

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для самостійної роботи з вивчення дисципліни

«Адитивні технології»

для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
освітньої програми «**Технології машинобудування**»
галузі знань «Механічна інженерія»

2022

Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення дисципліни «Адитивні технології» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. П.Р.Тришин – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 22 с.

Укладач: П.Р.Тришин, PhD, ст. викладач каф. ТМБ.

Рецензент: Н.В.Гончар, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: С.І. Дядя, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри ТМБ
протокол № 2
від 21.09.2022 р.

Рекомендовано до видання НМК
машинобудівного факультету
протокол № 1
від 22.09.2022р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Мета і завдання дисципліни, її місце в навчальному процесі	5
1.1 Мета вивчення дисципліни	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких є необхідним для вивчення дисципліни	6
2 Робоча програма дисципліни	7
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення	7
2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість.....	12
2.3 Контрольні питання	12
3 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни	18
4 Рекомендована література	20
4.1 Основна література	20
4.2 Додаткова література	21
4.3 Навчально-методична література	22
4.4 Інформаційні ресурси	22

ВСТУП

Дисципліна «Адитивні технології» необхідна для надання знань о сучасних адитивних технологіях взагалі та 3D-друку виробів зокрема, ознайомлення з технологіями та матеріалами для 3D-друку, а також з відповідним програмним забезпеченням для 3D-моделювання та розробки керуючої програми друку 3D-об'єктів. Це забезпечує якісну підготовку фахівця за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Термін, що передбачений робочим планом на аудиторні заняття з дисципліни, катастрофічно не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому добра частина робочої навчальної програми дисципліни може не викладатися на аудиторних заняттях, що передбачає її самостійне вивчення. До того ж, і той матеріал, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріплений шляхом самостійної роботи студента.

Мета методичних рекомендацій полягає в наступному:

- ознайомити аспірантів з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тою частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- навести необхідну навчальну літературу по кожній тематиці дисципліни;
- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;
- ознайомити аспірантів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах сучасної системи організації навчального процесу.

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ІІІ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1 Мета вивчення дисципліни

“Адитивні технології” є надання знань о сучасних адитивних технологіях взагалі та 3D-друку виробів зокрема, ознайомлення з технологіями та матеріалами для 3D-друку, а також з відповідним програмним забезпеченням для 3D-моделювання та розробки керуючої програми друку 3D-об’єктів. Ця нормативна дисципліна є профільною, викладається після вивчення загальноосвітніх дисциплін і є обов’язковою при підготовці фахівців спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування».

1.2 Завдання вивчення дисципліни

Знання, які аспіранти отримують при вивченні цієї дисципліни використовуються для виконання дисертаційної роботи. Також ці базові знання аспіранти використовують для майбутньої роботи на підприємствах машинобудівної галузі.

Навчальні заняття курсу складаються з лекцій, лабораторних робіт. На лекціях викладається основний зміст курсу. Теоретичні знання студенти закріплюють, виконуючи загальні та індивідуальні завдання.

Успішне засвоєння матеріалів даної дисципліни студентами сприяє покращенню підготовки спеціалістів та скороченню строків їх адаптації на виробництві.

Головним завданням вивчення цієї дисципліни є ознайомлення із технічними можливостями сучасних адитивних технологій, розгляд основ 3D-моделювання деталей у різних програмних середовищах та підготовки деталей до друку у програмах-слайсерах, друк деталей на 3D-принтерах.

Викладання цієї дисципліни забезпечує знання:

- про матеріали для 3D-друку,
- про основні програмні продукти, які застосовуються для обробки та підготовки для друку 3D-моделей.

- про сучасні адитивні технології для виготовлення різноманітних об'єктів та деталей для різних галузей промисловості та сфер людського життя;

- сучасне обладнання для виготовлення 3D-деталей;

- нові розробки та досягнення у галузі адитивних технологій.

Вивчення цієї дисципліни виробляє уміння:

- працювати в програмах 3D-моделювання,

- розробляти керуючих програми для друку 3D-моделей,

- виконувати налаштування 3D-друку на 3D-принтері.

