

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Навчально-наукового інституту
інноватики, природокористування та
інфраструктури

Василь БРИЧ

"29" 08 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково – педагогічної
роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

2025 р.

Директор навчально-наукового інституту
новітніх освітніх технологій

Святослав ПИГІЛЬ

"29" 08 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ступінь вищої освіти – бакалавр

галузь знань – 27 Транспорт

спеціальність – 274 Автомобільний транспорт

освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

Кафедра транспорту і логістики

Форма навчання	Курс	Се- местр	Лекції (год.)	Практичні (год.)	ІРС (год.)	Тренінг (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Залік (сем.)
Денна	2	4	30	30	4	8	78	150	4
Зочна	2	4	8	4	-	-	138	150	4

9908-9281

**ТЕРНОПІЛЬ –ЗУНУ
2025**

Робочу програму склала викладач кафедри транспорту і логістики Крисак
Діана Миколаївна

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри транспорту і
логістики, протокол № 1 від 26.08.2025 р.

Завідувач кафедри,
д.тех.н., професор



Павло ПОПОВИЧ

Гарант ОПІ



Микола БУРЯК

**СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Адитивні технології»**

**Опис дисципліни
«Адитивні технології»**

Дисципліна «Адитивні технології»	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 5	Галузь знань – 27 Транспорт	Статус дисципліни вибіркова Мова навчання українська
Кількість залікових модулів – 4	Спеціальність – 274 Автомобільний транспорт	Рік підготовки: <i>Денна – 2</i> <i>Заочна – 2</i> Семестр: <i>Денна – 4</i> <i>Заочна – 4</i>
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: <i>Денна – 30 год.</i> <i>Заочна – 8 год.</i> Практичні заняття: <i>Денна – 30 год.</i> <i>Заочна – 4 год.</i>
Загальна кількість годин – 150		Самостійна робота: <i>Денна – 78 год.</i> <i>Заочна – 138 год.</i> Індивідуальна робота: <i>Денна – 4 год.</i> <i>Заочна – - год.</i> Тренінг: <i>Денна – 8 год.</i> <i>Заочна – - год.</i>
Тижневих годин – 10 з них аудиторних – 4		Вид підсумкового контролю – Залік

2. Мета і завдання дисципліни «Адитивні технології»

2.1. Мета вивчення навчальної дисципліни.

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів цілісного розуміння принципів, технологій і обладнання адитивного виробництва, а також набуття практичних навичок раціонального вибору матеріалів, методів 3D-друку та підготовки цифрових моделей для створення архітектурних макетів, конструктивних елементів і функціональних прототипів у сфері архітектури та будівництва.

2.2. Завдання вивчення дисципліни.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Адитивні технології» є:

- Сформувати здатність застосовувати сучасні адитивні технології у процесі проєктування, дослідження та виготовлення архітектурних і будівельних конструкцій.
- Розвинути вміння використовувати спеціалізовані знання для аналізу, моделювання та оптимізації архітектурних форм і будівельних елементів.
- Поглибити розуміння принципів застосування 3D-друку для створення макетів, прототипів і конструктивних компонентів будівельних систем.
- Опанувати навички цифрового моделювання та параметричного проєктування для дослідження процесів і технологічних рішень у сфері адитивного виробництва в архітектурі та будівництві.

Мета лекційних занять — сформувати у студентів фундаментальні теоретичні знання та цілісне уявлення про сферу адитивного виробництва. Ця теоретична база є основою для успішного освоєння практичних навичок та подальшого застосування адитивних технологій у професійній діяльності.

Лекційний курс передбачає:

- Опанування концепції Індустрії 4.0 та визначення ролі та стратегічного значення адитивних технологій у розвитку архітектури, будівельних технологій і містобудування.
- Вивчення класифікації технологій адитивного виробництва (АВ) за ключовими ознаками (тип матеріалу, спосіб нанесення, джерело енергії тощо).
- Засвоєння основних техніко-економічних показників, що характеризують ефективність адитивних технологій та властивості матеріалів, які використовуються в АВ.
- Розуміння принципів роботи та конструктивних особливостей основного обладнання, що застосовується в адитивному виробництві.
- Розуміння взаємозв'язку між параметрами (режимами) 3D-друку та кінцевими характеристиками виробу (точність, міцність, якість поверхні).

