

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Технології машинобудування

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Перший проректор

\_\_\_\_\_ В.Г. Прушківський

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ППВВ 05 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ**

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність \_\_\_\_\_ 131 Прикладна механіка \_\_\_\_\_

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) \_\_\_\_\_ Технології машинобудування \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

інститут, факультет \_\_\_\_\_ Машинобудівний \_\_\_\_\_

(назва інституту, факультету)

мова навчання \_\_\_\_\_ українська \_\_\_\_\_

Робоча програма ППВВ 05 Сучасні технології в машинобудуванні

(назва навчальної дисципліни)

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма (спеціалізація) – технології машинобудування.

(назва спеціалізації)

„9” жовтня 2019 року – 15 с.

Розробник: Логомінов В.О., доц. каф. технологій машинобудування, к.т.н. доцент

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри «Технології машинобудування»

Протокол від “17” жовтня 2019 року № 4

Завідувач кафедри

«Технології машинобудування»

\_\_\_\_\_ (підпис) (Дядя С.І.)  
 (прізвище та ініціали)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 року

Схвалено науково-методичною комісією машинобудівного факультету

Протокол від. “ 22 ” жовтня \_\_\_\_\_ 2019 року № 2

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 року Голова \_\_\_\_\_ (Глушко В.І.)  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми\* \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року Керівник групи \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

\*Якщо дисципліна викладається невипусковою кафедрою

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6 (3+3)	Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і назва)	<u>Вибіркова</u>	
Модулів – 2	Спеціальність (освітня програма, спеціалізація): <u>131 Прикладна механіка</u> <u>(Технології машинобудування)</u> (код і назва)	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		5-й	5-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 180 (90+90)		9-й, 10-й	9-й, 10-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3	Освітній ступінь: другий (магістерський) рівень освіти	<b>Лекції</b>	
		14 год., 14 год.	4 год., 4 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		14 год., 14 год.	2 год., 2 год.
		<b>Лабораторні</b>	
		–	–
		<b>Самостійна робота</b>	
		60 год., 60 год.	84 год.
		<b>Індивідуальні завдання: –</b>	
		Вид контролю: залік (9 семестр), екзамен (10 семестр)	

#### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 0,46 (0,31);

для заочної форми навчання – 0,07 (0,07).

#### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни** – ґрунтовне ознайомлення студентів з концепціями комп'ютерного інтегрованого виробництва, генеративними технологіями, адитив-

ними технологіями, нанотехнологіями та іншими високими технологіями, що використовуються в сучасному машинобудівному виробництві.

**Завдання вивчення дисципліни** Загальним завданням курсу є підготовка висококваліфікованих фахівців, які добре володіють знаннями та уміннями, що дозволить їм застосовувати передові технології в умовах сучасного машинобудівного виробництва.

Знання, які студенти отримують при вивченні цієї дисципліни використовуються при роботі над магістерською роботою. Також ці знання студенти випускники зможуть використовувати для подальшої роботи на підприємствах машинобудівного профілю, де активно впроваджуються сучасні технології виробництва деталей і виробів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати **загальні компетентності**: здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями; здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми; навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; здатність виявляти ініціативу, креативність та підприємливість при розробці проектів; здатність до критичного аналізу, оцінки і синтезу нових та складних ідей; здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт; здатність працювати автономно та в команді; **фахові компетентності**: знати особливості високих технологій; знати види адитивних технологій і вміти вибирати технологію, яка забезпечить необхідну якість і прийнятну вартість виробів; здатність розробляти робочі процеси високих технологій; знати способи матеріалізації CAD моделей; знати область застосування нанотехнологій; вміти розробляти генеративний технологічний процес; виконувати 3D моделювання для технологій швидкого прототипування; **очікувані програмні результати навчання**: використання професійно-профільованих знань для застосування високих технологій, таких як генеративні і адитивні технології, нанотехнології та ін., при розробці технологічних процесів виготовлення деталей в умовах сучасного виробництва.

## 2. Програма навчальної дисципліни

### *Змістовий модуль 1. Адитивні технології.*

#### **Тема 1 Вступ. Історичні передумови появи адитивних технологій**

Місце адитивних технологій в ряду традиційних технологій. Технології та винаходи, що передували появі адитивних технологій. SLA-1 – перший 3D принтер і його винахідник Chuck Hull. Стереолітографія (SLA) і селективне лазерне спікання (Selective Laser Sintering). Принципові відмінності адитивних технологій від традицій-

них технологій виробництва. Матеріали в адитивних технологіях. Винаходи і патенти, що передували появі адитивних технологій. Приклади використання адитивних технологій.

