

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗАТВЕРДЖУЮ

ПОГОДЖЕНО:

Голова предметної  
екзаменаційної комісії

Проректор з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Микола Бобир

\_\_\_\_\_ Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 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 Вченими радами механіко-машинобудівного інституту  
ІМЗ ім. Є.О. Патона  
інженерно-хімічного факультету  
фізико-математичного факультету

м. Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2022 р.

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Освітня програма «Прикладна механіка» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховані шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту. Проведення вступного випробування має виявити рівень підготовки вступника з обраної для вступу спеціальності.

Вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену.

Тривалість підготовки вступника до відповіді – 2 академічні години.

У наступному розділі програми наведені лише ті теми з зазначених розділів, які стосуються виконання завдань вступних випробувань.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Прикладна механіка» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

\*Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

## II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

### Розділ «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 па 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 деформованого 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. Теорія упругості / Пер. с англ. М.И. Рейтмана. Под ред. Г.С. Шапіро. – М.: Наука, 1975. – 576 с.

## **Розділ «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 привода 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 принципових схем.

## **Розділ «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 мехатронних 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 механотронних 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 механотронних 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 механотронних систем циклової дії.
43. Ультразвукова кавітація. Системи подачі рідини та засоби регулювання витрати ультразвукових диспергаторів.
44. Датчики, сенсори та перетворювачі сигналів механотронних систем.
45. Алгоритмічна мова STL та паралельна структура керуючих програм для механотронних систем циклової дії.
46. Виконавчі пристрої механотронних систем на основі ультразвукових кавітаційних камер. Параметри, типові характеристики, області застосування.
47. Модульний підхід до побудови моделей та систем механотроніки.
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.

## **Розділ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

1. Основні поняття і визначення технології машинобудування як науки
  - 1.1. Технологічний процес. Операція, установ, технологічний перехід. Тип виробництва. Масове, серійне, одиничне, багатомономенклатурне 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. Вплив 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. Вплив 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, апріорною 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, повздовжнього 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 апріорною інформацією. Корекція формоутворюючих траєкторій та автоматичне визначення законів управління режимами різання.

## **Розділ «ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБІВ ПЛАСТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ В МАШИНОБУДУВАННІ»**

### **І 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 пружньої 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 злиwkів; 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 лазеру, 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 вісиметричних 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. Машини 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.

## **Розділ «АВТОМАТИЗОВАНІ ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ»**

### **1. Проектування логістичних систем**

- 1.1. Функціональна, фазова і інституційна структуризація логістичних систем.
- 1.2. Структура товару і послуги як логістичного продукту. Відмінності логістичних систем послуг (SRL) від логістичних систем товарів (CRL).
- 1.3. Етапи життєвого циклу логістичної системи. Логістичний цикл та його складові.
- 1.4. Поняття логістичної стратегії підприємства: визначення, призначення, основне завдання, принципи вибору та формування. Базові логістичні стратегії підприємства та шляхи їх реалізації.
- 1.5. Узагальнений алгоритм проектування логістичних систем. Порядок аналізу логістичної системи.
- 1.6. Фактори впливу зовнішнього і внутрішнього середовища на логістичну систему. Логістичний аудит підприємства.
- 1.7. Потужності логістичної системи, методи їх прогнозування і оптимізації.
- 1.8. Оцінка функціонування логістичної системи Категорії і характеристика показників оцінки логістичної системи.
- 1.9. Вантажна одиниця" як об'єкт гармонізації потужностей логістичної системи.
- 1.10. Логістична інфраструктура та її складові. Місце логістичної інфраструктури в системі ринкової інфраструктури.
- 1.11. Поняття аутсорсингу. Види аутсорсингу. Основні мотиви і критерії прийняття рішень про застосування аутсорсингу.
- 1.12. Логістичні оператори, їх типи і функції.
- 1.13. Віртуальні підприємства, їх класифікаційні ознаки, функціональні можливості і етапи створення.
- 1.14. Логістичні центри, їх класифікація і принципові моделі.

1.15. Традиційний та логістичний підходи до організації внутрішньовиробничих систем. Порівняння традиційної та логістичної виробничих філософій.

## **2. Проектування автоматизованих транспортно-складських систем**

2.1. Класифікація транспортно-складських комплексів. Функції складів та їх типи.

2.2. Особливості складських комплексів для зберігання тарно-штучних вантажів. Обладнання, що використовується на складах тарно-штучних вантажів. Стелажі та їх класифікація.

2.3. Контейнерні пункти, їх розрахунок. Обладнання контейнерних пунктів.

2.4. Особливості складів сипучих вантажів. Обладнання складів сипучих вантажів. Розрахунок силосів, резервуарів, бункерів.

2.5. Класифікація промислових роботів. Кінематична структура, конструктивні елементи і привід промислових роботів. Види захватів промислових роботів. Системи управління промисловими роботами.

2.6. Гнучка виробнича система (ГВС). Структура та основні завдання ГВС. Функції компонентів ГВС стосовно транспортно складського комплексу.

2.7. Технічні засоби автоматизованого обліку вантажів. Технічні засоби вимірювання рівня вантажу в силосах, бункерах і резервуарах.

2.8. Економіко-математичні моделі для розв'язання оптимізаційних задач оперативного планування ТСК.

## **Логістичне обладнання транспортно-технологічних систем**

3.1. Основні типи транспортно-технологічних систем. Призначення, класифікація технічних засобів ТТС. Класифікація транспортних систем у виробничому технологічному процесі.

3.2. Завантажувальні пристрої в автоматичних лініях. Конвеєри для безперервного примусового та переривчастого примусового транспортування штучних деталей.

3.3. Конструкції лотків для самотічного та напівсамотічного транспортування окремих деталей та їх розрахунок. Прохідність деталей в лотках.

3.4. Пневмотранспортні системи для транспортування сипучих вантажів.

3.5. Гідротранспортні системи для транспортування рідинних і сипучих вантажів. Безнапорний транспорт.

3.6. Метальні машини. Схеми металевих машин та їх розрахунок.

3.7. Бункери. Розрахунок бункерів.

3.8. Накопичувальні пристрої та живильники.

## **4. Динаміка підйомно-транспортних машин**

4.1 Приведення зовнішніх навантажень, жорсткостей, мас і моментів інерції в розрахункових схемах машин.

4.2 Складання рівнянь динаміки жорстких систем.

4.3 Складання рівнянь динаміки пружних систем з обмеженим числом мас.

4.4 Врахування в математичних моделях вантажопідіймальних кранів приведеної сили приводу (в рушійних і гальмівних режимах).

- 4.5 Розрахункові схеми (динамічні моделі) та рівняння руху мостових кранів при їх пересуванні. Розрахунок коефіцієнтів диференціальних рівнянь руху мостових кранів при роботі механізмів пересування.
- 4.6 Методика оптимізації характеристик механізмів пересування вантажопідіймальних кранів за узагальненим критерієм.
- 4.7 Визначення пускових навантажень і умов резонансу механізмів пересування кранів.
- 4.8 Завдання утилізації енергії з метою запобігання її шкідливого або руйнівного впливу. Розрахунок буферів кранів (візків) при зіткненні з тупиковими упорами.
- 4.9 Тримасова розрахункова схема (динамічна модель) мостового крана при роботі механізму підйому. Розрахунок коефіцієнтів диференціальних рівнянь руху мостового крана при роботі механізму підйому.
- 4.10 Перехідні процеси при роботі механізму підйому вантажу з жорсткої основи. Визначення динамічних навантажень при підйомі вантажу з «підхопленням».
- 4.11 Розрахункова схема (динамічна модель) крана з розподіленою масою пролітної будови при роботі механізму підйому.
- 4.12 Перехідні процеси та динамічні навантаження в механізмах повороту стрілових кранів.
- 4.13 Ударне навантаження механізмів і машин. Ударне навантаження одномасової та двомасової систем.
- 4.14 Розрахунок віброізоляції елементів вантажопідіймальних машин.
- 4.15 Динамічні навантаження під час пуску і зупинки конвеєрів. Динамічні навантаження, що діють на тяговий орган ланцюгових конвеєрів.
- 4.16 Розгойдування вантажів, що переміщуються кранами.
- 4.17 Стійкість вантажопідіймальних кранів.

