



Основи адитивного виробництва

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Конструювання та дизайн машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС, 120 год., Лекції – 36 год., лабораторні – 36 год., СРС 48 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/ МКР
Розклад занять	За розкладом на сайті університету. http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Джулій Дмитро Юрійович Кафедра: Корпус КПІ 22, кімната 109, тел. (044) 204-82-55 e-mail: dzhulii.dmytro@kpi.ua Лабораторні: к.т.н., доц. Слободянюк Іванна Валентинівна e-mail: slobodianiuk.ivanna@kpi.ua
Розміщення курсу	classroom

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Основи адитивного виробництва" розглядає основні технології адитивного виробництва для виготовлення деталей та прототипів з полімерів, кераміки, металів та композитів, особливості проектування виробів для адитивного виробництва та способи їх постоброблення. Адитивні технології – це сучасні методи прямого виготовлення тривимірних об'єктів безпосередньо з CAD моделей, які дозволяють отримувати функціональні деталі, прототипи та оснащення в різних галузях виробництва.

Метою дисципліни є набуття знань та навичок по використанню різних технологій адитивного виробництва для виготовлення деталей та прототипів з полімерних, керамічних та металевих матеріалів та проектування деталей для цих технологій.

Предмет навчальної дисципліни – технології адитивного виробництва.

Дисципліна "Основи адитивного виробництва" відноситься до вибірових дисциплін циклу професійної підготовки, і вона самостійно не формує компетентностей, проте здатна підсилювати компетентності та результати навчання, які забезпечують нормативні освітні компоненти.

Вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:

Загальні компетентності

ЗК13. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності

ФКЗ. Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів

ФК 25. Здатність проектувати вироби машинобудування з урахуванням сучасних трендів у сфері дизайну, оцінювати їх естетичність, ергономічність та технологічність.

Завершитись навчання має наступними програмними результатами:

РН 22. Виявляти вплив основних технологічних процесів виготовлення і складання деталей, механізмів і машин на формування техніко-економічних показників та якість продукції.

РН 23. Вирішувати практичні завдання з вибору типових технологічних процесів та реалізації технологічних операцій з вибором заготовки, технологічного обладнання, оснащення та інструменту, встановленням технічно обґрунтованих норм часу та формуванням комплексу технологічної документації.

РН 30. Знати і вміти при створенні моделей вузлів та приводів технологічного обладнання, механізмів та машин за заданими параметрами використовувати модулі спеціалізованих автоматизованих розрахунків та комп'ютерної симуляції інтерактивного проектування CAD/CAE систем.

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

Дисципліна "Основи адитивного виробництва" базується на наступних дисциплінах:

- Матеріалознавство;
- Комп'ютерні технології проектування та дизайну. Частина 1. Основи тривимірного моделювання;
- Загальна фізика;
- Механіка матеріалів і конструкцій;
- Технологія конструкційних матеріалів.

У свою чергу дисципліна "Основи адитивного виробництва" може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін:

- Комп'ютерні технології проектування та дизайну. Частина 4. Технічний дизайн у машинобудуванні;
- Дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні відомості про 3D друк

- | | |
|--------|---|
| Тема 1 | Історичні передумови виникнення 3D друку. |
| Тема 2 | Загальні принципи 3D друку. |
| Тема 3 | Етапи 3D друку. Місце 3D друку в сучасному виробництві. |

Розділ 2. Технології 3D друку

- | | |
|--------|--|
| Тема 4 | Екструзійний 3D друк. Основні принципи. Матеріали для пошарового нанесення при екструзійному друці. Сфери та особливості застосування FDM 3D друку. Конструкції обладнання для екструзійного адитивного виробництва. |
| Тема 5 | Стереолітографія. Основні принципи. Матеріали та особливості їх використання при стереолітографії. Сфери та особливості застосування стереолітографії. |
| Тема 6 | Адитивні технології на основі спікання порошкових матеріалів на платформі. Сфери та особливості застосування 3D друку на основі спікання порошкових матеріалів. |
| Тема 7 | Адитивні технології на основі розпилення зв'язуючого та основного матеріалу. |

- Тема 8 Адитивні технології на основі ламінування листових матеріалів. Ультразвукове адитивне виробництво.
- Тема 9 Адитивні технології на основі осадження матеріалу при направленому енергетичному впливі.
- Тема 10 Технологія адитивного виробництва Cold spray.
- Тема 11 Адитивні технології на основі на основі прямого запису.
- Тема 12 Гібридні процеси адитивного виробництва.
- Тема 13 Постоброблення надрукованих деталей та надання їм спеціальних властивостей.

