МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут
(повна назва підрозділу)

Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування
(повна назва кафедри)

Код РНПД:

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи

_____ Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування
Additive technologies for creating small series of mechanical engineering parts

рівень вищої освіти магістерський

тип дисципліни вибіркова

мова(и) викладання українська, англійська

Миколаїв 2024

Робоча програма навчальної дисципліни **«Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування»** як вибіркового курсу є однією із можливих складових комплексної підготовки фахівців усіх спеціальностей та освітніх програм технічного спрямування, за якими ведеться підготовка в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова

"17" 01 2024 року. 15 с.

Розробник: Поліщук Віталій Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інженерної механіки та технології машинобудування.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» розглянуто на засіданні кафедри інженерної механіки та технології машинобудування
Протокол № 6 від «17» 01 2024 р.

Завідувач кафедри _____ Ткач М.Р.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» розглянуто методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту
Протокол № 5 від «18» 01 2024 р.

Голова _____ Сербін С.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» погоджено з навчальним відділом

Начальник навчального відділу _____ Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» затверджена Навчально-методичною радою НУК
Протокол № 1 від «21» 02 2024 р.

Голова НМР НУК _____ Слободян С.О.

© Поліщук В.А., 2024 рік
© НУК, 2024 рік

ЗМІСТ

Вступ 4
1.Опис навчальної дисципліни 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни..... 6
3. Передумови для вивчення дисципліни 6
4. Очікувані результати навчання 6
5. Програма навчальної дисципліни 6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання
та методи їх демонстрування…… 9
7. Форми поточного та підсумкового контролю 9
8. Критерії оцінювання результатів навчання 12
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких
передбачає навчальна дисципліна 13
10. Рекомендовані джерела інформації 13
Додаток …… 15

ВСТУП

Анотація

Дисципліна «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» є вибірковою дисципліною підготовки магістрів усіх спеціальностей та освітніх програм технічного спрямування, за якими ведеться підготовка в НУК імені адмірала Макарова.

Дисципліна дозволяє оволодіти комплексом знань, методів та практичних навичок, які необхідні для роботи в області 3d-проектування та адитивного виробництва.

На сучасному етапі розвитку сучасної технології науково-технічний прогрес знаходить своє відображення в якісних змінах знарядь праці, продуктах праці, у впровадженні нових автоматизованих технологічних процесів. В результаті з'являються нові вироби й технології, змінюється номенклатура послуг. Відбувається подальше зростання складності технічних об’єктів і систем, розширюється коло їх інформаційної взаємодії, збільшується невизначеність поведінки технічних систем в умовах швидкозмінного зовнішнього середовища. Всі ці явища вимагають швидкого, адекватного реагування шляхом створення нових складних виробів у малих обсягах (практично одиничне виробництво), для яких адитивні процеси є найбільш ефективним засобом.

Широке поширення цифрових технологій в області проектування (CAD), моделювання та розрахунків (CAE) і механічного оброблення (CAM) стимулювало вибуховий характер розвитку технологій 3D-друку, і в даний час вкрай складно вказати область матеріального виробництва, де в тій чи іншій мірі не використовувалися б 3D-принтери. Цифрові 3D-технології відкрили унікальні можливості відтворення найскладніших просторових форм, об'єктів та інженерних конструкцій.

Адитивні технології – узагальнена назва технологій, які передбачають виготовлення виробу за даними цифрової моделі (або CAD-моделі) методом пошарового додавання матеріалу. Вивчення основ зазначених технологій, їх дослідження методами прямого та непрямого експериментів, направлених на встановлення закономірностей функціонування та забезпечення надійності адитивного процесу поліпшить конкурентні переваги фахівця спеціальності 131–прикладна механіка, зробить його більш затребуваним на сучасному ринку праці.

Ключові слова: 3d-моделювання, адитивні технології, 3D-друк, 3D-принтер, технології FDM, SLA, SLS; керуюча програма.

Abstract

Discipline "Additive technologies for creating small series of mechanical engineering parts" is an optional discipline for masters.

The discipline allows you to master a set of knowledge, methods and practical skills that are necessary for work in the field of 3D design and additive manufacturing.

At the current stage of the development of modern technology, scientific and technical progress is reflected in qualitative changes in tools, labor products, and in the introduction of new automated technological processes. As a result, new products and technologies appear, the range of services changes. There is a further increase in the complexity of technical objects and systems, the scope of their information interaction is expanding, and the uncertainty of the behavior of technical systems in the conditions of a rapidly changing external environment is increasing. All these phenomena require a quick, adequate response by creating new complex products in small volumes (practically single production), for which additive processes are the most effective means.

