



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 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS/120 год: 28 год лекцій, 18 год лабораторних занять, 74 СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік / модульна контрольна робота</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>
Розміщення курсу	<i>campus.kpi.ua</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, методів побудови деталей, методика обрання матеріалів для певного виробу та підготовка деталей для друку.

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

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

Програмні результати навчання відповідно до освітньої програми:

ПРН 2. Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

ПРН 3. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій та професійної діяльності.

ПРН 12. Знати інженерні дисципліни, що лежать в основі спеціальності, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів програми, в тому числі мати певну обізнаність в їх останніх досягненнях.

ПРН 13. Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.

ПРН 16. Знати і використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення

Компетентності, яких набуває студент:

Загальні компетентності:

КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ 7. Здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій.

КЗ 9. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

КЗ 10 Здатність працювати автономно.

Фахові компетентності:

КС.01. Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань.

КС.02. Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів.

КС.07. Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства.

КС.16. Здатність застосовувати фізико-хімічні принципи для формування заданої структури матеріалів при консолідації із дисперсного стану.

КС.19. Здатність застосовувати сучасні підходи оптимізації та дизайну матеріалів для удосконалення їх властивостей залежно від умов експлуатації.

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 «Вища математика», «Інформатика, обчислювальна техніка, програмування та числові методи», «Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані», дисципліни вільного вибору щодо тривимірного комп'ютерного моделювання.

Вивчення дисципліни «Основи адитивних технологій» сприяє засвоєнню навчальних дисциплін циклу професійної підготовки.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі інженерії матеріалів чим формує набір компетентностей для подальшого вивчення дисциплін матеріалознавчого напрямку. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані у виконанні курсових та дипломних робіт та проєктів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ 1. Історичні передумови виникнення адитивних технологій. Термінологія та класифікація.

Розділ 2. Адитивні технології та швидке прототипування.

Розділ 3. Технології та машини для вирощування металевих виробів.

Розділ 4. Адитивні технології у ливарному виробництві.

Розділ 5. Адитивні технології і порошкова металургія.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Манжілевський О. Д. 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 [Текст] : 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. Буренніков Ю. А. *Нові матеріали та композити [Текст] : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.*

4. *Нові матеріали та технології їх отримання [Текст] : підручник / Е. С. Геворкян, Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофеева [та ін.]. – Харків : УкрДУЗТ, 2015. – 341 с.*

5. Логвінков С. М. *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.*

6. Андрощук Г. О. *Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку // Наука, технології, інновації. – 2017. – № 1 (1). – С. 68-77.*

7. Андрощук Г. О. *Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (II частина) // Наука, технології, інновації. – 2017. – № 2 (2). – С. 29-36.*

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. *Історія та етапи розвитку адитивних технологій. Види та класифікація технологій швидкого прототипування [1-7].*

Заняття 2. *Адитивні технології та швидке прототипування.[1-7]*

Заняття 3. *Характеристика ринку адитивних технологій. Критерії вибору технологій. Технології та машини для вирощування металевих виробів [1-7]*

Заняття 4. *Група Bed Deposition. [1-7]*

Заняття 5. *Група Direct Deposition.[1-7] Тематична контрольна робота*

Заняття 6. *Технології лиття металів із використанням синтез-моделей та синтез-форм.[1-7]*

Заняття 7. *Лиття полімерів з використанням синтезованих майстер-моделей.[1-7]*

Заняття 8. *Матеріали для "металевих" АМ-машин.[1-7]*

Заняття 9. *Методи отримання металевих порошків.[1-7] Тематична контрольна робота*

Заняття 10. *Адитивне виробництво металевих виробів дуговою наплавкою. [1-7]*

Заняття 11. *Плазмові технології адитивного виробництва.[1-7]*

Заняття 12. *Технології електронно-променевого адитивного виробництва. Лазерні технології селективного спікання [1-7].*

Заняття 13. *Технологія Sprayforming. Виробники атомайзерів та постачальники металопорошкових композицій для використання в АМ-машинах.[1-7]*

Заняття 14. **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 3D-друку.

Лабораторне заняття №1. *Вступне заняття. Правила техніки безпеки під час роботи із лабораторним обладнанням.*

Лабораторне заняття №2. *Знайомство з сучасними методами отримання вихідних матеріалів для адитивного виробництва.*

Лабораторне заняття №3. *Визначення технологічних властивостей порошків для адитивних технологій.*

Лабораторне заняття №4,5. *Визначення гранулометричного складу та питомої поверхні порошків для 3D друку.*

Лабораторне заняття №6. Знайомство з технологією SLM друку.

Лабораторне заняття №7. Отримання виробів за допомогою SLA технології друку фотополімерною смолою.

Лабораторне заняття №8. Основні методи дослідження виробів отриманих за допомогою АМ-технологій.