Свої знання студенти повинні вільно висловлювати як у письмовій, так і в усній формі.

1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких є необхідним для вивчення дисципліни

Для успішного вивчення цієї дисципліни студенти повинні отримати знання наступних фундаментальних та загальноінженерних дисциплін: вища математика; фізика; інженерна графіка та нарисна геометрія; матеріалознавство.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Кількість годин на лекційні, лабораторні заняття, на самостійну роботу студента при вивченні кожної теми надано у розділі 3 в таблиці 3.1.

2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення

2.1.1 Історія виникнення 3D-друку

Термінологія та основні поняття, історія створення та використання людством адитивних технологій, класифікація та загальна характеристика адитивних технологій, сучасна адитивна технологія – 3D-друк. Історія виникнення та розвитку 3D-принтерів, класифікація технологій 3D-друку, промислові та побутові 3D-принтери.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на класифікація та загальна характеристика адитивних технологій. В цій темі необхідно зрозуміти поняття класифікації технології 3D-друку. Ознайомитись і засвоїти поняття про промислові та побутові 3D-принтери. [20], с.7...15, [1-5, 24]

Питання для самоперевірки

1. Які нагальні проблеми сьогодення можливо вирішити за допомогою адитивних технологій?
2. Наведіть приклади застосування адитивних технологій у різних галузях промисловості та сферах людського життя в Україні та за кордоном.
3. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.
4. У чому полягають особливості застосування 3D принтерів на виробництві та у побуті?
5. Проаналізуйте роль проекту RepRap у розвитку адитивних технологій.
6. Проаналізуйте роль проекту RepRap у розвитку адитивних технологій.
7. Наведіть основні історичні етапи розвитку 3D принтерів.

2.1.2 Конструкція FDM 3D-принтера та його основні параметри

Конструкція FDM 3D-принтера, основні параметри FDM 3D-принтера, основні службові задачі компонентів конструкції принтеру.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на конструкцію FDM 3D-принтера. Ознайомитись і засвоїти поняття про їх основні параметри. В цій темі необхідно зрозуміти поняття основних службових задач компонентів конструкції принтеру.

[20], с.16...26; [3, 24]

Питання для самоперевірки

1. Наведіть кінематичну схему та поясніть принцип роботи 3D принтера
2. Назвіть та проаналізуйте особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки побутових 3D принтерів різних виробників.
3. Наведіть приклади найпоширеніших несправностей під час експлуатації побутових 3D принтерів.
4. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням FDM технології.

2.1.3 Адитивні технології, що застосовуються у 3D-принтерах.

Основні технології 3D-друку, стереолітографія (SLA, STL), моделювання методом наплавлення (FDM), селективне лазерне спікання (SLS), обладнання та матеріали для друку, порівняння технологій 3D-друку FDM, SLA и SLS.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на основні технології 3D-друку. При вивченні цієї теми необхідно звернути увагу на технологію стереолітографії (SLA, STL). Також звернути увагу на моделювання методом наплавлення (FDM). Ознайомитись і засвоїти поняття селективного лазерного спікання (SLS). Також звернути увагу на обладнання та матеріали для друку

[20], с. 27...33; [1-5, 24]

Питання для самоперевірки

1. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням SLA технології.

2. У чому полягають особливості друку за SLA технологією?
3. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням SLA технології.
4. У чому полягають відмінності SLA та DLP технологій 3D друку?
5. Назвіть відмінності SLS та SLA технологій.
6. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням SLA технології.
7. Поясніть принцип 3D друку деталей із застосуванням DLP технології.
8. У чому полягає відмінність LOM технології від SLA і SLS технологій?

2.1.4 Матеріали для 3D-друку.

Полімерні та металовмісні матеріали використовуванні для 3D-друку, механічні властивості даних матеріалів.

