



# СУЧАСНІ АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>136 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS, 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних занять</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція – 1 раз на тиждень, лабораторне заняття – 1 раз на два тижні <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович, e-mail: <a href="mailto:egby-iff@lil.kpi.ua">egby-iff@lil.kpi.ua</a> Лабораторні роботи: к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович к.т.н., доцент, Лук'яненко Іван Віталійович</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://foundry.kpi.ua/courses/">https://foundry.kpi.ua/courses/</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Вивчаючи дисципліну у студентів формуються знання, щодо сучасних можливостей адитивних технологій, використання їх у прототипуванні або серійному виробництві різних компаній, методів побудови деталей, методики обрання матеріалів для певного виробу та підготовка деталей для друку.*

*Метою навчальної дисципліни є формування у студентів комплексу професійних знань, умінь та навичок в напрямку адитивних технологій, здатності їх використання для створення прототипів, деталей та виробів.*

*Предметом вивчення навчальної дисципліни «Сучасні технології 3Dдруку» є сучасні інженерні методи та комп'ютерні засоби для вирішення виробничих проблеми за допомогою технологій тривимірного моделювання CAD /CAM.*

#### **Програмні результати навчання відповідно до освітньої програми:**

*PH2. Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі.*

*PH4. Застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства.*

*PH9. Застосовувати методи LCA-аналізу, еко-аудиту, підходів стійкого розвитку під час розробки нових матеріалів та впровадження нових технологій.*

*PH 13. Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки.*

*PH16. Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів.*

*PH19. Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання.*

PH22. Прогнозувати розвиток сучасного ринку матеріалів та технологій, застосовувати методи стратегічного планування для забезпечення сталого розвитку технологій у контексті глобалізаційних викликів.

**Компетентності, яких набуває студент:**

Загальні компетентності:

K3.01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K3.04. Здатність спілкуватися іноземною мовою

K3.07. Здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій.

K3.08. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

**Фахові компетентності:**

СК.01. Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення.

СК.03. Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується.

СК.04. Здатність оцінювати та забезпечувати якість робіт, що виконуються.

СК.06. Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів.

СК.19. Здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Для успішного засвоєння дисципліни студенту необхідно володіти знаннями з дисциплін «Фізика», «Фізична хімія», «Металознавство», «Спеціальні та особливі види лиття». Вивчення дисципліни сприяє засвоєнню навчальних дисциплін циклу професійної підготовки.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного світогляду в галузі інженерії матеріалів чим формує набір компетентностей для подальшого вивчення дисциплін матеріалознавчого напрямку. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні дипломної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ.1. Історичні передумови виникнення адитивних технологій. Термінологія та класифікація. Области застосування АМ технологій.

Розділ 2. Матеріали, технології та машини для вирощування металевих виробів.

Розділ 3. Сучасні адитивні технології і порошкова металургія.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова література:

1. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування [Текст] : навч. посіб. / О. Д. Манжілевський, Р. Д. Іскович-Лотоцький. - Вінниця : ВНТУ, 2021. - 105 с.

2. Порошкові титанові сплави для адитивних технологій: структура, властивості, моделювання: монографія / О.В. Овчинников, З.А. Дурягіна, Т.Є. Романова, І.А. Лемішка, А.В. Панкратов, В.В. Кулик, Ю.Ф. Басов, М.В. Хазнаферов. – Київ: Наукова думка, 2021. – 196 с.

3. 3D Printing: Understanding Additive Manufacturing, Andreas Gebhardt, Julia Kessler, Laura Thurn, Carl Hanser Verlag GmbH & Company KG, 2018. – 204 p.

4. 3D Printing: Technology, Applications, and Selection, Rafiq Noorani, CRC Press, 2017. – 271 p.

5. Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies, David Ian Wimpenny, Pulak M. Pandey, L. Jyothish Kumar, Springer, 2016. – 186 p.

Допоміжна література:

6. Mandrycky S. Et al. 3D bioprinting for engineering complex tissues//biotechnology advances. – 2016. – т. 34. – №. 4. – с. 422-434.

7. Нові матеріали та композити : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.

