



# Адитивні технології

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Прикладна механіка пластичності матеріалів
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	<a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Лавріненко Антон Дмитрович, 0964067298, <a href="mailto:alavrinenkov@hotmail.com">alavrinenkov@hotmail.com</a> Практичні: к.т.н., доц. Лавріненко Антон Дмитрович
Розміщення курсу	<a href="https://ecampus.kpi.ua">https://ecampus.kpi.ua</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Адитивні технології" присвячена технологіям отримання складних функціональних деталей та технологічного оснащення, прототипів з полімерів, металу, кераміки.

**Метою дисципліни** є знання сучасних технологій адитивного виробництва.

**Предмет навчальної дисципліни** – технології адитивного виробництва.

У результаті вивчення дисципліни студент набуде наступних компетентностей:

#### **Здатність:**

- використовувати технології адитивного створення деталей, їх гібридні комбінації з іншими видами обробки та використовувати в подальшому технологічному ланцюгу отримання кінцевого виробу

#### **Знання:**

- розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу її виготовлення.
- розробляти ефективні процеси створення поверхонь деталей їх технологічне забезпечення з урахуванням особливостей життєвого циклу виробу.

#### **Уміння:**

- створювати сучасні високоефективні технологічні процеси виготовлення складних тривимірних об'єктів, створювати ергономічні продукти з спеціальними властивостями та оснащення для прискорення технологічної підготовки виробництва

- вибирати оптимальну технологію для виготовлення тривимірних деталей;
- використовувати сучасні технології адитивного виробництва для виготовлення складних просторових деталей;
- проектувати деталі для адитивного виробництва;
- готувати керуючі програми для FDM друку;
- виконувати постоброблення надрукованих деталей;
- боротись з дефектами, які виникають в процесі побудови;
- виконувати генеративний дизайн деталей для зменшення їх маси зі збереженням функціональних властивостей.

#### **Спеціальні компетентності:**

- Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки
- Здатність до просторового мислення і відтворення просторових об'єктів, конструкцій та механізмів у вигляді проєкційних креслень та тривимірних геометричних моделей

#### **Програмні результати навчання:**

- Виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей і проєкційних зображень та оформлювати результат у виді технічних і робочих креслень
- Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE)

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

Успішне вивчення дисципліни пов'язане з дисциплінами навчального плану I-IV курсів такими, як «Технологія конструкційних матеріалів», «Матеріалознавство», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Деталі машин».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Адитивне виробництво**

Тема 1.1. Основні принципи адитивного виробництва. Використання адитивного виробництва в наш час. Вибір технології адитивного виробництва. Області застосування адитивних технологій, недоступні конвенціональним технологіям. Термінологія в галузі адитивного виробництва.

Тема 2.2. Переваги та недоліки адитивного виробництва: складність деталі, отримання відразу зібраних виробів, консолідація деталей.

Тема 2.3. Адитивне виробництво металевих деталей. Технології LENS, EBAM, WAAM, Powder Bed Fusion – Selective Laser Melting (SLM). EBM

Тема 2.4. Адитивне виробництва неметалевих деталей. Технології FDM, SLS, Material Jetting, Binder Jetting, Powder Jetting, SLA, DLP, CDLP, Sheet Lamination, Rapid liquid Printing,