Методичні вказівки

При вивченні цієї теми необхідно звернути увагу на матеріали, які використовуються для 3D-друку. В цій темі необхідно зрозуміти їх механічні властивості. Ознайомитись і засвоїти поняття полімерних та металовмісних матеріалів.
[20], с.34...46; [4, 23]

Питання для самоперевірки

1. Проаналізуйте властивості фотополімерних матеріалів та деталей, що з них надруковані.
2. Проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що виготовлені за SLS та SLA технологіями.
3. Назвіть та проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що надруковані за допомогою LOM технології.
4. Назвіть найбільш поширені пластики для FDM технології.
5. Проаналізуйте механічні, фізичні, хімічні та інші властивості пластиків для FDM технології.
6. Проаналізуйте способи 3D друку різними матеріалами. У чому полягають їх особливості, переваги та недоліки?

2.1.5 Сфери застосування 3D-друку.

Використання 3D-друку в сучасній медицині, аерокосмічному виробництві, військовому виробництві, автомобілебудуванні.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на використання 3D-друку в сучасній медицині. Звернути увагу на те, що 3D-друк використовують в аерокосмічному виробництві. Також звернути увагу на застосування 3D-друку в військовому виробництві та автомобілебудуванні.

[20], с.47...50, [6, 7, 21, 24]

Питання для самоперевірки

1. У чому полягають особливості експлуатації побутових 3D принтерів?
2. Проаналізуйте переваги та недоліки будівництва будівель бетоном за допомогою 3D принтера.
3. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в галузі будівництва на теренах України.
4. Наведіть кінематичну схему та поясніть принцип роботи 3D принтера для будівництва бетоном.
5. У чому полягають відмінності будівництва будівель традиційним способом та із застосуванням адитивних технологій?
6. У чому полягають переваги і недоліки використання адитивних технологій у різних сферах та галузях? Наведіть приклади.
7. Проаналізуйте приклади застосування адитивних технологій у таких сферах як медицина, архітектура, будівництво.

2.1.6 Програмне забезпечення для підготовки моделі для друку.

Програми для 3D моделювання, обробка готових 3D-моделей, 3D-сканування.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на програми для 3D моделювання. Також звернути увагу на програми для обробки готових 3D-моделей. Ознайомитись і засвоїти поняття 3D-сканування.

[20] с.51...64; [8, 24]

Питання для самоперевірки

1. Наведіть найвідоміші програми з 3D моделювання. У чому полягають їх особливості, схожість та відмінності?
2. Поясніть на прикладі основні операції з 3D моделювання циліндричної деталі у програмі AutoCAD.

3. Поясніть принцип створення кольорових деталей із застосуванням FDM технології.
4. Поясніть принцип 3D-сканування.

2.1.7 Підготовка 3D-моделей до друку. Налаштування друку.

Програмне забезпечення для підготовки моделі для друку, програми-слайсери, особливості процесу друку на 3D-принтері, керуюча програма для 3Dдруку або G-code, основні параметри 3D-друку, основні налаштування 3D-принтеру, типові помилки під час 3D-друку, принципи розміщення моделі у робочому просторі 3D-принтеру, методи та технології постобробки деталей після друку.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на програмне забезпечення для підготовки моделі для друку. Також звернути увагу на особливості процесу друку на 3D-принтері. Ознайомитись і засвоїти поняття керуючої програми для 3Dдруку або G-code. Звернути увагу на основні налаштування 3D-принтеру. В цій темі необхідно зрозуміти поняття принципу розміщення моделі у робочому просторі 3D-принтеру.

[20]; с.6...12; [24]

Питання для самоперевірки

1. Що таке програми-слайсери? Для чого вони призначені?
2. Назвіть та проаналізуйте функціональні можливості будь-якої безкоштовної програми-слайсера.
3. У чому полягають особливості застосування, переваги та недоліки програми-слайсера?
4. Покажіть на прикладі основні операції з редагування моделі у вигляді STL файлу у програмі-слайсері.
5. Наведіть алгоритм дій для обробки моделі з елементами, що нависають, у програмі-слайсері.
6. Продемонструйте та проаналізуйте параметри друку 3D моделі.
7. Назвіть основні складові 3D принтера та поясніть принцип його роботи.
8. Проаналізуйте базові налаштування меню команд 3D принтера
9. Які дефекти виникають у друкованих деталях? Як їх усунути?

