

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

___ серпня 2026 р.,

протокол № __

Голова Вченої ради

_____ Андрій ТКАЧУК

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «САЕ В ЗАДАЧАХ МЕХАНІКИ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 131
«Прикладна механіка» освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані
технології машинобудування»

факультет: комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
(назва факультету)

кафедра: механічної інженерії
(назва кафедри)

Схвалено на засіданні кафедри
механічної інженерії та автомобільного
транспорту

«___» серпня 2026 р.,

протокол № __

В.о. завідувача кафедри

_____ Яна КОВАЛЕНКО

Гарант освітньо-професійної програми

_____ Ярослав СТЕПЧИН

Розробник: к.т.н., доцент кафедри МІ та АТ МЕЛЬНИК Олександр
(науковий ступінь, посада, прізвище та власне ім'я)

Житомир

2026 – 2027 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 2

Робоча програма навчальної дисципліни «САЕ в задачах механіки» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійна програма “Комп'ютеризовані технології машинобудування” затверджена Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки від ____ серпня 2026 р., протокол № ____.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 3

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма здобуття вищої освіти	заочна форма здобуття вищої освіти
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 13 «Механічна інженерія»	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність 131 «Прикладна механіка»		
Змістових модулів – 3		Рік підготовки: 3-й	-
		Семестр 5	-
Загальна кількість годин – 90 год.		Освітній ступінь: «бакалавр»	Лекції 16 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 год.; самостійної роботи – 2,625 год.	Практичні 0 год.		-
	Лабораторні 32 год.		-
	Самостійна робота 42 год.		-
	Вид контролю: Екзамен		

Частка аудиторних занять і частка самостійної та індивідуальної роботи у загальному обсязі годин з навчальної дисципліни становить для денної форми здобуття вищої освіти – 53,3 % аудиторних занять, 46,7 % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 4

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни – є набуття знань, формування навичок та умінь здобувачів вищої освіти виконувати дослідження напружено-деформований стану об'єктів машинобудування за допомогою FEA (Finite Element Analysis) в середовищі SolidWorks Simulation для пришвидшення етапів дизайну виробів.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- формування базових знань з FEM та алгоритму виконання FEA;
- вивчення характеристик математичних моделей механіки матеріалів, що доступні базі SolidWorks Simulation за замовчуванням;
- вивчення основних типів досліджень в SolidWorks Simulation, встановлення меж функціональності лінійної статичної постановки задач дослідження напружено-деформованого стану моделей;
- набуття знань та умінь формувати силові та кінематичні граничні умови дослідження в межах FEA;
- формування знань та вмінь постановки контактних задач для статичних досліджень;
- вивчення особливостей дискретизації геометричних моделей в різних типах дослідження SolidWorks Simulation за допомогою різних типів скінченних елементів;
- набуття знань і навичок виконання базових оптимізаційних дослідження виробів машинобудування.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» та освітньою програмою «Комп'ютеризовані технології машинобудування»:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК9. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 5

ЗК12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК13. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

ФК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

ФК7. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів навчання** за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»:

РН 3. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин.

РН 4. Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.

РН 8. Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практичного використання прикладного програмного забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень.

РН 12. Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE).

Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти зможуть отримати наступні Soft skills :

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 6

- *комунікативні навички*: письмове, вербальне й невербальне спілкування; уміння грамотно спілкуватися по e-mail; вести дискусію і відстоювати свою позицію; навички працювати в команді;
- *уміння виступати привселюдно*: навички, необхідні для виступів на публіці; навички проведення презентації;
- *керування часом*: уміння справлятися із завданнями вчасно;
- *гнучкість і адаптивність*: гнучкість, адаптивність і здатність змінюватися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблеми;
- *лідерські якості*: уміння спокійно працювати в напруженому середовищі; уміння ухвалювати рішення; уміння ставити мету, планувати діяльність;
- *особисті якості*: креативне й критичне мислення; етичність, чесність, терпіння, повага до оточуючих.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Дослідження напружено-деформованого стану деталей та збірок в середовищі SolidWorks Simulation

Змістовий модуль 1. Основи FEM та лінійної постановка статичного дослідження

Тема 1. Вступ до аналізу методом скінченних елементів (ЗК1, ЗК7, ЗК9, ЗК12, ФК5, ФК7, РН8).

