Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ

Вибірковий освітній компонент

Рівень вищої освіти:	**третій (освітньо-науковий)**
Спеціальність:	**G9 Прикладна механіка**
Освітня програма:	**Прикладна механіка**

Викладач: **доцент Віштак І. В.**
Мова викладання: **Українська**
Семестр – **3**
Кредитів ЄКТС – **3**
Лекцій – **16 год.**
Практичні – **16 год.**
Самостійна робота – **58 год.**
Вид контролю – **Диф. залік**

Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна базується на знаннях, отриманих під час навчання за освітніми програмами магістерського рівня з механіки, матеріалознавства, технології машинобудування, конструювання та розрахунку машин, теорії різання, технологій зміцнення й відновлення поверхонь деталей. Для успішного опанування дисципліни здобувач повинен володіти базовими знаннями з теорії пружності та міцності матеріалів, трибології, контактної механіки, технологічних методів оброблення поверхонь, а також мати навички роботи із системами автоматизованого проєктування, математичного та комп’ютерного моделювання, аналізу експлуатаційних характеристик деталей і опрацювання науково-технічної інформації.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни:

ЗК.01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК.03. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК.04. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК.09. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів) у професійній, дослідницько-інноваційній та педагогічній діяльності, а також дотримуватися правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях.

ФК.01. Застосування сучасних знань в галузі наукових досліджень і проєктування конструкцій, машин та/або процесів у галузі машинобудування та на межі суміжних предметних галузей.

ФК.04. Застосування інформаційних технологій у науковій діяльності.

ФК.08. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки.

ФК.09. Здатність планувати і виконувати експериментальні дослідження, обробляти результати експерименту на основі використання сучасних інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів.

ФК.11. Здатність виконувати структурний та параметричний синтез і оптимізацію систем приводів, вузлів та деталей машин з метою покращення їх експлуатаційних характеристик.

За результатами вивчення дисципліни здобувачі вищої освіти набувають результатів навчання:

ПРН.02. Знати і розуміти принципи побудови, розрахунку, аналізу і моделювання конструкцій машин за допомогою сучасних систем автоматизації конструкторських робіт (CAD) та інженерних досліджень (CAE).

ПРН.05. Знати методи одержання, обробки та аналізу інформації, у тому числі з іншомовних джерел, теорію і методики проведення наукових досліджень та вміти їх практично застосовувати для досліджень об'єктів в галузі прикладної механіки.

ПРН.07. Знати теорію планування експериментів, методики та принципи моделювання, експериментальних та імітаційних досліджень технологічних процесів, механізмів та машин.

ПРН.08. Формування системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного кругозору. Продукування нових ідей і розв’язання комплексних проблем у галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, а також для оволодіння методологією педагогічної та наукової діяльності за фахом, особистісного та професійного розвитку.

ПРН.09. Знати та дотримуватися основних засад академічної доброчесності у науковій і освітній (педагогічній) діяльності.

Тематика

Тема 1. Шпиндельні вузли металорізальних верстатів: конструктивні особливості, умови експлуатації та критерії працездатності.

Основні функції та конструктивні схеми шпиндельних вузлів. Умови їх експлуатації за високих частот обертання, змінних силових і температурних навантажень. Основні причини втрати працездатності деталей: зношування, втомне руйнування, пластичні деформації, вібрації та температурні деформації. Критерії оцінювання експлуатаційних характеристик: точність обертання, жорсткість, вібростійкість, теплова стабільність, довговічність і надійність. Взаємозв'язок конструктивних параметрів шпинделя та експлуатаційних показників [1, 2].

Тема 2. Підшипникові опори шпиндельних вузлів та методи підвищення їх несучої здатності й жорсткості

Класифікація підшипникових опор шпиндельних вузлів: кулькові, роликові, гідродинамічні, гідростатичні, аеродинамічні та аеростатичні. Особливості вибору типу опори залежно від швидкісного режиму, навантаження та вимог до точності обертання. Вплив геометричних параметрів робочих поверхонь, радіальних і осьових зазорів, попереднього натягу та контактної жорсткості на статичні й динамічні характеристики шпинделя. Методи оптимізації конструкції підшипникових опор для підвищення несучої здатності, жорсткості та стабільності роботи [3–5].