The widespread use of digital technologies in the field of design (CAD), modeling and calculations (CAE) and mechanical processing (CAM) has stimulated the explosive nature of the development of 3D printing technologies, and currently it is extremely difficult to point to an area of material production that has not been, to one degree or another, 3D printers would be used. Digital 3D technologies have opened up unique opportunities to reproduce the most complex spatial forms, objects and engineering structures.

Additive technologies are the general name of technologies that involve the production of a product based on the data of a digital model (or CAD model) by the method of layer-by-layer addition of material. Studying the basics of these technologies, their research by methods of direct and indirect experiments, aimed at establishing the regularities of functioning and ensuring the reliability of the additive process, will improve the competitive advantages of a specialist in specialty 131-applied mechanics, will make him more in demand on the modern labor market.

Keywords: 3d modeling, additive technologies, 3D printing, 3D printer, FDM, SLA, SLS technologies, control program.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><th rowspan="2">Найменування показників</th><th rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</th><th colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</th></tr>
<tr><th>Денна форма навчання (ДФН)</th><th>Заочна форма навчання (ЗФН)</th></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3"></td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td>Електронний адрес РПНД на сайті Університету https://nuos.edu.ua/master_spec/131-prikladna-mehanika/</td><td rowspan="8">Усі спеціальності та освітні програми технічного спрямування, за якими ведеться підготовка в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання:</td><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Загальна кількість годин – 150</td><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>--</td><td>--</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4;
самостійної роботи студента – 6</td><td rowspan="5">Освітній рівень:
другий (магістерський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>130 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальне завдання:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю: письмова</td></tr>
</table>

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета дисципліни – 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.

Завдання вивчення дисципліни – 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.

Предмет навчальної дисципліни:

1) сучасні адитивні технології для виготовлення різноманітних об’єктів та деталей для різних галузей промисловості та сфер людського життя;

2) новітні системи автоматизованого моделювання, підготовки та друку 3D-об’єктів;

3) сучасне обладнання та матеріали для виготовлення 3D-деталей;

4) нові розробки та досягнення у галузі адитивних технологій.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна базується на загальних знаннях з наступних дисциплін: Фізика; Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка; Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів; Деталі машин.

4. Очікувані результати навчання

Після вивчення курсу студенти повинні *знати та вміти*: працювати в програмах 3D-моделювання, розробляти керуючі програми для друку 3D-моделей, виконувати налаштування 3D-друку на 3D-принтері. *Мати уявлення*: про прогресивні технології та матеріали для 3D-друку, про основні програмні продукти, які застосовуються для обробки та підготовки для друку 3D-моделей.

Дисципліна «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» може бути корисною для подальшої підготовки та виконання кваліфікаційної роботи магістра.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1
Змістовий модуль 1. Адитивні технології та 3D-друк

Тема 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.

Література – [1], с.25-43; [2], с.68-77; [3-8].

Тема 2. Конструкція FDM 3D-принтера та його основні параметри

Конструкція FDM 3D-принтера, основні параметри FDM 3D-принтера, основні службові задачі компонентів конструкції принтеру, вплив діаметра сопла на друк, види підігріву столу, види подачі матеріалу, види кінематики рухів виконавчих органів.

Література – [3], с.29-36.

Тема 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. Основні елементи принтерів, принцип друку кожною технологією.

Література – [4], с.17-26; [10].

Тема 4. Матеріали для 3D-друку

Полімерні та металовмісні матеріали використовуванні для 3D-друку, механічні та фізичні властивості даних матеріалів. ABS- та PLA-пластик., акрил, поліпропілен, поліетилен. Фотополімерна смола та її застосування. Металеві порошки титану, нержавіючої сталі, алюмінієвих сплавів, нікелевих сплавів.

Література – [1], с.45-59; [3], с.30-33; [8, 10].

Змістовий модуль 2. Особливості процесу друку на 3D-принтері

Тема 5. Сфери застосування 3D-друку

Використання 3D-друку в сучасній медицині, аерокосмічному виробництві, військовому виробництві, автомобілебудуванні. Харчові 3D принтери, принтери для дому, ручний принтер.

Література – [5], с.63-75; [7], с.40-41; [8], с.29-36.

Тема 6. Програмне забезпечення для підготовки моделі для друку

Програмне забезпечення для підготовки моделі для друку. Програми для 3D моделювання: OpenSCAD, Solidworks, Autodesk 123D Design, Autodesk 3Ds Max.