## **5. Діагностика і промислова безпека підйомно-транспортних машин**

- 5.1 Основні поняття технічної діагностики і прогнозування. Діагностичні параметри технічного стану ПТМ.
- 5.2 Тестове діагностування. Функціональне діагностування.
- 5.3 Аналіз технічного стану ПТМ по методу Байеса.
- 5.4 Діагностика зубчастих передач, редукторів, валів, муфт.
- 5.5 Діагностика канатів, канатних блоків, барабанів, гакових підвісок.
- 5.6 Діагностика колодкових гальм (діагностичні параметри, норми, схеми пристроїв для діагностування).
- 5.7 Діагностика ходових коліс і підкранових колій.
- 5.8 Діагностування металоконструкцій вантажопідійомних машин.
- 5.9 Методика експертного обстеження металоконструкцій вантажопідійомних кранів.
- 5.10 Статичні та динамічні випробування вантажопідійомних машин.
- 5.11 Прогнозування залишкового ресурсу вантажопідійомних машин.

- 5.12 Діагностування електродвигунів, діагностування електричних схем силових ланцюгів і ланцюгів управління вантажопідйомних кранів.
- 5.13 Перевірка заземлення вантажопідйомних кранів.
- 5.14 Візуально-оптичні методи діагностування.
- 5.15 Електромагнітні (вихреструмові) методи і засоби діагностування.
- 5.16 Капілярні методи і засоби діагностування.
- 5.17 Магнітні методи і засоби діагностування.
- 5.18 Радіаційні методи і засоби діагностування.
- 5.19 Ультразвукові методи і засоби діагностування.
- 5.20 Контроль зварних швів за допомогою ультразвукових методів.
- 5.21 Метод акустичної емісії.
- 5.22 Вібродіагностика. Діагностика підшипників.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Організація та проектування логістичних систем: Підручник / за ред. проф. М. П. Денисенка, проф. П. Р. Лековця, проф. Л. І. Михайлової. - К.: Центр учбової літератури, 2010. — 336 с.  
<http://www.lib.nau.edu.ua/booksfor nau/2010/Organiz%20ta%20proekt%20logi stychnih%20system-Denisenko.pdf>
2. Крикавський С. В., Чухрай Н. І., Чернописька Н. В. Логістика: компендіум і практикум. Навчальний посібник. – К., Кондор, 2009 – 338 с. <http://www.twirpx.com/file/1062636/>
3. Крикавський С.В., Чернописька Н.В. Логістичні системи: Навч. посібник. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка, 2009. - 264 с. <http://www.twirpx.com/file/1001923/>
4. Смахов А.А. Автоматизированные склады. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1987. – 296 с.
5. Гриневич Г.П. Комплексно-механизированные и автоматизированные склады на транспорте. Издание третье, переработанное и дополненное. – М.: Транспорт, 1987. – 296 с.
6. Никифоров В.В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. – М.: ГроссМедиа, 2008. – 192 с.
7. Журавлев Н.П., Маликов О.Б. Транспортно-грузовые системы: Учебник для вузов ж. д. транспорта. – М.: Маршрут, 2006. – 366с.
8. Давыдова Е.В. Механические бункерные загрузочные устройства в пищевой промышленности: под науч. ред. В.В. Прейса / Е.В. Давыдова, В.В. Прейс. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – 321 с.  
<http://libgen.io/ads.php?md5=B5799D8F8FBF32EB645327E49F2FDF5E3E>
9. Проць Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Лящук. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. - 344 с.  
<http://libgen.io/ads/E0F13EFFF134D61F2BB141A78C8B6E5A>
10. Силин Р.И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебное пособие. – Хмельницкий: ХНУ, 2004. – 270 с.  
<http://www.twirpx.com/file/642706/>

11. Моделювання динаміки механізмів вантажопідійомних машин / [Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Діктерук М.Г., Пастушенко С.І.]. – К. - Миколаїв: РВВ МДАУ, 2004. – 286 с.
12. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Динаміка і оптимізація режимів руху мостових кранів. – К.: ЦП «КОМПРІНТ», 2016. – 310 с.
13. Лобов Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути: учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 232 с.
14. Сурьянинов Н.Г., Дашенко А.Ф., Белоус П.А. Теоретические основы динамики машин: учебное пособие. – Одесса: ОГПУ, 2000. – 302 с.
15. Підійомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В.С. Бондарев та ін. – К.: Вища шк., 2009. – 734 с.
16. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів: НПАОП 0.00-1.03-07. – К.: Основа, 2007. – 312 с.
17. Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів: НПАОП 0.00-1.02-08. – К.: Держгірпромнагляд, 2008.
18. Носов В.В. Диагностика машин и оборудования: Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 384 с.
19. Диагностирование грузоподъемных машин / В.И. Сероштан, Ю.С. Огарь, А.И. Головин и др.: Под ред. В.И. Сероштана, Ю.С. Огаря. - М.: Машиностроение, 1992. - 192 с.
20. Техническая диагностика механического оборудования: Учебник / Кравченко В.М., Сидоров В.А., Седуш В.Я. – Донецк: ООО «Юго-Восток», 2009. – 459 с.
21. Тайц В.Г. Безопасная эксплуатация грузоподъемных машин: учебное пособие. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2005. – 383 с.

## **Розділ «ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ, РОБОТІВ ТА МАШИН»**

### **1. Металорізальні верстати: кінематика, проектування, розрахунок**

1.1. Загальні принципи проектування верстатів. Забезпечення показників працездатності сучасних верстатів. Розробка технічних характеристик та компоновок.

1.2. Класифікація виконавчих рухів верстата. Рівняння настроювання кінематичних ланцюгів. Методи формоутворення поверхонь різанням.

1.3. Методи виготовлення циліндричних прямозубих та косозубих зубчастих коліс. Методи виготовлення черв'ячних коліс. Методи нарізання конічних коліс, поняття про плоске виробляюче колесо.

1.4. Особливості кінематики верстатів з ЧПК та оброблюючих центрів.

1.5. Приводи металорізальних верстатів. Особливості проектування приводів головного руху та подач. Вибір електродвигунів та розрахунок їх режиму роботи і необхідної потужності.

1.6. Кінематичний аналіз коробок передач. Проектування приводів з безступінчастим регулюванням швидкостей.

1.7. Вимоги до тягових пристроїв приводів подач верстатів з ЧПК, забезпечення беззасторожності рухомих з'єднань.

1.8. Проектування шпindelних вузлів металорізальних верстатів. Порівняльна характеристика опор ШВ. Конструктивна реалізація ШВ на опорах рідинного і газового тертя та на опорах кочення. Конструкції шпindelних опор, засоби їх регулювання. Схеми живлення та конструкції дроселів шпindelних опор ковзання. Системи змащування шпindelних вузлів. Вибір типу та конструктивна реалізація ущільнень. Статичний та динамічний розрахунок ШВ.

