

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова Вченої ради  
Механіко- машинобудівного  
інституту

\_\_\_\_\_ Бобир М.І.

«27» березня 2017 р.

## **ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ**

**третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
для здобуття наукового ступеня доктор філософії**

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ            13 Механічна інженерія**

**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ        131 Прикладна механіка**

Ухвалено Вченою радою інституту  
(протокол від «27» березня 2017 р. № 8)

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2017

## Спеціалізація - ЛАЗЕРНА ТЕХНІКА ТА ПРОЦЕСИ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

### ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

Роль фундаментальних наукових досягнень у розвитку нових технологічних методів обробки матеріалів.

Місце нових високоефективних технологій у сучасному виробництві.

Історія розвитку лазерної техніки та технології.

Роботи Я. Фабриканта, М. Басова, О. Прохорова, Ч. Таунса у цій галузі.

Доробок подружжя Б. та Н. Лазаренків у розвитку електричних методів обробки матеріалів.

#### 1. Лазерна технологія

##### 1.1. Лазерна технологія - новий тип універсального інструменту.

Принципи роботи лазерів. Типи та конструкції лазерів. Загальні характеристики твердотільних, газових, напівпровідникових та рідинних лазерів. Перспективи розробки нових типів лазерів.

Характеристики лазерного випромінювання, монохроматичність, когерентність, направленість випромінювання. Просторово-часова структура випромінювання.

Управління лазерним випромінюванням. Змінення ті контроль параметрів випромінювання. Методи формування випромінювання. Способи фокусування. Управління переміщеннями випромінювання у просторі.

Головні переваги лазерного променя як нового типу універсального інструменту.

##### 1.2. Фізичні основи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною.

Ефективність взаємодії лазерного випромінювання з речовиною. Поглинання та відбиття випромінювання. Ефект поляризації променя.

Теплофізика дії лазерного променя на матеріал. Поглинання та передача енергії, нагрівання та плавлення. Рішення теплової задачі для різних умов опромінення. Лазерна ерозія.

Структурні зміни в матеріалах від опромінення лазерним променем. Зміни у вуглецевих сталях, чавуні, легованих сталях, кольорових металах та сплавах.

### 1.3. Обробка отворів.

Основні технологічні закономірності. Вибір режимів, якість обробки. Точність обробки. Способи удосконалення обробки отворів. Типові технологічні процеси та обладнання.

### 1.4. Розрізання лазерним променем.

Основні технологічні закономірності різання імпульсним випромінюванням. Технологічні параметри. Вибір режимів. Якість процесу.

Технологічні характеристики процесу розрізання безперервним випромінюванням. Розрізання металевих матеріалів. Особливості розрізання неметалевих матеріалів.

Лазерне скрайбування та терморозколювання крихких матеріалів. Методи контролю.

Галузі застосування та типові технологічні процеси і обладнання.

### 1.5. Лазерні зміцнюючі технології.

Зміцнення імпульсним випромінюванням. Схеми обробки. Технологічні характеристики.

Зміцнення безперервним випромінюванням. Закономірності зміцнення. Вибір режимів.

Лазерне легування та наплавлення матеріалів. Способи подавання легуючого середовища до зони обробки. Технологічні закономірності процесів лазерного легування та наплавлення. Методи контролю.

Експлуатаційні показники зміцнення матеріалів.

Галузі застосування лазерного зміцнення. Обладнання. Типові технологічні процеси.

### 1.6. Лазерне зварювання матеріалів.

Точкове зварювання. Якість зварного з'єднання. Вибір режимів.

Шовне зварювання. Шовне зварювання імпульсним випромінюванням.

Шовне зварювання безперервним випромінюванням. Режим "кінжального проплавлення".

Галузі застосування лазерного зварювання. Обладнання. Типові процеси. Методи контролю.

### 1.7. Інші нові застосування лазерного випромінювання.

Лазерне маркування. Схеми реалізації процесу. Обладнання для лазерного маркування.

Динамічне балансування деталей. Основні закономірності процесу. Обладнання.

Інтенсифікація механічної обробки лазерним променем. Попереднє нагрівання матеріалу при обробці різанням. Лазерна правка абразивних кругів. "Лазерне різання".

Синтез трьохмірних об'єктів. Схеми процесу.

Розробка медичного обладнання на базі лазерів різних типів. Особливості дії лазерного випромінювання на біологічні об'єкти.

Лазерна фотолітографія.

Вимірювальні системи на базі лазерів. Схеми та характеристики.

1.8. Техніка безпеки при роботі з лазерним випромінюванням.

2. фізико-технічні методи обробки

2.1. Електророзрядна обробка.

Фізика процесу. Генератори імпульсів. Параметри імпульсів току. Технологічні характеристики електророзрядної обробки.

Типові технологічні процеси та обладнання.

2.2. Електрохімічна обробка.

Закони Фарадея. Електрохімічний еквівалент. Електроліти для обробки.

Електрохімікогідрравлічна обробка. Технологічні характеристики. Типові технологічні операції та обладнання. Розрахунок режимів та інструменту.

Електрохімікомеханічна обробка. Схеми процесу та параметри. Типові технологічні процеси та обладнання.

2.3. Ультразвукова обробка.

Методи генерування механічних коливань ультразвукового діапазону.

Розмірна обробка у середовищі абразивної суспензії. Механізм обробки.

Обладнання. Розрахунки інструменту. Галузі застосування. Типові операції.

Інтенсифікація механічної обробки за допомогою УЗ - коливань.

Застосування УЗ - коливань для зварювання матеріалів та очищення виробів.

2.4. Електронно-променева обробка.

Методи створення електронного променя. Технологічні характеристики та типові процеси електронно-променевої обробки. Обладнання.

#### 2.5. Плазмова обробка.

Створення плазмового струменю. Плазмоутворюючі гази. Типи плазматронів. Різні застосування плазмової обробки.