Мета практичних занять — сформувати у студентів комплекс практичних навичок та компетенцій, необхідних для самостійного вирішення типових завдань у сфері адитивного виробництва.

Завдання проведення практичних занять:

- Аналізувати технічні вимоги до виробу для свідомого вибору найбільш доцільної технології адитивного виробництва.
- Здобути навички підготовки 3D-моделей до друку, включаючи

аналіз геометрії, виправлення помилок та створення підтримуючих структур.

- Вміти визначати оптимальні режими роботи обладнання (температура, швидкість, товщина шару) для досягнення заданих показників якості.

- Набути досвіду усунення типових проблем, що виникають під час 3D-друку, та приймати обґрунтовані рішення щодо корекції технологічного процесу.

3. Програма навчальної дисципліни:

Змістовий модуль 1. Основи адитивних технологій та 3D-друку. Обладнання та технології друку.

Тема 1. Вступ до адитивних технологій.

Сутність та переваги адитивних технологій. Вплив на промисловість, інноваційні можливості та перспективи використання. Роль у концепції Індустрії 4.0.

Тема 2. Матеріали для 3D-друку.

Полімери, метали, композити, біоматеріали. Властивості матеріалів і сфери застосування.

Тема 3. Слайсери та підготовка моделей.

Призначення та функції слайсерів, налаштування параметрів друку, вплив на точність та якість виробу.

Тема 4. Різновиди кінематики 3D-принтерів.

Картезіанська, дельта, CoreXY та інші кінематики. Вплив на точність, швидкість і стабільність друку.

Тема 5. Електросхеми та екструдери 3D-принтерів.

Елементи електросхем, контролери, сенсори. Типи екструдерів, їх вплив на якість та швидкість друку.

Тема 6. Додаткове обладнання 3D-принтерів.

Системи охолодження, нагрівання, автоматичного вирівнювання, камери контролю друку. Вплив на стабільність та можливості друку.

Тема 7. 3D-друк спеціальними матеріалами. SLA та SLS 3D-друк.

Технології стереолітографії та селективного лазерного спікання. Принципи роботи, матеріали, сфери застосування.

Змістовий модуль 2. Застосування адитивних технологій у промисловості.

Тема 8. 3D-друк у будівництві.

Використання адитивних технологій для будівельних елементів. Матеріали, процес, архітектурні та конструктивні переваги.

Тема 9. 3D-друк у ливарному виробництві та електроніці.

Використання у литті та для виготовлення електронних компонентів. Матеріали, точність, ефективність.

Тема 10. 3D-друк в автомобіле- та авіабудуванні.

Виготовлення легких та міцних компонентів. Використання спеціальних матеріалів, вплив на безпеку та ефективність транспортних засобів.

Тема 11. 3D-сканування.

Різновиди технологій сканування, створення точних 3D-моделей для виробництва та реверс-інжинірингу.

Тема 12. Цифровий двійник у адитивному виробництві.

Концепція цифрових двійників (Digital Twin). Віртуальне моделювання процесу 3D-друку. Оптимізація параметрів друку на основі симуляцій. Використання у транспорті та машинобудуванні.

Тема 13. Післяобробка та контроль якості у адитивних технологіях.

Методи механічної, термічної, хімічної та лазерної післяобробки виробів. Інструменти контролю геометрії, міцності та якості поверхні. Стандартизація та сертифікація у 3D-друці.

Тема 14. Економіка та екологія адитивного виробництва.

Техніко-економічний аналіз ефективності впровадження адитивних технологій. Порівняння із традиційними методами виробництва. Енергоспоживання, переробка та утилізація матеріалів, екологічні аспекти.

Тема 15. Майбутні тенденції та інновації у адитивних технологіях

Розвиток технологій 4D-друку, використання штучного інтелекту для оптимізації процесів. Автоматизація виробництва, роботизовані комплекси. Перспективи у транспорті, медицині, космічній та будівельній галузях.