Література – [6], с.53-60; [9], с.88-94; [10].

Тема 7. Редагування та підготовка до друку готових 3D-моделей

Програми слайсери: Ultimaker Cura, UPStudio, FlashPrint, Simplify3D. 3D-сканування. Керуюча програма для 3Dдруку або G-code. Формування G-коду.

Література – [1], с.205-243; [10].

Тема 8. Підготовка 3D-моделей до друку. Налаштування друку

Особливості процесу друку на 3D-принтері, 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. Налаштування програми Ultimaker Cura, Repetier Host.

Література – [1], с.301-325; [10].

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		лек	пр	лаб	с.р		лек	пр	лаб	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1 (М1)										
Змістовий модуль 1. Адитивні технології та 3D-друк										
Тема 1. Історія виникнення 3D-друку	14	3	1		10	17	1	1		15
Тема 2. Конструкція FDM 3D-принтера та його основні параметри	20	4	4		12	19	1	1		17
Тема 3. Адитивні технології, що застосовуються у 3D-принтерах	22	4	6		12	21	2	2		17
Тема 4. Матеріали для 3D-друку	19	4	4		11	18	1	1		16
Разом за змістовим модулем 1	**75**	**15**	**15**		**45**	**75**	**5**	**5**		**65**
Змістовий модуль 2. Особливості процесу друку на 3D-принтері										
Тема 5. Сфери застосування 3D-друку	18	4	4		10	17	1	1		15
Тема 6. Програмне забезпечення для підготовки моделі для друку	20	4	4		12	21	2	2		17
Тема 7. Редагування та підготовка до друку готових 3D-моделей	18	3	3		12	18	1	1		16
Тема 8. Підготовка 3D-моделей до друку. Налаштування друку	19	4	4		11	19	1	1		17
Разом за змістовим модулем 2	**75**	**15**	**15**		**45**	**75**	**5**	**5**		**65**
Усього годин за М1	**150**	**30**	**30**	**-**	**90**	**150**	**10**	**10**	**-**	**130**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Створення моделі для 3D-друку в CAD-системі	4	1
2	Моделювання 3D-моделі в програмі SolidWorks	4	2
3	Підготовка 3D-моделі до друку в програмі Meshmixer	4	1
4	Автоматичне та ручне створення підтримок на 3D-моделі в програмі слайсері	4	1
5	Налаштування 3D-моделі до друку в програмі слайсері (Ultimaker Cura, Repetier-Host)	4	1

6	Створення керуючої програми для 3D-друку в програмі слайсері	4	1
7	Особливості процесу друку на 3D-принтері	4	2
8	Компоненти FDM-принтера	2	1
	Разом	**30**	**10**

Самостійна робота

Завдання для самостійної роботи при підготовці до лекційних та практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Розвиток адитивних технологій в Україні	5	7
2	Порівняння адитивних та субтрактивних технологій	6	8
3	Типові помилки під час 3D друку	6	8
4	Струменева полімеризація (Polyjet, MJF, MJM)	8	11
5	Пошарове формування моделей з листового матеріалу (LOM)	6	8
6	3D-біопринтінг, 3D-будівництво	8	10
7	3D-сканування	6	8
	Разом	**45**	**60**

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекційних занять	15	30
2	Підготовка до практичних занять	30	30
3	Підготовка до МКР	30	45
4	Підготовка до заліку	15	25
	Разом	**90**	**130**

Індивідуальне завдання

Для студентів денної форми навчання – підготовка розрахунково-графічного завдання.

Для студентів заочної форми навчання – контрольна робота.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання: робота з літературою; пояснення; дискусія, демонстрування; лекція, ілюстрування, відеометод, практична робота, проблемний виклад матеріалу.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання: залік; конспект лекцій; індивідуальне завдання; презентації результатів виконаних завдань; студентські презентації та виступи на наукових заходах.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати 60 балів. Під компонентом проміжних оцінок ро-

зуміються поточні оцінки протягом семестру (виконання та захист практичних робіт, виконання модульних контрольних робіт; підготовка конспекту лекцій для студентів заочної форми навчання тощо).

Поточний контроль проводиться на кожному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на лекційних заняттях та набутих практичних навичок під час виконання завдань практичних робіт.

Студенти заочної форми навчання виконують модульні контрольні роботи та мають підготувати конспект лекцій за темами дисципліни. Максимальна оцінка студента за контрольні роботи 28 балів. Максимальна оцінка студента за конспект лекцій 32 бали (8 тем по 4 бали).