#### 2.6. Гідроструменева обробка.

Механізм обробки матеріалів гідроструменем високого тиску. Вимоги до обладнання. Галузі застосування. Гідроабразивна струменева обробка.

#### 2.7. Вибухова обробка.

Механізм формування виробів. Розрахунок потужності заряду. Умови обробки. Галузі застосування методу.

#### 2.8. Магніто-імпульсна обробка.

Механізм обробки матеріалів. Розрахунок параметрів магнітних полів. Обладнання для реалізації обробки. Галузі застосування методу.

#### 2.9. Магніто-абразивна обробка.

Механізм видалення матеріалу. Схеми процесу. Основні технологічні закономірності. Обладнання. Особливості обробки різних матеріалів. Типові технологічні процеси.

#### 2.10. Комбіновані методи обробки.

Анодно-механічна обробка. Схеми. Параметри. Типові процеси та обладнання. Електроерозійно-хімічна обробка. Схеми. Технологічні характеристики. Ультразвукова електрохімічна обробка. Різні види обробки. Технологічні дані. Електролазерна обробка. Схеми. Параметри. Лазерна-електрохімічна обробка. Схеми. Параметри.

### 3. Перспективи розробки новітніх методів обробки матеріалів

Іонна імплантація. Програмоване наплавлення та легування. Створення виробів з використання ефекту "пам'яті" матеріалів, використання світло-гідравлічних та електро-гідравлічних ефектів для обробки матеріалів та інше.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко В.С. Технология и оборудование злектрофнзических и электрохимических методов обработки материалов. - К.: Вища школа, 1983.

- 176 с.
2. Коваленко В.С. Лазерная технология. - К.: Вища школа. - 1989. - 280 с.
  3. Лазерная техника и технология: в 5-ти книгах. / Под общей ред. А.Г. Григорьянца. - М.: Высшая школа, 1987.
  4. Коваленко В.С., Верхотуров А.В., Головкин Л.Ф., Подчерняева И.А. Лазерное и электроразрядное упрочнение материалов. - М: Наука, 1986. - 276 с.
  5. Коваленко В.С., Головкин Л.Ф., Черненко В.С. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. - К.: Техника, 1990. - 192 с.
  6. Справочник по технологии лазерной обработки / Под общей ред. Коваленко В.С. - К.: Техніка, 1986. - 167 с.
  7. Технологические лазеры: Справочник. Тт. 1-2. / Под общей ред. Абельситова Г.А. - М.: Наука, 1990.
  8. Belforte, S.Levit. Industrial Laser Annual Handbook: 1991 - 1993 edition. - Shpringer.
  9. Photonics Spectra, USA.
  10. Laser und Optoelektronik, Germany.

### **Спеціалізація - ГІДРАВЛІЧНІ І ПНЕВМАТИЧНІ МАШИНИ ТА СИСТЕМИ ПРИВОДІВ**

1. Принцип дії, типові структурна і функціональна схеми, основні параметри гідравлічного об'ємного приводу. Умовні позначення.
2. Особливості динаміки гідравлічного поршневого приводу, розрахунок основних параметрів.
3. Апаратні засоби керування в системах пневмоавтоматики. Приклади використання.
4. Гідроапаратура. Загальні відомості та визначення, Умовні позначення.
5. Гідравлічні підсилювачі та слідкуючі приводи. Загальні відомості, умовні позначення, приклади використання.
6. Струменеві пневматичні елементи та схеми виконання логічних функцій для систем пневмоавтоматики.

7. Перехідні процеси в гідравлічних механізмах з урахуванням розподіленої маси рідини. Частотні рівняння гідросистем.
8. Об'ємні насоси та гідродвигуни. Загальна характеристика об'ємних гідромашин. Умовні позначення.
9. Енергетичні показники та коефіцієнт корисної дії систем та пристроїв гідроприводів.
10. Перехідні процеси в гідравлічних механізмах з урахуванням розподіленої маси рідини. Критерії динамічної оцінки гідросистем.
11. Гідравлічні клапани тиску. Принцип дії, умовні позначення, основні характеристики, приклади застосування.
12. Підготовка повітря в системах пневмоприводу. Задачі, склад, принцип дії, умовні позначення.
13. Перехідні процеси в трубопроводах гідравлічних механізмів. Вільні та вимушені коливання тиску в рідині, наближений метод врахування гідравлічних опорів системи.
14. Гідроапаратура для регулювання витрати робочої рідини. Принцип дії, умовні позначення, приклади використання.
15. Дросельні елементи систем пневмоавтоматики. Типи, особливості, умовні позначення, розрахунок.
16. Золотникові гідропідсилювачі. Стохастичні параметри статичних характеристик керуючих дроселюючих гідророзподільників.
17. Шестеренні насоси і гідромотори. Основні характеристики, умовні позначення, загальні відомості.
18. Статика пневматичних проточних камер.
19. Процеси в ущільненнях рухомих з'єднань, витоки рідини, типи ущільнень.
20. Робочі рідини, які використовуються в об'ємному гідравлічному приводі. Особливості застосування та критерії вибору.
21. Динаміка пневматичних камер.
22. Рівняння Д. Бернуллі для потоку реальної рідини. Рівняння витрати рідини. Гідравлічна провідність трубопроводів.