Тема 3. Технологічні методи підвищення зносостійкості та контактної витривалості деталей шпиндельних вузлів

Вплив фізико-механічних властивостей матеріалів, мікрогеометрії та якості поверхневого шару на експлуатаційні характеристики деталей шпиндельних вузлів. Технології термічного й хіміко-термічного оброблення: гартування, відпуск, цементація, азотування та іонно-плазмове зміцнення. Методи поверхневого зміцнення: лазерне оброблення, дробоструминне наклепування, нанесення функціональних покриттів. Вплив структурно-фазового стану, залишкових напружень і мікротвердості на контактну витривалість та опір зношуванню. Перспективи застосування сучасних покриттів для підвищення довговічності підшипникових деталей [6].

Тема 4. Трибологічні характеристики контактних поверхонь та методи вдосконалення систем мащення шпиндельних вузлів

Основи контактної механіки та трибологічної взаємодії поверхонь. Механізми тертя, зношування й контактної втоми в підшипникових вузлах. Граничний, змішаний і рідинний режими мащення, особливості формування мастильної плівки. Вплив в'язкості мастильного матеріалу, температури, шорсткості поверхонь і контактного навантаження на коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування. Методи оптимізації систем мащення, застосування мастил із покращеними експлуатаційними властивостями та технологій зменшення фрикційних втрат [7, 8].

Тема 5. Підвищення експлуатаційних характеристик шпиндельних вузлів на основі застосування газостатичних та аеростатичних опор

Фізичні основи газового мащення та принципи функціонування газостатичних і аеростатичних підшипників. Особливості формування газового шару та розподілу тиску в робочому зазорі. Вплив геометрії робочих поверхонь, конструкції дроселів, параметрів подавання газу та величини зазору на несучу здатність і жорсткість опор. Методи підвищення динамічної стійкості шпиндельних систем, оптимізація геометричних параметрів опор, математичне моделювання газового шару та взаємодії «газовий шар – ротор». Перспективи використання аеростатичних опор у високоточному й надпрецизійному обладнанні [9–11].

Тема 6. Теплові процеси та методи забезпечення температурної стабільності шпиндельних вузлів

Джерела тепловиділення у шпиндельних вузлах: тертя в підшипникових опорах, електромагнітні втрати, аеродинамічний опір та взаємодія контактних поверхонь. Теплопередача й температурні поля в деталях шпинделя. Вплив температурних деформацій на точність обертання, осьове зміщення та жорсткість шпиндельної системи. Методи пасивного й активного охолодження, конструктивна оптимізація тепловідведення, температурне моделювання та компенсація теплових похибок. Застосування методів машинного навчання для прогнозування температурних деформацій і підвищення точності верстатного обладнання [12–14].

Тема 7. Динамічні характеристики шпиндельних вузлів та методи підвищення їх вібростійкості

Основи динаміки роторних систем. Власні частоти, форми коливань, критичні частоти обертання та резонансні явища. Вплив жорсткості підшипникових опор, попереднього натягу, дисбалансу, контактних деформацій і температурних змін на динамічну поведінку шпинделя. Методи зменшення вібрацій: балансування, конструктивне підвищення жорсткості, оптимізація опор, демпфування та зміна режимів роботи. Використання скінченноелементного аналізу для дослідження динамічних характеристик і прогнозування стійкості шпиндельних систем [4, 15].

Тема 8. Комплексні методи оцінювання, прогнозування та оптимізації експлуатаційних характеристик деталей шпиндельних вузлів

Методи експериментального й розрахункового оцінювання працездатності деталей шпиндельних вузлів. Контроль геометричної точності, шорсткості, твердості, температурного стану, вібрацій і зношування. Математичне та тривимірне моделювання напружено-деформованого стану, контактної взаємодії й теплових процесів із використанням CAD/CAE-систем. Багатокритеріальна оптимізація конструктивних і технологічних параметрів. Методи прогнозування технічного стану, моніторинг експлуатаційних параметрів, цифрові двійники та компенсація похибок. Обґрунтування комплексних технологічних рішень для підвищення точності, надійності та довговічності шпиндельних вузлів [2, 13, 16].