### **Розділ 2. Матеріали для адитивного виробництва**

Тема 2.1. FDM матеріали

Тема 2.2. SLA матеріали

Тема 2.3. SLS матеріали

Тема 2.4. Jetting матеріали

Тема 2.5. Матеріали для друку металом

Тема 2.6. Матеріали для Binder Jetting

### Розділ 3. Технологічність виробу для адитивного виробництва

Тема 3.1. Технологічність виробу для технології FDM

Тема 3.2. Технологічність виробу для технології SLA

Тема 3.3. Технологічність виробу для технології SLS

Тема 3.4. Технологічність виробу для технології Material Jetting

Тема 3.5. Технологічність виробу для технології друку металом

Тема 3.6. Технологічність виробу для технології Binder jetting

Тема 3.7. Особливості розробки складних елементів виробу

### Розділ 4. CAD розробка виробу для адитивного виробництва

Тема 4.1. CAD розробка виробу

Тема 4.2. Підготовка CAD моделі до друку- Slicer software

### Розділ 5. Постобробка деталей

Тема 5.1. Постобробка деталей

### Розділ 6. Дослідження процесу адитивного виробництва та отриманої деталі

Тема 6.1. Моделювання процесу друку та фізико-механічних властивостей отриманого виробу

Тема 6.1. Випробування виробів адитивного виробництва

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

### Базова

1. Интегрированные генеративные технологии : учеб. пособие [для студ. выс. учеб. заведений] / [А. И. Грабченко, Ю. Н. Внуков, В. Л. Доброскок та ін.]. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 416 с.
2. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker / Springer, 2015. – 498 с. – (Third Edition).
3. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker., 2015. – 498 с. – (Second Edition).

### Допоміжна

1. Зленко М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – Москва: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.

## Навчальний контент

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

*Дисципліна розрахована на один семестр. Вона складається з лекцій, практичних занять, лабораторних занять та самостійної роботи студента.*

*В лекційній частині курсу викладено матеріал про технології адитивного виробництва, матеріали, які використовуються при виробництві, розробка виробу в CAD системі та підготовка в спеціалізованому програмному забезпеченні для друку, постобробка виробу та випробування готового виробу. Від ступеня засвоєння цього матеріалу визначається глибина знань студента щодо предмета вивчення. Перелік тем лекцій:*

Таблиця 1

№	Назва лекції	Кількість годин
1	Лекція 1. Адитивне виробництво	2
2	Лекція 2. Переваги та недоліки адитивного виробництва	2

3	Лекція 3. Адитивне виробництво металевих деталей	2
4	Лекція 4. Адитивне виробництва неметалевих деталей	2
5	Лекція 5. FDM матеріали	2
6	Лекція 6. SLA матеріали	2
7	Лекція 7. SLS матеріали	2
8	Лекція 8. Jetting матеріали	2
9	Лекція 9. Матеріали для друку металом	2
10	Лекція 10. Матеріали для Binder Jetting	1
11	Лекція 11. Технологічність виробу для технології FDM	2
12	Лекція 12. Технологічність виробу для технології SLA	1
13	Лекція 13. Технологічність виробу для технології SLS	1
14	Лекція 14. Технологічність виробу для технології Material Jetting	1
15	Лекція 15. Технологічність виробу для технології друку металом	1
16	Лекція 16. Технологічність виробу для технології Binder jetting	1
17	Лекція 17. Особливості розробки складних елементів виробу	1
18	Лекція 18. CAD розробка виробу	2
19	Лекція 19. Підготовка CAD моделі до друку- Slicer software	2
20	Лекція 20. Постобробка деталей	1
21	Лекція 21. Моделювання адитивного виробництва та властивостей деталі	2
22	Лекція 22. Випробування виробів адитивного виробництва	2

В рамках курсу запланована 1 модульна контрольна робота. Метою проведення контрольної роботи є перевірка знань, засвоєних студентом в процесі вивчення відповідних розділів навчальної дисципліни.

### Практичні заняття

Проведення практичних занять повинно допомогти студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал. Під час практичних занять студенти закріплюють отримані знання з технології отримання деталей адитивним виробництвом – розробка CAD моделей та підготовка STL моделей до друку. Мета практичних занять – закріпити у студентів певні навички щодо проектування деталей/виробів під адитивне виробництва, технології їх отримання та особливостей обробки деталей.