2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість

2.2.1 Лабораторна робота №1 – 4 години

Тема: Створення моделі для 3D-друку.

2.2.2 Лабораторна робота №2 – 4 години

Тема: Моделювання 3D-моделі в програмі Meshmixer.

2.2.3 Лабораторна робота №3 – 4 годин

Тема: Підготовка 3D-моделі до друку в програмі Meshmixer.

2.2.4 Лабораторна робота №4 – 4 годин

Тема: Автоматичне та ручне створення підтримок на 3D-моделі в програмі Meshmixer.

2.2.5 Лабораторна робота №5 – 4 годин

Тема: Налаштування 3D-моделі до друку в програмі Repetier-Host.

2.2.6 Лабораторна робота №6 – 4 годин

Тема: Створення керуючої програми для 3D-друку в програмі Repetier-Host.

2.2.7 Лабораторна робота №7 – 4 годин

Тема: Особливості процесу друку на 3D-принтері. Компоненти FDM-принтера.

Методичні вказівки

При підготовці до виконання лабораторних занять слід користуватися методичними вказівками [19], а також звернутися до відповідних розділів робочої програми.

2.3 Контрольні питання

При підготовці до поточного та остаточного контролю знань студент може перевірити свою готовність, відповідаючи на нижченаведені питання, які охоплюють базові положення дисципліни «Адитивні технології».

1. У чому полягають відмінності субтрактивних та адитивних

технологій? Наведіть приклади.

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? Поясніть на прикладі.

6. Проаналізуйте сутність та особливості друку за допомогою матричного принтеру.

7. У чому полягає принцип роботи друкувальної голівки матричного принтеру? Які різновиди друкувальних голівок Ви знаєте?

8. Поясніть принцип друку за допомогою струменевого принтеру.

9. У чому полягають особливості п'єзоелектричного і термічного способу нанесення фарби при струменевому друці?

10. Проаналізуйте принцип друку за допомогою лазерного принтеру.

11. Назвіть та проаналізуйте основні етапи друку на лазерному принтері.

12. У чому полягає сутність сублимаційного друку?

13. Проаналізуйте сутність технології друку на твердочорнильному принтері. Які матеріали використовуються для друку?

14. У чому полягають особливості твердочорнильних принтерів?

15. Наведіть основні історичні етапи розвитку 3D принтерів.

16. Проаналізуйте сутність процесу 3D друку.

17. Проаналізуйте способи 3D друку різними матеріалами. У чому полягають їх особливості, переваги та недоліки?

18. Наведіть приклади останніх досягнень використання 3D друку у різних сферах та галузях.

19. Проаналізуйте приклади застосування адитивних технологій у таких сферах як медицина, архітектура, будівництво.

20. У чому полягають переваги і недоліки використання адитивних технологій у різних сферах та галузях? Наведіть приклади.

21. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.

22. У чому полягають особливості застосування 3D принтерів на виробництві та у побуті?

23. Наведіть кінематичну схему та поясніть принцип роботи 3D принтера для будівництва бетоном виробництва CyBe Construction.

24. У чому полягають відмінності будівництва будівель традиційним способом та із застосуванням адитивних технологій?

25. Проаналізуйте переваги та недоліки будівництва будівель бетоном за допомогою 3D принтера.

26. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в галузі будівництва на теренах України.

27. Назвіть та проаналізуйте особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки побутових 3D принтерів різних виробників.

28. У чому полягають особливості експлуатації побутових 3D принтерів?

29. Наведіть приклади найпоширеніших несправностей під час експлуатації побутових 3D принтерів.

30. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням SLA технології.

31. У чому полягають особливості друку за SLA технологією?

32. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням SLA технології.

33. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням SLA технології.

34. Проаналізуйте властивості фотополімерних матеріалів та деталей, що з них надруковані.

35. Поясніть принцип 3D друку деталей із застосуванням DLP технології.

36. У чому полягають відмінності SLA та DLP технологій 3D друку?