8. *Нові матеріали та технології їх отримання: Підручник / Е.С. Геворкян, Г.Д. Семченко, Л.А. Тимофеева та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 341 с.*

9. *Інноваційні технології виробництва продукції та надання послуг [Електронний ресурс] : конспект лекцій / С. М. Логвінков, І. М. Літвінова. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2021. – 95 с.*

*Довідкові матеріали та новини індустрії на сайтах:*

- <https://alt-print.com/>
- <https://3dprinter.ua/blog/>
- <https://3ddevice.com.ua/uk/>

*Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи лабораторних робіт.*

## **Навчальний контент**

### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### **Зміст лекційних занять**

*Заняття 1. Сучасні адитивні технології прототипування виробів. Основні відомості про прототипування виробів. Історичні передумови появи адитивних технологій. Области застосування прототипування виробів.[1-9]*

*Заняття 2. Види та класифікація технологій швидкого прототипування. Характеристика ринку адитивних технологій. Критерії вибору технологій[1-9]*

*Заняття 3. Технології та машини для вирощування металевих виробів. Група Bed Deposition. Група Direct Deposition.*

*Заняття 4. Матеріали для "металевих" АМ-машин. Методи отримання металевих порошків.[1-9]*

#### **Тематична контрольна робота**

*Заняття 5. Адитивне виробництво металевих виробів дуговою наплавкою. Плазмові технології адитивного виробництва.[1-9]*

*Заняття 6. Технології електронно-променевого адитивного виробництва. Лазерні технології селективного спікання. [1-9] Тематична контрольна робота*

*Заняття 7. Використання технологій в медичному та аерокосмічному виробництві.[1-9]*

*Заняття 8. Специфічні види адитивних технологій.[1-9]*

#### **Залік**

##### **Зміст лабораторних робіт**

*Основні завдання циклу лабораторних робіт є формування у студентів уявлень про методи отримання та дослідження матеріалів для адитивних технологій; отримання комплексу знань про вибір обладнання та методів 3Dдруку.*

*Лабораторна робота №1 Вступне заняття. Правила техніки безпеки при роботі з лабораторним обладнанням.*

*Лабораторна робота №2 Знайомство з сучасними методами отримання вихідних матеріалів для адитивного виробництва.*

*Лабораторна робота №3-4 Отримання порошків для АМ технологій плазмо-хімічним методом.*

*Лабораторна робота №5 Визначення гранулометричного складу та питомої поверхні порошків для 3Dдруку.*

*Лабораторна робота №6-7 Отримання виробів за допомогою SLA технології друку фотополімерною смолою.*

*Лабораторна робота №8 Основні методи дослідження виробів отриманих за допомогою АМ-технологій.*

*Лабораторна робота №9 Заключне заняття.*

##### **Самостійна робота студента**

*Самостійна робота студентів (загальна тривалість 96 годин) з дисципліни полягає в:*

- підготовці до лекційних занять – в розрахунку 2,5 години на 1 лекцію (45 годин)
- підготовці до виконання лабораторних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 2 години на 1 годину виконання лабораторної роботи = 36 години;
- підготовці до тематичних контрольних робіт – 6 години.

- підготовці до підсумкової атестації – заліку (9 годин).

## Політика та контроль

### 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять не є обов'язковим.
- Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми.
- Завдання пропущеної лабораторної роботи студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за лабораторне заняття знімається 10% за кожні дві години пропуску.
- Під час усіх видів лабораторних робіт забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.
- Результати виконаних лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних від руки. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання лабораторних робіт, у тому числі, використання даних для робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Тестування за пропущену лекцію має бути пройдено не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

### 7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

- експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях – максимум 1 бал, всього 18 балів.
- захист звітів з лабораторних робіт всього максимально 40 балів – максимум 8 балів з кожної роботи
- МКР розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді тестів на 7-му та 11-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожний тест 21 і 21 балів, відповідно, всього складає 42 бал за семестр.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних роботи №2 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №3-4, №5 та тематичної роботи №2.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях не менше 5
- Тематичні контрольні роботи не менше 20
- Захист звітів з лабораторних не менше 35 балів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, студент має право здавати залікову контрольну роботу, що складається з двох завдань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічні години. У випадку, якщо оцінка за залікову контрольну менша ніж за рейтингом, застосовується «м'який» РСО (студент отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік питань, які виносяться на семестровий та календарний контроль знаходиться в Додатку А.
- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі НН ІМЗ ім. Є. О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів, а також з частковим проведенням в профільних наукових установах.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент каф. Ливарного виробництва, к.т.н., Биба Євген Георгійович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № 12 від 26 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