Теми семінарських занять – не передбачені

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
1	Аналіз конструктивних особливостей та експлуатаційних характеристик шпиндельних вузлів	2
2	Розрахунок жорсткості та несучої здатності підшипникових опор шпиндельних вузлів	2
3	Оцінювання впливу технологічних параметрів оброблення на якість поверхонь деталей шпиндельних вузлів	2
4	Вибір методів поверхневого зміцнення деталей шпиндельних вузлів та оцінювання їх ефективності	2
5	Розрахунок та оптимізація геометричних параметрів газостатичних і аеростатичних підшипникових опор	2
6	Оцінювання теплового стану шпиндельного вузла та розрахунок температурних деформацій	2
7	Аналіз динамічних характеристик шпиндельних вузлів та методів зниження вібрацій	2
8	Комплексне обґрунтування методів підвищення експлуатаційних характеристик деталей шпиндельного вузла на основі математичного моделювання	2

Теми лабораторних занять – не передбачені

Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	К-ть годин

1	Самостійне опрацювання тем теоретичного матеріалу	
1.1	*Аналіз сучасних концепцій конструктивних особливостей деталей вузлів*	4
1.2	*Визначення основних критеріїв працездатності: точності обертання, жорсткості, вібростійкості та довговічності*	4
1.3	*Розрахунок контактних навантажень, оцінювання жорсткості опор і впливу конструктивних параметрів на їх несучу здатність*	4
1.4	*Вибір раціональних параметрів оброблення для забезпечення заданої якості робочих поверхонь шпиндельних деталей*	5
1.5	*Обґрунтування доцільності застосування конкретного методу для валів, втулок і підшипникових деталей*	4
1.6	*Визначення впливу величини робочого зазору, геометрії опорної поверхні та параметрів подавання стисненого газу на несучу здатність і жорсткість опори*	4
1.7	*Оцінювання впливу температурного режиму на точність обертання та працездатність підшипникових опор*	5
1.8	*Аналіз напружено-деформованого стану, контактної взаємодії та впливу конструктивних і технологічних параметрів*	5
2	Опрацювання лекційного матеріалу	4
3	Підготовка до практичних занять	8
4	Підготовка до модульного контролю	8
5	Підготовка до складання диф. заліку	3
	Всього	**58**

Методи навчання

При вивченні дисципліни використовуються:

1. Дидактичні методи – лекції з використанням мультимедійних презентацій.

2. Практичні методи: лабораторні роботи та практичні роботи з використанням прикладного програмного забезпечення.

3. Метод самостійного навчання.

4. Активні методи: експрес опитування, тестування.

5. Словесні методи навчання: лекції, консультації.

Індивідуальні завдання

Метою індивідуальних занять є поглиблене вивчення дисципліни. Студенти всіх форм навчання виконують індивідуальне завдання у вигляді написання тез доповідей . Завдання включає весь матеріал, який було опрацьовано під час лекційних/практичних/лабораторних та самостійних занять.

Форми та методи контролю

Протягом вивчення дисципліни передбачається поточний та підсумковий форми контролів знань студентів.

Поточний контроль проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування студентів в результаті написання колоквіумів та виконаних контрольних робіт. Колоквіуми можуть проводитись за допомогою таких методів:

- письмової контрольної роботи;
- складання тестів у електронній системі університету;
- складання тестів у електронній системі університету та додаткової письмової контрольної роботи (додатково оголошується розподіл балів за складання тестів та виконання письмової роботи із загальної кількості балів, відведених на колоквіум).

Метод написання та максимально дозволений час колоквіуму оголошується студентам на першому тижні навчального семестру.

Підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом складання іспиту/заліку/диференційованого заліку за темами, що охоплюють весь курс дисципліни.

