



ОСНОВИ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 (G8) Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів /120 год.: лекції – 36 години, практичні роботи – 36 годин, СРС – 48 години</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>Ph. D., асистент Втерковський Михайло Ярославович, e-mail: m.vterkovskiy@gmail.com</i> Лабораторні: <i>Ph. D., асистент Втерковський Михайло Ярославович, e-mail: m.vterkovskiy@gmail.com,</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Адитивні технології (АТ), або тривимірний друк (3D), визначають нову еру в промисловості, що дозволяє створювати складні геометрії виробів без використання традиційних форм і шаблонів. Це забезпечує значну гнучкість у проєтуванні, дозволяючи інженерам і дизайнерам реалізовувати більш інноваційні рішення, які раніше вважалися нездійсненними. Багато галузей, від авіабудування до медицини, вже активно впроваджують адитивні технології. Завдяки тому, що матеріал формується пошарово, а не обробляється з блоку, можна мінімізувати відходи і знизити загальні витрати на виробництво. Це, в свою чергу, може позитивно впливати на екологію, зменшуючи обсяги відходів та енергозатрат. Активне використання АТ в прототипуванні дозволяє компаніям швидше виходити на ринок з новими продуктами. Це дозволяє значно скоротити цикл розробки, проводячи тестування без необхідності інвестицій у дорогі інструменти. Знання в цій сфері надає студентам переваги в їхній подальшій кар'єрі, відкриваючи нові можливості в дослідженнях, розробках і виробництві.

Мета дисципліни навчити студентів основам принципів та процесів адитивного виробництва (АВ). Розуміння технологічних та проєктних аспектів, що впливають на вибір адитивних технологій для вирішення конкретних інженерних завдань, зокрема у галузях машинобудування,

Основи адитивних технологій

авіації, медицини і дизайну. А також розвиток фахових компетентностей (ФК) спеціальності, які полягають у:

ФК.1. Здатності застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань.

ФК.2. Здатності забезпечувати якість матеріалів та виробів

ФК.3. Здатності застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем.

ФК.4. Здатності використовувати практичні інженерні навички для вирішення професійних завдань.

ФК.9. Здатності використовувати методи адитивних технологій для конструювання виробів та вибору технологій їх одержання.

Предмет навчальної дисципліни «Основи адитивних технологій» – основні принципи та процеси адитивного виробництва з акцентом на зв'язок між вибором матеріалів та відповідною технологією адитивного виробництва в залежності від інженерної та проєктної задачі.

У процесі вивчення дисципліни студент набуває таких **результатів навчання** як:

- Розуміння будови металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.
- Володіння методами забезпечення та контролю якості матеріалів.
- Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.
- Розуміння принципів адитивного виробництва деталей з полімерів, металів і сплавів та кераміки.
- Уміння обґрунтувати вибір матеріалу і схеми виготовлення виробів за їх призначенням.

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

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни «Основи адитивних технологій»:

- Інженерна та комп'ютерна графіка
- Фізика.

Знання англійської мови буде перевагою під час вивчення дисципліни.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни необхідні як для поглибленого вивчення нормативних дисциплін, так і для вивчення дисциплін сертифікатної програми «Тривимірне комп'ютерне моделювання», «Сучасні методи консолідації» та «Матеріали адитивного виробництва»

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 – Вступ до курсу

Тема 1. Історія та розвиток адитивних технологій.

Тема 2. Визначення та принципи адитивного виробництва.

Розділ 2 – Основні типи адитивних технологій (АТ)

Тема 3. Загальна класифікація типів АТ.

Тема 4. Методи тривимірного друку: FDM та SLA.

Тема 5. Методи тривимірного друку: SLS (вибіркове (селективне) лазерне спікання – СЛС)

Основи адитивних технологій

Тема 6. Методи тривимірного друку: SLM (вибіркове (селективне) лазерне плавлення – СЛМ).

Розділ 3 – Основні матеріали для адитивних технологій (АТ)

Тема 7. Загальна інформація про полімери, термопласти, металічні та керамічні матеріали для тривимірного друку. Основні вимоги до матеріалів.

Тема 8. Види пластику та армованого термопластику для тривимірного друку.

Тема 9. Металеві матеріали для тривимірного друку.

Тема 10. Використання металевих матеріалів в тривимірного друці для медичної індустрії. Сплави на основі Титану.

Тема 12. Друк керамічними та металокерамічними матеріалами.

Розділ 4 – Основи процесу проектування створення деталей для тривимірного друку та технологічні аспекти тривимірного друку.

Тема 13. Типи програмного забезпечення для створення тривимірного моделей. Спільні та відмінні риси різних CAD систем. Підготовка та оптимізація моделей для АТ.

Тема 14. Налаштування параметрів друку. Контроль якості процесу тривимірного друку.

Розділ 5. – Застосування адитивних технологій.

