

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

[Handwritten signature]
(підпис)

Наталія Метеленко
(прізвище, ім'я)

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ
(назва навчальної дисципліни)
РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки магістрів
(назва освітнього ступеня)

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізації / предметної спеціальності _____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма Металургійне обладнання
(назва)

Укладач / Укладачі: Васильченко Т.О., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри металургійного обладнання
(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри металургійного
обладнання

Протокол № 21 від " 28 " серпня 2023 р.
В.о. зав. кафедри

[Handwritten signature]
(підпис)

А.О.Власов
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Гарант ОП

[Handwritten signature]
(підпис)

А.О. Власов
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
Інженерного навчально-наукового інституту
ім.Ю.М. Потебні
Протокол № 1 від " ____ " серпня 2023 р.
Голова науково-методичної ради

[Handwritten signature]
(підпис)

Т.А. Шарапова
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Відповідальний за секцію «Металургійний
профіль»

[Handwritten signature]
(підпис)

О.С. Воденнікова
(ініціали, прізвище)

2023 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)	Кількість кредитів – 5	Обов'язкова	
		Цикл професійної підготовки освітньої програми	
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування (шифр і назва)	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
Спеціалізація / Предметна спеціальність (для спеціальностей 014, 016, 035, 227)		1-й	1-й
Освітньо-професійна програма «Металургійне обладнання» (назва)	Змістових модулів – 8	Лекції	
		20 год.	6 год
Рівень вищої освіти: магістерський	Кількість поточних контрольних заходів – 18	Практичні	
		20 год.	4 год
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		110 год.	140
		Вид підсумкового семестрового контролю: екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Наукові дослідження металургійного обладнання» є надання студентам знань та загального уявлення щодо практичного здійснення експериментальних та аналітичних досліджень металургійного обладнання.

Завданням вивчення дисципліни є:

- ознайомлення з теоретичними та практичними основами проведення наукових досліджень;
- здобуття вмінь складання математичних моделей при проведенні досліджень;
- вивчення методик складання та проведення експерименту для пошуку оптимальних параметрів обладнання, що проектується та виявлення причин незадовільної роботи існуючого;
- оволодіння методикою статистичної обробки отриманих результатів.
- оволодіння навичками прогнозування поведінки металургійного обладнання протягом всього його життєвого циклу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
ІК. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми галузевого машинобудування, що передбачають дослідження та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов та вимог.	Лекційний курс та практичні заняття
ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел ЗК4. Здатність бути критичним і самокритичним ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення	Практичні заняття
СК1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.	Лекційний курс, практичні заняття та модульний контроль
РН5. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи РН6. Відшукувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її РН8. Вміння системно аналізувати інженерні об'єкти, процеси і методи в металургійній та суміжних галузях виробництва	Лекційний курс, практичні заняття та модульний контроль

Міждисциплінарні зв'язки.

Навчальна дисципліна «Наукові дослідження металургійного обладнання» продовжує теоретичну та технічну підготовку здобувача освіти і базується на знаннях, що отримані при проходженні програми бакалаврського рівня та здобуваються при вивченні дисциплін "Нові процеси та машини металургійного виробництва" і "Надійність механічних систем", та забезпечує наступне вивчення дисципліни «Імітаційне моделювання та експеримент», «Динаміка і міцність» і написання кваліфікаційної випускної роботи.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Організація наукової діяльності

Методологічні основи наукового пізнання. Логічні, теоретичні та емпіричні методи пізнання : аналіз, синтез, індукція, дедуція, аналогія, формалізація, узагальнення, абстрагування, спостереження, опис, рахування, вимірювання, експеримент, порівняння. Основні етапи наукових досліджень в галузі металургійного обладнання. Пошук, зберігання та обробка інформації.

Змістовий модуль 2. Теоретичні дослідження металургійного обладнання

Задачі та методи теоретичних досліджень. Обмеження і припущення при плануванні і проведенні досліджень. Моделювання досліджуваних об'єктів. Види моделей. Принципи подоби. Моделювання коливальних систем.