23. Чистота робочих рідин. Гази в рідинах. Явища кавітації та облітерації. Залежність властивостей рідин від умов експлуатації.
24. Характеристики пневматичних комунікаційних каналів.
25. Принципова схем гідравлічного привода. Статика силового циліндра. Допустимі швидкості руху рідини в трубопроводах.
26. Динаміка гідравлічного приво­ду та способи регулювання швидкості руху робочого органу. Рівняння руху поршня гідроциліндра.
27. Пневматичні струменеві елементи дискретної дії. Типи, принципи дії, особливості використання.
28. Визначення властивостей елементів гідроприводу за допомогою комп'ютерного моделювання. Моделювання нелінійних сил тертя в напрямній втулці гідроциліндра.
29. Пластинчаті (шиберні) насоси та гідромотори. Принцип дії, робочий об'єм, особливості конструктивних рішень.
30. Конструкції та принципи дії пневматичних пристроїв керування та регулювання мембранного типу.
31. Гідропідсилювачі типу сопло-заслінка з голчастим дроселем та струминною трубкою.
32. Розподільні (направляючі) гідроапарати. Класифікація, умовні позначення, схеми під'єднання. Приклади застосування.
33. Пневматичний поршне­вий привід односторонньої дії. Умовні позначення, статичний та динамічний розрахунок.
34. Гідравлічні слідкуючі приво­ди. Статичні характеристики гідравлічних слідкуючих приводів.
35. Радіально-поршневі насоси і гідромотори. Принцип дії, особливості застосування, основні характеристики, умовні позначення.
36. Пневматичний поршне­вий привід двосторонньої дії. Умовні позначення, статичний та динамічний розрахунок.
37. Циклові гідроприводи. Діаграма та циклограма дій, загальна структура, логічний синтез, засоби контролю і керування.
38. Аксіально-поршневі насоси і гідромотори. Принцип дії, робочий об'єм, умовні позначення, приклади застосування.



39. Пневматичні дроселі. Типи, розрахунок, умовні позначення, приклади використання.
40. Гідродвигуни поступального руху. Гальмівні пристрої. Неповноповоротні гідродвигуни. Типові схеми, область застосування. Переваги та недоліки конструктивних схем.
41. Кондиціонери робочої рідини. Призначення, типи, склад, основні розрахунки, умовні позначення.
42. Пневматичні мотори та виконавчі пристрої систем пневмоприводів та пневмоавтоматики. Переваги, недоліки, обмеження у використанні.
43. Ультразвукова кавітація. Системи подачі рідини та регулювання витрати ультразвукових диспергаторів.
44. Релейні та аналогові датчики сигналів в системах гідроприводу, Основні параметри. Приклади застосування.
45. Циклові системи пневмоприводів з електрорелейним керуванням. Склад, структура, схеми керування. Сервісні режими роботи систем.
46. Лопатеві насоси і гідродинамічні передачі. Принцип дії, особливості застосування, основні характеристики, умовні позначення.
47. Керування швидкістю руху вихідної ланки в системах пневмоприводу. Типові схемні рішення, особливості використання.
48. Сенсори та датчики контролю параметрів дії приводів: тиску, витрати, навантаження, положення, швидкості. Основні характеристики та вимоги до засобів контролю.
49. Гідравлічний розрахунок трубопроводів та газопроводів. Гідравлічний удар.
50. Методи побудови та технічні засоби систем керування гідроприводу. Області застосування гідравлічних систем керування, порівняльні характеристики, приклад.
51. Застосування гідрогазових акумуляторів в циклових системах гідравлічних приводів. Основні параметри, розрахунок, приклади принципових схем.

52. Нестабілізований рух рідини в трубопроводах та газопроводах. Гідравлічний удар та його різновиди, врахування при проектуванні систем гідроприводу.

53. Методи побудови та технічні засоби систем керування пневмоприводу. Області застосування пневматичних клапанних та струминних систем керування, порівняльні характеристики, приклад.

54. Тепловий розрахунок в циклових системах гідравлічних приводів. Основні параметри, розрахунок, приклади корегування принципів схем.

### **Спеціалізація - МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ В МАШИНОБУДУВАННІ**

1. Системи мехатроніки, основні складові, узагальнена структура, особливості будови та приклади застосування.

2. Особливості динаміки гідравлічного поршневого приводу з дросельним регулюванням швидкості та пропорційним керуванням, розрахунок основних параметрів.

3. Апаратні засоби обробки інформації в механотронних системах. Приклади використання.

4. Електрогідравлічні засоби реалізації систем керування гідроприводу. Загальні відомості та визначення, Умовні позначення.

5. Електрогідравлічні підсилювачі та слідкуючі приводи. Загальні відомості, умовні позначення, приклади використання.

6. Алгоритмічна мова LD та структура керуючих програм для механотронних систем циклової дії.

7. Перехідні процеси в гідравлічних механізмах з урахуванням розподіленої маси рідини. Частотні рівняння гідросистем.

8. Об'ємні насоси з машинним керуванням. LS система, її основні характеристики. Приклад принципової схеми системи з двома виконавчими пристроями та LS регулюванням тиску. Умовні позначення.

9. Типові схеми розвантаження насосного агрегату та їх вплив на енергетичні показники та коефіцієнт корисної дії систем мехатроніки.

10. Перехідні процеси в гідравлічних механізмах з урахуванням розподіленої маси рідини. Критерії динамічної оцінки гідросистем.

11. Гідравлічні клапани з пропорційним керуванням, різновиди та особливості використання. Принцип дії, умовні позначення, основні характеристики, приклади застосування.
12. Алгоритмічна мова STL та структура керуючих програм для механотронних систем циклової дії
13. Врахування перехідних процесів в трубопроводах гідравлічних та пневматичних систем приводів на засоби та алгоритм керування.
14. Гідроапаратура для регулювання витрати робочої рідини з пропорційним керуванням. Принцип дії, умовні позначення, приклади використання.
15. Алгоритмічна мова ST та структура керуючих програм для механотронних систем циклової дії.
16. Електрогідравлічні золотникові гідропідсилювачі. Стохастичні параметри статичних характеристик керуючих дроселюючих гідророзподільників.
17. Мехатронні системи та їх основні структурні рівні. Приклад автоматизованої мехатронної системи та приклади технічних засобів наповнення структурних рівнів..
18. Електропневматичні засоби контролю і керування, призначення, приклади технічної реалізації, приклад виробничої системи з використанням засобів електропневмоавтоматики.
19. Різновиди промислових контролерів, основні параметри, особливості використання в системах керування гідро- і пневмоавтоматики.
20. Релейні датчики та сенсори мехатронних систем автоматички.
21. Алгоритмічна мова LD та структура керуючих програм для багаторежимних механотронних систем циклової дії.
22. Опис системи дискретної дії за допомогою таблиць стану та таблиць переходів. Загальний вигляд СКНФ та СДНФ.