4. Структура залікового кредиту з дисципліни «Адитивні технології» (денна форма навчання)

	Кількість годин					
	Лекції	Прак-тичні заняття	Самостій-на робота	Індиві-дуальна робота	Тренінг	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. Основи адитивних технологій та 3D-друку. Обладнання та технології друку.						
Тема 1. Вступ до адитивних технологій	2	2	6	2	4	Поточне опитування, тестування
Тема 2. Матеріали для 3D-друку	2	2	6			
Тема 3. Слайсери та підготовка моделей.	2	2	6			
Тема 4. Різновиди кінематики 3D-принтерів	2	2	6			
Тема 5. Електросхеми та екструдери 3D-принтерів	2	2	6			
Тема 6. Додаткове обладнання 3D-принтерів	2	2	6			
Тема 7. 3D-друк спеціальними матеріалами	2	2	6			
Змістовий модуль 2. Застосування адитивних технологій у промисловості.						
Тема 8. 3D-друк у будівництві	2	2	6	2	4	Поточне опитування, тестування
Тема 9. 3D-друк у ливарному виробництві та електроніці	2	2	6			
Тема 10. 3D-друк у автомобіле- та авіабудуванні.	2	2	4			
Тема 11. 3D-сканування	2	2	4			
Тема 12. Цифровий двійник у адитивному виробництві	2	2	4			
Тема 13. Післяобробка та контроль якості у адитивних технологіях	2	2	4			
Тема 14. Економіка та екологія адитивного виробництва	2	2	4			
Тема 15. Майбутні тенденції та інновації у адитивних технологіях	2	2	4			
Разом	30	30	78	4	8	

5. Тематика практичних занять

Практичне заняття 1, 2.

Тема: Основи роботи з 3D-принтером та калібрування платформи.

Мета: Ознайомитися з конструкцією 3D-принтера, базовими принципами його роботи, навчитися проводити початкове налаштування та калібрування платформи для забезпечення якісного друку.

Питання для обговорення:

1. Будова та основні вузли FDM-принтера.
2. Принцип роботи та кінематика подачі матеріалу.
3. Калібрування платформи та сопла.
4. Вплив первинних налаштувань на якість першого шару.
5. Заходи безпеки під час роботи з 3D-принтером.

Практичне заняття 3.

Тема: Підготовка об'ємної деталі до друку в слайсері PrusaSlicer.

Мета: Навчитися імпортувати 3D-моделі, виконувати базові налаштування та готувати файл G-code для друку на FDM-принтері.

Питання для обговорення:

1. Інтерфейс та базові функції PrusaSlicer.
2. Імпорт та масштабування STL-моделей.
3. Вибір шару, швидкості та температури друку.
4. Генерація та збереження G-code.
5. Перевірка параметрів перед початком друку.

Практичне заняття 4.

Тема: Налаштування заповнення у PrusaSlicer.

Мета: Вивчити вплив типу та щільності заповнення на якість і міцність виробу, оптимізувати параметри для різних функціональних моделей.

Питання для обговорення:

1. Призначення внутрішнього заповнення у виробках.
2. Типи інфілу: Rectilinear, Gyroid, Cubic, Honeycomb та інші.
3. Вплив щільності заповнення на механічні властивості.
4. Оптимізація часу друку та витрати матеріалу.
5. Приклади підбору заповнення для прототипів і функціональних деталей.

Практичне заняття 5.

Тема: Налаштування підтримок та допоміжних структур у PrusaSlicer.

Мета: Навчитися підбирати та коригувати параметри підтримок і додаткових структур (бріми, рафти) для друку деталей складної геометрії.

Питання для обговорення:

1. Необхідність підтримок при FDM-друку.
2. Типи та параметри підтримок.
3. Роль брімів та рафтів у забезпеченні стабільності моделі.
4. Методи уникнення пошкоджень деталей при знятті підтримок.
5. Практичні поради для оптимізації підтримок.

Практичне заняття 6.

Тема: Оптимальне розміщення деталей на робочій платформі.

Мета: Вивчити принципи розміщення моделей для підвищення якості друку та зменшення витрати матеріалу.

Питання для обговорення:

1. Вплив орієнтації моделі на якість поверхні.
2. Методи мінімізації підтримок.
3. Економія часу друку та матеріалу завдяки груповому розміщенню.
4. Поняття “nesting” та автоматизоване розташування моделей.
5. Приклади ефективного розміщення моделей різних типів.

Практичне заняття 7, 8.

Тема: Робота з PLA, PETG та композитними матеріалами.

Мета: Засвоїти особливості роботи з різними видами філаментів, налаштувати параметри друку для забезпечення оптимальної якості.