1.9. Проектування тягових пристроїв приводів лінійного руху. Порівняльна характеристика тягових пристроїв. Розрахунок та конструктивна реалізація приводів з гвинтовими парами ковзання та кочення. Роликові планетарні гвинтові передачі.

1.10. Проектування напрямних металорізальних верстатів. Вибір типу напрямних та їх порівняльна характеристика. Конструктивна реалізація напрямних ковзання змішаного рідинного і газового тертя та тертя кочення.

1.11. Сучасні конструкції напрямних кочення. Засоби підвищення працездатності напрямних різного типу.

1.12. Розрахунки напрямних ковзання та кочення. Способи регулювання зазорів в напрямних ковзання та кочення.

1.13. Базові деталі верстатів. Основі вимоги та принципи розрахунку. Використання неметалевих матеріалів.

1.14. Функціональні механізми металорізальних верстатів. Загальні відомості про механізми повороту, фіксації та точної зупинки робочих органів.

1.15. Цільові механізми завантаження та затиску заготовок. Запобіжні механізми. Механізми мікропереміщень.

## **2. Обладнання автоматизованого виробництва**

2.1. Методи і засоби жорсткої і гнучкої автоматизації обробки металів різанням.

2.2. Конструкція токарних багатошпindelних автоматів і принципи побудови технологічного процесу обробки на цих автоматах.

Принципи побудови та особливості конструкції оброблюючих центрів.

2.3. Класифікація і конструкція механізмів автоматичної зміни інструментів на верстатах з ЧПК.

2.4. Засоби автоматичної зміни деталей та їх конструктивна реалізація.

2.5. Точність верстатів з ЧПК. Засоби забезпечення. Розрахунок точності кінцевих положень робочих органів поступальної і поворотної дії.

2.6. Маніпулятори та промислові роботи. Класифікація, компоновочні схеми, порівняльна характеристика.

2.7. Конструктивна реалізація вузлів промислових роботів. Класифікація захватних пристроїв промислових роботів і розрахунок зусиль затискних пристроїв.

2.8. Використання промислових роботів у складі РТК. Типові компоновки та вибір верстата і відповідного робота.

2.9. Особливості складальних роботів.

2.10. Верстати з паралельною кінематикою. Переваги і недоліки, класифікація.

### **3. Гідропневмопривід та гідропневмоавтоматика верстатів**

#### **4.**

3.1. В'язкість рідини. Кінематична та динамічна в'язкість. Залежність коефіцієнта динамічної в'язкості від температури та тиску. Рівняння Д.Бернуллі. Гідравлічні втрати і витікання, розрахунок втрати тиску. Витратиробочої рідини через отвори або щілини.

3.2. Гідронасоси і гідродвигуни. Принцип роботи, особливості конструкцій і розрахунок продуктивності шестерних, лопатних і поршневих насосів і гідродвигунів. Статика і динаміка гідродвигунів поступального руху.

3.3. Регулювання швидкості гідросистем. Об'ємний і дросельний способи регулювання швидкості, їх переваги і недоліки.

3.4. Апаратура керування і розподілення рідини. Запобіжні переливні і редуційні клапани. Дроселі і регулятори швидкості. Гідророзподільники, допоміжні гідроагрегати.

3.5. Довести залежність витратної характеристики золотникового розподільника від величини зміщення золотника. Дати оцінку впливу дросельного ефекту золотника на роботу гідроприводу

3.6. Обґрунтувати залежність величини похибки слідкування гідравлічного слідкуючого привода з однокромковим золотником від тиску нагнітання.

3.7. Гідропідсилювачі: золотникові, типу сопло-заслінка, зі струмінною трубкою і голчастим дроселем. Принцип дії, конструктивні особливості, статичні характеристики.

3.8. Визначити ефективну область відкриття дроселя сопло-заслінка, а також зазор між соплом і заслінкою у нейтральному положенні.

3.9. Гідравлічні слідкуючі приводи з одно-, двох- і чотирьох кромочними золотниками. Принцип дії, статичні розрахунки. Слідкуючі приводи з підсилювачами типу сопло-заслінка, із струмінною трубкою.

Проаналізувати вплив компонування копіювальних гідравлічних слідкуючих приводів на можливість обробки ступінчастих валів

3.10. Пневмоавтоматика. Універсальна система елементів пневмоавтоматики, типи елементів, принцип дії. Виконання логічних операцій з використанням пневморелейних систем. Принцип побудови елементів струмінної техніки. Елементи неперервної і дискретної дії, синтез систем керування.

3.11. Визначити постійну часу наповнення пневмокамери за графіком перехідного процесу

## **5. Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва**

4.1. Різці. Класифікація різців і їх конструктивні особливості. Геометричні параметри різців.

4.2. Свердла. Типи свердел. Конструктивні особливості спіральних свердел та геометричні параметри різальної частини.

4.3. Протяжки. Типи протяжок. Конструктивні особливості протяжок профільної, генераторної та групової схем різання. Конструктивні елементи протяжок для обробки отворів і особливості геометричних параметрів різальної та калібрувальної частини.

4.4. Інструменти для нарізання різьби. Дві основні схеми формування різьбових поверхонь. Типи інструментів для нарізання різьб та особливості їх геометричних характеристик.

4.5. Фрези. Класифікація фрез і їх конструктивні елементи. Особливості фрез з гостро заточеними та затилованими зубами.

4.6. Принципи профілювання різального інструменту для сучасних верстатів. Коротка характеристика особливостей інструменту іноземних фірм, які представлені на ринку України.

## **6. Математичне моделювання верстатів**

5.1. Математичні моделі процесів та систем. Загальні символічні математичні моделі динамічних систем верстатів. Загальна характеристика системи графоаналітичного моделювання Simulink пакету Matlab. Зміст базових розділів бібліотеки Simulink та розділи бібліотеки, призначені для створення структури S-моделі. Додаткові розділи бібліотеки.

5.2. Постановка задачі, розробка динамічних моделей супортної групи верстата. Аналітичний опис динамічних переміщень різця, розробка моделі та перевірка її адекватності. Чисельний експеримент по визначенні впливу основних параметрів супорта на його динамічні властивості. Доопрацювання моделі з метою підвищення її універсальності. Розробка математичної моделі шпинделя і приводу головного руху. Математичне моделювання динамічної системи шпинделя під дією зовнішнього навантаження силою різання. Математичні моделі просторового руху динамічних систем верстатів

5.3. Розробка загальної моделі верстата і постановка задач моделювання. Порівняння результатів моделювання із експериментальними даними. Математичне моделювання випадкових процесів у динамічній системі верстата та їх експериментальні виміри.

