

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/M/BGX- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 17 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

28 серпня 2024 р.,

протокол № 6

Голова Вченої ради



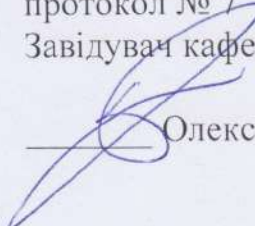
Андрій ТКАЧУК
Андрій ТКАЧУК

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СУЧАСНІ CAD / CAM / CAE - ТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ»

Схвалено на засіданні кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б.Самотокіна 27 серпня 2024 р.,

протокол № 7

Завідувач кафедри



Олексій ГРОМОВИЙ

Розробник: к.т.н., доц., зав. каф. робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б.Самотокіна ГРОМОВИЙ Олексій

Житомир

2024 – 2025 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 20 / 2</i>

Робоча програма вибіркової навчальної дисципліни «Сучасні CAD / CAM / CAE-технології і методи швидкого прототипування» для здобувачів вищої освіти затверджена Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки від 28 серпня 2024 р., протокол № 6.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 3

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Вибіркова	
Модулів – 1	Лекції	
	32 год.	6 год.
Змістових модулів – 4	Практичні	
	32 год.	6 год.
Загальна кількість годин – 120 год.	Лабораторні	
	-	-
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 год.; самостійної роботи студента – 3,5 год.	Самостійна робота	
	56 год.	108 год.
	Вид контролю: залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 53,3 % аудиторних занять, 46,7 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання – 10 % аудиторних занять, 90 % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 4

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни – є набуття знань, формування навичок та умінь здобувачів вищої освіти досліджувати методи проектування конструкцій деталей і механізмів із використанням технології їх комп'ютерного моделювання, візуалізації та виготовлення з використанням сучасних адитивних технологій.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

– засвоєння студентами теоретичних та прикладних засад використання сучасних засобів комп'ютерного моделювання конструкцій деталей і механізмів для оцінки варіантів конструктивного виконання, їх модернізації та удосконалення, візуалізації проектів перед їх виготовленням;

– поглибити знання і вміння робити правильний вибір адитивних технологій виготовлення деталей на основі їх фізико-механічних характеристик та конструктивних особливостей;

– розвиток у студентів технічної думки і творчої ініціативи в галузі конструювання із застосуванням передових систем автоматизованого проектування.

В результаті вивчення дисципліни студент отримає навички роботи з сучасними CAD / CAM / CAE системами твердотілого і каркасного 3D-моделювання, інженерного аналізу, автоматизації процесів виготовлення деталей та компонентів, візуалізації результатів проектування.

В результаті вивчення дисципліни студент ознайомиться з сучасними конструкціями систем для 3D друку, отримає навички розробки комп'ютерних прототипів в системах: Solidworks, Autodesk Fusion 360, Autodesk 3ds Max.

На основі побудованих прототипів студент отримає можливості використання програм-слайсерів і менеджерів друку типу Slic3r, Cura, Pronterface, управління режимами роботи та, відповідно, якістю отриманих деталей з полімерів ABS, PLA, нейлону, армованих металом пластиків, ознайомиться з технологіями 3D-сканування, перспективними напрямками розвитку адитивних технологій та самовідтворюваних систем.

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

– *комунікативні навички*: письмове, вербальне й невербальне спілкування; вести дискусію і відстоювати свою позицію; вміння шукати, аналізувати та використовувати інформацію;

– *уміння виступати привселюдно*: вміння публічно та професійно презентувати результати власних досліджень;

– *гнучкість і адаптивність*: уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблеми;

– *особисті якості*: креативне й критичне мислення; етичність, добросовісність, повага до оточуючих.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 5

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1.

Змістовий модуль 1. Методи швидкого прототипування.

Тема 1. Огляд сучасних адитивних технологій. Технології швидкого прототипування.

Застосування сучасних адитивних технологій. Розвиток технологій 3D друку. Новітні адитивні технології для українських виробників. Технології у промисловому виробництві. Будівництво, медицина, військова логістика, авіаційна промисловість і ракетобудування.

Тема 2. Способи та принципи 3D друку. 3D принтери.

Огляд основних способів та принципів 3D друку. Метод з використанням плавлення пластика FDM (Fused Deposition Modeling). Метод з використанням ультрафіолетового світла для затвердіння рідкого смоли SLA (Stereolithography). Метод з використанням лазера для спікання порошкових матеріалів SLS (Selective Laser Sintering). Метод з використанням цифрового проектора для затвердіння смоли DLP (Digital Light Processing).