Аналіз методом скінченних елементів для прогнозування поведінки досліджуваного об'єкта. Визначення термінів FEM та FEA. Загальний опис FEM. Приклади аналізу методом скінченних елементів. Загальні визначення процесу аналізу методом скінченних елементів в сучасних системах автоматизованого проектування (САПР): підготовчий етап (Pre-process), обчислювальний етап (Process), післяобробка (Post-process).

Переваги та обмеження FEA. Типи можливих досліджень FEA (в контексті SolidWorks Simulation).

Термінологія FEA.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 7

Загальний алгоритм реалізації FEA. Короткі відомості про типи скінченних елементів.

Тема 2. Елементи теорії методу скінченних елементів на прикладі одновимірної задачі (ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК7, ФК5, РН3, РН4, РН8).

Глобальне рівняння жорсткості.

Диференційна (“сильна”) форма рівняння рівноваги стержня як відправна точка FEA для задачі розтягу стержня.

Інтегральна (“слабка”) форма рівняння рівноваги стержня: концептуальний перехід від “сильної форми”, поняття тестової функції та віртуального переміщення як інструменту формулювання задачі.

Апроксимація поля переміщень на прикладі 2-вузлового лінійного елемента.

Зв'язок деформацій і переміщень. Формування елементної матриці жорсткості та її фізична інтерпретація.

Збірка елементних матриць у глобальну систему рівнянь.

Граничні умови як математична основа закріплень та навантажень у FEA: задані переміщення (Dirichlet) та задані сили (Neumann).

Розв'язання глобальної системи рівнянь: визначення деформацій, напружень і внутрішніх сил.

Змістовий модуль 2. Типи досліджень, механіка матеріалів та граничні умови в FEA

Тема 3. Типи FEA-досліджень. Межі застосування лінійної постановки задачі (ЗК2, ЗК7, ЗК9, ЗК12, ЗК13, ФК5, РН3, РН8, РН12).

Основні типи досліджень методом скінченних елементів у САПР. Короткі теоретичні відомості про лінійну та нелінійну постановки статичного дослідження. Нелінійні статичні дослідження в Solidworks Simulation: геометрична нелінійність, контактна нелінійність та фізична нелінійність.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 8

Короткі теоретичні відомості про частотний (модальний) аналіз та про дослідження втрати стійкості. Загальні відомості про термічні дослідження.

Короткі відомості про дослідження проектування, лінійні динамічні дослідження, дослідження механічної втоми та дослідження на удар (падіння).

Межі застосування лінійної постановки задач, припущення лінійності.

Короткі відомості про теорії міцності та еквівалентні напруження за замовчуванням (von Mises stress) у SolidWorks Simulation.

Тема 4. Моделі механіки матеріалів (ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК7, ЗК9, ЗК12, ФК2, ФК5, ФК7, РН3, РН4, РН8, РН12).

Основні відомості про деякі фізико-механічні властивості матеріалів. Властивості матеріалів в Simulation. Модуль Юнга. Коефіцієнт Пуассона. Модуль зсуву. Густина. Границя (межа) міцності при розтягу (Tensile Strength) та стиску (Compressive Strength). Границя текучості (Yield Strength): верхня границя текучості, нижня границя текучості, умовна границя текучості при залишковій деформації 0.2%.

Особливості відображення властивостей матеріалів, що необхідні для різних типів досліджень в Simulation.

Матеріали у нелінійному статичному дослідженні: крива напруження-деформації (Stress-Strain Curve), доступні моделі механіки матеріалів в SOLIDWORKS Simulation

Тема 5. Граничні умови в FEA (ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК7, ЗК9, ЗК12, ЗК13, ФК5, ФК7, РН4, РН8).

Загальні відомості про кінематичні та силові граничні умови.

Підходи до вибору граничних умов, типу навантаження, способу закріплення та адекватної моделі матеріалу.

Граничні умови в SolidWorks Simulation (External Loads, Fixtures та Connection): силові та кінематичні граничні умови.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 9

Інженерна постановка граничних умов. Коректність кінематичних умов: неповне закріплення, надлишкове закріплення та рух твердого тіла (rigid body motion). Основні типи навантажень у SolidWorks Simulation.