Метод та максимально дозволений час складання підсумкового контролю оголошується студентам на першому тижні навчального семестру.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Розподіл балів з навчальних видів робіт з дисципліни.

Навчальний семестр (денна форма)

Вид роботи	Семестр 3		Разом
	М 1	М 2	

Виконання практичних завдань	25	25	50
Колоквіуми	25	25	50
Усього за модуль	**50**	**50**	**100**
Диф. залік			0
Всього			**100**

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	**Оцінка ECTS**
90 - 100	**A**
82 - 89	**B**
75 - 81	**C**
64 - 74	**D**
60 - 63	**E**
35 - 59	**FX** незадовільно з можливістю повторного складання
0 - 34	**F** незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Критерії оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів вищої освіти

Рівень компе-тентно-сті	**За баль-ною шкалою**	**За шкалою ECTS**	**Критерії оцінювання**
IV Високий (творчий)	90 - 100	A	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин; виявлено глибокі знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, сформовано необхідні практичні навички вирішувати професійні завдання усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального.

III Достатній (конструктивний)	82 - 89	B	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин. Необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального.
	75 - 81	C	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин. Вміння викладати базові ідеї, а також практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо; усі передбачені програмою навчання завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками.
II Середній (репродуктивний)	64 - 74	D	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, виявлено знання та розуміння основних положень; необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань містять помилки.
	60 - 63	E	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання завдань не виконано або якість виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального.
I Низький	35 - 59	FX	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконане, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
	0 - 34	F	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

Критерії оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів за видами робіт

Рівень компетентності	**За шкалою ECTS**	**Критерії оцінювання**	
		Практичне завдання	**Колоквіум**

IV Високий (творчий)	A	**22.5-25 б.:** Виставляється при правильному та безпомилковому виконанні завдання	**22.5-25 б.:** 100% правильних відповідей
III Достатній (конструктивний)	B	**20.5-22.49 б.:** Виставляється при правильному виконанні завдання, але у відповідях допущені деякі несуттєві помилки, відсутні обґрунтування окремих положень.	**20.5-22.49 б.:** 82-89% правильних відповідей
	C	**18.75-20.49 б.:** Виставляється при правильному виконанні завдання, але з деякими незначними помилками, у відповідях допущені неправильні обґрунтування окремих положень.	**18.75-20.49 б.:** 75-81% правильних відповідей
II Середній (репродуктивний)	D	**16-18.74 б.:** Виставляється, якщо при виконанні завдання допущені помилки, які свідчать про недостатнє знання теорії	**16-18.74 б.:** 64-74% правильних відповідей
	E	**15-15.99 б.:** Виставляється, якщо при виконанні допущені помилки, які свідчать про недостатнє знання теорії, пояснення відсутні або фрагментарні.	**15-15.99 б.:** 60-63% правильних відповідей
I Низький	FX, F	**0-14.99 б.:** Виставляється у випадку, якщо завдання не виконане	**0-14.99 б.:** 0-59% правильних відповідей

Академічні права та обов'язки здобувачів вищої освіти

Здобувачі вищої освіти, які навчаються у ВНТУ, мають дотримуватися норм забезпечення честі, гідності, взаємної поваги і довіри, рівноправності та толерантності усіх учасників освітнього процесу шляхом дотримання принципів академічної доброчесності, викладених у «Положенні про академічну доброчесність у ВНТУ».

З метою запобігання та виявлення плагіату у навчальних роботах, розвитку навичок коректної роботи із джерелами інформації та впровадження практики належного цитування, дотримання вимог наукової етики та поваги до інтелектуальних надбань та активізація самостійності й індивідуальності при створенні авторського твору і відповідальності за порушення

загальноприйнятих правил цитування слід дотримуватись норм «Положення про запобігання академічному плагіату та порядок його виявлення у навчальних, наукових, кваліфікаційних та науково-методичних роботах у ВНТУ».