## **Література**

1. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.
2. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: Підручник / В.О.Федорець, М.Н.Педченко, В.Б.Струтинський та ін. за ред. В.О.Федорця. – К.: Вища школа 1987. – 463 с.
3. Технічна гідромеханіка. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика. Підручник / В.О.Федорець, М.Н.Педченко, О.О.Федорець та інш. за ред. В.О.Федорця. – Житомир, 1998. – 412 с.
4. Башта Т.М. Гідропривод и гидропневмоавтоматика. М.: Машиностроение, 1972 г. , 320 с.
5. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов С.С. и др. М.: Машиностроение, 1982 г. , 423 с.
6. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков – М.: Машиностроение, 1986 – 336 с.
7. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов под ред. В.Э.Пуша – М.: Машиностроение, 1985 – 576 с.
8. Металлорежущие станки и автоматы /Под. ред. А.С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. - 479 с.
9. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник в 3-х томах / Под.ред. А.С. Проникова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1995.
10. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія / Упоряд. Кузнецов Ю.М., - К. - Тернопіль: Тернограф, 2011. - 692 с
11. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учеб. Пособие для вузов. - Мн.: Выш. шк., 1991.-382 с.
12. Детали и механизмы металлорежущих станков под ред. Д.Н.Решетова. - М.: Машиностроение, 1972 -т.1, т.2.
13. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. 3-е изд. — К.: Вища школа, 1986. - 455 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах / Под ред.. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.
15. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. – М.: Висшая школа, 1985. – 304 с.
17. Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ: Учебн. пособие. – К.: Вища школа, 1991. – 278 с.
18. Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2. – К. – Тернопіль. ТОВ «ЗМОК» - ПП «Гнезіс», 2001. – 298 с.
19. Спыну Г. А. Промышленные роботы. Конструирование и применение. Учебное пособие. Киев, Высшая школа, 1991, 311 с.
20. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки. – Житомир:ЖДТІ, 2001. –612 с.

21. Струтинський В.Б., Мельничук П.П. Математичне моделювання металорізальних верстатів. – Житомир: ЖДТІ, 2002. –544 с.

22. Динаміка верстатів. Методичні вказівки та контрольні завдання для самостійної роботи студентів спеціальності «Металорізальні верстати та системи» / Укл. О.В. Шевченко, О.О. Боронко, Ю.М. Данильченко, А.Ю. Беляєва.. – К.: ММІ НТУУ «КПІ», (електронне видання), 2014р.

23. Орликов М.Л. Динаміка станков: Учеб. пособие для вузов.-2-е изд. перераб. и доп. - Киев: Выща школа, 1989. - 272 с.

24. Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Кириченко А.М. та ін.. Агрегатно-модульне технологічне обладнання . Ч1. Принципи побудови агрегатно-модульного технологічного обладнання. – Кіровоград, 2003 – 422 с.

## **Розділ «ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМОУТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ»**

### **1. Теорія формоутворення поверхонь різанням**

1.1 Способи визначення вихідних інструментальних поверхонь.

1.2 Умови формоутворення поверхонь.

1.3 Загальна методика профілювання фасонних різальних інструментів.

1.4 Профілювання радіального призматичного різця для оброблення поверхонь обертання.

1.5 Профілювання стругального фасонного різця.

1.6 Профілювання точних фасонних фрез.

1.7 Профілювання фасонних фрез, затіланих по колу.

1.8 Профілювання фрез, затіланих по колу.

1.9 Графічне профілювання черв'ячних шліцевих фрез способом спільних нормалей.

1.10 Графо-аналітичне профілювання обкочувальних інструментів.

1.11 Профілювання чашкового різця способом копіювання послідовних положень профілю деталі.

1.12 Визначення діаметру шліфувального круга при заточуванні протяжки.

1.13 Інструменти для обробки циліндричних зубчастих коліс, заснованих на схемах формоутворення першого класу. Визначення профілю їх вихідних поверхонь.

1.14 Перевірка конструкції довбача на відсутність інтерференції нарізаємих довбачем зубчастих коліс.

1.15 Визначення зони сточування зуборізних довбачів.

### **2. Теорія проектування різального інструменту**

2.1 Геометричні параметри різальних інструментів. Їх вплив на працездатність різального інструменту.

2.2 Загальна теорія аналітичного визначення геометричних параметрів різальної частини інструментів.

2.3 Визначення дотичної до різальної кромки в її досліджуваній точці.

2.4 Основи теорії графічного визначення геометричних параметрів різальної частини інструментів

2.5 Геометрія задньої поверхні спірального свердла в статичній системі координат

2.6 Геометрія передньої поверхні свердла в статичній системі координат.

2.7 Геометрія перемички спірального свердла.

2.8 Геометрія різальної частини затіланих фасонних фрез.

2.9 Визначення геометричних параметрів довбачів.

2.10 Визначення геометричних параметрів призматичних радіальних різців.

2.11 Визначення товщини зрізу в довільній точці різальної кромки спірального свердла.

2.12 Затилані задні поверхні. Їх аналіз при різних способах затилування.

2.13 Затилування черв'ячних фрез.

2.14 Теорія визначення швидкості різання при різних кінематичних схемах обробки.

2.15 Шляхи удосконалення конструкцій інструменту за рахунок перерозподілу навантаження ділянок різальних кромки і використання раціональних схем зрізування припуску.

### **3. Інструментальне забезпечення оброблення різанням**

3.1 Надтверді матеріали. Інструменти з надтвердих матеріалів. Типи, особливості конструкцій та область застосування.

3.2 Тверді металокерамічні сплави. Класифікація. Область застосування.

3.3 Типи токарних різців. Їх застосування та конструктивні особливості.

3.4 Типи осьових інструментів, їх конструктивні особливості.

3.5 Типи розверток. Їх конструктивні особливості та область застосування.

3.6 Типи і особливості конструкцій торцевих фрез.

3.7 Інструменти для нарізання внутрішньої різьби. Їх конструктивні особливості.

3.8 Інструменти для нарізання зовнішньої різьби. Конструктивні особливості.

3.9 Типи протяжок, область їх застосування. Конструктивні особливості.

3.10 Довбачі, кінематика різання. Типи та їх конструктивні особливості.

3.11 Черв'ячні фрези для обробки зубчастих коліс. Конструктивні та геометричні параметри.

3.12 Інструменти для нарізання зубів конічних коліс.

3.13 Інструменти для чистової обробки зубчастих коліс. Особливості конструкцій та застосування.

3.14 Види автоматизованого виробництва та основні вимоги до інструментів, що застосовуються в них.

3.15 Структура САПР РІ та її проектних модулів.

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев Г.А. Конструирование инструмента / Г.А. Алексеев, В.А. Аршинов, Р.М. Кричевская. - М.: Машиностроение, 1979. - 383 с.

2. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий инструмент / В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. - М.: Машиностроение, 1976. - 440 с.

3. Бакуль В.Н. Основы проектирования и технологии изготовления абразивного и алмазного инструмента. / В.Н. Бакуль. - М.: Машиностроение, 1982. - 104 с.

4. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / [В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина, А.И. Садыхов // Под общ. ред. В.И. Баранчикова]. - М.: Машиностроение, 1990. - 440 с.

5. Барсов А.И. Технология изготовления режущего инструмента / [А.И. Барсов, А.В. Иванов, К.И. Кладова и др.]. - М.: Машиностроение, 1972.- 136 с.

6. Волосатов В.А. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки: справочник / Под общ. ред. В.А. Волосатова. - Л.: Машиностроение, 1988. - 720 с.

7. Гапонкин В.А. Обработка резанием, металлорежущие инструменты и станки. / Гапонкин В.А. - М.: Машиностроение, 1990. - 448 с.

8. Геллер С.А. Инструментальные стали. 2-е. изд.: Справочник / С.А. Геллер. - М.: Металлургия, 1986. - 568 с.

9. Гжиров Р.И. Инструментальные системы автоматизированного производства / [Р.И. Гжиров, В.А. Гречишников, В.Т. Логашев и др.]. - Санкт-Петербург: Политехника, 1993. - 399 с.

10. Грановский Г.И. Фасонные резцы / Г.И. Грановский, К.П. Панченко. - М.: Машиностроение, 1975. - 309 с.