Питання для обговорення:

1. Властивості поширених філаментів для 3D-друку.
2. Порівняння PLA, PETG, ABS та композитів.
3. Налаштування температури та швидкості друку.
4. Вплив матеріалу на точність та міцність виробу.
5. Проблеми та поради при зміні матеріалів.

Практичне заняття 9.

Тема: Практичне застосування макросів у PrusaSlicer.

Мета: Навчитися автоматизувати налаштування друку за допомогою макросів і скриптів для підвищення ефективності роботи.

Питання для обговорення:

1. Призначення та види макросів у слайсерах.
2. Приклади корисних макросів для FDM-друку.
3. Автоматизація зміни температури та швидкості.
4. Введення пауз для вставки елементів (наприклад, гайок, магнітів).
5. Тестування й налагодження макросів.

Практичне заняття 10.

Тема: Підготовка до 3D-друку функціональних будівельних елементів із високими вимогами до точності.

Мета: Опанувати налаштування параметрів 3D-друку для виготовлення конструктивних деталей та елементів архітектурних чи будівельних систем, що потребують високої точності, стабільності та якісної поверхні.

Питання для обговорення:

1. Технічні вимоги до 3D-друку конструктивних елементів будівель і архітектурних макетів.
2. Вибір матеріалів для виготовлення функціональних компонентів із підвищеним навантаженням.
3. Калібрування 3D-принтера для забезпечення геометричної точності друку.
4. Проведення тестових друків і аналіз відхилень форми та розмірів.
5. Методи післяобробки, оцінка якості та функціональності надрукованих елементів.

Практичне заняття 11, 12.

Тема: Дослідження впливу різних кінематик на якість друку.

Мета: Порівняти друк однієї моделі на принтерах із різними кінематичними схемами та оцінити відмінності у якості.

Питання для обговорення:

1. Типи кінематичних схем (картезіанська, CoreXY, дельта).
2. Вплив кінематики на точність і швидкість друку.
3. Особливості налаштування кожного типу принтера.
4. Аналіз дефектів та їх усунення.
5. Рекомендації щодо вибору обладнання.

Практичне заняття 13.

Тема: Використання 3D-сканера для створення цифрової моделі.

Мета: Ознайомитися з роботою 3D-сканера та навчитись підготовці отриманих моделей до друку.

Питання для обговорення:

1. Принципи роботи оптичних та лазерних 3D-сканерів.
2. Підготовка об'єкта до сканування.
3. Постобробка отриманої моделі.
4. Виправлення дефектів у 3D-редакторі.
5. Імпорт у слайсер та підготовка до друку.

Практичне заняття 14.

Тема: Контроль якості надрукованих виробів та післяобробка.

Мета: Засвоїти методи перевірки точності й якості друку, навчитись застосовувати методи механічної та хімічної післяобробки.

Питання для обговорення:

1. Методи вимірювання точності деталей.
2. Виявлення дефектів (усадка, деламінація, нитки).
3. Механічна обробка (шліфування, свердління).
4. Хімічна обробка (ацетон, смоли, фарбування).
5. Критерії оцінки придатності виробу до експлуатації.

Практичне заняття 15.

Тема: Економічний та екологічний аналіз проєкту адитивного виробництва.

Мета: Навчитися оцінювати економічну доцільність і вплив на довкілля при використанні 3D-друку.

Питання для обговорення:

1. Розрахунок вартості матеріалів та часу друку.
2. Порівняння з традиційними технологіями виробництва.
3. Використання переробленого філаменту.
4. Мінімізація відходів під час друку.
5. Формування звіту з економічної та екологічної оцінки.

6. Самостійна робота

Самостійна робота передбачає виконання індивідуального завдання з розробки цифрової 3D-моделі обраної деталі у CAD-середовищі та підготовки її до друку з використанням сучасних слайсерів (PrusaSlicer, Cura тощо), включаючи вибір технології та матеріалу, налаштування параметрів друку, аналіз часу та собівартості виготовлення виробу. Результати оформлюються у письмовому звіті з ілюстраціями моделі, обґрунтуванням прийнятих технічних рішень і висновками щодо економічної та практичної доцільності застосування. Для поглиблення знань студенти самостійно опрацьовують рекомендовані матеріали (відеоуроки, статті, наукові публікації), що допомагає закріпити теоретичні знання й набути практичних навичок використання адитивних технологій.