Студенти денної та заочної форми навчання складають заключний залік. Питома вага заліку в загальній системі оцінок – 40 балів. Залік проводиться в письмовій формі. Екзаменаційний білет включає 2 питання і задачу. Максимальна кількість балів, яку набирає студент за відповідь на одне питання – 10 балів, за задачу – 20 балів.

Право здавати заключний залік дається студенту, який з кожного виду поточного модульного контролю набирає не менше 60% від максимальної кількості балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку. Якщо сумарна кількість балів з поточного модульного контролю становить менше 60%, студент повинен набрати цю кількість за рахунок виконання додаткового індивідуального завдання.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання
Поточний модульний контроль

Модуль 1

Поточний контроль										Підсумковий залік	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2						
Пр1	Пр2	Пр3	Пр4	МКР1	Пр5	Пр6	Пр7	Пр8	МКР2	40	100
4	4	4	4	14	4	4	4	4	14		

Пр1, Пр2, …, Пр9 – теми практичних робіт

МКР – модульна контрольна робота

Критерії оцінювання виконання практичних робіт

Ваговий бал – 4: виконання роботи - 2 бали; оформлення роботи – 0,5 балу; захист роботи – 1,5 бали. Максимальна кількість балів за цикл практичних робіт (8 шт.) дорівнює: 4 бали х 8 = 32 бали.

Модульні контрольні роботи

Максимальна кількість балів за 2 МКР дорівнює 28 бали. Розподіл балів за модулями: МКР1 -- 14 балів; МКР2 -- 14 балів.

Поточний модульний контроль

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Робота на практичних заняттях	32 бали	--

Модульні контрольні роботи	28 балів	28 балів
Конспект лекцій	–	8*4 бали = 32
Всього	**60**	**60**

	Денне відділення	
	Вид роботи	Кількість балів
Поточний контроль	Робота на заняттях, виконання та захист практичних робіт	32
ЗМ 1	Модульна контрольна робота 1	14
ЗМ 2	Модульна контрольна робота 2	14
Підсумковий контроль	Залік	40
Сума		100

	Заочне відділення	
	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	Модульна контрольна робота 1	14
ЗМ 2	Модульна контрольна робота 2	14
Теми 1-8	Конспект лекцій	8х4=32
Підсумковий контроль	Залік	40
Сума		100

Штрафні та заохочувальні бали за:
відсутність на занятті без поважної причини…… -1 бал;
несвоєчасний захист практичної роботи……... - 1 бал;
несвоєчасний захист індивідуального завдання……..……..... -3 бали;
підготовка реферату за темою модуля……...…… +5 балів;
участь в виконанні завдань із удосконалення дидактичних
матеріалів з дисципліни……...…+ 10 балів;
підготовка наукової статті ……...+ 10 балів;
доповідь на конференції ……...+10 балів.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Кількість балів	**Критерії оцінювання роботи на практичних заняттях**
1	Студент активно працює та демонструє добру теоретичну підготовку із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набуті практичні навички під час виконання завдань практичних робіт.

0	Студент неактивно працює на занятті.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 8 балів (*8 тем по 1 балу*).

Кількість балів	**Критерії оцінювання виконання практичних робіт**
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу самостійно згідно методичних вказівок; чітко формулює мету роботи та основні положення теорії; застосовує коректні методи обробки отриманих результатів та комп'ютерні програми; у висновках надає коректну інтерпретацію результатів; звіт відповідає вимогам до оформлення практичних робіт. Студент правильно відповідає на 90…100 % контрольних запитань.
3	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно методичних вказівок, іноді після консультацій викладача; правильно формулює мету роботи та основні положення теорії; в цілому правильно складає звіт та робить висновки; відповідає на 74…89 % контрольних запитань.
2	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно методичних вказівок, складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки; відповідає на 60…73 % контрольних запитань.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу після консультацій викладача; складає звіт, що містить значні неточності у висновках та помилки; відповідає на 35…59 % контрольних запитань.
0	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу після консультацій викладача; складає звіт, що містить значні неточності у висновках та помилки; відповідає менше ніж на 35% контрольних запитань.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 32 бали (8 робіт по 4 бали).
Кількість балів	**Критерії оцінювання контрольних робіт**
13…14	Контрольна робота виконана у встановлений термін без помилок або з незначною помилкою. Відповіді на питання правильні, повні, логічні, містять аналіз, систематизацію, узагальнення, аргументовані висновки.
10…12	Контрольна робота виконана у встановлений термін з декількома незначними помилками. Відповіді на питання переважно правильні та повні.
7…9	Контрольна робота виконана у встановлений термін зі значною кількістю дрібних помилок. Відповіді на питання переважно правильні.
4…6	Контрольна робота виконана з порушенням встановлених термінів з однією грубою помилкою та значною кількістю дрібних помилок. Відповіді на питання переважно неправильні.
0…3	Контрольна робота виконана з порушенням встановлених термінів зі значною кількістю грубих помилок. Відповіді на питання переважно неправильні.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 28 балів (2 контрольні роботи по 14 балів).

