

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ ВИРОБІВ У ЦИРКУЛЯЦІЙНІЙ ЕКОНОМІЦІ»



Рівень вищої освіти .....	Другий (магістерський)
Спеціальність .....	G9 Прикладна механіка
Освітня програма .....	«Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»
Кількість кредитів .....	4 кредити ЄКТС (120 годин)
Тривалість викладання ..	3-й семестр (5;6 чверть)
лекції: .....	2 години
практичні заняття: .....	2 години
Мова викладання .....	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»: <https://do.nmu.org.ua/course/section.php?id=42220>

Кафедра, що викладає      Технологій машинобудування та матеріалознавства

Викладач:



**Козечко Вікторія Анатоліївна**  
Доцент, канд. техн. наук

**Персональна сторінка**  
<https://tgm.nmu.org.ua/ua/bezrukavaya-victoria-anatoliievna.php>

**E-mail:** [kozachko.v.a@nmu.one](mailto:kozachko.v.a@nmu.one)

## 1. Анотація до курсу

Курс спрямований на формування у здобувачів освіти системного розуміння ролі технологій тривимірного друку в умовах переходу до моделі циркуляційної економіки. У межах навчальної дисципліни розглядаються теоретичні засади циркуляційної економіки, принципи замкнених матеріальних потоків, повторного використання ресурсів, переробки та продовження життєвого циклу продукції, а також їх інтеграція з адитивними технологіями виробництва.

Особлива увага приділяється аналізу технологічних, матеріалознавчих, екологічних та економічних проблем 3D-друку, зокрема питанням якості виробів, енергоспоживання, повторної переробки полімерів і металів, використання вторинної сировини, управління відходами та оцінки впливу на довкілля. Досліджуються бар'єри впровадження адитивного виробництва в замкнені виробничі цикли, включаючи нормативно-правові обмеження, стандартизацію, сертифікацію продукції та логістичні аспекти.

## 2. Мета та завдання курсу

**Мета дисципліни** – формування у здобувачів вищої освіти компетентностей для уміння здійснювати дослідження в галузі адитивних технологій і матеріалів, а також виконувати якісне керування обладнанням для тривимірного друку при виробництві, з найменшою кількістю відходів.

### Завдання курсу:

- засвоєння теоретичних засад циркуляційної економіки, принципів замкнених матеріальних потоків, мінімізації відходів та продовження життєвого циклу продукції в контексті використання технологій тривимірного друку;
- дослідження особливостей сучасних адитивних технологій, їхніх технічних обмежень, вимог до матеріалів і впливу параметрів друку на якість та довговічність виробів;
- формування навичок оцінювання ресурсоефективності та екологічної доцільності застосування 3D-друку, зокрема шляхом використання методів аналізу життєвого циклу продукції, оцінювання енергоспоживання, вуглецевого сліду та потенціалу повторного використання матеріалів.

## 3. Результати навчання:

- використовувати спеціалізовані комп'ютерні програми для 3D принтерів задля керування процесом друку виробів;
- застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування для нових видів продукції в галузі адитивних технологій;
- використовувати процеси тривимірного друку для впровадження рециклінгової економіки та як найменшого забруднення довкілля;
- впроваджувати новітні технології рециклінгу, в тому числі закордонні, для вдосконалення процесів адитивного виробництва.

## 4. Структура курсу

Види та тематика навчальних занять
<b>ЛЕКЦІЇ</b>
1. Класифікація та загальна характеристика основних методів тривимірного друку
2. Принтери 3DP (three dimensional printing) та SL (Stereolithography) - стереолітографія
3. LS (laser sintering) - лазерне спікання. Вибіркове лазерне спікання (SLS). Вибіркова лазерна плавка (SLM)

<b>Види та тематика навчальних занять</b>
4. Технологія Polyjet. Маскова стереолітографія. LENS (LASER ENGINEERED NET SHAPING)
5. LOM (laminated object manufacturing). 3D принтери для будівництва будівель
6. Технології друку металами. Використання альтернативних матеріалів в адитивному виробництві
7. Пошарове сплавлення порошку. SLM (вибіркове лазерне плавлення) або DMLS (пряме спікання металу лазером)
8. Binder Jetting - склеювання частинок металу для подальшого випалення. Заміс металевого порошку в металеву пасту
9. Наплавлення. DED (Directed Energy Deposition), або лазерне наплавлення
10. EBM (Electron Beam Manufacturing - виробництво електронним променем)
11. Технології тривимірного друку у циркуляційній економіці
12. Замкнений цикл виробництва без шкоди навколишньому середовищу
<b>ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ</b>
1. Тривимірний друк деталі зі складними поверхнями пластиком
2. Програми для керування 3D принтерами: Ultimaker Cura, Prusa, Autodesk
3. Пластики для тривимірного друку (фотополімери), термопластики (PLA, ABS, PVA, HIPS і т.п.), PET-S
4. Метали для тривимірного друку - титан, нержавіюча сталь, інконель, алюміній, мідь, дорогоцінні метали

### **5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення.**

Технічні засоби навчання.

Використовується програмне забезпечення MS Office 365.

Мультимедійне обладнання, персональні комп'ютери, дистанційна платформа MOODLE, програмне забезпечення Prusa, Cura.