Лабораторне заняття №9. Заключне заняття.

Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна кількість 74 год) з дисципліни полягає в:

- підготовці до лекційних занять – 28 год;
- підготовці до виконання лабораторних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – 36 год;
- підготовці до тематичних контрольних робіт – 4 год;
- підготовці до підсумкової атестації заліку – 6 год.

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 практичне 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 дедлайнів 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 0,5 бал, всього 9 балів.
- захист звітів з лабораторних робіт всього максимально 54 балів – максимум 9 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 18 і 19 балів, відповідно, всього складає 37 бали 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 робіт №2-3 та №4-5 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №6-7 та №8-9 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 академічної 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 ННІМЗ 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.

- *Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № 9 від 14.02.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 6/25 від 19.02.2025 р.)

ДОДАТОК А

Перелік питань на семестровий та календарний контроль з дисципліни «Основи адитивних технологій»

До тематичної контрольної роботи №1

1. У чому полягають відмінності субтрактивних та адитивних технологій?
2. Проаналізуйте основні завдання та перспективи застосування адитивних технологій.
3. Наведіть приклади застосування адитивних технологій у різних галузях промисловості та сферах людського життя в Україні та за кордоном.
4. Які нагальні проблеми сьогодення можливо вирішити за допомогою адитивних технологій?
5. Наведіть класифікацію принтерів за принципом друку. Які особливості мають різні способи двовимірного друку?
6. Наведіть основні історичні етапи розвитку 3D принтерів.
7. Проаналізуйте сутність процесу 3D друку.
8. Проаналізуйте способи 3D друку різними матеріалами. У чому полягають їх особливості, переваги та недоліки?
9. Наведіть приклади останніх досягнень використання 3D друку у різних сферах та галузях.
10. Проаналізуйте приклади застосування адитивних технологій у таких сферах як медицина, архітектура, будівництво.
11. У чому полягають переваги і недоліки використання адитивних технологій у різних сферах та галузях?
12. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.
13. У чому полягають особливості застосування 3D принтерів на виробництві та у побуті?
14. Назвіть та проаналізуйте особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки побутових 3D принтерів різних виробників.
15. У чому полягають особливості експлуатації побутових 3D принтерів?
16. Наведіть приклади найпоширеніших несправностей під час експлуатації побутових 3D принтерів.
17. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням SLA технології.
18. У чому полягають особливості друку за SLA технологією?
19. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням SLA технології.
20. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням SLA технології.
21. Проаналізуйте властивості фотополімерних матеріалів та деталей, що з них надруковані.
22. Поясніть принцип 3D друку деталей із застосуванням DLP технології.
23. У чому полягають відмінності SLA та DLP технологій 3D друку?
24. Проаналізуйте сутність 3D друку з застосуванням SLS технології.
25. Назвіть відмінності SLS та SLA технологій.
26. У чому полягають особливості, переваги та недоліки SLS технології?
27. Проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що виготовлені за SLS та SLA технологіями.
28. Поясніть принцип створення металевих деталей за допомогою DMLS технології.

До тематичної контрольної роботи №2

29. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням LOM технології.
30. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням LOM технології.
31. У чому полягають особливості друку за LOM технологією?
32. У чому полягає відмінність LOM технології від SLA і SLS технологій?

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

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

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

36. У чому полягають особливості друку за FDM технологією?

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

38. Назвіть найбільш поширені пластики для FDM технології.

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

40. Поясніть принцип створення кольорових деталей із застосуванням FDM технології.

41. У чому полягає відмінність FDM технології від SLA, SLS та LOM технологій?

42. Проаналізуйте стан та перспективи розвитку 3D друку за FDM технологією в Україні.

43. Наведіть класифікацію адитивних технологій виготовлення деталей з металу.

44. Проаналізуйте існуючі технології 3D друку металом.

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

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

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

48. Наведіть найвідоміші програми з 3D моделювання. У чому полягають їх особливості, схожість та відмінності?

49. Поясніть на прикладі основні операції з 3D моделювання циліндричної деталі у програмі Solidworks.

50. Поясніть на прикладі основні операції з 3D моделювання плоскої деталі у програмі Solidworks.

51. Наведіть у програмі Solidworks процес створення моделі болту довільної довжини з різьбою M16 згідно стандартів.

52. Наведіть на прикладі 3D моделі типу «сфера» у програмі Solidworks вплив параметрів апроксимації на точність відображення STL файлу у програмах-слайсерах.

53. Назвіть основні складові FDM 3D принтера та поясніть принцип його роботи.

54. Проаналізуйте базові налаштування меню команд FDM 3D принтера.

55. Опишіть особливості процесу завантаження та вивантаження пластикової нитки з екструдерів.

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

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

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