11. Гуляев А.П. Инструментальные стали: Справочник / А.П. Гуляев, К.А. Малинкина, СМ. Северина. - М.: Машиностроение, 1975. - 272 с.

12. Дибнер Л.Г. Заточные автоматы и полуавтоматы. / Л.Г. Дибнер, Э.Е. Цофин. - М.: Машиностроение, 1978. - 277 с.

13. Жигалко Н.И. Проектирование и производство режущих инструментов / Н.И. Жигалко, О.В. Киселев. - Минск: Вышэйшая шк., 1969. - 278 с.
14. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов / Г.Г. Иноземцев. - М.: Машиностроение, 1984.-272 с.
15. Кащук В.А. Справочник заточника: Справочник/ Д.А. Мелехин, Б.П. Бармин. - М.: Машиностроение, 1982. - 232 с.
16. Кирсанов Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / Г.Н. Кирсанова. - М.: Машиностроение, 1986. - 288 с.
17. Ковальчук Ю.М. Основы проектирования технологии изготовления абразивного и алмазного инструмента / Ю.М.Ковальчук. - М.: Машиностроение, 1984. — 285 с.
18. Лашнев С.И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ / С.И. Лашнев, М.И. Юликов. - М.: Машиностроение, 1975. - 392 с.
19. Лещинер Я.А. Лезвийные инструменты из сверхтвердых материалов / Я.А. Лещинер. - К.: Техника, 1981. - 118 с.
20. Маргулис Д.К. Протяжки для обработки отверстий / [Д.К. Маргулис, М.И. Тверской, В.Н. Ашихмин и др.]. - М.: Машиностроение, 1966. – 240 с.
21. Немилов Е.Ф. Справочник по электрохимическим и электроэрозионной обработке металлов: Справочник/ Е.Ф. Немилов. - Л.: Машиностроение, 1989.- 164 с.
22. Ординарцев И.А. Справочник инструментальщика: Справочник / [И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко, А.В. Онишко, А.К. Сергеев / Под общ. ред. И.А. Ординарцева]. - Л.: Машиностроение, 1987. - 846 с.
23. Палей М.М. Технология шлифования и заточки режущего инструмента / М.М. Палей, Л.Г. Дибнер, М.Д. Фрид. - М.: Машиностроение, 1988.-288 с.
24. Палей М.М. Технология производства металлорежущего инструмента / М.М.Палей. - М.: Машиностроение, 1982. - 256 с.
25. Панкратов Ю. М. САПР режущих инструментов: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 336 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
26. Панов А.А. Обработка металлов резанием. Справочник технолога: справочник / [А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.] // Под общ. ред. А.А. Панова. — М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.
27. Попов С.А. Заточка и доводка режущего инструмента / С.А. Попов. - М: Высшая школа, 1981. - 159 с.
28. Равська Н.С. Різальний інструмент: Лабораторний практикум/ [Н.С. Равська, П.Р. Родін, П.П. Мельничук, В.І. Солодкий та ін.]. – Житомир, "ЖІТІ", 2002. – 298 с.

29. Равська Н.С. Технологія інструментального виробництва / [Н.С. Равська, П.П. Мельничук, А.Г. Касьянов, Р.П. Родін]. - Житомир: Житомирський інженерно-технологічний інститут, 2001, - 555 с.
30. Родин П. Р. Основы проектирования режущих инструментов / П. Р. Родин. — К.: Вища шк, 1990. - 422 с.
31. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. 3-е изд. / П.Р. Родин- К.: Вища шк., 1986. - 454 с.
32. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей: Лабораторный практикум / [П.Р. Родин, Н.С. Расвкая, С.П. Радзевич, В.И. Солодкий]. – К.: НТУУ"КПИ". – 196 с.
33. Родин П.Р. Технология изготовления зуборезного инструмента / П.Р. Родин, В.И. Климов, С.Б. Якубсон. - К.: Техшка, 1982. - 208 с.
34. Романов В.Ф. Расчет зуборезных инструментов / В.Ф. Романов. - М.: Машиностроение, 1969. - 251с.
35. Рыбицкий В.А. Алмазное шлифование твердых сплавов / В.А. Рыбицкий. - К.: Наукова думка, 1980. - 221 с.
36. Самойлов В.С. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: Справочник / В.С. Самойлов - М.: Машиностроение, 1988. - 367 с.
37. Семенченко И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. - М.: Машгиз, 1962. - 952 с.
38. Таратинов О.В. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ. : учеб. пособ. для втузов/ О.В. Таратинов О.В. Таратинова, Ю.П. Тарамыкина. - М.: Высш. шк., 1991. - 423 с.
39. Филиппов Г.В. Режущий инструмент / Г.В. Филиппов. - Л.: Машиностроение, 1981.-392 с.
40. Шагалова З.Ю. Конструювання різального інструменту / З.Ю. Шагалова, Н.Г. Сиротенко. -К.: Вища шк., 1970. - 268 с.
41. Щеголев А.В Конструирование протяжек / А.В. Щеголев. - М.: Машгиз, 1960. - 352 с.
42. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей/ А.В. Якимов. - М.: Машиностроение, 1984. - 312 с.

## **Розділ «ЛАЗЕРНА ТЕХНІКА ТА ПРОЦЕСИ ФІЗИКО- ТЕХНІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ»**

### **1. Лазерна технологія**

#### **1.1. Лазерний промінь - 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. Зміна та 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. Теплові задачі в лазерній обробці.

Структурно-фазові перетворення, що відбуваються в матеріалах при лазерному опроміненні: у вуглецевих та легованих сталях, чавунах, кольорових металах та сплавах.

## **1.3. Лазерна поверхнева обробка матеріалів.**

Зміцнення імпульсним, безперервним та скануючим випромінюванням.

Визначення технологічних параметрів різних способів поверхневої обробки.

Технологічні схеми та характеристики процесів лазерного зміцнення;

приклад застосування. Способи лазерного поверхневого легування;

особливості розрахунку режимів; технологічне обладнання. Способи

лазерного поверхневого наплавлення; особливості розрахунку та визначення

технологічних параметрів процесу; способи реалізації та пристрої для

дозування та подачі легуючих добавок чи матеріалів, що наплавляються, в

зону дії лазерного променя. Технологічні закономірності процесів лазерного

легування та наплавлення.

## **1.4. Лазерне прототапування трьохвимірних виробів.**

Лазерна стеріолітографія. Пошарове створення трьохвимірних як металевих,

так і неметалевих виробів з застосуванням лазерного випромінювання.

Лазерне газопорошкове рідинно-фазне спікання трьохвимірних металевих

виробів.

## **1.5. Лазерна розмірна обробка.**

Обробка отворів. Основні технологічні закономірності. Вибір режимів, якість

обробки. Точність обробки. Способи удосконалення обробки отворів. Типові

технологічні процеси та обладнання. 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.

Галузі застосування та типові технологічні процеси і обладнання. Лазерне

маркування та гравірування. Лазерне динамічне балансування промислових виробів.

### **1.6. Лазерне зварювання матеріалів.**

Способи лазерного зварювання та його технологічні особливості. Фізичні процеси утворення зварного з'єднання при зварюванні матеріалів малих товщин. Фізичні процеси утворення зварного з'єднання при лазерному зварюванні з глибоким проплавленням. Технологічні процеси лазерного зварювання матеріалів малої товщини та процеси лазерного зварювання з глибоким проплавленням. Гібридні технології лазерного зварювання. Приклади промислового застосування лазерного зварювання.