Тема 3. Матеріали для 3D друку. Полімери, метали, композити, тканини, біоматеріали.

Матеріали для FDM-друку та їх властивості. ABS (Акрилонитрилбутадієнстирол), PLA (полілактид), PET (поліетилентерефталат або поліестер), PC (полікарбонат), PBT (полібутилентерефталат), NYLON (нейлон), Elastan, Plastan, декоративні пластики, допоміжні матеріали (PVA — полівінілацетат, HIPS — полістирол). Макетні, воскові, технічні та декоративні матеріали для SLA-технології. Метали, композити, тканини, біоматеріали.

Тема 4. Забезпечення якості друківаних деталей. 3D-сканування. Перспективні напрямки розвитку адитивних технологій.

3D-сканування. Класифікація пристроїв сканування. Програмне забезпечення обробки сканованих даних. Самовідтворення. RepRap (Replicating Rapid Prototyper). Нові матеріали для 3D друку. Метали.

Змістовий модуль 2. CAD / CAM / CAE-технології в системі автоматизованого проектування Solidworks.

Тема 5. Використання системи автоматизованого проектування (САПР)

Solidworks для розробки та інженерного аналізу комп'ютерних прототипів.

Сучасні можливості САПР Solidworks для 3D-моделювання, складання, розробки документації та інженерного аналізу.

Інтерфейс програми, навігація, основні елементи. Основи моделювання. Створення 2D ескізів: Використання ліній, окружностей, дуг, розмірів та обмежень. Перетворення 2D в 3D: Основні команди для екструзії, обертання та витягування.

Складні ескізи: Використання складних геометричних форм, параметричне моделювання. Контроль параметрів: Застосування параметрів і зв'язків для створення адаптивних моделей. Компонування: Використання функцій "Loft", "Sweep", "Fillet", "Chamfer" для створення складних форм.

Тема 6. Складальні моделі в Solidworks. Анімація складання. Аналіз руху.

Створення складальних моделей: Додавання деталей до складання, встановлення зв'язків. Анімація складання: Використання анімаційних функцій для демонстрації руху.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 6

Збірка з використанням конфігурацій: Створення різних варіантів складальних моделей. Аналіз руху: Використання Motion Study для симуляції руху деталей і вивчення їх взаємодії.

Автоматизація креслень: Використання шаблонів для автоматизації створення документації.

Експорт і імпорт даних. Керування файлами: Застосування SolidWorks PDM для управління проектами. Інтеграція з CAD-системами: Імпорт та експорт даних між SolidWorks та іншими CAD-системами (STEP, IGES, DXF).

Тема 7. Параметрична оптимізація конструкції.

Формування нового матеріалу в базі матеріалів. Призначення матеріалу. Створення сітки. Запуск дослідження. Оцінка результатів дослідження. Статичний аналіз. Створення статичного дослідження. Призначення матеріалів і граничних умов. Запуск дослідження. Оцінка результатів дослідження.

Створення оптимізаційного дослідження. Визначення змінних, обмежень і цілей. Перегляд результатів процесу оптимізації. Створення графіків локальної тенденції.

Тема 8. Динамічний аналіз в середовищі в Solidworks Simulation.

Загальні теоретичні відомості про топологічну оптимізацію. SIMP метод. Топологічна оптимізація в Solidworks. Налаштування елементів виробничого контролю в топологічній оптимізації. Робота із топологічно оптимізованою геометрією. Порівняння можливостей параметричної та топологічної оптимізації в Solidworks.

Змістовий модуль 3. CAD / CAM / CAE-технології в системі автоматизованого проектування Autodesk Fusion 360

Тема 9. Ознайомлення з функціоналом програмного пакету Autodesk Fusion 360.

Вступ до Autodesk Fusion 360. Огляд інтерфейсу користувача. Організація робочих просторів. Основи проектування в 3D. Налаштування проекту та керування файлами. Створення нового проекту. Управління версіями та збереження. Спільна робота і використання хмари.

Тема 10. Ескізи: створення і редагування. Створення 3D-об'єктів

Основні інструменти для створення ескізів. Параметричні ескізи та обмеження. Робота з площинами і координатними системами. Екструзія, обертання та булеві операції. Робота з твердотільними та поверхневими моделями. Побудова складних геометрій.

