with TiN catings. 8th Internationals symposium “Insycont” 10/ *Energy and environmental aspects of tribology*. Cracow: Poland. 2010. P. 68-70

34. Каплун В.Г., Каплун П.В. Влияние покрытий на контактную выносливость материала при трении качения. Сб. науч. трудов 6-го международного симпозиума по трибофатике. ОИМ НАН Беларуси. Минск: 2010. С. 399-407.

35. Kaplun P., Gonchar V., Bodnar R. Enhancement of steel wear resistance in corrosive and abrasive medium. *Interdisciplinary integration of science in technology, education and economy*. Bydgoszcz-Poland. 2013. P. 320-329.

36. Kaplun P., Shalapko Yu., Gonchar V. Effect of surface layers of steel wear resistance in abrasive medium. *Technolog. Zilinska univerzita*. 2013. P. 235-238.

37. Kaplun P., Shalapko Yu., Gonchar V. Effect of surface layers of steel on wear-resistance in abrasive environments. *Problemy nauk stosowanych problems of applied sciences*. Higher school of technology and economics in Szczecin: 2013. T.1. V.1. P. 87-92.

38. Kaplun P., Gonchar V., Shalapko Yu. et. al. Improving open toothed weels. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2015. 71/1. P. 28-33.

39. Kaplun P.V., Gonchar V.A. Low-cycle fatigue of steels after ion nitriding in hydrogen-free atmospheres. *Materials science*. November 2016s Vol. 52. Issue 3. P. 402-406.

40. Kaplun P., Shalapko Yu. Features and advantages ion nitriding in hydrogen-environments. *Zilina: Zilinska Universitat. Technolog.* 4/2016. №8. P. 27-31.

41. Пат. №104570 UA, МПК G01L 1/00. Спосіб визначення модуля пружності дифузійного покриття. / Каплун П.В., Гончар В.А., Паршенко А.В. Власник Хмельницький національний університет – и 2015 06997; заявл. 14.07.2015; опубл. 10.02.2016, бюл. №3. 3 с.

42. Пат.116041 UA, МПК G01L 1/06. Спосіб визначення залишкових напружень в азотованих шарах. / Гончар В.А., Каплун П.В., Паршенко А.В. Власник Хмельницький національний університет – и 2016 10199; заявл. 07.10.2016; опубл. 10.05.2017, бюл. №9. 4 с.

43. Пат. №106181 UA, МПК G01L 1/00. Спосіб випробувань на контактну витривалість при коченні з проковзуванням. / Каплун П.В., Гончар В.А.,

Паршенко А.В. Власник Хмельницький національний університет – и 2015 07871; заявл. 07.08.2015; опубл. 25.04.2016, бюл. №8. 4 с.

Матеріали та тези конференцій

44. Каплун П.В., Диха А.В. Влияние характеристик покрытий на величину и характер распределения касательных напряжений при контактном нагружении. Зб. наук. праць. За результатами VII наук.-техн. конф. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. Хмельницький: 2000. С. 246-251.

45. Пастух И.М., Каплун П.В., Пастух В.И. База данных для разработки программного обеспечения микропроцессора управления технологическим процессом поверхностного упрочнения. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва*: матеріали 3-ї наук.-техн. конф. Тези доповідей. Хмельницький. 1995. С. 185.

46. Каплун П.В., Кузьменко А.Г., Шалапко Ю.І. Фреттинг-усталость стали 45Х с диффузионными покрытиями. *Зносостійкість, надійність вузлів тертя машин (ЗНМ – 2000)*: матеріали міжнародної наукової конференції. Хмельницький: С. 43-44.

47. Каплун П.В. Моделирование напряженно- деформированного состояния конструктивных элементов с покрытиями при контактном нагружении. *Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследование, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий*: материалы международной научной конференции. Коцивелли: Крым. 2000. С. 187.

48. Каплун П.В., Паршенко А.В. Дослідження спрацювання і довговічності підшипників кочення зі зміцнювальними покриттями. *5-й міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові*. Тези доповідей. Львів: 2001. С. 140.

49. Каплун П.В. Вплив покриттів на зносостійкість і довговічність підшипників кочення. *Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин (ЗНМ- 2003)*. Тези доповідей міжнар. наук. техн. конф. Очаків: 2003. С. 25.

50. Каплун П.В., Каплун В.Г., Паршенко А.В. Вплив метастабільної структури залишкового аустеніту на контактну витривалість і довговічність сталі при дії циклічного навантаження. Сб. труд. XIII междунар. науч.-техн. конф. *Машиностроение и техносфера XXI века*. Донецк: 2006. Т.2. С. 98-103.