*[1] с. 12-16.*

## **Тема 2 Термінологія і класифікація**

Ключові слова: додавання, CAD, пошарово. Рекомендовані і рівнозначні терміни, а також термінологія яку варто уникати. Класифікації адитивних технологій: за методом формування шару; за методом фіксації шару; за матеріалами, що використовуються для виготовлення виробів; за ключовою технологією. Bed Deposition та Direct Deposition технології. Класифікація ASTM: Material Extrusion, Material Jetting, Binder Jetting, Sheet Lamination, Vat Photopolymerization, Powder Bed Fusion та Directed energy deposition технології. Найбільш поширені технології в машинобудуванні.

*[1] с. 17-33*

## **Тема 3 Характеристика ринку АМ-технологій**

Видання Wohlers Report. Розподіл інсталяцій АМ-машин по країнам світу. Сфери застосування АМ-технологій. Розподіл бізнесу АМ-технологій по галузям. Динаміка зростання сектора «Direct manufacturing». Позитивна динаміка зростання продажів машин для «вирощування» з металу. Позитивна динаміка зростання продажів 3D принтерів. Критерії вибору технологій.

*[1] с. 34-46*

## **Тема 4 Адитивні технології і швидке прототипування**

Процес створення нової продукції від задуму до точки SOP (Start of Production). Фірми-виробники найбільш популярних принтерів для прототипування. Stratasys FDM принтери серій Mojo 3D. Приклади деталей, виготовлені на принтерах Stratasys за технологією FDM. Точність і якість поверхні. Фактори, що впливають на точність і якість обробленої поверхні. Порівняння шорсткостей моделей, отриманих різними АМ-технологіями. Rapid tooling. Прототипування функціональних характеристик.

*[1] с. 47-62*

## **Тема 5 Технології та машини для вирощування металевих виробів**

Технологія селективного лазерного плавлення металевих порошків (СЛП). Системи СЛП. Стратегії сканування лазерного променя. Вплив стратегій сканування на характеристики зразків. Організація процесу СЛП. Характеристики процесу СЛП, його переваги та недоліки. Приклади виробів СЛП. Шляхи удосконалення і розвитку технології СЛП. Технологія EBM (Electron Beam Melting). Технології отримання «грін-моделей». Машини ExOne і 3D Systems. Гаряче ізостатичне пресування.

*[1] с. 63-102*

## **Тема 6 Direct Metal Deposition технологія**

Порівняння технологій Powder Bed Fusion і Direct Metal Deposition. Механічні Властивості DMD-надрукованих деталей. Застосування DMD технології.

*[1] с. 103-156*

## **Тема 7 Адитивні технології і порошкова металургія**

Матеріали для «металевих» АМ-машин. Повторне використання порошків. Сферична форма частинок. Можливість загоряння порошків. Розмір порошків. Сфери застосування порошкових матеріалів. Методи отримання металевих порошків. Газова атомізація. Вакуумна атомізація. Технологія Rotating Electrode Process. Технологія Spray forming. Виробники атомайзерів і постачальники металопорошкових композицій для використання в АМ-машинах. Порошкові композиції, що поставляються компаніями - виробниками АМ-машин.

*[1] с. 157-195*

## **Змістовий модуль 2. Нанотехнології в машинобудуванні.**

### **Тема 8 Нанотехнології. Терміни та визначення**

Думки про нанотехнології. Визначення нанотехнології. Нанотехнології: зміна парадигми. Нанотехнології в живій природі. Історія нанотехнологій. Можливості нанотехнологій. Нанотехнології в повсякденному житті. Міждисциплінарний характер нанотехнологій. Різноманіття наноструктур.