Розділ 3. Програмне забезпечення для 3D друку та області застосування

- Тема 14 Програмне забезпечення для тривимірного моделювання та оптимізації виробів з точки зору їх наступного 3D друку.
- Тема 15 Програмне забезпечення для підготовки керуючих програм для 3D друку та модифікації моделей.
- Тема 16 3D друк в швидкому прототипуванні.
- Тема 17 Адитивне виробництво в медицині: виготовлення імплантів, протезів, біоекструзія, каркасні структури.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник / О. Д. Манжілевський, Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 105 с.
<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/619/1122/2283-1?inline=1>

Додаткова література

1. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker., 2015. – 498 с. – (Second Edition).
2. Badiru B. A. Additive Manufacturing Handbook: Product Development for the Defense Industry / B. A. Badiru, V. V. Valencia, D. Liu., 2017. – 948 с. – (1st Edition).
3. Bandyopadhyay A. Additive Manufacturing / A. Bandyopadhyay, A. Amit., 2019. – 484 с. – (2nd Edition).
4. Rheological models of trabecular structures joint implants obtained by additive processes. O. Salenko, M. Kryshchuk, N. Havrushkevych, H. Habuzian, D. Dzhulii. - Mechanics and Advanced Technologies 8 (2 (101)), 182-194.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

На лекціях подається теоретичний матеріал та наводяться приклади використання адитивних процесів у виготовленні виробів. Під час лекційних занять розглядаються наступні питання:

- Матеріали для адитивного виробництва: полімери, кераміка, метали;
- Принципи адитивного виробництва;
- Основи технологій адитивного виробництва;
- Сфери та особливості застосування адитивних процесів;
- Програмне забезпечення для адитивного виробництва.

Лабораторні роботи

На лабораторних роботах студенти опановують методики підготовки та виконання адитивного виробництва, створення керуючих програм для тривимірного друку, виконання постоброблення та перевірки отриманих деталей на відповідність. Лабораторні роботи, розроблені та запропоновані студентам, мають індивідуальний, дослідницький характер.

Теми лабораторних робіт діляться на групи:

- Оптимізація форми деталей для адитивного виробництва;
- Створення керуючих програм для FDM друку;
- Вплив різних технологічних параметрів процесу тривимірного виробництва на параметри якості готових виробів;

6. Самостійна робота студента

Години, відведені на самостійну роботу студента, призначені для опанування навчальної дисципліни, зокрема, підготовка до лекцій та лабораторних робіт, а також підготовка до модульної контрольної роботи та заліку. Також до самостійної роботи відноситься опрацювання літературних джерел для розширення знань лекційного матеріалу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій чи відсутність на них, не оцінюється. Проте, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Відвідування лабораторних робіт є обов'язковим. У разі відсутності студента на лабораторній роботі, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу відпрацювати. На одному занятті (2 год.) можна відпрацювати лише одну пропущену лабораторну роботу.

Відвідування модульних контрольних робіт є обов'язковим. Якщо студент пропустив МКР 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 МКР не оцінюється. Перескладання модульної контрольної роботи на вищу оцінку не передбачено.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень. Детальніше: НАКАЗ №НОН/228/2022 ВІД 21.07.2022 "Про затвердження нової редакції положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського", https://document.kpi.ua/2022_НОН-228.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

Поточний контроль: лабораторні роботи, модульні контрольні роботи, експрес опитування за темою заняття.