### **1.7. Інші нові застосування лазерного випромінювання.**

Інтенсифікація механічної обробки використанням додаткового лазерного нагрівання. Лазерна правка абразивних кругів. Особливості дії лазерного випромінювання на біологічні об'єкти. Лазерна гіпертермія, зварювання та абляція біологічних тканин. Медичне обладнання на базі лазерів різних типів.

## **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. Електрохімікогідролітична 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.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Мажейка О.Й., Головка Л.Ф., Лутай А.М., Солових Є.К. Вакуумні іонно-плазмові технології зміцнення деталей машин триботехнічного призначення.- Кіровоград: «КОД», 2014.-316с.
2. Котляров В.П. Технологія лазерної обробки (операції розмірної обробки). Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, - 2010. – 308с
3. Шишковский И.В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2009. - 424 с.
4. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання. Під ред. Л.Ф. Головка, С. О. Лук'яненко. – К.: Вістка, 2009. – 296 с.
5. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.- 664 с.
6. Технологические лазеры: Справочник. Т. 1-2. / Под общей ред. Абельситова Г.А. - М.: Наука, 1990.
7. Коваленко В.С. Технология и оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки материалов. - К.: Вища школа, 1983. - 176 с.
8. Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнецов В.Д., Корж В.М. Инженерия поверхности. – К.: Наукова думка, 2007. – 559 с.
9. Коваленко В.С., Головка Л.Ф., Черненко В.С. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. - К.: Техника, 1990. - 192 с.
10. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів. Б.А. Артамонов, Ю.С. Волков та ін. у 2-х томах, М.: Вища школа, 1983, 180с.

## **Розділ «ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ У ЗВАРЮВАННІ»**

### **1. Найважливіші способи зварювання (класифікація, принципи, значення, перспективи)**

Дугове зварювання плавким електродом. Дугове зварювання неплавким електродом. Плазмове та мікроплазмове зварювання. Електрошлакове зварювання. Газове зварювання. Зварювання електронним променем. Зварювання лазером. Контактне зварювання (стикове, шовне, точкове). Конденсаторне зварювання. Високочастотне зварювання. Дифузійне зварювання. Автовакуумне зварювання тиском. Зварювання тертям. Зварювання вибухом. Ультразвукове зварювання.

## **2. Зварювальна дуга**

Особливості дугового розряду. Електронна емісія. Явища у катодній області. Процеси у стовпі дуги. Температура стовпа дуги. Анодна область.

Баланс енергії на катоді та аноді. Вольт - амперна характеристика дуги. Вимоги до стійкого існування зварювальної дуги з плавким електродом. Саморегулювання дуги. Фактори, які визначають проплавлення металу зварювальною дугою. Вплив компонентів флюсів, захисних газів та електродів на глибину проплавлення дугою.

## **3. Інші джерела енергії для зварювання і споріднених процесів**

Шлакова ванна як джерело нагріву. Електропровідність шлаку в залежності від температури. Ацетиленокисневе полум'я, температурні зони. Електронний промінь як джерело нагріву. Лазерне випромінювання як джерело нагріву при зварюванні. Плазма як джерело нагріву. Особливості високочастотного нагрівання з індукційним та контактним підводом струму. Нагрів при контактному точковому зварюванні. Нагрів при контактному стиковому зварюванні опором, вплив тиску на стан поверхні. Нагрів при контактному зварюванні оплавленням.

## **4. Розповсюдження тепла при зварюванні**

Основні фактори, які визначають розповсюдження тепла у виробі при зварюванні. Основи розрахункових методів нагрівання виробу зварювальними джерелами тепла. Рівняння теплопровідності. Миттєві та безперервно діючі джерела зварювального нагріву. Розрахункові схеми процесів нагрівання металу дугою. Нагрівання потужними швидкорухомими джерелами. Основні параметри, що характеризують зварювальну ванну. Відмінності процесів розповсюдження тепла при електрошлаковому, електронно-променевому, лазерному, контактному та газовому зварюванні.

## **5. Термічні цикли зварювання**

Основні характеристики термічного циклу (миттєва швидкість охолодження, максимальна температура, тривалість нагрівання вище даної температури). Регулювання термічних циклів при зварюванні та наплавленні. Відмінні особливості термічних циклів при електрошлаковому, лазерному, контактному та газовому зварюванні. Методи математичного моделювання теплових процесів при зварюванні.

## **6. Перенос металу під час зварювання плавленням**

Особливості плавлення електрода при різноманітних способах зварювання. Кінетика плавлення та переносу металу. Сили, які діють на краплю. Види переносу електродного металу. Вплив режимів зварювання, складу покриття (флюсів, газів) на перенос електродного металу. Роль

полярності струму. Управління переносом металу при дуговому зварюванні плавким електродом.

### **7. Зварювальна ванна та формування шва**

Вплив параметрів режиму на форму та розміри зварювальної ванни при дуговому та електрошлаковому зварюванні. Температура зварювальної ванни та методи її вимірювання. Перемішування металу в зварювальній ванні та його причини. Методи впливу на процес перемішування.

### **8. Захисні гази для зварювання. Взаємодія металу з газами**

Окиснювальні, відновлювальні та інертні захисні гази. Вуглекислий газ, вимоги до його складу. Аргон та гелій. Газові суміші, їх склади та властивості. Газова фаза при дуговому зварюванні. Розчинення газів в металах, вплив температури. Хімічна взаємодія газів та металу. Поведінка газів при кристалізації металу. Причини виникнення пор в зварних швах, роль водню, азоту та окису вуглецю. Вплив способу, полярності та режиму зварювання на виникнення пор. Методи запобігання утворенню пор при зварюванні сталей штучними електродами, під флюсом, порошковим дротом, в захисних газах, електрошлаковому зварюванні.

### **9. Зварювальні шлаки**

Класифікація зварювальних шлаків. Будова шлаків. Зв'язок між концентрацією та активністю компонентів шлаку. Вплив температури на в'язкість та електропровідність шлаків. "Довгі" та "короткі" шлаки. Відділення шлаку з поверхні шва. Хімічне зчеплення шлаку та металу. Механічне утримання шлаку на шві. Поверхневий та міжфазний натяг шлаків.

### **10. Взаємодія шлаків з металом при зварюванні**

Відновлення та окиснення кремнію та марганцю. Окиснення вуглецю при зварюванні. Вміст кисню в металі шва та неметалеві включення. Вміст сірки та фосфору в металі шва. Вплив режиму зварювання на інтенсивність взаємодії шлаку та металу.

### **11. Типи електродних покриттів**

Класифікація електродів за вітчизняними та міжнародними стандартами. Особливості металургійних процесів зварювання електродами з різноманітними типами покриття (руднокисле, рутилове, фтористо-кальцієве, органічне). Зварювально-технологічні характеристики електродів. Особливості взаємодії металу з газами та шлаком. Причини виникнення пористості швів при зварюванні електродами різних типів та методи боротьби з пористістю. Сучасні технології виготовлення електродів.

### **12. Типи флюсів та зварювального дроту для дугового та електрошлакового зварювання**

Основні вимоги до флюсу для дугового зварювання. Плавлені та керамічні флюси. Типи та марки флюсів і дротів для зварювання і наплавлення.

### **13. Легування та модифікування наплавленого металу**

Порівняльна характеристика легування через дріт, покриття електродів та флюс. Розрахунок складу наплавленого металу шва при зварюванні під флюсом та в захисних газах.