Змістовий модуль 3. Експериментальні дослідження металургійного обладнання

Сутність експерименту та загальні вимоги до проведення. Організація експериментальних досліджень. Електротензометричний метод експериментальних досліджень, метод сіток, метод муарових смуг, поляризаційно-оптичний метод, метод оптично чутливих і крихких покриттів. Основні вимірювальні схеми. Тарування датчиків.

Змістовий модуль 4. Експериментальне визначення механічних параметрів металургійного обладнання

Вимірювання зусиль, напружень та крутних моментів. Вимірювання лінійних і кутових переміщень. Вимірювання лінійних та кутових швидкостей і прискорень.

Змістовий модуль 5. Планування експерименту

Випадкова величина. Визначення об'єму випробувань. Класифікація планів.

Область визначення, інтервали варіювання, Рівні факторів. Кодування факторів. Матриці планування експериментів.

Змістовий модуль 6. Обробка результатів експериментальних досліджень

Апроксимація. Інтерполяція. Екстраполяція. Складання емпіричних формул. Кореляційний та регресійний аналіз. Оцінка точності отриманих результатів. Статистична обробка результатів експерименту.

Змістовий модуль 7. Оптимізація отриманих результатів

Методи оптимізації рішень. Постановка задачі оптимального проектування. Критерії оптимізації. Багатокритеріальна оптимізація. Задача Паретто.

Змістовий модуль 8. Оформлення результатів наукових досліджень

Форми наукової продукції. Випускна кваліфікаційна робота студента. Вимоги та рекомендації до оформлення матеріалів.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Практичні /Лабораторні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
		о/дф	з/дист	о/дф	з/дист	о/дф	з/дист	о/дф	з/дист			
1	2	6	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	15	4	0,5	2	0,5	2	-	11	14,5	5	2	7
2	15	8	2	4	1	4	1	7	13	5	4	9
3	15	4	2	2	1	2	1	11	13	5	2	7
4	15	4	1	2	1	2	-	11	14	5	2	7
5	15	4	0,5	2	0,5	2	-	9	14,5	5	2	7
6	15	8	3	4	1	4	2	9	12	5	4	9
7	15	4	0,5	2	0,5	2	-	11	14,5	5	2	7
8	15	4	0,5	2	0,5	2	-	11	14,5	5	2	7
Усього за змістові модулі	120	40	10	20	6	20	4	80	110	40	20	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30							30	30			40
Загалом		150								100		

5. Теми лекційних занять

№ змістово го модуля	Назва теми	Кільк. годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Методологічні основи наукового пізнання	1	-
	Основні етапи наукових досліджень в галузі металургійного обладнання. Пошук, зберігання та обробка інформації.	1	0,5
2	Задачі та методи теоретичних досліджень. Обмеження і припущення при плануванні і проведенні досліджень.	2	0,5
	Моделювання досліджуваних об'єктів та принципи подоби. Особливості моделювання коливальних систем.	2	0,5
3	Сутність експерименту та загальні вимоги до проведення. Організація експериментальних досліджень	1	0,5
	Методи експериментальних досліджень металургійного обладнання.	1	0,5
4	Вимірювання зусиль, напружень та крутних моментів.	1	0,5
	Вимірювання лінійних і кутових переміщень, швидкостей і прискорень.	1	0,5
5	Імовірносне представлення випадкової величини.	1	0,5
	Визначення об'єму випробувань.	1	
6	Математичні методи обробки експериментальних даних. Кореляційний та регресійний аналізи.	2	0,5
	Статистична обробка результатів експерименту	2	0,5
7	Методи оптимізації рішень	1	-
	Постановка задачі оптимального проектування. Критерії оптимізації	1	0,5
8	Форми наукової продукції	1	-
	Вимоги та рекомендації до оформлення матеріалів.	1	0,5
Разом		20	6