Тема 11. Редагування моделей. Складальні одиниці

Інструменти редагування: філе, фаски, розрізи. Перетворення та деформації. Зміни параметрів і варіанти конфігурацій. Створення складальних одиниць. Встановлення обмежень руху. Динамічне моделювання складальних одиниць.

Тема 12. Аналіз і симуляції. Візуалізація та рендеринг.

Матеріали, освітлення та текстури. Налаштування камер і створення зображень. Експорт рендерів. Матеріали, освітлення та текстури. Налаштування камер і створення зображень.

Змістовий модуль 4. Сучасні системи автоматизованого проектування і візуалізації виробів

Тема 13. Ознайомлення з функціоналом програмного пакету Autodesk 3ds Max.

Огляд можливостей Autodesk 3ds Max для 3D-моделювання: створення тривимірних об'єктів за допомогою інструментів та технік.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 7

Ознайомлення з інтерфейсом. Налаштування робочого середовища. Основи навігації в 3D-просторі. Система меню та вьюпорти.

Тема 14. Матеріалізація виробів в Autodesk 3ds Max

Основи 3D-моделювання. Примітиви: створення та редагування. Полігональне моделювання: інструменти та техніки. Nurbs-моделювання. Використання модифікаторів.

Тема 15. Модифікатори в Autodesk 3ds Max

Модифікатори моделювання: Bend, Twist, Taper, FFD. Модифікатори геометрії: Boolean, Shell, Sweep. Модифікатори текстурювання: UVW Map, Displace. Анімаційні модифікатори: Skin, Morph. Динамічні модифікатори: Cloth, Gravity. Модифікатори для освітлення та рендерингу: Opacity, Material.

Тема 16. Анімація. Освітлення та рендеринг в Autodesk 3ds Max

Анімація об'єктів та камер. Основи освітлення в сцені. Різні типи джерел світла. Налаштування рендерингу: V-Ray, Arnold. Постобробка зображень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 8

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	лекції	практичні	самостійна робота	усього	лекції	практичні	самостійна робота
Модуль 1								
<i>Змістовий модуль 1. Методи швидкого прототипування.</i>								
Тема 1. Огляд сучасних адитивних технологій. Технології швидкого прототипування	7	2	2	3	8	1	1	6
Тема 2. Способи та принципи 3D друку. 3D принтери	7	2	2	3	8	1	1	6
Тема 3. Матеріали для 3D друку. Полімери, метали, композити, тканини, біоматеріали	7	2	2	3	6	-	-	6
Тема 4. Забезпечення якості друкованих деталей. 3D-сканування. Перспективні напрямки розвитку адитивних технологій	7	2	2	3	6	-	-	6
Разом за змістовий модуль 1	28	8	8	12	30	2	4	24
<i>Змістовий модуль 2. CAD / CAM / CAE-технології в системі автоматизованого проектування Solidworks</i>								
Тема 5. Використання системи автоматизованого проектування Solidworks для розробки та інженерного аналізу комп'ютерних прототипів	9	2	2	5	12	1	1	10
Тема 6. Складальні моделі в Solidworks. Анімація складання. Аналіз руху..	9	2	2	5	12	1	1	10
Тема 7. Параметрична оптимізація конструкції	9	2	2	5	6	-	-	6

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015						Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024	
	Випуск 1	Зміни 0			Екземпляр № 1		Арк 20 / 9	

Тема 8. Динамічний аналіз в середовищі в Solidworks Simulation	9	2	2	5	6	-	-	6
Разом за змістовий модуль 2	36	8	8	20	32	-	-	32
<i>Змістовий модуль 3. CAD / CAM / CAE-технології в системи автоматизованого проектування Autodesk Fusion 360</i>								
Тема 9. Ознайомлення з функціоналом програмного пакету Autodesk Fusion 360	7	2	2	3	12	1	1	10
Тема 10. Ескізи: створення і редагування. Створення 3D-об'єктів	7	2	2	3	8	1	1	6
Тема 11. Редагування моделей. Складальні одиниці	7	2	2	3	6	-	-	6
Тема 12. Аналіз і симуляції. Візуалізація та рендеринг	7	2	2	3	6	-	-	6
Разом за змістовий модуль 3	28	8	8	12	32	2	2	28
<i>Змістовий модуль 4. Сучасні системи автоматизованого проектування і візуалізації виробів</i>								
Тема 13. Ознайомлення з функціоналом програмного пакету Autodesk 3ds Max	7	2	2	3	6	-	-	6
Тема 14. Матеріалізація виробів в Autodesk 3ds Max	7	2	2	3	6	-	-	6
Тема 15. Модифікатори в Autodesk 3ds Max	7	2	2	3	6	-	-	6
Тема 16. Анімація. Освітлення та рендеринг в Autodesk 3ds Max	7	2	2	3	6	-	-	6
Разом за змістовий модуль 4	28	8	8	12	24	-	-	24
ВСЬОГО	120	32	32	56	120	6	6	108