Змістовий модуль 3. Дискретизація моделей, контактні умови збірок і оптимізаційні дослідження в FEA

Тема 6. Дискретизація моделей в FEA (ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК9, ЗК12, ЗК13, ФК2, ФК5, ФК7, РН3, РН4, РН8, РН12).

Загальні відомості про типи скінченних елементів.

Скінченно-елементна сітка для об'ємної геометричної моделі: об'ємні скінченні елементи першого і другого порядку (чорнова і чистова сітки), стандартна сітка, сітка на основі кривизни і на основі змішаної кривизни.

Повузлові і поелементні напруження, перевірка коректності повузлових напружень.

Активні точки напружень, методи локального згущення сітки.

Вплив ліній роз'єму (split lines) на формування сітки.

Деякі особливості скінченно-елементних сіток для основних досліджень в середовищі SolidWorks Simulation.

Скінченно-елементні сітки для каркасних та оболонкових моделей. Т-подібний перетин в оболонкових моделях, поелементні напруження. Менеджер оболонок

Збіжність скінченно-елементної сітки. Загальні відомості про верифікацію та валідацію дослідження.

Тема 7. Контактні умови збірок (ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК7, ЗК9, ЗК13, ФК2, ФК5, ФК7, РН3, РН4, РН8, РН12).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 10

Основні відомості про контактні умови та їх ієрархічні рівні в контексті SolidWorks Simulation. Глобальна взаємодія. По-компонентна взаємодія. Локальна взаємодія.

Ієрархія пріоритетів.

Типи контактів (взаємодій) геометричних об'єктів (тіл багатотільної деталі та/або деталей в збірці) у SolidWorks Simulation: зв'язаний контакт (Bonded), контакт (No Penetration / Contact), вільна взаємодія (Allow Penetration / Free), посадка з натягом (Shrink Fit) та віртуальна стінка (Virtual Wall).

Додаткові налаштування контактних умов: тертя (Friction), примусове створення спільних вузлів на межах дотику (контакту), розширені налаштування локального контакту.

Тема 8. Параметрична та топологічна оптимізація (ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК7, ЗК9, ЗК12, ЗК13, ФК2, ФК5, ФК7, РН3, РН4, РН8, РН12)

Дослідження проектування в SolidWorks Simulation. Види оптимізаційних досліджень в SolidWorks Simulation. Параметрична оптимізація: цільова функція, змінні, обмеження та цілі; алгоритм виконання параметричної оптимізації.

Топологічна оптимізація: загальні теоретичні відомості про топологічну оптимізацію; коротка інформація про SIMP метод. Налаштування елементів виробничого контролю в топологічній оптимізації. Робота із топологічно оптимізованою геометрією.

Порівняння можливостей параметричної та топологічної оптимізації в SolidWorks.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 11

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усьог о	лекції	лабор аторн і	самос тійна робот а	усьог о	лекції	лабор аторн і	самос тійна робот а
Модуль 1.								
Змістовий модуль 1. Основи FEM та лінійної постановка статичного дослідження								
Тема 1. Вступ до аналізу методом скінченних елементів	11,0	2,0	4,0	5,0	-	-	-	-
Тема 2. Елементи теорії методу скінченних елементів на прикладі одновимірної задачі	8,0	2,0	2,0	4,0	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	19,0	4,0	6,0	9,0	-	-	-	-
Змістовий модуль 2. Типи досліджень, механіка матеріалів та граничні умови в FEA								
Тема 3. Типи FEA-досліджень. Межі застосування лінійної постановки задач	14,0	2,0	6,0	6,0	-	-	-	-
Тема 4. Моделі механіки матеріалів	11,0	2,0	4,0	5,0	-	-	-	-
Тема 5. Граничні умови в FEA	11,0	2,0	4,0	5,0	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	36,0	6,0	14,0	16,0	-	-	-	-
Змістовий модуль 3. Дискретизація моделей, контактні умови збірок і оптимізаційні дослідження в FEA								
Тема 6. Дискретизація моделей в FEA	11,0	2,0	4,0	5,0	-	-	-	-
Тема 7. Контактні умови збірок	12,0	2,0	4,0	6,0	-	-	-	-
Тема 8. Параметрична та топологічна оптимізація	12,0	2,0	4,0	6,0	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 3	35,0	6,0	12,0	17,0	-	-	-	-
ВСЬОГО	90,0	16,0	32,0	42,0	-	-	-	-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 12