23. Вплив умов та режимів експлуатації на вибір засобів контролю і керування в системах мехатроніки.
24. Алгоритмічна мова STL та структура керуючих програм для багаторежимних механотронних систем циклової дії.
25. Опис систем циклової дії за допомогою циклограм. Зображення звязків між діями виконавчих пристроїв та зовнішніми сигналами і сигналами від датчиків контролю.
26. Моделювання динаміки гідравлічного приводу з програмованим керуванням і дросельним регулюванням швидкості руху робочого органу.
27. Алгоритмічна мова ST та структура керуючих програм для багаторежимних механотронних систем циклової дії.
28. Визначення властивостей елементів приводу за допомогою імітаційного моделювання. Моделювання дії клапану тиску в системі зі змінним навантаженням.
29. Таймер в PLC програмі, загальна структура, основні параметри, приклади програмування та використання в алгоритмі з кроковою структурою мовою LD.
30. Алгоритмічна мова STL та покрокова структура керуючих програм для механотронних систем циклової дії.
31. Гідропідсилювачі типу сопло-заслінка з електромагнітним керуванням та голчастим дроселем і струминною трубкою.
32. Розподільні (направляючі) гідроапарати з електромагнітним керуванням. Класифікація, умовні позначення, схеми підєднання. Приклади застосування.
33. Алгоритмічна мова LD та покрокова структура керуючих програм для механотронних систем циклової дії.
34. Гідравлічні слідкуючі приводи мехатронних систем. Статичні характеристики гідравлічних слідкуючих приводів.

35. Використання пневматичних і гідравлічних виконавчих пристроїв в засобах автоматизації мехатронних систем.
36. Алгоритмічна мова ST та покрокова структура керуючих програм для мехатронних систем циклової дії.
37. Циклові системи гідропривода з електрорелейним керуванням. Електрорелейна реалізація елементів пам'яті та логічних функцій.
38. Пневматичні виконавчі пристрої з бістабільним та моностабільним електромагнітним керуванням, особливості застосування та приклади використання.
39. Алгоритмічна мова LD та паралельна структура керуючих програм для мехатронних систем циклової дії.
40. Циклові системи пневмоприводів з електрорелейним та програмованим керуванням. Склад, структура, схеми керування. Сервісні режими роботи систем, область застосування.
41. Таймер в PLC програмі, загальна структура, основні параметри, приклади програмування та використання в алгоритмі з кроковою структурою мовою STL.
42. Алгоритмічна мова ST та паралельна структура керуючих програм для мехатронних систем циклової дії.
43. Ультразвукова кавітація. Системи подачі рідини та засоби регулювання витрати ультразвукових диспергаторів.
44. Датчики, сенсори та перетворювачі сигналів мехатронних систем.
45. Алгоритмічна мова STL та паралельна структура керуючих програм для мехатронних систем циклової дії.
46. Виконавчі пристрої мехатронних систем на основі ультразвукових кавітаційних камер. Параметри, типові характеристики, області застосування.
47. Модульний підхід до побудови моделей та систем мехатроніки.

48. Сенсори та датчики контролю параметрів дії приводів: тиску, витрати, навантаження, положення, швидкості. Основні характеристики та вимоги до засобів контролю.

49. Таймер в PLC програмі, загальна структура, основні параметри, приклади програмування та використання в алгоритмі з паралельною структурою мовою STL.

50. Методи структурного синтезу систем механотроніки. Области застосування, порівняльні характеристики, приклад.

51. Гідравлічні приводи з електрорелейним та програмованим керуванням. Структура принципів схем, приклади застосування.

### **Спеціалізація – ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ**

1. Основні поняття і визначення технології машинобудування як науки

1.1. Технологічний процес. Операція, установ, технологічний перехід. Тип виробництва. Масове, серійне, одиничне, багатономенклатурне виробництво. Методи визначення типу виробництва. Припуск, операційний припуск, заготовка.

1.2. Машина як об'єкт виробництва. Службове призначення машин. Вузол, складальна одиниця. Системи показників якості машин. Показники якості деталей: геометрична точність, якість поверхневого шару, міцність, зносостійкість тощо. Основи розробки конструкцій деталей. CAD-системи як складова CALS-технологій.

2. Технологічні основи досягнення якості машин

2.1. Основи базування. Теоретичні основи визначення положення твердого тіла у просторі. Поняття про базування, бази, види баз. Основи вибору технологічних баз. Принцип єдності баз.

2.2. Теорія розмірних ланцюгів. Основні поняття і визначення розмірних ланцюгів. Методика побудови розмірних ланцюгів. розмірний аналіз технологічних процесів. Визначення операційних розмірів за допомогою графів.

2.3. Точність обробки. Складові похибки обробки. Відхилення розмірів деталей від номінальних. Визначення точності виготовлення методами

математичної статистики. Закони розсіювання випадкових величин. Практичне застосування законів розсіювання розмірів для аналізу точності обробки.

2.4. Технологічна оброблювальна система. Вилив жорсткості ТОС на похибку обробки. Методи визначення жорсткості ТОС. Динамічні явища при обробці різанням. Коливання ТОС та методи їх усунення. Гранична глибина різання і сталість процесу обробки.

2.5. Вилив зносу інструменту на точність обробки. Розмірне зношування та зношування з втрачанням різальних властивостей. Настроювання та підналагодження розмірного ланцюга ТОС. Методи настроювання.

2.6. Вплив теплових явищ при обробці на точність та якість поверхневого шару. Температурні деформації ТОС. Перерозподіл внутрішніх напружень. Методи визначення температури в зоні різання. Методи вимірювання внутрішніх напружень. Методи визначення структури поверхневого шару та його дефектів.