6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Постановка задачі, вибір напрямку та виділення основних етапів дослідження. Оволодіння навиками патентного пошуку.	2	-
2	Зведення фізичних параметрів багатомасових систем до одного валу	2	
	Побудова математичної моделі досліджуваного об'єкту.	2	1
3	Складання плану експериментальних досліджень	2	1
4	Вибір відповідної вимірювальної та реєструючої апаратури.	2	-
5	Складання матриці повного факторного експерименту	2	-
6	Оцінка випадкових помилок. Визначення довірчого інтервалу. Виявлення та виключення промахів.	2	1
	Визначення виду та параметрів функціональної залежності.	2	1
7	Вибір критеріїв оптимальності.	2	-
8	Оформлення результатів досліджень у вигляді наукового звіту.	2	-
Разом		20	4

7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тестове завдання №1	Питання для підготовки: Визначення предмету і сутності науки. Сутність процесу наукового пізнання. Ознаки наукової діяльності. Структура формування теорії. Визначення наукової ідеї, гіпотези, теорії, закону. Види, функції та предмет наукової діяльності. Суб'єкт та предмет наукової діяльності. Методи наукового пізнання. Види оформлення результатів наукової діяльності. Етапи наукових досліджень.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота №1	Вимоги до виконання та оформлення: - розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; - неповне виконання або помилки – 1 бал; - невиконана робота або виконана повністю невірно – 0 балів.	2
Усього за ЗМ 1 контр. заходів	2	-	-	7
2	Тестове завдання №2	Питання для підготовки: Методи теоретичних досліджень. Послідовність етапів виконання теоретичних досліджень. Обмеження і припущення при проведенні досліджень. Критерії подоби. Принципи подоби. Математичне моделювання.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5

	Практична робота №2	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; - неповне виконання або помилки – 1 бал; - невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.	2
	Практична робота №3	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; - неповне виконання або помилки – 1 бал; - невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.	2
Усього за ЗМ 2 контр. заходів	3	-	-	9
3	Тестове завдання №3	Питання для підготовки: Сутність експерименту та загальні вимоги до проведення. Етапи експериментальних досліджень. Електротензометричний метод експериментальних досліджень. Метод сіток. Метод муарових смуг. Поляризаційно-оптичний метод. Метод оптично чутливих і крихких покриттів. Основні вимірювальні схеми. Тарирування датчиків.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота №4	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі	Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі (всі поставлені завдання виконані повністю – 2	2

		документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	бали; неповне виконання або помилки – 1 бал; невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів)	
Усього за ЗМ 3 контр. Заходів	2	-	-	7
4	Тестове завдання №4	Питання для підготовки: Вимірювання зусиль, напружень та крутних моментів. Вимірювання лінійних і кутових переміщень. Вимірювання лінійних та кутових швидкостей і прискорень	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота № 5	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі (всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; неповне виконання або помилки – 1 бал; невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів)	2
Усього за ЗМ 4 контр. заходів	2	-	-	7
5	Тестове завдання №5	Питання для підготовки: Випадкова величина. Визначення об'єму випробувань. Класифікація планів. Область визначення інтервали варіювання. Рівні факторів. Кодування факторів. Матриці планування експериментів.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5

	Практична робота № 6	<p>Вимоги до виконання та оформлення:</p> <p>-розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках.</p> <p>- завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.</p>	<p>Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі (всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; неповне виконання або помилки – 1 бал; невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів)</p>	2
Усього за ЗМ 5 контр. заходів	2	-	-	7
6	Тестове завдання №6	<p>Питання для підготовки: Апроксимація. Інтерполяція. Екстраполяція. Складання емпіричних формул. Кореляційний та регресійний аналіз. Оцінка точності отриманих результатів. Статистична обробка результатів експерименту.</p>	<p>Загальна кількість - 3 спроби.</p> <p>- правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю;</p> <p>- не правильна відповідь – 0 балів.</p>	5
	Практична робота № 7	<p>Вимоги до виконання та оформлення:</p> <p>-розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках.</p> <p>- завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.</p>	<p>Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі (всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; неповне виконання або помилки – 1 бал; невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів)</p>	2
	Практична робота № 8	<p>Вимоги до виконання та оформлення:</p> <p>-розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках.</p> <p>- завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.</p>	<p>Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі (всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; неповне виконання або помилки – 1 бал; невиконана робота</p>	2