51. Каплун П.В., Каплун В.Г. Інженерія поверхні конструктивних елементів методом хіміко-термічної обробки в плазмі тліючого розряду. *Фізика конденсованих систем та прикладне матеріалознавство*: тези доп. міжн. наук.-техн. конф. Львів: 2007. С. 87.

52. Каплун П.В., Каплун В.Г. Інженерія властивостей поверхневих шарів зубчастих коліс. *Машиностроение и техносфера XXI века*: сб. труд. XIV междунар. науч.-техн. конф. Донецк: 2007. Т.2. С. 117-122.

53. Каплун В.Г., Каплун П.В., Паршенко А.В. Підвищення довговічності важконавантажених пар кочення за циклічного контактного навантаження. В

кн. «Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій», ФМУ ім. Карпенка В.Г. НАН України. 2009. С. 823-828.

54. Каплун П.В., Каплун В.Г. Прогрессивные технологии и качество продукции. *Качество, стандартизация, контроль: теория и практика*, материалы 10-ой юбилейной конф. Киев: 2010. С. 65-68.

55. Каплун П.В., Каплун В.Г., Матвійшин П.В. Зносостійкість покриттів у корозійно-абразивному середовищі. Мат. наук.-практ. конф. «*Ольвійський форум – 2011*». Ялта: 2011. Т 11. С. 19-20.

56. Каплун П.В. Контактна витривалість сталі ШХ15 після нітрогартування. Тези доп. міжн. наук. конф. «*Ольвійський форум – 2012*». Ялта: Т. 12. 2012. С. 20-21.

57. Kaplun P. V., Kaplun V.G. The ways of increasing of wearing capacity and long term of using of constructive elements under the influence of cyclic contact stress. *Engineering and methodology of modern technology: monographs*. KmNU: 2012. P. 271-282.

58. Каплун П.В. Влияние на долговечность деталей машин совместного действия изгиба и фреттинга после ионного азотирования. Тези міжнар.наук.-практ. конф. «*Ольвійський форум – 2015*». Миколаїв: Вид. ЧДУ ім. Петра Могили. 2015. С. 25-28.

59. Каплун П.В., Гончар В.А. Дослідження сталей на малоциклову витривалість при згині в різних середовищах. *12-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові*. Львів: 2015. С. 113-114.

60. Каплун П.В. Вплив легування поверхні сталей азотом на її зносостійкість в різних умовах експлуатації. *Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій: тези доповідей 3-ої міжнар. інтернет-конф.* Вінниця: ВНТУ. 2015. Ч.1. С. 14.

61. Каплун П.В. Особливості іонного азотування у безводневих середовищах. *Перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів: тези доповідей 9-ї міжнар. конф. студентів та аспірантів.* (Київ 14 - 15квітня 2016 р.). Київ: КПІ. С. 10-11.

62. Каплун П.В., Гончар В.А., Донченко Т.В. Вплив режимів іонного азотування на зносостійкість важконавантажених підшипників кочення. *Технічна творчість: Збірник наукових праць*. Хмельницький: ХНУ. 2016. №1. С. 149-152.

63. Каплун П.В. Вплив іонного азотування на характеристики міцності і пластичності сталей. Тези *13-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові*. Львів: 2017. С. 201-202.

7. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту. За змістом дисертаційна робота Каплуна П.В. «Трибологічні основи підвищення контактної витривалості та зносостійкості сталей з покриттями при терті кочення» повністю відповідає спеціальності 05.02.04 – «Тертя та зношування в машинах».

8. Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація написана грамотною українською мовою, стиль викладення матеріалу відповідає прийнятим у науковій літературі вимогам і нормам.

9. Рекомендація дисертації до захисту. Дисертаційна робота Каплуна П.В. «Науково-прикладні основи застосування безводневого іонного азотування для підвищення контактної міцності трибосистем» являє собою завершене наукове дослідження, відповідає формальним вимогам ДАК України, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, оскільки містить науково обґрунтовані результати у галузі механічної інженерії, що розв'язують важливу науково-прикладну проблему, щодо яких здобувач є суб'єктом авторського права.

Враховуючи актуальність, наукову та практичну значимість представленої роботи, рівень проведених досліджень, рекомендувати роботу Каплуна П.В. «Науково-прикладні основи застосування безводневого іонного азотування для підвищення контактної міцності трибосистем» до захисту у спеціалізованій вченій раді Д 70.052.02 Хмельницького національного університету на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – «Тертя та зношування в машинах».

Результати відкритого голосування:

За – 16 осіб; проти – немає; утримались – немає.

Головуючий на засіданні,
д.т.н., проф.



Гордєєв А.І.

Вчений секретар,
к.т.н., доц.



Дробот О.С.