[4] с. 9-28

### **Тема 9 Методи діагностики наноструктур**

Методи дослідження поверхні. Види випромінювань, що формуються при взаємодії електронів з поверхнею матеріалу. Найбільш інформативні види випромінювання. Конструкція ПЕ-мікроскопа. Просвічувальна електронна мікроскопія (ПЕМ). Приклади зображень, отриманих за допомогою ПЕМ. Метод реплік в ПЕМ. Просвічувальна і скануюча електронна мікроскопія (ПЕМ і СЕМ). Приклади зображень, отриманих за допомогою РЕМ (СЕМ). Граничне дозвіл електронних мікроскопів. Переваги електронної мікроскопії. Скануюча зондова мікроскопія (СЗМ). Скануюча тунельна мікроскопія (СТМ). Атомно-силова мікроскопія (АСМ). Скануюча оптична мікроскопія ближнього поля. Спектральні методи дослідження.

[4] с. 29-65

### **Тема 10 Основи конструювання об'єктів на атомно-молекулярному рівні**

Низхідні методи (top-down fabrication). Фокусований іонний пучок (Focused ion beam (FIB)). Фотолітографія (прецизійна літографія). Наноімпрінт-літографія. Електронна літографія (electron beam lithography). Висхідні методи (bottom-up fabrication). Складання за допомогою СЗМ. Самоорганізація і самоскладання. Самоорганізація шляхом молекулярного розпізнавання. «Нобелівські молекули». Атомні кластери як елементарні об'єкти самоскладання. Металеві нанокластери. Нанокластери з інших матеріалів. Методи отримання кластерів. Технології формування поверхневих шарів з атомарної точністю. Молекулярно-променева епітаксія (МЛЕ). Комбіновані методи (bottom-up fabrication).

[4] с. 66-99

### **Тема 11 Структура і властивості наноструктурних матеріалів**

Особливості речовини наносистем. Структура нанокристалічного матеріалу. Залежність об'ємних часток кордонів розділу, межзереневих і потрійних стиків наноструктурних матеріалів. Термінологічні підходи до поняття наноматеріалів. Основні фізичні причини специфіки наноматеріалів. Фізичні властивості. Хімічні влас-

тивості. Механічні властивості. Класифікація наноматеріалів. Схема установок для подрібнення.

*[4] с. 100-123*

## **Тема 12 Нанопорошки**

Структура нанокристалічного матеріалу. Методи отримання нанопорошків. Фізичні і хімічні методи отримання нанопорошків. Хімічне осадження із парової фази. Високоенергетичний синтез. Охолодження з розчинів. Розкладання нестабільних сполук. Фізичне осадження із парової фази. Розпилення розплаву. Механічне подрібнення.

*[4] с. 124-132*

## **Тема 13 Вуглецеві наноструктури**

Алотропні форми вуглецю. Фулерени. Вуглецеві нанотрубки. Графен. Лонсдейліт. Властивості аллотропних форм вуглецю. Отримання фуллерена. Блок-схема мас-спектрометра. Принцип методу мас-спектрометрії. Ендофуллерени або леговані фулерени. Области застосування фулеренів. Фуллерит. Невуглецеві фулерени. Вуглецеві нанотрубки. Отримання нанотрубок. Кероване зростання впорядкованих масивів нанотрубок. Багатостінні нанотрубки. Унікальні властивості нанотрубок. Гібридні наноматеріали. Застосування нанотрубок.

*[4] с. 133-165*

## **Тема 14 Об'ємні наноматеріали**

Класифікація речовин і матеріалів за розміром частинок (зерен). Класифікація нанооб'єктів по геометричній розмірності. Об'ємні наноструктурні матеріали. Методи отримання. Технології порошкової металургії. Методи пресування порошків. Динамічні, високоенергетичні і імпульсні методи пресування. Наноструктурування металів термічною обробкою. Контрольована кристалізація з аморфного стану. Методи інтенсивної пластичної деформації (ІПД). Парадокс міцності і пластичності об'ємних наноматеріалів. Застосування наноструктурних матеріалів.

*[4] с. 166-189*



#### 4. Структура навчальної дисципліни

Змістові модулі (теми)	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Індивідуальна робота	Самостійна робота		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Індивідуальна робота	Самостійна робота
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Адитивні технології</b>												
Тема 1. Вступ. Історичні передумови появи адитивних технологій	10	2				8	10	0,5				9,5
Тема 2. Термінологія і класифікація	10	2	4			4	10	0,5				9,5
Тема 3. Характеристика ринку АМ-технологій	10	2				8	10					10
Тема 4. Характеристика ринку АМ-технологій	15	2				13	15	0,5				14,5
Тема 5. Технології та машини для вирощування металевих виробів	15	2	6		2	5	15	0,5	2		2	10,5
Тема 6. Direct Metal Deposition технологія	15	2				11	15	0,5				14,5
Тема 7. Адитивні технології і порошкова металургія	15	2	4			11	15	0,5				14,5
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>90</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>–</b>	<b>2</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>–</b>	<b>2</b>	<b>82</b>
Термін проведення заліку – 14-й тиждень семестру												