37. Проаналізуйте сутність 3D друку з застосуванням SLS технології.

38. Назвіть відмінності SLS та SLA технологій.

39. Наведіть структурну схему друку за SLS технологією. Проаналізуйте основні етапи 3D друку деталей.

40. У чому полягають особливості, переваги та недоліки SLS

технологій?

41. Проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що виготовлені за SLS та SLA технологіями.

42. Поясніть принцип створення металевих деталей за допомогою DMLS технології.

43. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням LOM технології.

44. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням LOM технології.

45. У чому полягають особливості друку за LOM технологією?

46. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням LOM технології.

47. Назвіть та проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що надруковані за допомогою LOM технології.

48. У чому полягає відмінність LOM технології від SLA і SLS технологій?

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

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

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

52. У чому полягають особливості друку за FDM технологією?

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

54. Назвіть найбільш поширені пластики для FDM технології.

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

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

57. Проаналізуйте роль проекту RepRap у розвитку адитивних технологій.

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

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

60. Наведіть класифікацію адитивних технологій виготовлення деталей з металу.

61. Проаналізуйте існуючі технології 3D друку металом.

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

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

64. У чому полягають особливості технологій нанесення струменем сполучної речовини та нанесення струменем матеріалу?

65. Проаналізуйте сутність операції інфільтрації.

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

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

68. Поясніть на прикладі основні операції з 3D моделювання циліндричної деталі у програмі AutoCAD.

69. Поясніть на прикладі основні операції з 3D моделювання плоскої деталі у програмі КОМПАС 3D.

70. Наведіть у програмі КОМПАС 3D процес створення моделі болту довільної довжини з різьбою M16 згідно стандартів.

71. Що таке програми-слайсери? Для чого вони призначені?

72. Назвіть та проаналізуйте функціональні можливості будь-якої безкоштовної програми-слайсера.

73. У чому полягають особливості застосування, переваги та недоліки програми-слайсера FlashPrint?

74. Покажіть на прикладі основні операції з редагування моделі у вигляді STL файлу у програмі-слайсері FlashPrint.

75. Наведіть алгоритм дій для обробки моделі з елементами, що нависають, у програмі-слайсері FlashPrint.

76. Продемонструйте та проаналізуйте параметри друку 3D моделі.

77. Покажіть на прикладі як з 3D моделі у вигляді STL файлу отримати X3G файл для друку моделі на 3D принтері.

78. Назвіть основні складові 3D принтера Flashforge Creator Pro та поясніть принцип його роботи.

79. Проаналізуйте базові налаштування меню команд 3D принтера Flashforge Creator Pro.

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

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

82. Які дефекти виникають у друківаних деталях? Як їх усунути?

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

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог навчальної системи організації учбового процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни «Адитивні технології» передбачають наступне.

Контроль успішності студентів здійснюється за результатами:

- усне або письмове опитування з кожної теми;
- захисту звітів про виконання лабораторних робіт;
- екзамену в кінці семестру (за умови виконання вимог навчального процесу);

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів, на які підрозділяється робоча програма дисципліни, надано у таблиці 3.1.

Для закріплення поточних знань на протязі семестру, до проведення підсумкового контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує попередню оцінку. Слід зазначити, що всі заходи, що плануються, повинні бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання.

Студент, який одержав за результатами контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни, отримує позитивну оцінку.

Таблиця 3.1- Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Адитивні технології та 3D-друк.												
Тема 1. Історія виникнення 3D-друку.	18	2	-	4	-	10	11,5	0,5	-	-	-	11
Тема 2. Конструкція FDM 3D-принтера та його основні параметри.	16	2	-	4	-	10	11	0,5	-	0,5	-	10
Тема 3. Адитивні технології, що застосовуються у 3D-принтерах.	16	2	-	4	-	10	13	0,5	-	0,5	-	12
Тема 4. Матеріали для 3D-друку.	16	2	-	4	-	10	12,5	0,5	-	-	-	12
Разом за змістовим модулем 1	66	8	-	16	-	40	48	2	-	1	-	45
Змістовий модуль 2. Особливості процесу друку на 3D-принтері												
Тема 5. Сфери застосування 3D-друку.	18	2	-	4	-	12	13,5	0,5	-	-	-	13
Тема 6. Програмне забезпечення для підготовки моделі для друку.	18	2	-	4	-	12	14,5	1	-	0,5	-	13
Тема 7. Підготовка 3D-моделей до друку. Налаштування друку.	18	2	-	4	-	12	14	0,5	-	0,5	-	13
Разом за змістовим модулем 2	54	6	-	12	-	36	42	2	-	1	-	39
Усього годин	120	14	-	28	-	76	90	4	-	2	-	84