#### **14. Первинна кристалізація металу**

Особливості первинної кристалізації зварних швів. Розподіл легуючих елементів та домішок при кристалізації зварювальної ванни. Мікроскопічна, хімічна та фізична неоднорідність.

#### **15. Структура металу шва**

Первинна та вторинна структури при зварюванні низьковуглецевих, низьколегованих та високолегованих сталей. Вплив швидкості охолодження та хімічного складу металу на структуру швів. Аналіз структури сталевих швів з використанням термодинамічних діаграм перетворення аустеніту. Включення в металі шва та принципи їх утворення.

#### **16. Зона термічного впливу при зварюванні**

Структура зони термічного впливу при зварюванні низьковуглецевих та гартівних легованих сталей. Вплив способу та режимів зварювання на розмір та структуру зони термічного впливу. Особливості структури ділянки перегріву при зварюванні плавленням.

#### **17. Тріщини в зварних з'єднаннях**

Класифікація тріщин. Механізм утворення гарячих та холодних тріщин у пришовній зоні та металі шва при зварюванні вуглецевих та легованих сталей, основні фактори, що впливають на утворення тріщин. Методи оцінки опору зварних з'єднань утворенню холодних та гарячих тріщин.

#### **18. Деформації та напруження при зварюванні**

Класифікація зварювальних напружень та деформацій. Механізм утворення повздовжніх напружень та деформацій в найпростіших елементах зварних конструкцій. Методи розрахунку залишкових напружень та деформацій при зварюванні. Методи експериментального визначення залишкових напружень при зварюванні. Особливості розподілу зварювальних напружень та деформацій в типових зварних конструкціях. Вплив зварювальних напружень та деформацій на якість зварних виробів. Методи регулювання напружень та деформацій при зварюванні.

#### **19. Технологічні особливості зварювання вуглецевих та легованих сталей**

Склад та властивості низьковуглецевих та легованих сталей. Особливості їх зварювання. Особливості зварювання середньо- та високовуглецевих сталей. Зварювання термічно зміцнених низьковуглецевих та низьколегованих сталей.

#### **20. Технологічні особливості зварювання низько- та середньолегованих сталей**

Склад та властивості низько- та середньолегованих сталей, вплив легуючих елементів на їх структуру та властивості. Особливості зварювання. Вплив термічного циклу зварювання, складу зварювальних матеріалів, коливань електрода, нахилу електрода або виробу та інших технологічних факторів на структуру і властивості металу шва та пришовної зони.

## **21. Технологічні особливості зварювання високолегованих сталей**

Класифікація високолегованих сталей за структурою та призначенням. Загальні правила зварювання нержавіючих сталей. Класифікація електродів для зварювання нержавіючих сталей. Вплив легуючих елементів на структуру високолегованих сталей та зварних швів.

## **22. Металургійні та технологічні особливості зварювання кольорових металів і сплавів**

Найважливіші особливості та основні способи зварювання алюмінію, титана, міді та сплавів на їх основі. Дефекти при зварюванні кольорових металів зі сталями та між собою. Найважливіші особливості зварювання хімічно активних металів та сплавів на їх основі. Причини утворення пор та тріщин, засоби їх усунення.

## **23. Наплавлення**

Наплавлення, особливості відновлювального наплавлення та наплавлення шарів зі спеціальними властивостями. Структура наплавленого металу та його властивості.

## **24. Споріднені процеси (принципи, значення для зварювальної технології)**

Газополуменеве та плазмове різання. Газотермічні та вакуумно-конденсаційні способи напилення. Паяння матеріалів. Класифікація методів паяння. Особливості утворення паяних з'єднань. Змочування основного матеріалу та розтікання припою. Затікання припою в зазори, капілярні явища. Розчинення припоєм основного металу. Припої, принципи їх розробки та вибору.

## **25. Контроль якості**

Класифікація методів контролю якості зварних з'єднань. Фізичні основи та класифікація ультразвукових та радіаційних методів контролю.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.
2. Напруження та деформації у зварних з'єднаннях і конструкціях [Текст]: навч. посіб./ В.М. Прохоренко, О.В. Прохоренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 268 с.. – Бібліогр.: с.267. – 400 пр. ISBN 978-966-622-331-2
3. Контроль качества сварки / Под ред. В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.
4. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 528 с.
5. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. – К.: Наукова думка, 1981. – 289 с.
6. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. - М.: Машиностроение, 1985. – 288 с.

7. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1970. – 528 с.
8. Кузнецов В.Д., Пашенко В.М. Фізико-хімічні основи створення покриттів. – К.:МЕНЦ ВО, 1999. – 170 с.
9. Технология и оборудование контактной сварки. / Под ред. Б. Д. Орлова. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
10. Напруження та деформації при зварюванні. Навчальний посібник / В.І. Махненко, В.В. Квасницький, Г.В. Єрмолаєв, А.В. Лабарткава // Миколаїв: НУК, 2011. – 240 с.
11. Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії. Навчальний посібник / В.М. Пашенко, В.Д. Кузнецов, В.В. Квасницький // К. Гнозіс, 2013. - 149 с.
12. Паяння матеріалів. Підручник / Г.В. Єрмолаєв, В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, С.В. Максимова, В.Ф. Хорунов, В.В. Чигарьов // Миколаїв: НУК, 2014. - 387 с.
13. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник / В.В. Квасницький // Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 437 с.
14. *Мажейка О.Й., Головка Л.Ф., Лутай А.М., Солових Є.К. Вакуумні іонно-плазмові технології зміцнення деталей машин триботехнічного призначення.- Кіровоград: «КОД», 2014.-316с.*

## **Розділ «ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРІЇ З'ЄДНАНЬ І ПОВЕРХОНЬ»**

### **1. Найважливіші способи зварювання (класифікація, принципи)**

Дугове зварювання плавким електродом. Дугове зварювання неплавким електродом. Плазмове та мікроплазмове зварювання. Електрошлакове зварювання. Газове зварювання. Зварювання електронним променем. Зварювання лазером. Контактне зварювання (стикове, шовне, точкове). Дифузійне зварювання. Зварювання тертям. Зварювання вибухом. Ультразвукове зварювання.

### **2. Розповсюдження тепла при зварюванні**

Основні фактори, які визначають розповсюдження тепла у виробі при зварюванні. Основи розрахункових методів нагрівання виробу зварювальними джерелами тепла. Рівняння теплопровідності. Особливості розповсюдження тепла при дуговому, електрошлаковому, електронно-променевому, лазерному, контактному та газовому зварюванні. Термічні цикли зварювання, їх характеристики. Регулювання термічних циклів при зварюванні та наплавленні.

Методи математичного моделювання теплових процесів при зварюванні.

### **3. Первинна кристалізація металу**

Особливості первинної кристалізації зварних з'єднань. Розподіл легуючих елементів та домішок при кристалізації зварювальної ванни. Мікроскопічна, хімічна та фізична неоднорідність. Первинна та вторинна структури при зварюванні низьковуглецевих, низьколегованих та

високолегованих сталей. Вплив швидкості охолодження та хімічного складу металу на структуру зварних з'єднань.

#### **4. Зона термічного впливу при зварюванні**

Структура зони термічного впливу при зварюванні низьковуглецевих та гартівних легованих сталей. Особливості структури ділянки перегріву при зварюванні.

#### **5. Роботизація, механізація, автоматизація зварювання**

Роботизація, механізація, автоматизація зварювання: мета, задачі, переваги, проблеми, області застосування. Принципи автоматичного керування.

Роботизація (он-лайн и офф-лайн програмування, моделювання, гнучкі виробничі системи).