<b>Змістовий модуль 2. Нанотехнології в машинобудуванні.</b>												
Тема 8. Нанотехнології. Терміни та визначення	10	2				8	10	0,5				9,5
Тема 9. Методи діагностики наноструктур	10	2	6			2	10	0,5				9,5
Тема 10. Основи конструювання об'єктів на атомно-молекулярному рівні	10	2				8	10					10
Тема 11. Структура і властивості наноструктурних матеріалів	15	2				13	15	0,5				14,5
Тема 12. Нанопорошки	15	2	4		2	7	15	0,5	2		2	10,5
Тема 13. Вуглецеві наноструктури	15	2				11	15	0,5				14,5
Тема 14. Об'ємні наноматеріали	15	2	4			11	15	0,5				14,5
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>90</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>82</b>
Термін проведення екзамену – 14-й тиждень семестру												
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>120</b>	<b>180</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>164</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розробка 3D моделей і робочих креслень на виріб	4 год.
2	Проектування технології виготовлення виробу з використанням 3D принтера	4 год.
3	Виготовлення натурної моделі виробу за допомоги 3D принтера	6 год.
4	Виготовлення досвідченої моделі на обробному центрі з ЧПК	6 год.
5	Контроль якості виготовлення кінцевих виробів	4 год.
6	Дослідження впливу режимів різання на якість механічної обробки конструкційних матеріалів	4 год.
	Разом	28 год.

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1 Концепції компютеризованого інтегрованого виробництва	8
2	Тема 2 Високі технології	4
3	Тема 3 Робочий процес алмазного шліфування надтвердих матеріалів	8
4	Тема 4 Процес різання алмазними лезовими інструментами	13
5	Тема 5 Процес різання інструментом із надтвердих нитридів бору	5
6	Тема 6 Процес різання багатолезовим інструментом з надтвердих матеріалів	11
7	Тема 7 Процес різання полімерних матеріалів	11
8	Тема 8 Високошвидкісне різання	8
9	Тема 9 Екологічно орієнтовані процеси обробки матеріалів	2
10	Тема 10 Діагностичні системи технологічних процесів	8
11	Тема 11 Методи гама-променевої фотоелектронної мікроскопії	13
12	Тема 12 Робочий процес вакуумно-плазмового синтезу багаточарових покриттів мікрорівня	7
13	Тема 13 Робочі процеси пошарового виготовлення виробів (макрорівень)	11
14	Тема 14 Наноматеріали та нанотехнології	11
	Разом	120

### 9. Індивідуальні завдання

Для студентів денної форми навчання – підготовка доповіді.

Для студентів заочної форми навчання – контрольна робота, яка включає в себе завдання вищезазначеної тематики.

### 10. Методи навчання

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання:

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунок, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв’язанні практичних завдань;
- аналітичний метод – уявного (практичного) розкладу цілого на частини з метою вивчення їх суттєвих ознак;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

## **11. Очікувані результати навчання з дисципліни**

Після вивчення курсу студенти *повинні знати*: особливості високих технологій; порядок розробки робочих процесів високих технологій; способи матеріалізації CAD моделей; тенденції розвитку адитивних технологій; апаратну базу адитивних технологій, класифікацію, принцип дії, особливості експлуатації; методи і засоби нанотехнологій; розробляти алгоритм виготовлення виробів з застосуванням 3D принтера та *мати уявлення* про основні проблеми та головні напрямки їх рішення сучасного розвитку високих технологій, адитивних та нанотехнологій; про можливість 3D-моделювання в різних CAD програмах і особливості їх імпорту в формати, що сприймається обладнанням адитивного виробництва.

## **12. Засоби оцінювання**

Успішність студентів денної форми навчання оцінюється за результатами:

- опитування з кожної теми;
- захисту звітів про виконання практичних робіт;
- рубіжного контролю за кожний блок змістовних модулів.

Контроль успішності студентів заочної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання практичних робіт;
- захисту контрольної роботи;
- усного опитування за окремими змістовними модулями.