Активованій акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one) на Ofic365.

### **6. Система оцінювання та вимоги**

**6.1.** Навчальні досягнення студентів за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Сума балів за навчальні досягнення студента	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 7-го кваліфікаційного рівня НРК.

**6.2.** Студенти можуть отримати підсумкову оцінку з дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні	
60	40	30	100

Поточний контроль результатів навчання з дисципліни здійснюється протягом семестру та включає оцінювання теоретичної і практичної підготовки здобувачів освіти.

Оцінювання теоретичної підготовки здійснюється шляхом проведення двох контрольних тестувань протягом семестру:

- перше тестування наприкінці першої чверті семестру;
- друге тестування наприкінці другої чверті семестру.

Кожне тестування містить 10 тестових завдань закритого типу з чотирма варіантами відповіді, з яких один є правильним, за кожен правильну відповідь нараховується 3 бали. Оцінювання здійснюється відповідно до кількості правильних відповідей.

Практична підготовка оцінюється за результатами виконання чотирьох індивідуальних практичних завдань, що виконуються протягом семестру. Розподіл балів – по 10 балів за кожне завдання.

Максимальна кількість балів за практичну частину становить 40 балів. Виконання завдань здійснюється поетапно:

- у першій чверті семестру – 2 практичні завдання;
- у другій чверті семестру – 2 практичні завдання.

При оцінюванні практичних робіт враховуються:

- правильність виконання завдання;
- повнота розв'язання;
- обґрунтованість отриманих результатів;
- дотримання вимог до оформлення;
- своєчасність подання роботи.

Зниження балів здійснюється у разі наявності помилок, неповного виконання завдання або порушення термінів подання.

### **6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи:**

Підсумкові результати навчання складаються із результатів виконання комплексної контрольної роботи (ККР) на базі онлайн системи університету.

ККР спрямована на перевірку досягнення програмних результатів навчання та включає 20 тестових завдань та 4 практичних завдання за змістом дисципліни.

Максимальна кількість балів за виконання ККР становить 100 балів, з яких:

- тестові завдання – 60 балів (по 3 бали за кожен правильну відповідь);
- практичні завдання – 40 балів (по 10 балів за кожне практичне завдання).

Оцінювання результатів ККР здійснюється за такими показниками:

- кількість правильно виконаних тестових завдань;
- правильність та повнота виконання практичних завдань;
- обґрунтованість отриманих результатів.

Підсумкова оцінка визначається відповідно до кількості набраних балів.

### **6.4. Заохочувальні бали**

Заохочувальні бали можуть нараховуватися за наукову активність здобувача освіти, пов'язану з тематикою дисципліни:

- підготовка та подання наукової статті;
- участь у науковій конференції з доповіддю;
- участь у підготовці заявки на отримання патенту на винахід або корисну модель;
- виконання індивідуального дослідницького завдання підвищеної складності.

Конкретна кількість балів визначається залежно від рівня виконання роботи та не може перевищувати 10 балів.

Заохочувальні бали нараховуються понад результати поточного контролю.

Підсумкова кількість балів за дисципліною, разом з бонусами, не може перевищувати 100 балів.

## 7. Політика курсу

### 7.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність студентів є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". <http://surl.li/alvis>

У разі порушення студентом академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

### 7.2. Комунікаційна політика.

Студенти повинні мати активовану університетську пошту.

Обов'язком студента є перевірка один раз на тиждень (щонеділі) поштової скриньки на Офіс365 та відвідування команди у MS TEAMS.

Протягом тижнів самостійної роботи обов'язком студента є робота з дистанційним курсом «Технології фізико-технічної обробки матеріалів» ([www.do.nmu.org.ua](http://www.do.nmu.org.ua)).

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту або до групи в MS TEAMS.

### 7.3. Політика щодо перескладання.

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

### 7.4 Політика щодо оскарження оцінювання.

Якщо студент не згоден з оцінюванням його знань він може оскаржити виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

### 7.5. Відвідування занять.

Для студентів денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, студентська мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності студент має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

## 8. Рекомендовані джерела інформації

1. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник / О. Д. Манжілевський, Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 105 с.
2. Архітектурно-конструктивно-технологічна система 3д-друку будівельних об'єктів : колективна монографія / М. Савицький, Ш. Айріх, І. З. Халаф [та ін.]. ; за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. М. Савицького, – Дніпро, ФОП Удовиченко О.М., 2021. – 233 с.

3. 3D Printer Market Sales Will Exceed \$14.6 billion in 2019 [electronic resource]. — Access: <http://blogs.gartner.com/pete-basiliere/2015/09/29/3dprinter-market-sales-will-exceed-14-6-billion-in2019/>.
4. Проців В.В. Сучасні полімерні матеріали та технології в 3D-прінтингу / В.В. Проців, В.А. Козечко, В.А. Дербаба, О.О. Богданов// Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2021 – № 65 – С.107-117. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.107>
5. Дербаба, В.А., Григоренко, В.У. & Рубан, В.М. (2023). Розвиток елементів комп'ютерного програмування у складових наскрізних технологіях виготовлення механічного обладнання в машинобудуванні. Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», (72), 212-221. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/72.212>