7. Тренінг з дисципліни

Тематика тренінгу: Моделювання та підготовка до друку функціональних деталей за допомогою адитивних технологій.

Цей тренінг охоплює ключові аспекти дисципліни «Адитивні технології», поєднуючи теоретичні знання про процеси 3D-друку та властивості матеріалів із практичними навичками моделювання, підготовки моделей у слайсерах та оптимізації параметрів друку. Студенти отримають практичні вміння, необхідні для професійної діяльності в галузі проектування та виробництва деталей і прототипів за допомогою адитивних технологій.

Мета тренінгу: забезпечити студентів комплексними теоретичними знаннями та практичними навичками у сфері моделювання, підготовки й оптимізації технологічного процесу 3D-друку функціональних деталей.

Завдання тренінгу:

- Ознайомити студентів із технологічними параметрами 3D-друку та принципами вибору матеріалів.
- Навчити працювати зі слайсерами (PrusaSlicer, Cura) для налаштування параметрів друку та оптимального розміщення моделей.
- Розробити 3D-модель функціональної деталі (наприклад, зубчастої передачі, кріпильного елемента чи корпусу).
- Провести порівняльний аналіз різних налаштувань друку на якість виробу.
- Розрахувати час, собівартість та оцінити екологічні аспекти виробництва.

Порядок проведення тренінгу:

Вступна частина проводиться з метою ознайомлення студентів із метою та завданнями тренінгу, демонстрація прикладів готових виробів та помилок під час друку.

Організаційна частина полягає у формуванні робочих груп, розподіл завдань (моделювання, підготовка до друку, аналіз результатів).

Практична частина:

- створення та імпорт 3D-моделі в CAD-програмі;
- налаштування параметрів у слайсерах та підготовка G-code;
- друк обраної деталі;
- оцінка якості виробу (точність, міцність, економія матеріалу).

Підведення підсумків. Обговорення впливу налаштувань на якість друку, обмін досвідом та рекомендації щодо покращення процесу. Обмін думками з питань, що виносились на тренінг.

9. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі вивчення дисципліни «Адитивні технології» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- підсумковий модульний контроль;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- оцінювання практичних занять;

- оцінювання тренінгів;
- оцінювання результатів самостійної роботи;
- інші види індивідуальних та групових завдань.

10. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Адитивні технології» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4
20%	20%	20%	20%	5%	15%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 2	Тренінги	Самостійна робота
Оцінка за даний модуль визначається як середнє арифметичне за роботу на практичних заняттях № 1-7.	Підсумкова письмова робота за темами № 1-6.	Оцінка за даний модуль визначається як середнє арифметичне за роботу на практичних заняттях № 8-15.	Підсумкова письмова робота за темами № 7-11.	Оцінка виконання завдання тренінгу.	Оцінка за виконаний і представлений реферат на вибрану тему.

Поточне опитування під час заняття:

90–100 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань;

75–89 балів – достатньо повно володіє навчальним матеріалом, але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки;

65–74 бали – в цілому володіє навчальним матеріалом та викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки;

60–64 бали – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, фрагментарно (без аргументації та обґрунтування) його викладає, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань, допускаючи при цьому суттєві неточності;

1–59 балів – не володіє навчальним матеріалом, не розкриває зміст теоретичних питань. Підсумкова оцінка за поточне опитування кожного модуля визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих під час занять в межах кожного модуля.

Тренінг:

90–100 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його використовує під час розв’язування завдань тренінгу;

75–89 балів – достатньо повно володіє навчальним матеріалом, але при розв’язуванні окремих задач тренінгу не вистачає достатньої глибини та аргументації його використання, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки;

65–74 бали – в цілому володіє навчальним матеріалом та загалом його

використовує при розв'язування задач тренінгу, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому суттєві неточності та помилки;

60–64 бали – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, фрагментарно (без аргументації та обґрунтування) його використовує, частково розв'язуючи задачі тренінгу, допускаючи при цьому суттєві неточності;

1–59 – не володіє навчальним матеріалом, не розв'язує задачі тренінгу, не бере участі у колективних завданнях під час проведення тренінгу.