2.7. Оптимізація технологічних процесів. Формулювання задачі оптимізації, визначення критерію (чи критеріїв), системи обмежень, керуючих вимірів. Методи розв'язання задачі оптимізації. Оптимізація технологічної операції.

### 3. Основи розробки технологічних процесів виготовлення машин

3.1. Розробка технологічного процесу як ітераційний процес проектування. Автоматизація технологічної підготовки виробництва. Системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП). Структура і основні завдання САПР ТП. Підготовка вхідної інформації, бази даних, алгоритми, вихідна інформація.

3.2. Вибір заготовки, як ітераційний процес, що базується на економічному критерії. Методи розрахунку припусків. Розробка послідовності обробки поверхонь деталей та визначення необхідних переходів. Обґрунтування вибору обладнання та іншої технологічної оснастки. Планування розміщення обладнання на ділянці механічного цеху.

3.3. Верстатні пристрої. Універсальні пристрої УСП, СРП. Базові, установчі та затискні елементи. Методика розрахунків верстатних пристроїв. Розрахунки на точність. Розрахунки для визначення необхідної сили затиску.

Вибір типу приводу. Розрахунки силових перетворювачів. Визначення жорсткості.

3.4. Методи підвищення продуктивності. Шляхи і засоби скорочення основного технологічного часу. Суміщення переходів. Диференціювання та концентрація операцій. Скорочення допоміжного часу. Групова технологія.

3.5. Поняття про собівартість виготовлення. Складові собівартості продукції. Методи калькуляції собівартості. Коефіцієнт завантаження обладнання.

#### 4. Технологія виготовлення деталей машин

4.1. Методи лезової обробки поверхонь деталей машин. Типові технологічні схеми токарної обробки. Верстати, інструмент для токарної обробки. Режими обробки. Типові технологічні схеми свердлильної обробки. Верстати, інструмент для свердлильної обробки. Зенкерування, розгорткування, нарізання різьби. Типові технологічні схеми фрезерної обробки. Верстати, інструмент для фрезерування поверхонь деталей. Типові схеми стругальної та довбальної обробки. Верстати, інструмент.

4.2. Методи обробки зубчастих коліс. Технологічні схеми зубообробних операцій для циліндричних, конічних, черв'ячних коліс. Верстати, інструмент. Абразивна обробка зубчастих коліс, технологічні схеми абразивної обробки. Верстати, інструмент.

4.3. Методи абразивної обробки поверхонь деталей машин. Технологічні схеми врізного круглого шліфування, повздовжнього круглого і плоского шліфування. Хонінгування, суперфінішування, обробка вільним абразивом. Абразивний і алмазний інструмент. Методика правки.

4.4. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки деталей машин. Технологічні схеми, верстати, інструмент. Зміцнювально-оздоблювальна обробка поверхонь деталей.

#### 5. Автоматизація технологічних процесів

5.1. Автоматизовані і автоматичні виробництва. Гнучкі автоматизовані технологічні комплекси. Особливості та порядок побудови автоматизованих технологічних процесів. Цільові механізми для автоматизації технологічних процесів. Автоматизовані та автоматичні контрольно-вимірювальні



комплекси. Автоматизація складальних робіт. Застосування роботів. Класифікація роботів. Роботизовані технологічні комплекси.

5.2. Технологічні процеси обробки на верстатах з ЧПУ. Основні технологічні схеми обробки. Багато операційні верстати з ЧПУ. Системи зміни інструменту. Технологічні схеми формоутворення складних поверхонь. Системи автоматизованого програмування САП для верстатів з ЧПУ. Вхідна інформація, структура і алгоритми САП, вихідна інформація. Корекція формоутворюючих рухів, оптимізація режиму різання. Напрямки розвитку САМ-систем як складової CALS-технології.

5.3. Циклові системи автоматичного управління. Функціональний модуль та типи функціональних модулів. Методи розробки логічних та циклових автоматів. Методи апаратної та програмної реалізації циклових САУ.

5.4. Безперервні системи автоматичного управління. Функціональні схеми САУ стабілізації, програмного управління, слідкуючих систем та адаптивних систем. Поняття передатної функції, структурної схеми САУ та об'єкту, що управляється. Характеристики систем і об'єктів: часові і частотні. Сталість та якість систем і об'єктів. Методи підвищення якості САУ в металообробці.

6. Основи управління технологічними операціями обробки різанням

6.1. Узагальнена структурно-параметрична модель процесу різання в замкненій пружній ТОС. Основні принципи оптимального управління. Методи управління за поточною, апіорною та апостеріорною інформацією.

6.2. Управління динамічними параметрами ТОС. Динамічні компенсатори коливань та їх розрахунок. Технологічна спадковість форми та її залежність від форми заготовки, динамічних параметрів ТОС і режиму різання. прогнозування технологічної спадковості.

6.3. Управління процесами абразивної обробки. Методи проектування оптимальних процесів абразивної обробки для врізного круглого шліфування, повздожнього шліфування, плоского шліфування.

6.4. Управління процесами обробки на верстатах з ЧПУ. Загальні принципи управління. Математичні моделі токарної та фрезерної 2,5-D обробки поверхонь довільної форми.

6.5. Управління процесами обробки складних поверхонь деталей машин. Технологічні схеми та особливості обробки. САП як засіб управління процесом обробки на верстаті з ЧПУ за апіорною інформацією. Корекція формоутворюючих траєкторій та автоматичне визначення законів управління режимами різання.