З метою визнання результатів навчання здобутих під час неформальної та/або інформальної освіти, тобто такої, що здобувалася за освітніми програмами та не передбачала присудження визнаних державою освітніх кваліфікацій за рівнями освіти, але могла завершуватися присвоєнням професійних та/або присудженням часткових освітніх кваліфікацій при навчанні на території України чи за її межами, а також освіти, яка здійснювалася у порядку самоосвіти, здобувачі вищої освіти можуть скористатися відповідними процедурами, наведеними у «Положення про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти у ВНТУ».

Здобувачі вищої освіти мають право оскаржити результати проміжних та підсумкових контрольних заходів, але на лише на підставі аргументованих пояснень, відповідно до «Порядку організації та проведення заліків, диференційованих заліків, екзаменів у ВНТУ», а також безпосередньо звернувшись до освітнього омбудсмена, згідно «Положення про освітнього омбудсмена з прав студентів ВНТУ».

З метою вирішення конфліктних ситуацій, що можуть виникнути у здобувачів освіти із іншими учасниками освітнього процесу та/або недопущення виникнення конфліктних ситуацій слід бути обізнаним у нормах «Кодексу етику ВНТУ». Здобувачі вищої освіти ВНТУ мають керуватися принципом «нульової толерантності» до будь-яких проявів корупції і повинні вживати всіх передбачених законодавством заходів щодо запобігання, виявлення та протидії корупції і пов’язаним з нею діям (практикам), відповідно до «Антикорупційної програми ВНТУ».

Наведені документи оприлюднені на сайті ВНТУ: https://vntu.edu.ua/uk/public-info/zag.html.

Основні інформаційні ресурси

1. Gao W., Ibaraki S., Donmez A. et al. Machine tool calibration: Measurement, modeling, and compensation of machine tool errors. International Journal of Machine Tools

and Manufacture. 2023. Vol. 187. Article 104017. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2023.104017.

2. Geometric error measuring, modeling, and compensation for CNC machine tools: A review. Chinese Journal of Aeronautics. 2024. Vol. 37, No. 2. P. 163–198. https://doi.org/10.1016/j.cja.2023.02.035.

3. Gärtner M., Brecher C., Neus S. et al. Stiffness increase in main spindles by using tapered roller bearings for aluminum cutting tests. Production Engineering. 2024. Vol. 18. P. 1023–1033. https://doi.org/10.1007/s11740-024-01291-1.

4. Dong B., Lei C., Liu K., Song R., Cui P. Research on dynamic characteristics of motorized spindle based on comprehensive stiffness of angular contact ball bearing. Mechanical Sciences. 2025. Vol. 16. P. 921. https://doi.org/10.5194/ms-16-921-2025.

5. Fang B., Wan S., Zhang J. et al. A comprehensive study of the effect of thermal deformation on the dynamic characteristics of the high-speed spindle unit with various preload forces. Mechanism and Machine Theory. 2024. Vol. 203. Article 105820. https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2024.105820.

6. Du F., Guo Z., Mo R. et al. Review and Prospect of Research Status on Sliding Bearing Coatings. Lubricants. 2025. Vol. 13, No. 11. Article 493. https://doi.org/10.3390/lubricants13110493.

7. Abdullayev H., Huseynzade E., Sable H. A Comprehensive Review of Wear Mechanisms and Mitigation Strategies for Tribological Systems. Tribology in Industry. 2025. Vol. 47, No. 2. P. 294–312. https://doi.org/10.24874/ti.1897.02.25.04.

8. Review of research on thermal error control of basic components of precision CNC machine tools. Manufacturing Technology & Machine Tool. 2025. No. 4. P. 77–86. https://doi.org/10.19287/j.mtmt.1005-2402.2025.04.011.

9. Breshev O., Nosko P., Bashta O. et al. Classification, Calculation Methods, and Directions for Technical Improvement of Gas-Lubricated Bearings. Problems of Friction and Wear. https://doi.org/10.18372/0370-2197.3(108).20487.

10. Duran-Castillo A., Jauregui-Correa J. C., Benítez-Rangel J. P. et al. Multi-Objective Optimization Design of Porous Gas Journal Bearing Considering the Fluid–Structure Interaction Effect. Applied Mechanics. 2024. Vol. 5, No. 3. P. 600–618. https://doi.org/10.3390/applmech5030034.