### 13. Критерії оцінювання

*Критерії оцінювання для заліку*

Поточне тестування та самостійна робота							Сума
Змістовий модуль №1							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	100
10	15	15	15	15	15	15	
Поточне тестування та самостійна робота							Сума
Змістовий модуль №2							
T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	100
10	15	15	15	15	15	15	

T1, T2 ... T3 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Студент, який отримав незадовільну семестрову оцінку за результатами РК, має можливість покращити результат під час підсумкового опитування при наявності звітів про всі види робіт, передбачених робочою програмою дисципліни

### 14. Методичне забезпечення

### 15. Рекомендована література

#### Базова

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»

2015. 220 с.
2. Интегрированные генеративные технологии : учеб. пособие [для студ. выс. учеб. заведений] / А. И. Грабченко, Ю. Н. Внуков, В. Л. Доброскок [и др.] ; под ред. А. И. Грабченко. – Харьков :НТУ «ХПИ», 2011. – 416 с.
  3. Шишиковский И.В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. – СПб.: Питер, 2016. – 400 с.: ил.
  4. Введение в нанотехнологии: текст лекций для студентов инженерных специальностей дневной и заочной форм обучения / А.И. Грабченко, Л.И. Пупань, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 272 с.
  5. Технологии и техника наноуровня : учеб.-метод. пособие для студентов специальности «Прикладная механика» дневной, заочной и дистанционной форм обучения, в том числе для иностранных студентов / А.И. Грабченко, Л.И. Пупань. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2017. –81с.
  6. Грабченко А.И. Интегрированные генеративные технологии : учеб. пособие для студ. выс. учеб. заведений, кот. обуч. по специальности «Технология машиностроения» / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок и др.; под ред. А.И. Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 396 с.
  7. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособ. / В.В. Старостин; под общ. ред. Л.Н. Патрикеева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с.
  8. Попова Л.М. Введение в нанотехнологию : учеб. пособ. / Л.М. Попова. – СПб: СПбГТУРП, 2013. – 96 с.
  9. Кузнецов Н.Т. Основы нанотехнологии : учебник / Н.Т.Кузнецов, В.М.Новоторцев, В.А.Жабрев, В.И.Марголин. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 397с.

### Допоміжна

1. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления. Монография./ Под редакцией д-ра техн. наук Л.Л. ТОВАЖНЯНСКОГО, д-ра техн. наук А.И. – Харьков: ОАО "Модель Вселенной", 2005. - 224 с.
2. Рабочие процессы высоких технологий в машиностроении : учеб. пособие / под редакцией А. И. Грабченко. – Харьков :НТУ «ХПИ», 1999. – 436 с.
3. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) : учеб. Пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.
4. Поляков А.Н. Основы быстрого прототипирования : учеб. пособие / А. И. Сердюк, К. С. Романенко, И. П. Никитина, А. Н. Поляков .— Оренбург : ОГУ, 2014 - 128 с.
5. Каменев С.В. Технологии аддитивного производства / С.В. Каменев, К.С. Романенко. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. –

145 с.

6. Рудской А.И. Аддитивные технологии / А.И. Рудской, А.А. Попович, А.В. Григорьев, Д.Е. Каледина. Учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2016. – 299 с.

7. Матренин С.В. Наноструктурные материалы в машиностроении : учеб. пособ. / С.В. Матренин, Б.Б. Овечкин. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 186 с.

8. Высокоэнергетические методы получения ультрадисперсных и наноматериалов. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : конспект лекций / А. Ю. Бабушкин, В. П. Исаков, А. И. Лямкин. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 401 с.

9. Мікроскопія в нанотехнологіях [Текст]: / В.С. Антонюк, Г.С. Тимчик, О.В. Верцанова [та ін.] //– К. : НТТУ «КПІ», 2014. – 258 с. : іл.– 157. Бібліогр. :С.245-258.

10. Ремпель, А. А. Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособ. / А. А. Ремпель, А.А. Валеева – Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2015. – 136 с.

## 16. Інформаційні ресурси

1. 3dprinter.ua.
2. postnauka.ru/themes/additivnyie-tehnologii.
3. <http://additivemanufacturing.com>.
3. <http://additivemanufacturing.com>.
4. [www.3dsystems.com](http://www.3dsystems.com).