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
МОДУЛЬ 1			
Змістовий модуль 1. Основи FEM та лінійної постановка статичного дослідження			
1.	Вступ до аналізу методом скінченних елементів. SimulationXpress. Статичний аналіз кронштейна. Аналіз деталей з листового металу. Аналіз деталей з елементами, що виконані за допомогою поверхонь	4,0	-
2.	Елементи теорії методу скінченних елементів. Епюри балки. Статичний аналіз ферми. Складові напружено-деформованого стану при різних видах навантаження. Розширені відображення результатів досліджень.	2,0	-
Змістовий модуль 2. Типи досліджень, механіка матеріалів та граничні умови в FEA			
3.	Типи FEA-досліджень. Межі застосування лінійної постановки задач. Виконання частотного дослідження. Виконання дослідження втрати стійкості стиснутого стержня. Пластична деформація. Еквівалентні напруження та коефіцієнт запасу міцності	6,0	-
4.	Тема 4. Моделі механіки матеріалів. Статичні дослідження для різних типів моделей механіки матеріалів. Пружно-пластичний аналіз.	4,0	-
5.	Граничні умови в FEA. Умови симетрії. Нерівномірний тиск. Задачі з болтовими та штифтовими з'єднувачами. Застосування дистанційних силових факторів.	4,0	-
Змістовий модуль 3. Дискретизація моделей, контактні умови збірок і оптимізаційні дослідження в FEA			
6.	Тема 6. Дискретизація моделей в FEA. Адаптивні методи. Статичні дослідження з гібридними сітками	4,0	-
7.	Контактні умови збірок. Посадка з натягом. Формування контактних умов швидкозйомної муфти	4,0	-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 13

8.	Параметрична та топологічна оптимізація. Виконання дослідження проектування та пошук тенденцій конструції, оптимізаційні дослідження	4,0	-
РАЗОМ		32	0

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
МОДУЛЬ 1			
Змістовий модуль 1. Основи FEM та лінійної постановка статичного дослідження			
1.	Вступ до аналізу методом скінченних елементів. Основні програмні продукти, що застосовуються в механічній інженерії для оцінки напружено-деформованого стану конструкцій (середовища, модулі програмних продуктів та аналітичний опис основних можливостей)	5,0	-
2.	Елементи теорії методу скінченних елементів на прикладі одновимірної задачі. Загальні поняття енергетичного підходу в методі скінченних елементів, принцип мінімуму потенціальної енергії та його зв'язок з рівнянням рівноваги $[K]\{u\}=\{F\}$.	4,0	-
Змістовий модуль 2. Типи досліджень, механіка матеріалів та граничні умови в FEA			
3.	Типи FEA-досліджень. Межі застосування лінійної постановки задачі. Додаткові налаштування нелінійної постановки задачі статичного дослідження. Створення кривої напруження-деформації для моделей механіки матеріалів в Simulation.	6,0	-
4.	Моделі механіки матеріалів. Порівняння результатів досліджень для сіток різної якості. Локальне ущільнення сітки: підстави для виконання та інструменти. Формування сіток в зоні отворів та фасок. Моделі в'язкотекучості.	5,0	-
5.	Граничні умови в FEA. Термічне навантаження. Експорт граничних умов (навантажень) з інших модулів SolidWorks. З'єднувач підшипник (Bearing Connector). Розподілена маса (Distributed Mass). З'єднувач пружина. З'єднувачі точкове зварювання та зварний шов.	5,0	-
Змістовий модуль 3. Дискретизація моделей, контактні умови збірок і оптимізаційні дослідження в FEA			

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 14

6.	Дискретизація моделей в FEA. Гібридні сітки, які включають оболонкові моделі, твердотілі та стрижневі (або балочні). З'єднувачі в оболонкових моделях. Діагностування помилок створення сітки, перебудова сітки.	5,0	-
7.	Контактні умови збірок. Контактні умови для частотних досліджень, а також досліджень втрати стійкості. Стабілізація контакту. Зв'язок якості сітки (розмірів скінченних елементів) із контактними умовами.	6,0	-
8.	Параметрична та топологічна оптимізація. Порівняння параметричної та топологічної оптимізацій в SolidWorks. Різниця між Shape Optimization та Generative Design (Autodesk). Інтерпретація результатів топологічної оптимізації в контексті субтрактивних технологій.	6,0	-
РАЗОМ		42	-

7. Методи навчання

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання.