Тема 15. Використання у промисловості, медицині, автомобільній та аерокосмічній галузі. Прототипування та малосерійне виробництво.

Розділ 6. – Екологічні та економічні аспекти АТ.

Тема 16. Вплив на довкілля та сталий розвиток. Переробка і повторне використання матеріалів.

Тема 17. Витрати на виробництво та економічна ефективність. Порівняння з традиційними методами виробництва.

Розділ 7. – Перспективи розвитку адитивних технологій:

Тема 18. Інновації та нові матеріали. Майбутнє адитивного виробництва в промисловості.

Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. 3D друк в умовах біомедичного використання [Електронний ресурс] : конспект лекцій з дисципліни «3D друк в умовах біомедичного використання» для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» денної та заочної форм навчання / уклад. Б. В. Єфременко. – Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2019. – 56 с.
2. Additivemanufacturing (3D printing): A reviewofmaterials, methods, applicationsandchallenges /Tuan D. Ngo, AlirezaKashani, GabrieleImbalzano //CompositesPart B: Engineering. – Vol.143. – 2018 – P.172—196.
3. CurrentStatusandProspectsofPolymerPowder 3D Printing Technologies / YueWang, ZhiyaoXu, DingdiWu // Materials. – Vol.10. – 2020. – 19 p.
4. Powdersforpowderbedfusion: a review / SilviaVock, BurghardtKlöden, AlexanderKirchner // ProgressinAdditive Manufacturing. – Vol. 4. – 2019. – P. 383–397.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

5.1. Лекційні заняття

Лекції	Опис
1	Вступ. Система оцінювання. Знайомство з викладачем та аудиторією. Предмет і зміст дисципліни. Історія та розвиток адитивних технологій. Визначення і принципи адитивного виробництва.
2	Типи адитивних технологій:Загальна класифікація типів АТ. Методи ЗД друку: FDM та SLA.
3	Методи ЗД друку:SLS (вибіркове (селективне) лазерне спікання – СЛС).
4	Методи ЗД друку: SLM (вибіркове (селективне) лазерне плавлення – СЛМ).
5-6	Загальна інформація про полімери, термопласти, металічні та керамічні матеріали для ЗД друку. Основні вимоги до матеріалів. Види пластику та армованого термопластику для ЗД друку.
7	Контрольна робота
8	Металеві матеріали для ЗД друку.
9	Використання металевих матеріалів в ЗД друці для медичної індустрії. Сплави на основі Титану.
10	Використання металевих матеріалів в ЗД друці для медичної індустрії. Сплави на основі Титану.
11	Друк керамічними та металокерамічними матеріалами.
12	Типи програмного забезпечення для створення ЗД моделей. Спільні та відмінні риси різних CAD систем. Підготовка та оптимізація моделей для АТ.
13	Налаштування параметрів друку. Контроль якості процесу ЗД друку.
14	Використання АТ у промисловості, медицині, автомобільній та аерокосмічній галузі. Прототипування та малосерійне виробництво.
14	Контрольна робота №2.
15	Вплив АТ на довкілля та сталий розвиток.Переробка і повторне використання матеріалів.
16	Витрати на виробництво та економічна ефективність. Порівняння з традиційними методами виробництва.
17	Інновації та нові матеріали. Майбутнє адитивного виробництва в промисловості.
18	Залік

5.2. Лабораторні заняття (комп'ютерні практикуми)

Практичні роботи	Опис
1-2	Друк різними типами пластику. Розрахунок необхідних геометричних параметрів зразків з метою подальшого дослідження. Друк експериментальних зразків.
3-4	Визначення щільності та механічних властивостей надрукованих зразків. Оформлення звіту та захист практичної роботи.
5-6	Ознайомлення з основним обладнанням для ЗД друку металевими матеріалами. Розрахунок необхідних геометричних параметрів зразків з метою подальшого дослідження.

Основи адитивних технологій

7	<i>Аналіз результатів контрольної роботи №1. Робота над типовими помилками.</i>
9-10	<i>Екскурсія на виробництво. Дослідження отриманих експериментальних зразків.</i>
11	<i>Оформлення звіту та захист практичної роботи.</i>
12-13	<i>Ознайомлення з основним обладнанням для 3Д керамічними матеріалами. Порівняння характеристик зразків, отриманих 3Д друком з різних керамічних порошків..</i>
14	<i>Оформлення звіту та захист практичної роботи.</i>
15	<i>Аналіз результатів контрольної роботи №2. Робота над типовими помилками.</i>
16	<i>Вплив різних параметрів друку на властивості отриманих матеріалів. Середовища для моделювання та слайсингу.</i>
17	<i>Дослідження характеристик отриманих експериментальних зразків. Оформлення звіту</i>
18	<i>Захист практичної роботи. Підведення підсумків практичних робіт.</i>

5. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (48 годин.) складається з:

- підготовки до практичних робіт, яка полягає у виконанні самостійного завдання на закріплення пройдені теми –36 год;
- підготовки до контрольних робіт – 6 год;
- підготовки до заліку – 6 год.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять.