## **Спеціалізація – ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБІВ ПЛАСТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ В МАШИНОБУДУВАННІ**

### **I ТЕОРІЯ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ**

1. Фізичні основи пластичної деформації. Будова металів і сплавів. Сили зв'язку в кристалах; типи кристалічних решіток; кристалографічні площини і напрямки та їх індекси.
2. Процес пластичної деформації в моно- і полікристалах; механізми холодної пластичної деформації; дефекти кристалічної решітки і їх роль в пластичній деформації; вплив розміру зерна на пластичність і опір пластичній деформації; криві зміцнення.
3. Вплив температури та швидкості деформування на процес і механізми пластичної деформації; класифікація і види пластичної деформації в залежності від температури і швидкості деформування; вплив температури на опір пластичній деформації; вплив швидкості на опір пластичній деформації; явище надпластичності.
4. Переміщення і деформації за пружної пластичної деформації; тензор деформацій і швидкостей деформацій, їх компоненти і інваріанти, умови сумісності деформацій і нестискаємості.
5. Напруження в твердому деформуємому тілі; тензор напружень, його компоненти і інваріанти. Напруження в площинах нахилених до осей координат. Плоский напружений стан.
6. Диференційні рівняння рівноваги.

7. Теорія головних дотичних напружень. Енергетична теорія пластичності. Окремі випадки основного рівняння пластичності. Канонічне рівняння пластичності. Коефіцієнт Лоде.
8. Методи визначення питомих зусиль і енергії деформування: метод сумісного рішення наближених рівнянь рівноваги і пластичності; метод ліній ковзання, енергетичні і варіаційні методи; поняття про методи нижньої оцінки, чисельні методи.
9. Визначення питомих зусиль і енергії при різанні, осаджуванні, прошивці, пресуванні, продольній прокатці, гнутті, витяжці.
10. Фізична природа контактного тертя. Види контактного тертя. Фактори, що впливають на контактне тертя. Експериментальні методи визначення коефіцієнту контактного тертя.

11.

## II ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

1. Нагрів металу під кування та об'ємне штампування; види нагріву їх характеристики і область застосування; теплообмін і теплопередача при нагріванні металу та охолодженні металу, режими нагріву і охолодження.
2. Класифікація операцій і розрахунок переходів вільної ковки; термомеханічний режим ковки металів і сплавів; особливості ковки крупних зливків; вибір обладнання.
3. Різання сортового прокату на заготовки під об'ємне штампування; методи підвищення точності заготовок що відрізаються і якості поверхні зрізу.
4. Об'ємне штампування на молотах, КГШП, гідропресах і горизонтально-кувальних машинах; класифікація штампувань, розрахунок і проектування переходів, ручаїв і штампів в цілому; безоблойне та безнахилене штампування і його роль в підвищенні коефіцієнту використання металу.
5. Холодне висаджування і холодне об'ємне штампування (ХВ і ХОШ); матеріали для ХВ і ХОШ; класифікація деталей і побудова переходів; мастила для ХВ і ХОШ; вибір обладнання; отримання точних заготовок для ХВ і ХОШ.
6. Процеси прокатки, вальцювання, накатки, розкатки і обкатки; обробка на ротаційних машинах, розрахунок переходів і проектування оснастки.

7. Різання листового металу на ножицях; типи ножиць і область застосування. Гідромеханічне різання листових матеріалів і різання з використанням енергії випромінення лазера, області їх раціонального застосування. Напружено-деформований стан роздільчих операцій; вплив зазору на процес різання і якість поверхні зрізу; чистова вирубка і пробивка на спеціальних пресах; визначення зусиль і вибір обладнання; розрахунок виконавчих розмірів пуансонів і матриць.
8. Гнуття деталей з листових і профільних заготовок; класифікація деталей і типові технологічні процеси і схеми гнуття; напружено-деформований стан і згинальні моменти при пружньому і чистопластичному згині; пружиніння при гнутті і його розрахунок при проектуванні штампів; особливості гнуття в штампах; розрахунок зусиль і вибір обладнання. Особливості гнуття з розтягом і область застосування цього процесу.
9. Витяжка, класифікація деталей і способів витяжки; напружено-деформований стан при витягуванні вісімметричних деталей з ізотропного матеріалу; вплив анізотропії на процес деформації при витягуванні; розрахунок заготовок при витягуванні вісесиметричних деталей: особливості процесу витягування деталей типу коробок. Розрахунок і побудова переходів при витягуванні деталей типових форм. Розрахунок тиску прижиму, зусилля та роботи витягування і вибір обладнання; методи інтенсифікації процесу витягування і область їх використання. Мастила при витягуванні, їх склад і класифікація.
10. Формувальні операції листового штампування: рельєфна формовка, відбортовка, обжим, роздача; напружено-деформований стан і визначення допустимого формозмінення; вибір обладнання і елементи конструкцій оснастки.
11. Проектування технологічних процесів і конструювання штампів для листового штампування, основні розрахунки на міцність і жорсткість; вибір матеріалів для деталей штампів, їх механічна і термічна обробка, методи підвищення стійкості штампової оснастки.

12. Основні поняття про структуру і задачі САПР технології і оснастки для кування, об'ємного і листового штампування, основні вимоги до оснастки для гнучких автоматизованих виробництв.

### III. Обладнання для обробки металів тиском

1. Кривошипні кувальсько-пресувальні машини; класифікація по кінематичним і конструктивним ознакам, їх кінематика, кінетостатика і динаміка, розрахунок вузлів приводу, графіки допустимих зусиль.
2. Муфти і гальма, системи управління і запобігання кривошипних кувальсько-пресувальних машин; засоби механізації і автоматизації в універсальних кувальсько-пресувальних машинах; розрахунок їх параметрів.
3. Розрахунок на міцність і жорсткість валів, шатунів, повзунів, станин; технологія і обладнання для виготовлення основних деталей і вузлів кривошипних кувальсько-пресувальних машин; складання і налагоджування машин.
4. Кривошипні і кривошипно-ричажні кувальсько-пресувальні машини спеціального призначення: преси для глибокого витягування і чистової вирубки, чеканки, гнуття; особливості кінематики і розрахунок основних параметрів.
5. Кривошипні преси для гарячого об'ємного штампування горизонтально-кувальні машини. Особливості конструкції і розрахунок основних параметрів; матеріали основних деталей, їх обробка і складання.
6. Листоштампувальні і кувальсько-пресувальні автомати; типи, призначення, особливості конструкції і кінематики; циклограми.
7. Гідравлічні преси для кування, об'ємного, листового штампування, пресування і брикетування; класифікація і типи приводів; конструкція і основи розрахунку елементів приводу, механізмів і апаратури управління і контролю; класифікація і конструкція станин; розрахунок станин, поперечин, колон; матеріали і обробка основних конструктивних елементів пресів; гнучкі

автоматизовані модулі на базі гідропресів і перспективи розвитку гідропресового обладнання.