Результат навчання	Методи навчання
РН 3. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Дослідницький метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, підготовка доповідей, написання тез) – Методи розрахунку задач за зразком – Практичні методи (розрахунки в САПР) – Методи порівняльного аналізу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 15

РН 4. Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Методи розрахунку задач за зразком – Практичні методи (розрахунки в САПР) – Дискусійний метод – Проблемний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, виконання досліджень засобами САПР)
РН 8. Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практичного використання прикладного програмного забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень.	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Методи розрахунку задач за зразком – Практичні методи (розрахунки в САПР) – Дискусійний метод – Проблемний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, виконання досліджень засобами САПР)
РН 12. Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE).	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Методи розрахунку задач за зразком – Практичні методи (розрахунки в САПР) – Дослідницький метод – Проблемний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, виконання досліджень засобами САПР)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 16

8. Методи контролю

Перевірка досягнення результатів навчання здійснюється з використанням наступних методів.

Результат навчання	Методи контролю
РН 3. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання та захист лабораторних робіт – Поточне тестування – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен
РН 4. Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання та захист лабораторних робіт – Поточне тестування – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен
РН 8. Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практичного використання прикладного програмного забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень.	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання та захист лабораторних робіт – Поточне тестування – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен
РН 12. Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE).	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання та захист лабораторних робіт – Поточне тестування – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 17

9. Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни здійснюється відповідно до Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у Державному університеті «Житомирська політехніка» та розподілу балів, що наведений нижче.

Система оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни включає:

- поточний, модульний та підсумковий контроль – для здобувачів денної форми здобуття вищої освіти;
- поточний та підсумковий контроль – для здобувачів заочної форми здобуття вищої освіти.

Поточний контроль проводиться для оцінювання рівня засвоєння знань, формування умінь і навичок здобувачів вищої освіти впродовж вивчення ними матеріалу модуля (змістових модулів) навчальної дисципліни. Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять.

Модульний контроль проводиться з метою оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти за модуль (змістові модулі) навчальної дисципліни. Модульний контроль проводиться під час навчального заняття після завершення вивчення матеріалу модуля (змістових модулів) навчальної дисципліни. Модульний контроль здійснюється у формі тестування.

Підсумковий контроль проводиться для підсумкового оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни. Підсумковий контроль здійснюється після завершення вивчення навчальної дисципліни. Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену. Процедура складання екзамену визначена у Положенні про організацію освітнього процесу у Державному університеті «Житомирська політехніка».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 18

Розподіл балів з навчальної дисципліни

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр
Для здобувача денної форми навчання	
Виконання завдань поточного контролю	60
Виконання завдань модульного або підсумкового контролю	40
Підсумкова семестрова оцінка	100

Розподіл балів за виконання завдань поточного контролю

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр
	денна форма
Виконання завдань під час навчальних занять	60
Виконання науково-дослідної роботи та інших видів робіт (додаткові – заохочувальні бали): - участь у студентських предметних олімпіадах, Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт, грантах, науково-дослідних проектах - підготовка та публікація тез доповідей наукових конференцій та наукових статей; - участь у наукових студентських конференціях (написання тези доповідей та презентація доповіді на конференції); - участь у конференціях, семінарах або інших наукових заходах; - презентація інноваційних ідей на тему, що вивчається; - вивчення додаткових інструментів пошуку та інформатизації інженерних рішень.	до 20
Разом за виконання завдань поточного контролю	60

Розподіл балів за виконання завдань під час навчальних занять

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр
-----------------------------------	----------------------------

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 19

	денна форма
Відповіді (виступи) на заняттях	10
Участь у дискусії	5
Виконання тестових завдань	25
Виконання та захист лабораторних робіт	60
Разом за виконання завдань під час навчальних занять	100

З метою застосування цілих чисел для оцінювання результатів роботи здобувачів під час навчальних занять може використовуватися 100-бальна шкала оцінювання щодо кожного окремо виду робіт. Розрахунок загальної кількості балів, які здобувач може набрати за результатами роботи під час навчальних занять протягом семестру, проводиться за формулою:

$$P_{\text{НЗ}} = \sum(P_i \times BK_i) \times K_{\text{НЗ}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{НЗ}}$ – загальна кількість балів, набраних здобувачем за виконання завдань під час навчальних занять за семестр;