			або виконана повністю невірно– 0 балів)	
Усього за ЗМ 6 контр. заходів	3	-	-	9
7	Тестове завдання №7	Питання для підготовки: Методи оптимізації рішень. Постановка задачі оптимального проектування. Критерії оптимізації. Багатокритеріальна оптимізація. Задача Паретто.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота № 9	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі (всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; неповне виконання або помилки – 1 бал; невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів)	2
Усього за ЗМ 7 контр. заходів	2	-	-	7
8	Тестове завдання №8	Питання для підготовки: Форми наукової продукції. Випускна кваліфікаційна робота студента. Вимоги та рекомендації до оформлення матеріалів.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота № 10	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на	Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі (всі поставлені завдання виконані повністю – 2 бали; неповне	2

		аркушах паперу формату А4.	виконання або помилки – 1 бал; невиконана робота або виконана повністю невірно – 0 балів)	
Усього за ЗМ 8 контр. заходів	2	-	-	7
Усього за змістові модулі контр. заходів	18			60

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Екзамен	Теоретичне завдання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поняття наукового пізнання. Методи теоретичних та експериментальних досліджень. 2. Основні топи наукових досліджень. 3. Пошук, накопичення та опрацювання наукової інформації. 4. Задачі та методи теоретичних досліджень. 5. Подоба та моделювання в наукових дослідженнях. 7. Моделі та їх класифікація. Побудова моделей. 8. Сутність та теореми подоби. 9. Критерії подоби. Перерахунок результатів модельних випробувань на натуру.. 10. Класифікація, типи та задачі експерименту. 11. Класифікація планів експерименту. 12. Визначення інтервалів 	Відповідь на запитання викладача з курсу «Наукові дослідження металургійного обладнання» потребує повної аналітичної і змістовної відповіді (оцінюється від 0 до 20 балів): 20 балів – студент правильно відповів на всі поставлені теоретичні питання; 10 -19 балів – студент дав не повну відповідь без суттєвих помилок, або з незначними помилками;	20

		<p>варіювання, рівні факторів, кодування факторів.</p> <p>13 Матриця планування повного факторного експерименту.</p> <p>14. Дробовий факторний експеримент.</p> <p>15. Основні етапи тарування. Запис осцилограми, побудову графіка, визначення масштабу запису.</p> <p>16. Основні види датчиків для вимірювання зусиль.</p> <p>17. Датчики для виміру крутних моментів.</p> <p>18. Датчики для виміру переміщень.</p> <p>19. Датчики для виміру швидкостей.</p> <p>20. Датчики для вимірювання прискорень.</p> <p>21. Види похибок експериментів.</p> <p>22. Закони розподілу випадкових величин.</p> <p>23. Чисельні характеристики випадкових величин.</p> <p>24. Інтервальні оцінки вимірюваних величин та їх похибок.</p> <p>25. Перевірка однорідності виборок та дисперсій.</p> <p>26. Дисперсійний аналіз.</p> <p>27. Кореляційний аналіз.</p> <p>28. Регресійний аналіз.</p>	<p>6 - 9 балів – студент отримує у випадку, якщо він відповідає не менше, ніж на 30 % питання, зокрема знає тільки визначення понять та в загальних рисах може відповісти на поставлене запитання;</p> <p>0 - 5 бали – студент отримує у випадку, якщо він знає тільки визначення понять;</p> <p>0 балів – студент не відповів на питання або дав не правильну відповідь.</p>	
	<p>Практичне завдання</p>	<p>Вимоги до виконання та оформлення:</p> <ul style="list-style-type: none"> -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, викладеного в методичних вказівках. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4. 	<p>Робота оцінюється викладачем від 0 до 2 балів в залежності від повноти виконаних розрахунків:</p> <p>20 балів - всі необхідні розрахунки виконані вірно і повністю;</p> <p>виконані повністю – 10-19 балів – розрахунки виконані не повністю або містять деякі помилки;</p> <p>6-9 балів – робота</p>	<p>20</p>