8. Машина ударної дії для обробки металів тиском; класифікація по типу привода, призначенню і конструктивним ознакам. Елементи теорії удару і енергетичний розрахунок привода машин ударної дії; режими і цикли роботи пароповітряних молотів і розрахунок їх основних параметрів; конструкція, розрахунок, виготовлення і складання основних вузлів пароповітряних молотів. Приводні пневматичні молоти; основні типи, схеми управління, цикл роботи, енергетика ККД; конструкції основних деталей, матеріали для їх виготовлення, обробка.

9. Спеціальні машини для обробки металів тиском; кувальні вальці і прокатні стани для виготовлення заготовок машинобудівних деталей; принцип дії і розрахунок приводу, ротаційні і радіально-кувальні машини; кінематичні схеми, елементи розрахунку приводу.

### **Спеціалізація – ДИНАМІКА І МІЦНІСТЬ МАШИН**

В основу кандидатського іспиту по спеціалізації – "Динаміка і міцність машин" покладено вибрані проблеми з опору матеріалів, теорії пружності, теорії пластичності та повзучості, теорії коливань та стійкості, механіки тріщин, чисельних методів.

**Вступ.** Значення науки про міцність у прискоренні науково-технічного прогресу. Визначення задач, які розглядаються опором матеріалів, теорією пружності, пластичності, теорією коливань, та інших курсів, пов'язаних із міцністю та довговічністю машин та конструкцій. Основні поняття: деформації, напруження, пружність, пластичність, зовнішні та внутрішні сили. Принцип Сен-Венана. Принцип незалежності дії сил. Метод перерізів. Основні гіпотези деформованого тіла.

**Розтяг та стиск.** Силкові фактори, напружений та деформований стан стрижнів при розтягу та стиску. Умови міцності та жорсткості стрижнів при розтягу та стиску. Діаграма розтягу та діаграма деформування, їх значення при

розрахунках на міцність.

**Зсув та кручення.** Силкові фактори, напружений та деформований стан стрижнів при зсуві та крученні. Розрахунок стрижнів на міцність та жорсткість при зсуві та крученні. Розрахунок валів та стрижнів некруглого й тонкостінного перетину при крученні.

**Згин.** Силкові фактори, епюри моментів згину, поперечних сил та прогинів. Розподіл нормальних напружень в перетині балки при чистому згині. Розподіл дотичних напружень в перетині балки при поперечному згині. Диференційне рівняння зігнутої осі балки, його застосування при визначенні переміщень прямим інтегруванням. Метод початкових параметрів. Розрахунки на міцність та жорсткість елементів конструкцій при згинанні.

**Складний опір.** Косий згин. Позацентровий розтяг та стиск. Згин з крученням не круглих валів.

**Теорії напружено-деформованого стану.** Напружений стан у точці. Компоненти напружень та їх визначення. Тензор напружень. Визначення напружень у нахиленій площадці. Головні напруження. Визначення розташування головних площадок та визначення величин головних напружень. Інваріанти тензора напружень. Графічний аналіз напруженого стану за допомогою кругів Мора. Тензор деформації. Інваріанти тензора деформації. Головні осі деформованого стану та головні деформації. Об'ємна деформація. Питома потенціальна енергія. Питома енергія зміни об'єму та питома енергія зміни форм. Класичні критерії міцності при складному напруженому стані.

**Загальні теореми та методи опору матеріалів.** Узагальнені сили й переміщення. Робота зовнішніх та внутрішніх сил, потенціальна енергія деформації стержня при довільному навантаженні. Начало можливих переміщень в пружних системах. Теореми про взаємність робіт та переміщень (Бетті та Максвелла). Теореми Кастільяно та Лагранжа. Теорема про мінімум потенційної енергії (Менабреа). Метод Мора визначення переміщень, спосіб Верещагіна. Статично невизначувані стрижневі системи, степінь їх статичної

невизначеності. Канонічні рівняння методу сил. Вибір основної системи, врахування симетрії. Послідовність розрахунку статично невизначуваних балок та рамних систем; контроль вірності розв'язку.

**Розрахунок тонкостінних оболонок та пластин.** Безмоментна теорія вісесиметрично навантажених тонкостінних оболонок обертання. Рівняння безмоментної теорії. Циліндрична, сферична та канонічна оболонки, що знаходяться під дією статичного та гідростатичного тиску. Розрахунок тонкостінних посудин, що мають форму тіл обертання. Чистий згин пластин. Залежність між згинаючими моментами та переміщеннями. Рівняння зігнутої поверхні пластин. Граничні умови.

**Задача Ляме.** Визначення напружень та переміщень в товстостінних циліндрах. Оцінка міцності товстостінних циліндрів.

**Стійкість пружної рівноваги системи.** Поняття про стійкість та нестійкість форми рівноваги. Критичне навантаження. Стійкість стиснутих стержнів. Формула Ейлера при різноманітних випадках опорних закріплень та межі її застосування. Поняття про втрату стійкості при напруженнях, що перевищують границю пропорціональності. Формула Ф.С. Ясинського. Розрахунок по коефіцієнтам зменшення допустимих напружень. Поняття про стійкість плоскої форми згинання.

**Міцність при напруженнях, що циклічно змінюються в часі.** Механізм втомного руйнування. Криві втоми та границя витривалості. Визначення границі витривалості. Розрахунки на міцність при повторно-змінних напруженнях. Фактори, що впливають на витривалість. Ефективні коефіцієнти концентрації при напруженнях змінних у часі. Характеристики циклів змінних напружень. Діаграми граничних напружень при асиметричних циклах. Розрахунок на міцність при одновісному напруженому стані та при обертанні для несиметричних циклів. Витривалість при сумісному згинанні та обертанні. Заходи по підвищенню втомної міцності.