P_i – кількість набраних здобувачем балів за семестр за виконання i -го виду робіт під час навчальних занять (за 100-бальною шкалою);

BK_i – ваговий коефіцієнт за виконання i -го виду робіт під час навчальних занять. Значення вагових коефіцієнтів розраховуються шляхом ділення кількості балів, яка передбачена за виконання окремого виду робіт під час навчальних занять, на сумарну кількість балів за виконання усіх видів робіт під час навчальних занять за семестр;

$K_{\text{НЗ}}$ – коригувальний коефіцієнт, який визначається шляхом ділення кількості балів, що передбачена за виконання завдань під час навчальних занять за семестр, на 100 балів.

Розподіл балів за виконання завдань модульного контролю

Види робіт здобувача вищої освіти денної форми навчання	Кількість балів за семестр
	денна форма
Виконання завдань модульного контролю 1	40
Разом за виконання завдань модульного контролю	40

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 20

Якщо здобувач денної форми здобуття вищої освіти виконав необхідні для досягнення результатів навчання з дисципліни завдання, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни та/або відповідними методичними рекомендаціями, склав модульний контроль і набрав у сумі 60 балів або більше, він може погодити дану оцінку в електронному кабінеті і вона стане семестровою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни.

Якщо здобувач денної форми здобуття вищої освіти під час вивчення навчальної дисципліни виконав необхідні для досягнення результатів навчання з дисципліни завдання, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни та/або відповідними методичними рекомендаціями, і набрав 60 балів або більше та бажає покращити свій результат успішності, він проходить процедуру підсумкового контролю у формі екзамену. Набрані бали за виконання завдань підсумкового контролю, а також бали за поточний контроль сумуються і формується семестрова оцінка з навчальної дисципліни. Бали, які здобувач вищої освіти набрав за виконання завдань модульного контролю, при цьому не враховуються під час розрахунку семестрової оцінки з навчальної дисципліни.

У здобувача заочної форми здобуття вищої освіти семестрова оцінка за вивчення навчальної дисципліни формується як сума кількості балів за поточний контроль і кількості балів за підсумковий контроль.

Здобувач вищої освіти допускається до процедури підсумкового контролю у формі екзамену, якщо виконав необхідні для досягнення результатів навчання з дисципліни завдання, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни та/або відповідними методичними рекомендаціями, і за поточний контроль у сумі набрав 36 балів або більше.

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав 25–35 балів, він отримує право за власною заявою опанувати окремі теми (змістові модулі) навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 21

освітньої програми. Вивчення окремих складових навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, здійснюється у вільний від занять здобувача вищої освіти час.

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав від 0 до 24 балів (включно), він вважається таким, що не виконав вимоги робочої програми навчальної дисципліни та має академічну заборгованість. Здобувач вищої освіти отримує право за власною заявою опанувати навчальну дисципліну у наступному семестрі понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми.

Процедура надання додаткових освітніх послуг здобувачу вищої освіти з метою вивчення навчального матеріалу дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, визначена у Положенні про надання додаткових освітніх послуг здобувачам вищої освіти в Державному університеті «Житомирська політехніка».

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках окремих тем навчальної дисципліни, здійснюється викладачем за зверненням здобувача вищої освіти та представленням документів, які підтверджують результати навчання (сертифікати, свідоцтва, скріншоти тощо). Рішення про визнання та оцінка за відповідну частину освітнього компонента приймається викладачем за результатами співбесіди зі здобувачем вищої освіти.