Календарний контроль: проводиться 2 раз на семестр за встановленим графіком як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Рейтингова оцінка R студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- виконання лабораторних робіт r_1 ;
- модульну контрольну роботу r_2 ;
- залік r_3 .

Додатково PCO передбачає можливість нарахування заохочувальних балів.

Лабораторні роботи (r_1)

Ваговий бал однієї лабораторної роботи – 6 балів. Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою складає 3,6 балів, тобто 60% від максимальної кількості за одну роботу (табл. 1).

Таблиця 1

Рейтингові бали за одну лабораторну роботу

Бали	Критерії оцінювання
6,0	Робота виконана повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
5,4	Робота виконана з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
4,8	Робота виконана з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
4,2	Робота виконана з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
3,6	Робота виконана із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r1_{min} = 3,6 \text{ балів} \times 10 = 36 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r1_{max} = 6 \text{ балів} \times 10 = 60 \text{ балів.}$$

Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку.

Модульна контрольна робота

Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) в обсязі 2 год. МКР відбувається у вигляді двох контрольних робіт по 1 годині кожна. Контрольна робота-1 виконується за темами 1 –8. Контрольна робота-2 виконується за темами 9 – 16.

Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру. Ваговий бал однієї контрольної роботи – 20 балів.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 2.

Таблиця 2

Рейтингові бали за одну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
20	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
18	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
16	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
14	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
12	Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи відповідно складає:

$$r_2 = 20 \text{ балів} \times 2 = 40 \text{ балів}$$

Заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає заохочувальні бали, які додаються до суми вагових балів усіх контрольних заходів.

Заохочувальні бали можуть нараховуватися за виконання творчих робіт: робота у наукових гуртках з підготовкою матеріалів доповідей або статей для публікації, участь у наукових і науково-практичних конференціях і семінарах, олімпіадах з дисципліни, конкурсах робіт, рефератів та оглядів наукових праць, аналіз сучасної нормативно-правової бази з дисципліни у країні та її відповідність вимогам міжнародних стандартів тощо. Кількість нарахованих балів залежить від отриманих результатів.

Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10% від рейтингової шкали, тобто $100 \times 0,1 = 10$ балів.

Умови рубіжної атестації

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента) проводиться, як правило, на 6-7 та 13-14 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль "Календарний контроль" Електронного кампусу.

Критерії залікового оцінювання

Рейтингова система оцінювання складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю та заохочувальних балів. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на останньому занятті з дисципліни в семестрі.

Необхідною умовою допуску до заліку є виконання та захист всіх лабораторних робіт.

Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

У цьому випадку бали, отримані за індивідуальну роботу залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи скасовуються.

Максимальна кількість балів, отриманих за залікову контрольну роботу, складає 40 балів:

$$r_3 = 40 \text{ балів.}$$

Критерій залікового оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне завдання білета за табл. 3.

Кількість балів за одне завдання білета

Бали	Критерій оцінювання
40	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
36	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
32	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
28	Задовільна відповідь (не менше 65% інформації) є зауваження, відповідь на частину питань
24	Достатня відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на окремі питання.
0,0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних балів

- без залікової контрольної роботи:

$$R = r1 + r2 = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

- із заліковою контрольною роботою:

$$R = r1 + r3 = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку (табл. 4).

Таблиця перерахунку рейтингових балів в оцінки

Рейтингова оцінка здобувача	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95 – 100	Відмінно
85 – 94	Дуже добре
75 – 84	Добре
65 – 74	Задовільно
60 – 64	Достатньо
Менше 60 балів	Незадовільно
Не виконані умови допуску до семестрового контролю	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав:

Доцент кафедри конструювання машин, кандидат технічних наук

Дмитро ДЖУЛІЙ

Доцент кафедри конструювання машин, кандидат технічних наук

Іванна СЛОБОДЯНЮК

Ухвалено кафедрою конструювання машин- (Протокол №8 від 17.12.2024 р.)

Погоджено методичною комісією навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (Протокол №5 від 20.12.2024 р.).