**Розрахунки на міцність при динамічних навантаженнях.** Сили інерції. Ударне навантаження. Розрахунки по балансу енергії. Вплив власної



маси, яка зазнає удару. Врахування сил інерції, що виникають при коливаннях.

**Теорія лінійної пружності.** Теорія напруженого стану в точці. Основні рівняння статички деформівного тіла. Граничні умови на поверхні. Рівняння рівноваги. Тензори великих і малих деформацій. Фізичні рівняння лінійної теорії пружності. Узагальнений закон Гука. Закон Дюамеля-Неймана. Основні методи розв'язання пружних крайових задач. Розв'язання задач теорії пружності в переміщеннях та напруженнях. Варіаційний принцип мінімуму потенціальної енергії (принцип Лагранжа).

**Основні закони та рівняння теорії пластичності.** Основні критерії, при яких виникають пластичні деформації. Фізичні рівняння теорії пластичності: теорія малих пружно-пластичних деформацій, теорія течії. Основна система рівнянь теорії пластичності, яка необхідна для розв'язання крайових задач. Розв'язання крайових задач в переміщеннях та напруженнях. Методи змінних параметрів пружності та додаткових навантажень для розв'язання крайових задач теорії пластичності. Розрахунок елементів машин, які працюють в умовах пластичності.

**Основні закони та рівняння сталої та не сталої теорії повзучості.** Основні закони та рівняння сталої та не сталої теорії повзучості. Методи розв'язання крайових задач в теорії повзучості. Повзучість та довговічність матеріалів при стаціонарному та нестаціонарному навантаженні. Довговічність елементів машин, які працюють в умовах повзучості.

**Теорія коливань та стійкість руху.** Рівняння Лагранжа другого роду. Потенціальні, гіроскопічні та дисипативні сили. Дисипативна функція Релея. Принцип Гамільтона-Остроградського. Коливання лінійних систем зі скінченною кількістю степенів свободи. Крутильні коливання валів. Критична швидкість обертання вала. Властивість коливань консервативних систем. Наближені методи визначення власних частот коливань пружних систем, формула Релея. Властивості власних частот та форм коливань, головні координати. Вимушені коливання, резонанс. Коливання систем з розподіленими параметрами: поздовжні, обертальні та поперечні коливання

стержнів. Стійкість по Ляпунову. Метод функції Ляпунова.

**Місцеві напруження.** Поняття про концентрацію напружень та її показники. Контакт тіл, контактні напруження. Контактні міцність та втома.

**Розрахунок конструкції за граничним станом.** Розрахунок стрижневої системи за граничним станом при розтягу, крученні та згині.

**Міцність та руйнування.** Фізичні основи модуля Юнга та межі міцності матеріалу. Кристалічна будова металів та типи її дефектів. Пошкодження та пошкоджуваність матеріалів. Тріщини, три типи їх навантаження. Асимптотичний розподіл напружень у вершини тріщини. Основні показники та критерії тріщиностійкості металів. Феноменологічні основи міцності матеріалів. Узагальнений критерій міцності Писаренко-Лебедева.

**Нові матеріали.** В'язко-пружні та в'язко-пластичні матеріали, їх моделі. Анізотропні та композиційні матеріали: характеристики, критерії міцності.

**Експериментальна механіка.** Механічні характеристики конструкційних матеріалів і методики їх визначення.

**Чисельні методи динаміки та міцності машин.** Різновиди похибок наближеного числа, їх джерела. Дійсні числа у двійковій системі ЕОМ. Оцінки похибок при обчисленнях на ЕОМ. Наближення розв'язків крайових задач за методом Фур'є. Базисні функції, вимоги до них. Основні методи розв'язування крайових задач: Релея-Рітца, Бубнова-Гальоркіна, зважених похибок наближення, застосування варіаційного принципу Лагранжа. Ідея наближення крайової задачі за методом скінченних різниць. Ідея наближення крайової задачі за методом скінченних елементів. Скінченні елементи та основні вимоги до них. Просторове скінченно-елементне наближення крайових стаціонарних задач. Метод Ньютона-Рафсона розв'язування нелінійних крайових стаціонарних задач. Просторово-часове скінченно-елементне наближення крайових задач параболічного типу. Класичні двошарові та тришарові схеми, умови стійкості та відсутності осциляцій розв'язку. Просторово-часове скінченно-елементне наближення крайових задач

гіперболічного типу. Класичні тришарові схеми, умови застосування.

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Василенко М.В., Алексейчук О.М. Теорія коливань і стійкості руху: Підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 525 с.
2. Можаровський М.С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: Підручник. – К.: Вища шк., 2002. – 308 с.
3. Можаровський М.С., Антипов Є.О., Бобир М.І. Повзучість та довговічність матеріалів при програмному навантаженні. – К.: Вища шк., 1982.
4. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – Київ.: Вища шк., 1993. – 655 с.
5. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій: Навч. посібник. – К.: НТУУ "КПІ", 2007. – 379 с.
6. Тимошенко С.П., Гуд'єр Дж. Теория упругости / Пер. с англ. М.И. Рейтмана. Под ред. Г.С. Шапиро. – М.: Наука, 1975. – 576 с.

## **РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**

Бабенко А.Є., д.т.н., проф., професор  
кафедри, зав. кафедри

Луговський О.Ф. д.т.н., проф., професор  
кафедри, зав. кафедри

Данильченко Ю.М. д.т.н., проф., професор  
кафедри, зав. кафедри

Петраков Ю.В. д.т.н., проф., професор  
кафедри, зав. кафедри

Тітов В.А. д.т.н., проф., професор кафедри,  
зав. кафедри

Кривцун І.В. д.т.н., с.н.с., академік НАНУ,  
зав. кафедри