



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>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інструментальні системи інженерного дизайну</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/ модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?g=69958af7-370a-4dc0-bf5b-f81fecf71e8f</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Джулій Дмитро Юрійович, dzhulii.dmytro@iill.kpi.ua Практичні/Лабораторні: к.т.н., доц. Джулій Дмитро Юрійович, dzhulii.dmytro@iill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Адитивні технології" розглядає сучасні методи отримання складних функціональних деталей, 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 методи адитивного формоутворення деталей та їх гібридні комбінації з іншими видами обробки.

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 формоутворення поверхонь деталей їх технологічне забезпечення з урахуванням особливостей життєвого циклу виробу.

– розробляти та проектувати вироби з урахуванням особливостей сучасного конструкторського та технологічного забезпечення в інженерному дизайні.

– розробляти та аналізувати моделі процесів інженерного дизайну та забезпечуючих їх процесів формоутворення.

Уміння:

- створювати сучасні високоефективні технологічні процеси виготовлення складних тривимірних об'єктів, створювати ергономічні продукти з спеціальними властивостями та оснащення для прискорення технологічної підготовки виробництва та експериментальної перевірки розробляемого продукту перед випуском на ринок.

- 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.

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

Дисципліна "Адитивні технології" базується на загальних знаннях з інженерної та комп'ютерної графіки, механіки матеріалів і конструкцій, теорії механізмів і машин, конструкторського забезпечення інструментальних систем.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Основні принципи адитивного виробництва. Відмінність адитивного та субтрактивного виробництв. Історичні передумови розроблення технологій адитивного виробництва. Ланцюжок процесів адитивного виробництва. Використання адитивного виробництва в наш час. Вибір технології адитивного виробництва. Області застосування адитивних технологій, недоступні конвенціональним технологіям. Термінологія в галузі адитивного виробництва.

2. Переваги адитивного виробництва: складність деталі, отримання відразу зібраних виробів, консолідація деталей, масова кастомізація, свобода конструювання, об'єднання деталей – біонічний дизайн, виробництво за запитом та інші. Недоліки адитивного виробництва: обмеження матеріалів, обмежений розмір побудови, постоброблення, вартість, структура деталі, скорочення виробничих робочих місць, неточності конструкції, авторське право.

3. Технологія Powder Bed Fusion. Матеріали для PBF: полімери та композити, метали та композити, кераміка та керамічні композити. Механізми з'єднання порошків: спікання твердої фази, хімічно-індуковане спікання, спікання рідкої фази та часткове плавлення, повне плавлення. Пряме та непряме виготовлення металевих деталей. Виготовлення керамічних деталей. Параметри процесу Powder Bed Fusion. Кореляція прикладеної енергії та схеми сканування. Оброблення порошку: проблеми оброблення порошку, системи обробки порошків, переробка порошків (повторне використання). Powder Bed Fusion (варіанти процесів): лазерне спікання полімерів (Polymer Laser Sintering - pLS), лазерні системи для металів та кераміки, плавлення електронним пучком (EBM - Electron Beam Melting). PBF процеси для

полімерів (лінійні, пошарові): селективне спікання з масками (SMS - selective masksintering), високошвидкісне спікання (HSS - High-speed sintering), вибіркоче інгібіторне спікання (SIS - selective inhibition sintering). Переваги та недоліки процесу PBF.

4. Осадження матеріалу за допомогою направленою енергетичного впливу (Direct Energy Deposition). Способи доставки матеріалу в процесі DED: у вигляді порошку, у вигляді дроту. Параметри процесу DED. Типові матеріали та мікроструктура. Переваги та недоліки DED. Гібридні технології.

5. Технології прямого запису – Direct Write Technologies. Процеси дозування та параметри процесу. Типи використовуваних матеріалів. Недоліки процесу використання сопел в Direct Write. Типи процесів: процес типу "перо", процес чорнильно-струменевого друку, процес нанесення аерозолу, осадження променем Direct Write, лазерне хімічне осадження з парової фази, фокусоване іонне випромінювання, пряме осадження рідкої фази.

6. Постоброблення: видалення матеріалу підтримок, покращення текстури поверхні, покращення точності, попередня обробка моделі для компенсації неточностей, естетичні покращення, підготовка до використання як моделі, підвищення якості за допомогою нетермічних методів, підвищення якості за допомогою термічних методів. Використання адитивного виробництва для виготовлення шаблонів для лиття по виплавляємим моделях, шаблонів для лиття в пісочні форми.