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 10

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
МОДУЛЬ 1			
Змістовий модуль 1. Методи швидкого прототипування.			
1.	Огляд сучасних адитивних технологій та їх застосування у швидкому прототипуванні	2	1
2.	Способи та принципи 3D-друку. Огляд та застосування 3D-принтерів	2	1
3.	Матеріали для 3D-друку: полімери, метали, композити, тканини та біоматеріали	2	-
4.	Оцінка якості друківаних деталей за допомогою 3D-сканування та перспективи розвитку адитивних технологій	2	-
Змістовий модуль 2. CAD / CAM / CAE-технології в системі автоматизованого проектування Solidworks			
5.	Розробка 3D-моделі деталі складної форми та креслення	2	1
6.	Виконання 3D складальних одиниць в середовищі SolidWorks	2	1
7.	Параметрична оптимізація в SolidWorks. Параметричне оптимізаційне дослідження із розмірами моделі в якості змінних. Параметричне оптимізаційне дослідження рамної конструкції із властивостями матеріалу в якості змінних.	2	-
8.	Топологічна оптимізація. Топологічна оптимізація диску гальмівної системи. Топологічна оптимізація кронштейну кріплення із повторним статичним дослідженням отриманої геометрії.	2	-
Змістовий модуль 3. CAD / CAM / CAE-технології в системі автоматизованого проектування Autodesk Fusion 360			
9.	Створення облікового запису AUTODESK. Запуск програми Autodesk Fusion 360. Ознайомлення з елементами інтерфейсу Autodesk Fusion 360	2	1
10.	Побудова основних ескізів. Прямокутник і коло. Геометричні взаємозв'язки. Використання інструментів trim, extent і mirror. Побудова дуг і еліпсів.	2	1
11.	Робота із складальними одиницями. Проектування зверху-до низу та знизу - до верху. Тіла і компоненти. Імпорт компонентів. Додавання Revolute joint. Додавання Cylindrical joint. Додавання Slider joint. Додавання Planar joint. Додавання Ball joint.	2	-
12.	Анімація та моделювання руху. Огляд інтерфейсу анімації. Запис анімації. Трансформація компонентів. Рознесення компонентів в ручному і автоматичному режимі. Створення motion study. Збереження відео анімації руху.	2	-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 11

Змістовий модуль 4. Сучасні системи автоматизованого проектування і візуалізації виробів				
9.	Створення облікового запису AUTODESK. Запуск програми 3DS MAX. Ознайомлення з елементами інтерфейсу 3DS MAX	2	-	
10.	Створення об'єктів і робота з ними. Моделювання за допомогою редагованих поверхонь. Деформуючі модифікатори	2	-	
11.	Накладання текстур на поверхні 3D-об'єктів. Редактор матеріалів. Матеріали та карти, накладання текстур	2	-	
12.	Розміщення джерел світла і принципи освітлення сцени. Камери. Візуалізація готової сцени	2	-	
РАЗОМ		32	6	