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках цілого освітнього компонента, здійснюється за процедурою, яка визначена у Положенні про організацію освітнього процесу у Державному університеті «Житомирська політехніка».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 22

Шкала оцінювання

Шкала ЄКТС	Національна шкала	100-бальна шкала
A	Зараховано	90-100
B	Зараховано	82-89
C		74-81
D	Зараховано	64-73
E		60-63
FX	Не зараховано	35-59
F	Не зараховано	0-34

10. Глосарій

№ з/п	Термін державною мовою	Відповідник англійською мовою
1	Коефіцієнт запасу міцності	Factor of safety (FOS)
2	Сітка чорнової якості (лінійні скінченні елементи)	Draft quality mesh
3	Сітка високої якості (параболічні скінченні елементи)	High quality mesh
4	Метод скінченних елементів	Finite Element Method (FEM)
5	Припущення статичності	Static Assumption
6	Припущення лінійності	Linearity Assumption
7	Нелінійна статика	Nonlinear Static
8	Матрична жорсткість	Stiffness matrix
9	Зовнішні навантаження	External Loads
10	З'єднувачі	Connections
11	Сітка на твердому тілі	Solid mesh
12	Великі переміщення	Large displacement
13	Якість сітки	Mesh quality
14	Напруження	Stress
15	Деформації	Strain
16	Лінійні трикутні елементи	Linear triangular elements
17	Розподілене навантаження	Distributed load
18	Дистанційне навантаження	Remote Load

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 23

19	Робоче навантаження (навантаження від опор)	Bearing Load
20	Зондування	Probe
21	Штифт	Pin
22	Розміри моделі	Model Dimensions
23	Застосувати матеріал до всіх	Apply Material to All
24	Лінійний пружний ізотропний	Linear Elastic Isotropic
25	Границя текучості	Yield stress
26	Границя міцності при стиску	Compressive strength
27	Границя міцності при розтягу	Tensile strength
28	Конфігурація	Configuration
29	Таблиця проектування	Design table
30	Глобальна змінна	Global variable
31	Ступені свободи	Degrees of freedom (DOFs)
32	Частота	Frequency
33	Критичне навантаження (при дослідженні стійкості)	Buckling load
34	Напруження зсуву	Shear stress
35	Геометрична нелінійність	Geometric Nonlinearities

11. Рекомендована література

Основна література

1. Bi Z. Computer Aided Design and Manufacturing [Електронний ресурс] / Z. Bi, X. Wang // John Wiley & Sons Ltd. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://login.research4life.org/tacsgr1onlinelibrary_wiley_com/doi/epub/10.1002/9781119667889.

2. J. Ed A. Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks [Електронний ресурс] / Akin J. Ed // Rice University. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: https://www.clear.rice.edu/mech403/HelpFiles/FEAC_final.pdf.

3. Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування: навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 540 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 24

Допоміжна література

1. Schilling P. Preview this book Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2023 / P. Schilling, R. Shih., 2023. – 616 с.
2. Planchard D. Official Certified SOLIDWORKS Professional Certification Guide / David C. Planchard., 2022. – 194 с.
3. Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 1. Основи твердотільного параметричного моделювання в системі SolidWorks [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Плашихін, Д. М. Складанний, Ю. А. Запорожець, С. Л. Мердух. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 83 с. – Назва з екрана.
4. Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 2. Моделювання фізичних процесів в CAD/CAE системі SolidWorks [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Плашихін. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 125 с. – Назва з екрана.

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. SOLIDWORKS Online Help [Електронний ресурс] / Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. – 2019. – Режим доступу: https://help.solidworks.com/2019/English/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.htm
2. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. The SOLIDWORKS Blog [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blogs.solidworks.com/products/solidworks/>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.05- 05.01/131.00.1/Б /ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 25 / 25

3. Tyler K. Basic Systematic Materials Selection [Електронний ресурс] / Kaitlin Tyler // ANSYS, Inc. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://innovationspace.ansys.com/product/basic-systematic-materials-selection/>

4. Oletic A. SOLIDWORKS: Introduction To Finite Element Analysis (FEA) [Електронний ресурс] / Alen Oletic // Udemy, Inc. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.udemy.com/course/solidworks-elementary-fea-finite-element-analysis/>.

5. 20 questions about structural stiffness // SSAB : вебсайт. URL: <https://www.ssab.com/en-ca/support/how-to-design/general-design/20-questions-about-structural-stiffness>

6. Lakes R. S. Poisson's ratio range in linear isotropic classical elasticity [Electronic resource] / R. S. Lakes. – Access mode: <https://lakeslab.ep.wisc.edu/PoissonElas.html>

7. Yield strength Re and offset yield Rp 0.2 [Електронний ресурс] // ZwickRoell. URL: <https://www.zwickroell.com/industries/materials-testing/tensile-test/yield-point/>