7. Програмне забезпечення для адитивного виробництва. Підготовка CAD моделей, формат файлів для адитивного виробництва, проблеми з файлами STL.

8. Дизайн деталей для полімерного адитивного виробництва: анізотропія, товщина стінок, звиси і опорний матеріал, побудова отворів та ребер, уникнення зайвого матеріалу, побудова дрібних елементів.

9. Дизайн деталей для металевого адитивного виробництва: параметри порошку, параметри процесу, параметри деталі, генеративний дизайн, решітчасті структури, звиси і опорний матеріал, залишкові напруження, параметри налаштування друку.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

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 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker., 2015. – 498 с. – (Second Edition).
3. 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).
4. Bandyopadhyay A. Additive Manufacturing / A. Bandyopadhyay, A. Amit., 2019. – 484 с. – (2nd Edition).

5. 5. 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)

Заплановано 1 модульну контрольну роботу в письмовій формі. Метою проведення контрольної роботи є перевірка знань, засвоєних студентом в процесі вивчення відповідних розділів навчальної дисципліни.

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)

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.

Результати виконаних лабораторних та практичних робіт оформляються у вигляді звітів. Захист робіт відбувається у формі співбесіди, запитань–відповідь.

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

Лабораторні/практичні роботи (r1)

Ваговий бал однієї лабораторної/практичної роботи – 5 балів (табл. 1). Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна/практична робота вважалась зарахованою – 3 бали. Максимальна кількість балів за всі лабораторні/практичні роботи: $r_1 = 5 \text{ балів} \times 4 = 20 \text{ балів}$.

Рейтингові бали за виконання практичної роботи

Таблиця 1

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

Контрольні роботи (r2)

Одна контрольна робота складається з 10 завдань.

Ваговий бал однієї контрольної роботи – 10.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 2.

Максимальна кількість балів відповідно складає:

$r_2 = 10 \text{ балів} \times 1 = 10 \text{ балів}$.

Рейтингові бали за контрольну роботу

Таблиця 2

Бали	Критерії оцінювання
10	Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань
9	Вірна відповідь на 90 % питань
8	Вірна відповідь на 80 % питань
7	Вірна відповідь на 70 % питань
6	Вірна відповідь на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Іспит (r3)

Ваговий бал іспиту – 20 балів (табл. 3).

Рейтингові бали за іспит

Таблиця 3

Бали	Критерії оцінювання
20	Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань
18	Вірна відповідь на 90 % питань
16	Вірна відповідь на 80 % питань
14	Вірна відповідь на 70 % питань
12	Вірна відповідь на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали (табл. 4), які додаються або віднімаються від суми вагових балів усіх контрольних заходів. Загальна сума штрафних балів не може перевищувати $30 \times 0,1 = (-3)$ балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати $30 \times 0,1 = (+3)$ балів.

Таблиця 4

Дія	Бали
Несвоєчасне подання результатів лабораторного заняття	мінус 1 бал за перший день та - 1 за кожен тиждень (але в сумі не більш ніж мінус 3)
Участь у модернізації лабораторних або практичних робіт	плюс 2 бали
Виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни	плюс 3...5 балів
Застосування оригінального підходу при вирішенні задач	плюс 1 бал

Умови рубіжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої та другої рубіжної атестації у студента повинні бути відпрацьовані та здані усі лабораторні/практичні роботи за графіком.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (rd):

Рейтингова шкала з дисципліни складає

$$RD = \sum r_i = 20 + 10 + 20 = 50 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до іспиту є зарахування всіх лабораторних/практичних робіт, а також стартовий рейтинг (Rc) не менше 18 балів.

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку (табл. 5).

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни менше 18 балів, зобов'язані до початку залікової сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до іспиту з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Таблиця 5

Таблиця перерахунку рейтингових балів в оцінки

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав:

Доцент кафедри конструювання
машин, кандидат технічних наук

Дмитро ДЖУЛІЙ

Ухвалено кафедрою конструювання (Протокол № _____ від _____)
машин

Погоджено методичною комісією
механіко-машинобудівного інституту (Протокол № _____ від _____)