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
МОДУЛЬ 1			
Змістовий модуль 1. Методи швидкого прототипування.			
1.	Ознайомлення з основними принципами адитивних технологій (створення об'єктів шляхом покрокового додавання матеріалу). Огляд різних типів 3D-друку: FDM, SLA, SLS, DLP, SLM. Порівняння адитивних технологій з традиційними методами виробництва (токарні, фрезерні, лиття тощо).	3	6
2.	Ознайомлення з правилами проектування для адитивного виробництва (основи геометрії моделей, необхідність врахування підтримки, товщина стінок, кути нахилу тощо). Ознайомлення з принципами роботи різних типів 3D-принтерів: FDM, SLA, SLS, LOM.	3	6
3.	Розбір особливостей друку на FDM-принтерах (на основі термопластичних матеріалів) і SLA-принтерах (на основі фотополімерів). Вибір оптимального типу принтера для конкретної задачі (моделювання, прототипування, масове виробництво).	3	6
4.	Огляд основних матеріалів для 3D друку: PLA, ABS, PETG, Nylon, TPU, метал, фотополімери. Вибір матеріалу в залежності від призначення (декор, функціональність, стійкість до високих температур).	3	6
Змістовий модуль 2. CAD / CAM / CAE-технології в системі автоматизованого проектування Solidworks			
5.	Створення складальних одиниць у SolidWorks: додавання компонентів, застосування зв'язків між частинами. Налаштування руху в складальній одиниці: рухливі з'єднання, симуляція руху. Редагування компонентів, зміна розташування деталей.	5	10
6.	Створення з'єднань та механізмів. Розробка механізмів: створення та тестування рухомих з'єднань, петель, зубчастих передач. Використання елементів з'єднань: болти, гайки, шліци, втулки. Оцінка ефективності	5	10

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 12

	рухомих частин за допомогою функції "Motion Study".		
7.	Параметрична оптимізація в SolidWorks. Параметрична оптимізація плоского багатоважільного механізму з одним ступенем рухомості	5	6
8.	Параметрична оптимізація конструкції дискової фрези. Підготовка моделі до первинного статичного FEA дослідження.	5	6
Змістовий модуль 3. CAD / CAM / CAE-технології в системі автоматизованого проектування Autodesk Fusion 360			
9.	Побудова складних ескізів на площині. Лінійні та кругові масиви. Побудова тривимірної моделі деталі по траєкторії та перетинам. Побудова багатоступінчастого вала у Fusion 360	3	10
10.	Виконання 3D моделей простих деталей. Виконання 3D моделей ливарних деталей	3	6
11.	Збірки в середовищі Autodesk Fusion 360. Збірка трьохкулачкового самоцентрувального патрону.	3	6
12.	Побудова деталі типу колесо в Fusion 360. Створення збірок на основі креслення вузлів. Створення анімації збірки	3	6
Змістовий модуль 4. Сучасні системи автоматизованого проектування і візуалізації виробів			
13.	Ознайомлення з інтерфейсом користувача 3DS MAX. Налаштування робочого простору, керування вікнами та панелями інструментів. Використання основних інструментів навігації: обертання, масштабування та переміщення.	3	6
14.	Створення 3D-геометрії за допомогою базових примітивів (куб, сфера, циліндр, конус, піраміда). Операції над об'єктами: масштабування, переміщення, обертання. Використання інструментів для модифікації: Editable Poly, Editable Mesh.	3	6
15.	Моделювання об'єктів за допомогою редагування полігонів. Використання інструментів extrude, bevel, bridge для створення складних форм.	3	6
16.	Текстурування об'єктів. Основи рендерингу за допомогою стандартних рендерів (Arnold, V-Ray). Імпорт моделей з інших програм (AutoCAD, Revit, SketchUp) у форматах .fbx, .obj, .3ds. Експорт готових моделей у різні формати для подальшого використання	3	6
РАЗОМ		56	108

7. Індивідуальні самостійні завдання

1. Ознайомлення з інтерфейсом Fusion 360: Дослідити інтерфейс програми, налаштувати робочий простір та створити новий проєкт. Виконати базові операції в Fusion 360, створити прості ескізи та зберегти файл у хмарі.

2. Створення базових ескізів: Створити простий ескіз із використанням основних інструментів (лінії, кола, прямокутники). Додати обмеження до елементів ескізу та застосувати параметри для зміни розмірів.

3. Екструзія та обертання: Створити твердотільну 3D-модель за допомогою операцій екструзії та обертання. Використовувати ескізи для побудови об'ємних форм і застосувати булеві операції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 13

4. Редагування 3D-моделей: Змінити існуючу 3D-модель, додати філе та фаски. Внести зміни у форму за допомогою інструментів редагування та оновити параметри.

5. Створення складної геометрії: Створити деталь із використанням багатоплощинних ескізів та операцій, як-от Loft і Sweep. Застосувати операції для створення органічних та нестандартних форм.

6. Складальні одиниці: Зібрати просту складальну одиницю з кількох компонентів і налаштувати взаємодію між ними. Використати обмеження для визначення руху і взаємозв'язків у складальній одиниці.