Кількість балів	**Критерії оцінювання конспекту лекцій**
4	Питання лекцій теми розкриті повністю, матеріал лекцій містить відповідні рисунки, таблиці й формули.

3	Питання більшості лекцій теми розкриті повністю, але деякі потребують допрацювання, матеріал лекцій містить відповідні рисунки, таблиці й формули.
2	Питання значної кількості лекцій теми розкриті не повністю і потребують допрацювання, деякі лекції не містять відповідні рисунки, таблиці й формули.
1	Питання більшості лекцій теми не розкриті.
0	Завдання не виконано
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 32 бали (*8 тем по 4 бали*).

Кількість балів	***Критерії оцінювання питань заліку***
10	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки.
8…9	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок.
6…7	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок.
3…5	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
0…2	Відповідь на питання неповна або відсутня, не підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
	Критерії оцінювання задачі на заліку
19…20	Розв'язання задачі повне, відповідь підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки.
15…18	Розв'язання задачі повне, відповідь підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок.
11…14	Розв'язання задачі достатньо повне, частково підтверджене відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок.
6…10	Розв'язання задачі неповне, частково підтверджене відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
0…5	Розв'язання задачі неповне або відсутнє, не підтверджене відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів (2 *питання по 10 балів, задача 20 балів*).

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Як наочний матеріал на лекціях і практичних заняттях використовуються: альбоми, плакати та слайди, тривимірні моделі технологічного оснащення; макети верстатних присто-

сувань; нормативні документи, довідкові матеріали, конструкторсько-технологічна документація, завдання з дисципліни.

Лекційні та практичні заняття проводяться на кафедрі інженерної механіки та технології машинобудування НУК з застосуванням мультимедійного обладнання. При виконанні практичних та самостійних робіт застосовується САПР SolidWorks, Ultimaker Cura тощо, FDM 3D-принтер.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Bandyopadhyay A. Additive Manufacturing / A. Bandyopadhyay, A. Amit., 2019. – 484 с. – (2nd Edition).
2. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (І частина). Наука, технології, інновації. 2017. № 1. С. 68-77.
3. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (ІІ частина) Наука, технології, інновації. 2017. № 2 (2). С. 29-36.
4. Андрощук Г. О., Копил Я. В. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання. Інтелектуальна власність в Україні. 2016. № 5. С. 17-26.
5. 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.
6. 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.
7. Олексієнко С. В., Прибитько 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.
8. Назаркевич Є. Адитивні технології та 3D моделювання в ювелірному мистецтві. Народна творчість та етнологія, 2021, №2(390). С. 113-122.
9. 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.
10. MySolidWorks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://my.solidworks.com/training/path/81/additive-manufacturing.

Допоміжна література

11. 3D Content Central - бібліотека файлів деталей, збірок, креслень, блоків та макросів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.3DContentCentral.com.
12. Поліщук, В.А. Твердотільне параметричне моделювання засобів технологічного оснащення: Навчальний посібник до виконання лабораторних і самостійних робіт [Текст] /В.А. Поліщук. – Миколаїв: НУК, 2008. – 168 с.
13. https://old.newfolk.com.ua/ua/novyny
14. https://3dprint.infomir.eu/uk/aditivne-virobnicztvo.
15. http://poradu.pp.ua/tehnka-tehnologyi/35539

ДОДАТОК

Результати перегляду робочої програми навчальної дисципліни «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування»

Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
	Разом		

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
	Разом		

Зміни до робочої програми навчальної дисципліни «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» розглянуто на засіданні кафедри інженерної механіки та технології машинобудування.

Протокол №___ від «___»_____20 р.

Завідувач кафедри _____ М.Р. Ткач

Зміни до робочої програми навчальної дисципліни «Адитивні технології створення малих серій деталей машинобудування» узгоджено з гарантом освітньої програми.
Гарант освітньої програми «Технології машинобудування» Шумілов Олександр Павлович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інженерної механіки та технології машинобудування.

Гарант освітньої програми _____ О.П. Шумілов