Типовий перелік практичних занять:

Таблиця 2

№ з/п	Тема практичного заняття	Кількість годин
1	Розробка CAD моделі	2
2	Вивчення програми Cura	2
3	Підготовка CAD моделі до друку в програмі Cura	2
4	Розробка та CAD модулювання частини складного виробу (наприклад частини квадрокоптеру)	4
5	Отримання виробу на 3D принтері	4
6	Постобробка деталі	2
7	Складання готового виробу	2

## Лабораторні заняття

Проведення лабораторних занять повинно допомогти студентам зрозуміти особливості будови 3D принтеру, вивчити специфіку технологічного процесу, отримати тестові зразки на 3D принтері, дослідити вплив параметрів друку на якість отриманих деталей, отримати готовий функціональний виріб/деталі. Дослідити механічні властивості деталі.

Типовий перелік лабораторних занять:

Таблиця 3

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
1	Вивчення будови 3D принтеру	2
2	Отримання тестових зразків та дослідження якості поверхонь	4
3	Отримання тестових зразків та дослідження механічних властивостей	2
4	Дослідження впливу геометрії та внутрішньої будови на механічні властивості деталі	2
5	Отримання деталей розроблених на практичних заняттях	4
6	Постобробка деталей	2
7	Формування звіту	2

## 6. Самостійна робота студента

До самостійної роботи відноситься: підготовка до лабораторних та практичних занять, проведення розрахунків та симуляцій та підготовка до семестрового контролю. Також до самостійної роботи відноситься опрацювання літературних джерел для розширення знань лекційного матеріалу.

## Політика та контроль

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

Система вимог, які ставляться перед студентом:

Відвідування лекційних занять чи відсутність на них, не оцінюється, проте рекомендовано.

Відвідування лабораторних та практичних занять є обов'язковим. У разі відсутності студента на лабораторній чи практичній роботі, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу відпрацювати.

Відвідування контрольних заходів є обов'язковим. Якщо студент пропустив контрольну роботу з поважних причин, наприклад, за станом здоров'я, то за наявності підтверджуючого документа (довідки) він може протягом тижня написати пропущену контрольну роботу. В іншому випадку контрольна робота не оцінюється. Перескладання контрольної роботи на вищу оцінку є неможливим.

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

*Поточний контроль: МКР*

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.*

*Семестровий контроль: залік*

*Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх практичних робіт, лабораторних робіт та написання модульної контрольної роботи. Рейтинговий бал не менше 60 балів.*

*Ваговий бал однієї лабораторної/практичної роботи – 5 балів (табл. 4). Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна/практична робота вважалась зарахованою – 3 бали. Максимальна кількість балів за всі лабораторні/практичні роботи:  $r1 = 5 \text{ балів} \times 14 = 70 \text{ балів}$ .*

## Рейтингові бали за виконання практичних та лабораторних робіт

Таблиця 4

Бали	Критерії оцінювання
5	Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання
4,5	Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань
3,5	Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань
3	Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання
2	Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищена.
0	Робота не виконана, звіт не представлений

### Контрольна модульна робота(r2)

Одна контрольна робота складається з 10 завдань.

Ваговий бал контрольної роботи – 30 (табл. 5).

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 5.

Модульна контрольна робота написана менше ніж на 10 балів не зараховується

### Рейтингові бали за контрольну роботу

Таблиця 5

Бали	Критерії оцінювання
30	Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань
25	Вірна відповідь на 90 % питань
20	Вірна відповідь на 80 % питань
15	Вірна відповідь на 70 % питань
10	Вірна відповідь на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Рейтинг студента у семестрі складається з балів, які він набрав за:

- роботу на практичних та лабораторних заняттях (14\*5=70 балів)

- одну модульну контрольну роботу (30 балів).

### Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Загальна сума балів отриманих здобувачем переводиться до оцінки згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована розрахункова робота	Не допущено

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: доцент, к.т.н.

Антон ЛАВРІНЕНКОВ

Ухвалено: кафедрою ТВЛА (протокол № 5 від 09.11.2021)

Погоджено: Методичною комісією факультету (протокол №5 від 17.12.2021)