Відвідування лекційних занять є обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опанувати теоретичні знання безпосередньо на лекції, але і задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції.

Відвідування практичних робіт є обов'язковим. Допускаються пропуски студентів через поважні причини.

Правила поведінки на заняттях.

На усіх заняттях, лекційних і лабораторних, вітається відключення звукових сигналів телефонів.

Під час проведення практичних робіт у очному режимі в лабораторіях №044-9 та 104-9 корпусі студенти повинні суворо дотримуватись правил техніки безпеки.

Перескладання контрольної роботи проводиться за взаємною домовленістю студентів і викладача.

Перескладання заліку проводиться під час додаткової сесії за положенням НТУУ "КПІ ім. ІгоряСікорського" відповідно до графіку перескладань оприлюдненому на сайті НН ІМЗ ім. Є. О. Патона.

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі 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:** практичні/ самостійні роботи, практичні завдання (СПЗ)
- **Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог навчального процесу.
- **Семестровий контроль:** залік
- Кожне практичне заняття оцінюється в 10 балів та сумарно складається з оцінки за допуску до практичної роботи, виконання практичної роботи та захисту практичної роботи. Максимальна кількість отриманих балів за виконання практичних робіт 80 балів. З врахуванням критерія вагового критерію студент може отримати за виконання віх практичних завдань 64 бали.

$$O_{\text{семестр}} = 0,8 \sum O_{\text{ПР}} + 0,5 O_{\text{КК1}} + 0,5 O_{\text{КК2}}$$

Поточний контроль.

Система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- **Робота на парі (практична робота)** оцінюється максимально у 20 балів. Задача студента полягає у засвоєнні теоретичної інформації та виконання практичного завдання згідно інструкції викладача та інформації, зазначеної в навчальному посібнику (протоколи до практичної роботи).

Календарний контроль.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Максимальна оцінка за контрольну роботу становить 36 балів. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно виконати практичні завдання №1–№2 щонайменше на 20 балів, та написати контрольну роботу мінімум на 18 балів. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно отримати мінімум по 20 балів за завдання роботи №3 та написати контрольну роботу щонайменше на 18 балів.

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання та захист усіх практичних робіт, КР.

Мінімальним позитивним є рейтинг, який розраховується як середнє значення суми усіх виконаних завдань, і складає не менше 60 балів, за умови отримання за практичні роботи щонайменше 32 балів із 64 максимально можливих.

Студенти, що набрали упродовж семестру не менше 60 балів мають можливість отримати оцінку, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою. Для підвищення рейтингової оцінки студент може написати залікову контрольну роботу, але у цьому випадку попередній рейтинг студента скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів тільки залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Залікова контрольна робота проводиться письмов. На проведення залікової контрольної роботи виділяється 2 академічні години часу. Залікова контрольна робота складається із 3 теоретичних питань, та одного практичного завдання, кожне із теоретичних питань

Основи адитивних технологій

оцінюється максимально у 20 балів. Практичне завдання оцінюється максимум у 40 балів. Сумарна максимальна оцінка складає 100 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, що виносяться на контрольну роботу наведено у Додатку А;

Додаток А

Перелік запитань, які виносяться на контрольні роботи:

- Основні етапи розвитку адитивних технологій.
 - Переваги адитивних технологій.
 - Застосування адитивних технологій.
 - Різниця між лазерними та струменевими технологіями.
 - Стереолітографія.
 - Селективне лазерне спікання
 - Струменева полімеризація
 - Полімерні матеріали та нейлон як матеріали для 3Д друку.
 - Металеві матеріали (основна інформація).
 - Друк пластиком: основні матеріали.
 - Класифікація видів 3Д друку, які використовують полімери та композити, як вихідні матеріали.
 - Схематичне зображення перших установок для 3Д друку пластиком та основні вузли установки.
 - Рідкофазні методи друку металом.
 - Твердофазні методи друку металом.
 - Види вихідних матеріалів для друку металом. Спільні та відмінні риси.
 - Методи «наплавлення» металом.
 - Використання методів порошкової металургії в адитивних технологія.
 - Метод SLS. Вихідні матеріали, принцип методу.
 - Метод SLM. Вихідні матеріали, принцип методу.
 - Основні складові будь якого обладнання для лазерного спікання (плавлення) металом.
- Основні функції кожної з складових.
- Властивості сплаву Ti_6Al_4V .

Основи адитивних технологій

24. Спінання керамічних матеріалів: основні методи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: асистент каф. ВТМ та ПМ, Ph. D., асистент Втерковський Михайло Ярославович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

(протокол № від р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № від)