Самостійна робота:

90–100 балів – зміст та захист реферату свідчить про високий рівень опанування навчального матеріалу, реферат містить елементи самостійного дослідження, студент на високому рівні виявляє творчий підхід до виконання завдань;

75–89 балів – зміст та захист реферату загалом свідчить про належний рівень опанування навчального матеріалу, можуть бути несуттєві недопрацювання, студент належно виявляє творчий підхід до виконання завдань;

60–74 балів – поставлені завдання виконані на недостатньому рівні; наведені авторські напрацювання є загальними і слабо обґрунтованими, свідчать про недостатній рівень опанування навчального матеріалу; студент припускається значних помилок у виконанні завдань, в окремих моментах виявляє творчий підхід до виконання завдань;

1–59 балів – завдання практично не виконані; відсутні авторські напрацювання; грубі помилки у вирішенні завдань роботи, що свідчать про низький рівень опанування навчального матеріалу; студент не виявляє творчого підходу до виконання завдань.

Шкала оцінювання:

За шкалою університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90-100	відмінно	A (відмінно)
85-89	добре	B (дуже добре)
75-84		C (добре)
65-74	задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35-59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

11. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Проектор	1-11
2.	Електронний варіант лекцій	1-11
3.	Система moodle.wunu.edu.ua	1-11
4.	https://wunu.electude.eu/	1-11
5.	PrusaSlicer	1-11
6.	https://www.printables.com/	1-11
7.	https://makerworld.com/	1-11
8.	UtliMaker Cura	1-11
9.	Blender	1-11

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Фалович, Н.М., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Антонюк, О.П. 2022. Оцінка міцності та надійності автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Лип 2022), 17–22.
2. Захарчук О. П. Обґрунтування доцільності удосконалення трансмісії пасажирських автобусів типу Van Hool Agor 915 Ta Neoplan N316/ 3 U1 / Захарчук О.П., Розум Р.І., Буряк М.В., Фалович Н.М. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Зб. наук. ст. - Луцьк, 2022.- С. 81-86.
3. Афтанділянц Е. Г., Семеновський О.Є., Опальчук А.С., Роговський Л.Л., Роговський І.Л. Металознавство і технології матеріалів: Навчальний підручник. К.: НУБіП, 2016. - 647 с.
4. Богуслаєв В.О. Наноматеріали і нанотехнології / В.О. Богуслаєв, О.Я. Качан, Н.Є. Калініна, В.Ф. Мозговой, В.Т. Калінін. – Запоріжжя: АТ "Мотор Січ", 2015. – 202 с.
5. Калініна Н.Є. Структура, властивості та використання конструкційних наноматеріалів/ Н.Є. Калініна, Г.М. Никифорчин, О.В. Калінін та ін. – Львів і Простір – М. – 2017. – 302с.
6. Большаков В.І. Наноматеріали і нанотехнології/ В.І. Большаков, В.З. Куцова, Т.В. Котова. – Дніпропетровськ: "Свідлер А.Д." – 2016. – 220с.
7. Копань В. Композиційні матеріали: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. – Київ: Унів. вид-во Пульсари, 2004. – 200 с.
8. Пушкарьова К.К., Кочевих М.О., Гончар О.А., Бондаренко О.П. Матеріалознавство: Підручник/ за ред. проф. К.К. Пушкарьової – Київ: Ліра-К, 2012. – 624 с.
9. Спорягін Е. О., Варлан К. Є. Теоретичні основи та технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів: Навчальний посібник. – Д.: Вид-во ДНУ, 2012.– 188 с.
10. Будник А.Ф., Юскаєв В.Б., Будник О.А. Неметалеві матеріали в сучасному суспільстві: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 222 с.
11. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ: 2006. – 270 с.
12. William D. Callister Jr., David G. Rethwisch. Materials Science and Engineering. ohn Wiley & Sons; 9th Edition SI Version, 2014. – 936 p.
13. William D. Callister Jr., David G. Rethwisch. Callister's Materials Science and Engineering. Wiley; 10th edition, 2020. – 944 p.
14. Adrian P. Sutton FRS. Concepts of Materials Science. OUP Oxford, 2021. – 160 p.
15. Michael F. Ashby, Hugh Shercliff, David Cebon. Materials: Engineering, Science, Processing and Design. Butterworth-Heinemann; 4th edition, 2018. – 806 p.