11. Zhang W. et al. Optimization design of conical gas hydrostatic bearing based on Kriging model. Bearing. 2025. No. 1. P. 14. https://doi.org/10.19533/j.issn1000-3762.202404006.

12. A review of robust thermal error reduction of machine tools. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2025. Vol. 209. Article 104298. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2025.104298.

13. Mu S., Yu C., Lin K. et al. A Review of Machine Learning-Based Thermal Error Modeling Methods for CNC Machine Tools. Machines. 2025. Vol. 13, No. 2. Article 153. https://doi.org/10.3390/machines13020153.

14. Wang Y., Cao Y., Qu X. et al. A review of the application of machine learning techniques in thermal error compensation for CNC machine tools. Measurement. 2025. Vol. 243. Article 116341. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.116341.

15. Breshev O., Nosko P., Bashta O. et al. Study of the Dynamics of Spindle Shaft on Gas-Static Bearings. Problems of Friction and Wear. https://doi.org/10.18372/0370-2197.1(102).18433.

16. A comprehensive prediction and compensation method of spindle thermal error for a CNC grinding machine. Digital Engineering. 2024. Vol. 2. Article 100012. https://doi.org/10.1016/j.dte.2024.100012.

17. Bereziuk O., Petrov O., Vishtak I., Kolomiiets V. Influence of Working Fluid Temperature and Delivery Coefficient of Regulated Axial Piston Pump on Power Supplied to Hydraulic Motor // In: Ivanov V., Campilho R.D., Silva F.J.G. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing IX. DSMIE 2026. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Springer, Cham. 2027. – P. 235-248. – ISSN 2195-4356 – https://doi.org/10.1007/978-3-032-39549-8_18

18. Віштак І. В., Сорока М. О. Фізико-математичне моделювання процесу відновлення підшипників ковзання з використанням полімерів // Вісник машинобудування та транспорту. 2026. № 1. С. 17–24. URI: https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/447.

19. Віштак І.В., Сорока М. О. Фізико-математичне моделювання процесу відновлення підшипників ковзання з використанням полімерів // Вісник машинобудування та транспорту. 2026. № 1. С. 17-24.

20. Gribkov, E. P., Kukhar, V. V., Dobronosov, Yu K., Vishtak, Inna V. Numerical Modeling and Optimization of Technological Parameters for Rotary Forming of Vehicle Wheel Rims // Lecture Notes in Mechanical EngineeringOpen source preview, 2026, pp. 139–150. DOI: 10.1007/978-3-032-14926-8_12

21. Віштак І. В., Прямухіна Н.В. Розвиток інноваційного потенціалу машинобудівних підприємств в умовах кризи: основні аспекти і практична реалізація. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки.Том 338 № 1. 2025.

22. Віштак І. В., Кудратов М. М. Аналіз способів зміцнення поверхневого шару деталей газових підшипників // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2025. № 2. С. 171-178.

23. Bereziuk O., Petrov O., Vishtak I. The Impact of the Parameters of the Briquetting Process Using a Hydraulic Press on the Density Briquettes of Plant Waste. Springer Nature Switzerland AG 2025 V. Ivanov et al. (Eds.): DSMIE 2025, LNME, pp. 83-97, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95218-0_8

24. Віштак І.В,, Мельченко А.С. Вплив режимів шліфування на основні параметри якості поверхневих шарів газових підшипників та їх експлуатаційні властивості. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип.

11(42), ч. II. 11(42).2.87-98. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.

25. Віштак І.В., Сорока М.О. Експлуатаційні показники нерухомих з`єднань підшипників під час їх роботи. Наукові праці ВНТУ, 2025. № 2. Черв. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/767 https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-2-232-238

26. Сорока М. О., Віштак І. В. Експлуатаційні показники нерухомих з`єднань підшипників під час їх роботи // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Електрон. текст. дані. 2025. № 2. URI: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/822.