4 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни «Адитивні технології». Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

4.1 Основна література

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

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

3) Андрощук Г. О., Копил Я. В. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання. Інтелектуальна власність в Україні. 2016. № 5. С. 17-26.

4) Гречко О. М. Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика. 2019. № 1. С. 63-75.

5) Масючок О.П., Юрженко М.В., Колісник Р.В., Кораб М.Г. Адитивні технології полімерних матеріалів. Автоматичне зварювання. 2020. №5. С.53-60. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.05.08>.

6) Олексієнко С. В., Прибисько І. О., Ганєєв Т. Р., Ганєєва Т. В. Адитивні технології в архітектурі та містобудуванні. Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі : зб. тез Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, 18-19 берез. 2021 Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. С. 40-41.

7) Назаркевич Є. Адитивні технології та 3D моделювання в ювелірному мистецтві. Народна творчість та етнологія, 2021, №2(390). С. 113-122.

8) Струтинська О. В. Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2018. №20(27). С. 88-94.

4.2 Додаткова література

- 9) Вишнепольский С. В., Павленко Д. В., Двирнык Я. В. Прогнозируемые эффекты упрочнения алмазным выглаживанием деталей полученных с помощью селективного лазерного спекания. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2020. №4. С. 43-52.
- 10) Пічугіна Ю. В., Максимова Ю. О., Мазур Ю. В. Економіка майбутнього – перспективи розвитку 3D друку в Україні. *Регіональна економіка та управління*. 2020. №1 (27). С. 65-68.
- 11) Жеманюк П. Д., Басов Ю. Ф., Овчинников А. В., Джуган А. А. Применение титановых порошков нового поколения (HDH2) в аддитивных технологиях. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2016. №8 (135). С. 139-144.
- 12) Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». – 2015. – 220 с.
- 13) Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.
- 14) Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства / С.В. Каменев, К.С. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 145 с.
- 15) Масненко И. В., Стельмах Н. В. Поліпшення механічних властивостей друкованих деталей. – 2018.
- 16) Griffey, Jason. 3-D The types of 3-D printing / Library Technology Reports, 2017.
- 17) Новиков С. В., Рамазанов К. Н. Аддитивные технологии: состояние и перспективы : учебное пособие [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2022. – URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022-41.pdf
- 18) 3D друк в умовах біомедичного використання [Електронний ресурс] : конс-пект лекцій з дисципліни «3D друк в умовах біомедичного використання» для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» денної та заочної форм навчання / ук-лад. Б. В. Єфременко. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2019. – 56 с.

4.3 Навчально-методична література

19) Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Адитивні технології», для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл.: Тришин П.Р. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 71 с.

20) Тексти (конспект) лекцій з дисципліни « Адитивні технології» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. ст. викл. Тришин П.Р. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022 – 77 с.

4.4 Інформаційні ресурси

21) https://uk.wikipedia.org/wiki/Адитивні_технології.

22) <https://newfolk.com.ua/ua/novyny/> зворотній-інжиніринг-і-адитивне-виробництво.-світовий-тренд-імпортозаміщення-та-локалізації-для-забезпечення-сталого-розвитку.

23) <https://3dprint.infomir.eu/uk/aditivne-virobnicztvo>.

24) <http://poradu.pp.ua/tehnka-tehnologyi/35539-aditivna-tehnologya-opis-viznachennya-osoblivost-zastosuvannya-ta-vdguki-aditivn-tehnologyi-v-promislovost.html>.