7. Аналіз навантажень: Провести симуляцію статичного навантаження на просту деталь. Проаналізувати результати симуляції та запропонувати зміни для оптимізації конструкції.

8. Створення технічних креслень: Перетворити 3D-модель на 2D-креслення з розмірами та специфікаціями. Додати види, розрізи та анотації для повного документування моделі.

9. Підготовка моделі для 3D-друку: Підготувати модель для 3D-друку, використовуючи функції злиття та оптимізації сітки. Перевірити модель на наявність помилок, налаштувати масштаб та експортувати у формат STL.

10. Основи САМ та створення шляхів інструменту: Розробити траєкторії руху інструменту для фрезерного верстата з ЧПК. Використати САМ-модуль для підготовки деталей до обробки та візуалізувати операції.

11. Генеративний дизайн: Виконати генеративний дизайн для створення оптимізованої структури під певні умови навантаження. Задати параметри та обмеження для генерації альтернативних рішень.

12. Створення візуалізації та рендеринг: Застосувати матеріали, налаштувати освітлення та виконати рендеринг моделі. Створити фотореалістичні зображення з різними варіантами освітлення і кутами камери.

13. Імпорт та експорт моделей: Імпортувати модель з іншої CAD-програми та оптимізувати її для роботи у Fusion 360. Експортувати моделі у різних форматах і підготувати їх для передачі до інших систем.

14. Автоматизація процесів за допомогою скриптів: Написати простий скрипт для автоматизації часто використовуваних операцій. Дослідити можливості API Fusion 360 та створити сценарії для прискорення роботи.

15. Історія розвитку адитивних технологій: Дослідження етапів розвитку 3D друку, від перших прототипів до сучасних технологій.

16. Основні принципи роботи 3D-принтерів: Аналіз різних технологій 3D друку (FDM, SLA, SLS, DLP та інші), їх переваг та недоліків.

17. Застосування 3D друку в медицині: Огляд використання адитивних технологій у виготовленні імплантатів, протезів, біодрук органів.

18. Матеріали для 3D друку: Дослідження різних матеріалів для адитивного виробництва (пластики, метали, композити), їх властивостей та застосувань.

19. Вплив адитивних технологій на екологію: Аналіз екологічних аспектів 3D друку, включаючи переробку матеріалів та скорочення відходів.

20. 3D друк у космічній індустрії: Дослідження можливостей використання адитивних технологій для виготовлення деталей на орбіті та інших космічних місцях.

21. 3D друк у моді та дизайні: Огляд використання 3D друку у створенні одягу, аксесуарів та дизайнерських виробів.

22. Адитивні технології у будівництві: Аналіз можливостей 3D друку для створення будівель і конструкцій, приклади реалізованих проектів.

23. Персоналізоване виробництво за допомогою 3D друку: Дослідження можливостей виготовлення індивідуальних продуктів (наприклад, ювелірних виробів, індивідуальних пристроїв) на основі 3D-моделей.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 14

24. Вплив адитивних технологій на традиційне виробництво: Аналіз впливу 3D друку на інші галузі промисловості та перспективи його розвитку.

25. Роль 3D друку в автомобільній промисловості: Використання адитивних технологій для створення автомобільних деталей та прототипів.

8. Методи навчання

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання.

- вербальні методи (лекція, пояснення);
- наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація);
- практичні методи (проведення дослідів, експериментів, виконання різних видів вправ, практичних завдань, кейсів);
- дискусійний метод;
- метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота);
- ситуаційний метод;
- методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, вирішення задач, проведення розрахунків, написання есе, підготовка доповідей, написання наукових статей).

9. Методи контролю

Перевірка досягнення результатів навчання здійснюється з використанням наступних методів.

- Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання
- Перевірка виконання практичних робіт
- Поточне тестування
- Залік

10. 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 та підсумковий контроль.

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.