## ДОДАТОК А

### Перелік питань на семестровий та календарний контроль з дисципліни «Сучасні адитивні технології»

#### До тематичної контрольної роботи №1

1. Що таке «адитивні технології»?
2. Які види тривимірного друку існують?
3. На основі чого базувався перший 3D принтер?
4. Які сфери використання 3D друку?
5. Які основні завдання та перспективи застосування адитивних технологій.
4. Наведіть приклади застосування адитивних технологій у різних галузях промисловості та сферах людського життя в Україні та за кордоном.
5. Які нагальні проблеми сьогодення можливо вирішити за допомогою адитивних технологій?
6. Наведіть класифікацію принтерів за принципом друку. Які особливості мають різні способи двовимірного друку?
7. Наведіть основні історичні етапи розвитку 3D принтерів.
8. Проаналізуйте сутність процесу 3D друку.
9. Проаналізуйте способи 3D друку різними матеріалами. У чому полягають їх особливості, переваги та недоліки?
10. Наведіть приклади останніх досягнень використання 3D друку у різних сферах та галузях.
11. Проаналізуйте приклади застосування адитивних технологій у таких сферах як медицина, архітектура, будівництво.
12. У чому полягають переваги і недоліки використання адитивних технологій у різних сферах та галузях?
13. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.
14. У чому полягають особливості застосування 3D принтерів на виробництві та у побуті?
15. Назвіть та проаналізуйте особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки побутових 3D принтерів різних виробників.
16. У чому полягають особливості експлуатації побутових 3D принтерів?
17. Наведіть приклади найпоширеніших несправностей під час експлуатації побутових 3D принтерів.
18. Якими способами можливо створювати тривимірні моделі?
19. Які існують програми для 3D моделювання?
20. З чого складаються всі об'єкти?
21. Які існують онлайн програми для моделювання?
22. Що таке 3D сканер?
23. Принцип роботи 3D сканеру.
24. Види 3D сканерів.
25. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням SLA технології.
26. У чому полягають особливості друку за SLA технологією?
27. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням SLA технології.
28. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням SLA технології.
29. Проаналізуйте властивості фотополімерних матеріалів та деталей, що з них надруковані.
30. Поясніть принцип 3D друку деталей із застосуванням DLP технології.
31. У чому полягають відмінності SLA та DLP технологій 3D друку?
32. Проаналізуйте сутність 3D друку з застосуванням SLS технології.
33. Назвіть відмінності SLS та SLA технологій.

34. У чому полягають особливості, переваги та недоліки SLS технології?

35. Проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що виготовлені за SLS та SLA технологіями.

36. Поясніть принцип створення металевих деталей за допомогою DMLS технології.

### **До тематичної контрольної роботи №2**

37. У чому полягають особливості друку за LOM технологією?

38. У чому полягає відмінність LOM технології від SLA і SLS технологій?

39. У чому полягають особливості друку та постобробки деталей, що надруковані за допомогою LOM технології?

40. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням FDM технології.

41. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням FDM технології.

42. У чому полягають особливості друку за FDM технологією?

43. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням FDM технології.

44. Проаналізуйте механічні, фізичні, хімічні та інші властивості пластиків для FDM технології.

45. Наведіть класифікацію адитивних технологій виготовлення деталей з металу.

46. Проаналізуйте існуючі технології 3D друку металом.

47. У чому полягає сутність виготовлення деталей з металу за допомогою технології розплавлення порошкового шару та її різновидів?

48. Поясніть принцип виготовлення деталей з металу за допомогою технології осадження спрямованою енергією та її різновидів.

49. Наведіть приклади застосування адитивних технологій виготовлення деталей з металу на вітчизняних підприємствах.

50. У чому полягають особливості друку деталей з ABS та PLA пластику?

51. Які дефекти виникають у друкованих деталях? Як їх усунути?

52. Проаналізуйте способи механічної обробки та особливості склеювання деталей з ABS та PLA пластику.

53. В яких медичних сферах можливо використовувати 3D друк?

54. Що таке біодрук?

55. Які матеріали можливо використовувати для медичних цілей?

56. Які перспективи розвитку 3D друку в медицині?