			виконана суттєвими помилками, обсяг розрахунків не перевищує 30%; 0-5 балів – робота виконана не вірно.	3 або
Усього за підсумковий семестровий контроль				40

9. Рекомендована література

Основна:

1. Болтянська Н.І. Технології наукових досліджень в технічному сервісі: курс лекцій . Мелітополь: Люкс, 2021. 374 с.
2. Болтянська Н.І., Скляр О.Г. Технології наукових досліджень: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2022. 682 с., іл
3. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: НАУ, 2017. – 392 с.
4. Данильян О.Г., О. П. Дзьобань О.П. Організація та методологія наукових досліджень : навч. посіб. Харків : Право, 2017. 448 с.
5. Методологія та організація наукових досліджень [Електронний ресурс]: навч. посіб. / І. С. Добронравова, О. В. Руденко, Л. І. Сидоренко та ін. ; за ред. І. С. Добронравової (ч. 1), О. В. Руденко (ч. 2). Київ : ВПЦ "Київський університет", 2018. – 607 с

Додаткова:

1. Васильченко Т.О. Наукові дослідження металургійного обладнання: методичні вказівки до самостійної, практичної та контрольної роботи для студентів ЗДІА напряму підготовки 133 Галузеве машинобудування [електр.]. Запоріжжя, ЗДІА, 2018. 43 с.
2. Жук А.Я., Желябіна Н.К., Малишев Г.П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 1. Теоретичні дослідження: навч. посібник. Київ: Кондор, 2012. 184 с.
3. Жук А.Я., Желябіна Н.К., Малишев Г.П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 2. Експериментальні дослідження: навч. посібник. К.:

Кондор, 2012. - 221 с.

4. Баранюк О. В. Математичне моделювання систем та процесів. Комп'ютерний практикум в Ansys. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 115 с.

5. Using the "minimum risk" method in the technical diagnosis of metallurgical equipment / O. Hrechanyi et al. *System technologies*. 2022. Vol. 3, no. 140. P. 24–34. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-140-2022-03>

6. Analysis of constructive factors affecting the fatigue strength of metallurgical equipment parts / O. M. Hrechanyi et al. *System technologies*. 2023. Vol. 2, no. 145. P. 19–29. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-145-2023-03>

7. Шевченко І. А., Васильченко Т. О., Кобрін Ю. Г., Гречаний О. М. Стенд для дослідження матеріалів на тертя та знос. Патент на корисну модель №131442. G01N 3/56. Київ: Бюл. №1, 2019. 1 с.

Інформаційні джерела:

1. Курс «Наукові дослідження металургійного обладнання» на платформі дистанційного навчання Moodle. Режим доступу URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8932>

2. Відділ обслуговування інженерного інституту НБ ЗНУ. Режим доступу URL: <https://libvo.znu.edu.ua/ukr/index.php>

3. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України. Режим доступу URL: <http://cgntb.dp.ua>

4. Запорізька обласна універсальна наукова бібліотека. Режим доступу URL: <http://zounb.zp.ua>

5. Національна бібліотека України ім. В.І Вернадського. Режим доступу URL.: <http://nbuv.gov.ua>

6. Наукова електронна бібліотека періодичних видань НАН України. Режим доступу URL.: <http://dspace.nbuv.gov.ua/>

7. Наукова періодика україни. Режим доступу URL.: <https://journals.uran.ua/index>

8. Сервіс повнотекстового пошуку книг, оцифрованих компанією Google. Режим доступу URL.: <https://books.google.com/>

9. Електронна версія акумулятивного офіційного бюлетеня "Промислова власність". Режим доступу URL.: <https://base.uipv.org/searchBul/>

10. Відкрита глобальна мережа патентної документації Lens. Режим доступу URL.: <https://www.lens.org/>