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 заліку. Процедура складання заліку 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			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 15

Розподіл балів з навчальної дисципліни

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Виконання завдань поточного контролю	100	100
Підсумкова семестрова оцінка	100	100

Розподіл балів за виконання завдань поточного контролю

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Виконання завдань під час навчальних занять	80	18
Виконання та захист індивідуальних самостійних завдань	20	82
Виконання науково-дослідної роботи та інших видів робіт (додаткові – заохочувальні бали): <ul style="list-style-type: none"> - участь у студентських предметних олімпіадах, Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт, грантах, науково-дослідних проектах - підготовка та публікація 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	до 20
Разом за виконання завдань поточного контролю	100	100

Розподіл балів за виконання завдань під час навчальних занять

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Відповіді (виступи) на заняттях, участь у дискусії	16	6
Виконання та захист завдань практичних завдань	64	12
Разом за виконання завдань під час навчальних занять	80	18

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 16

З метою застосування цілих чисел для оцінювання активностей здобувачів вищої освіти під час навчальних занять протягом семестру використовується 100-бальна шкала оцінювання кожного окремо виду робіт. Розрахунок набраних здобувачем вищої освіти балів за виконання завдань під час навчальних занять за семестр проводиться за формулою:

$$P_{НЗ} = (P_{В100} \times ВК_{В} + P_{Уд100} \times ВК_{Уд} + P_{ТЗ100} \times ВК_{ТЗ} + P_{ЗК100} \times ВК_{ЗК}) \times K_{НЗ}, \quad (1)$$

де $P_{НЗ}$ – кількість набраних здобувачем вищої освіти балів за виконання завдань під час навчальних занять за семестр;

$P_{В100}$, $P_{Уд100}$, $P_{ТЗ100}$, $P_{ЗК100}$ – кількість набраних здобувачем вищої освіти балів за семестр відповідно за відповіді (виступи) на заняттях, за участь у дискусії, за виконання поточних тестових завдань, за виконання та захист завдань, кейсів (кожний окремо вид робіт на навчальних заняттях оцінюється за 100-бальною шкалою);

$ВК_{В}$, $ВК_{Уд}$, $ВК_{ТЗ}$, $ВК_{ЗК}$ – вагові коефіцієнти відповідно за відповіді (виступи) на заняттях, за участь у дискусії, за виконання поточних тестових завдань, за виконання та захист завдань, кейсів. Значення вагових коефіцієнтів становить:

$$ВК_{В} = 20 \div 80 = 0,25;$$

$$ВК_{Уд} = 10 \div 80 = 0,125;$$

$$ВК_{ТЗ} = 30 \div 80 = 0,375;$$

$$ВК_{ЗК} = 20 \div 80 = 0,25;$$

$K_{НЗ}$ – коригувальний коефіцієнт. Значення коригувального коефіцієнту становить $K_{НЗ} = 80 \div 100 = 0,8$.

Якщо здобувач вищої освіти набрав за поточний контроль 60 балів або більше, він може погодити дану оцінку в електронному кабінеті і вона стане семестровою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни.

Якщо здобувач вищої освіти під час вивчення навчальної дисципліни набрав 60 балів або більше і бажає покращити свій результат успішності, він проходить процедуру підсумкового контролю у формі заліку. За складання заліку здобувач вищої освіти може набрати 100 балів. Семестрова оцінка з навчальної дисципліни формується за результатами підсумкового контролю.

Здобувач вищої освіти допускається до процедури підсумкового контролю у формі заліку, якщо за виконання завдань поточного контролю набрав 50 балів або більше.

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав 35–49 балів, він отримує право за власною заявою повторно опанувати окремі теми (змістові модулі) навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми. Повторне вивчення окремих складових навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, здійснюється у вільний від занять здобувача вищої освіти час.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 17

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав від 0 до 34 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 повторно опанувати навчальну дисципліну у наступному семестрі понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми.

Процедура надання додаткових освітніх послуг здобувачу вищої освіти з метою повторного вивчення навчальної дисципліни чи її окремих складових частин 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».

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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 18

11. Глосарій

№ з/п	Термін державною мовою	Відповідник англійською мовою
1	Адитивні технології	Additive technologies
2	Швидке прототипування	Rapid prototyping
3	Стереолітографія	Stereolithography
4	Селективне лазерне спікання	Selective laser sintering
5	Інструмент	Tool
6	Фінішна обробка	Finish Machining
7	Системи автоматизованого проєктування	Automated design systems
8	Траєкторія інструменту	Toolpath
9	Технологічні налаштування	Setup Parameters
10	3D-модель	3D-model
11	Сітка на твердому тілі	Solid mesh
12	Моделювання	Modeling
13	Інженерний аналіз	Engineering analysis
14	Напруження	Stress
15	Деформації	Strain
16	Параметри обробки	Cutting Parameters
17	Програма для верстата (CNC)	CNC Program
18	Параметризація	Parametrization
19	Сітка високої якості (параболічні скінченні елементи)	High quality mesh
20	Метод скінченних елементів	Finite Element Method (FEM)
21	Штифт	Pin
22	Обробка по контуру	Contour Machining
23	Глибина різання	Cutting Depth
24	Візуалізація	Visualization
25	Операція обробки	Machining Operation
26	Рендерінг	Rendering
27	Глобальна змінна	Global variable
28	Симуляція обробки	Machining Simulation
29	Швидкість подачі	Feed Rate
30	Система координат	Coordinate System

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 19

12. Рекомендована література

Основна література

1. О.Д. Манжілевський, Р.Д. Іскович-Лотоцький. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування Навчальний посібник, Вінниця: ВНТУ, 2021, 105 с., ISBN 978-966-641-824-4
2. Основи 3D друку. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://cpto.dp.ua/public_html/posibnyku/osnovy_3d.pdf
3. Майкл Мак-Аптайн. Просто роздрукуйте // National Geographic Україна. — Вип. грудень 2014. - С. 126-141.
4. Е. Я. Чонка, О. Г. Новаковський, В. В. Серов // Дослідження якості поверхні при виготовленні моделей на 3D-принтері / Процеси механічної обробки, верстати та інструмент: збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції, 6–9 лист. 2019 р. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – С. 201-202.
5. Розвиток 3D друку. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://phm.cuspu.edu.ua/nauka/naukovo-populiarni-publikatsii/878-rozvytoktekhnohii-3-d-druku.html>
6. 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
7. 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.
8. Інноваційна практика інжинірингу: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 Галузеве машинобудування, 131 Прикладна механіка, 101 Екологія / КПІ ім. Ігоря Сікорського, уклад.: Д.Е. Сідоров – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 82 с.
9. Лотошинська Н.Д., Ізонін І.В. // Технології 3D-моделювання в програмному середовищі 3ds Max з дисципліни “3D-Графіка”. - Львів: Львівська політехніка, 2020, 216с., ISBN 978-966-941-512-7
10. Dalibor D. N. Computational Modeling in Bioengineering and Bioinformatics / N. Dalibor D., N. Filipovic // Chapter 3 - Topological and parametric optimization of stent design based on numerical methods / N. Dalibor D., N. Filipovic., 2020. – (Academic Press). – С. 69–103.
11. Bonsa Regassa H. Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing [Електронний ресурс] / H. Bonsa Regassa, W. Abraham Debebe // Results in Engineering. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123022001487> .

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. Toygar, M.E., Kirdiş, S. Analysis of pipe fitting sealing torque with SolidWorks simulations. Int J Adv Manuf Technol 134, 2291–2298 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00170-024-14091-9>
4. Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 1. Основи твердотілого параметричного моделювання в системі SolidWorks [Електронний ресурс]:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10-05.01/ XXX.XX.X/М/ВКХ- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 20 / 20

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.

5. 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.

6. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко – Х. : ХДУХТ, 2017. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. Назва з тит. екрана.

13. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Матеріали з дисципліни «Сучасні CAD / CAM / CAE-технології і методи швидкого прототипування» кафедри кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б.Самотокіна на освітньому порталі «Навчальні ресурси Державного університету «Житомирська політехніка»»: <http://learn.ztu.edu.ua>.

2. Tayseer Almatarr. SOLIDWORKS: Become a Certified Associate Today (CSWA) [Електронний ресурс] / Tayseer Almatarr // Udemy, Inc. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.udemy.com/course/solidwokrs-go-from-nothing-to-certified-associate-level>.

3. Product Design & Manufacturing – Українською [Електронний ресурс] // Autodesk. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://forums.autodesk.com/t5/product-design-manufacturing/bd-p/6165>

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. Zollinger A. 3ds Max Complete Overview: Learn 3d Graphics Fast and Easy [Електронний ресурс] / Adam Zollinger // Udemy, Inc. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.udemy.com/course/solidwokrs-go-from-nothing-to-certified-associate-level>

6. Volo K. 3D Printing: From Start to Finish [Електронний ресурс] / Kevin Volo // Udemy, Inc. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.udemy.com/course/3d-printing-from-start-to-finish/>

7. Jaiprakash Pandey. Fusion 360 Beginners Course [Електронний ресурс] / Jaiprakash Pandey // Udemy, Inc. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.udemy.com/course/fusion-360-beginners-course/>.