Системи комп'ютерного проектування CAD/CAM. Віртуальне виробництво, моделювання виробництва. Типові різновиди роботів, області застосування, проблеми, способи вирішення.

Технологічність роботизованого зварювання. Методи початкової і поточної адаптації.

#### **6. Дугове зварювання**

Особливості дугового розряду. Баланс енергії на катоді та аноді. Вольт - амперна характеристика дуги. Фактори, які визначають проплавлення металу зварювальною дугою.

Розрахункові схеми процесів нагрівання металу дугою.

Основні параметри, що характеризують зварювальну ванну. Особливості плавлення електроду при різноманітних способах зварювання. Кінетика плавлення та переносу металу. Сили, які діють на краплю. Види переносу електродного металу. Способи керування переносом електродного металу.

Вплив параметрів режиму на форму та розміри зварювальної ванни. Перемішування металу в зварювальній ванні та його причини. Способи керуванням кінетикою кристалізації зварювальної ванни.

Порівняльна характеристика легування через дріт, покриття електродів та флюс. Розрахунок складу наплавленого металу шва при зварюванні під флюсом та в захисних газах.

Особливості первинної кристалізації зварних швів. Розподіл легуючих елементів та домішок при кристалізації зварювальної ванни. Мікроскопічна, хімічна та фізична неоднорідність.

Окиснювальні, відновлювальні, інертні захисні гази та суміші газів. Поведінка газів при плавленні та кристалізації металу. Хімічна взаємодія газів та металу.

Основні вимоги до флюсу для дугового зварювання. Плавлені та керамічні флюси, їх взаємодія з металом зварювальної ванни.

Саморегулювання дуги. Автоматичне регулювання напруги на дузі. Автоматичне регулювання вильоту електроду.

Стеження за стиком, типи та області застосування. Орбітальне дугове зварювання (MIG/MAG, TIG).

Дефекти зварних швів та причини їх виникнення, способи запобігання утворенню.

### **7. Джерела живлення для дугового зварювання**

Технічні характеристики джерела живлення. Вольт-амперні характеристики джерел живлення (ВАХ). Властивості джерел живлення з жорсткою ВАХ. Властивості джерел живлення зі спадною ВАХ. Зварювальні трансформатори, будова, характеристики, особливості застосування. Зварювальні випрямлячі, будова, характеристики, особливості застосування. Зварювальні випрямлячі з транзисторним ключем, будова, характеристики, особливості застосування. Зварювальні інверторні джерела живлення, будова, характеристики, особливості застосування. Багатопостові джерела живлення. Вибір джерела зварювання. Режими роботи джерел живлення.

### **8. Електрошлакове зварювання**

Сутність процесу. Різновиди електрошлакового зварювання і техніка його виконання. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Особливості структури і властивості зварного з'єднання. Методи стабілізації зварювального струму. Регулювання рівнів металеві та шлакової ванн. Системи автоматичного керування на основі сумісного використання регуляторів напруги, подавання електродного дроту, рівня металеві ванни. Керування розподілом енергії в зоні зварювання. Дозування компонента шлаку при електрошлаковому зварюванні протяжних швів. Особливості керування при ЕШЗ з плавким мундштуком. Автоматизовані системи керування технологічним процесом електрошлакового зварювання.

Дефекти зварних швів та причини їх виникнення, способи запобігання утворенню.

### **9. Електронно-променево зварювання**

Особливості нагріву металу при ЕПЗ. Основні типи зварних з'єднань. Типова функціональна схема установки для електронно-променевого зварювання. Параметри, що регулюються та керувальні дії.

Стабілізація прискорювальної напруги електронно-променевої гармати. Регулятори струму електронного променю, потужності променю, струмів фокусувальних лінз і відхилювальних котушок. Системи регулювання глибини провару при електронно-променево зварюванні. Системи автоматичного направлення електронного променю по стику зварюваних кромки. Структура і особливості роботи установок електронно-променевого зварювання з системами керування на основі ЕОМ.

Дефекти зварних швів та причини їх виникнення, способи запобігання утворенню.

### **10. Контактне точкове зварювання тиском**

Особливості утворення зварних з'єднань при контактному точковому зварюванні. Електропровідність зони утворення зварної точки. Нагрів металу в зоні зварювання. Технологія точкового, рельєфного, шовного зварювання. Зварювання неоднорідних матеріалів.

Особливості технологічних процесів при зварюванні машинами змінного струму промислової і підвищеної частоти, конденсаторними

машинами, машинами постійного струму. Кількісна оцінка впливу основних параметрів процесу точкового зварювання на якість зварних з'єднань. Особливості вибору керувальних дій і роботи автоматичних регуляторів параметрів зварювання. Узагальнена структура машин змінного струму промислової і підвищеної частоти, конденсаторних машин, машин постійного струму. Особливості приводів стискання машин контактного зварювання. Типова функціональна схема регуляторів циклу зварювання. Контактори для точкових (шовних) машин. Зварювальні електроди, методи підвищення стійкості.

Дефекти зварних точок, причини їх виникнення, способи запобігання утворенню.

### **11. Стикове контактне зварювання**

Особливості утворення зварних з'єднань при стиковому контактному зварюванні опором і оплавленням. Узагальнена структура машин контактного стикового зварювання. Умови забезпечення стійкості процесу оплавлення. Контактне стикове зварювання з попереднім підігріванням. Системи керування процесом оплавленням: розімкнуті, з корегувальними зв'язками за напругою, за струмом, за частотою пульсації струму. Системи автоматичного контролю і керування на основі мікроЕОМ. Автоматизації процесів термообробки з'єднань при стиковому контактному зварюванні.

Дефекти зварних з'єднань та причини їх виникнення, способи запобігання утворенню.

### **12. Тріщини в зварних з'єднаннях**

Класифікація тріщин. Механізм утворення гарячих та холодних тріщин у пришовній зоні та металі шва при зварюванні вуглецевих та легованих сталей, основні фактори, що впливають на утворення тріщин.

### **13. Деформації та напруження при зварюванні**

Класифікація зварювальних напружень та деформацій. Механізм утворення повздовжніх напружень та деформацій в найпростіших елементах зварних конструкцій. Вплив зварювальних напружень та деформацій на якість зварних виробів. Методи регулювання напружень та деформацій при зварюванні.

### **14. Технологічні особливості зварювання вуглецевих та легованих сталей**

Склад та властивості низьковуглецевих та легованих сталей. Особливості їх зварювання. Особливості зварювання середньо- та високовуглецевих сталей. Зварювання термічно зміцнених низьковуглецевих та низьколегованих сталей.

### **15. Технологічні особливості зварювання низько- та середньолегованих сталей**

Склад та властивості низько- та середньолегованих сталей, вплив легуючих елементів на їх структуру та властивості.

### **16. Технологічні особливості зварювання високолегованих сталей**

Класифікація високолегованих сталей за структурою та призначенням. Загальні правила зварювання нержавіючих сталей. Класифікація електродів

для зварювання нержавіючих сталей. Флюси для дугового та електрошлакового зварювання нержавіючих сталей.

### **17. Металургійні та технологічні особливості зварювання кольорових металів і сплавів**

Найважливіші особливості та основні способи зварювання алюмінію, титана, міді та сплавів на їх основі. Дефекти при зварюванні кольорових металів зі сталями та між собою. Найважливіші особливості зварювання хімічно активних металів та сплавів на їх основі.

### **18. Наплавлення**

Наплавлення, особливості відновлювального наплавлення та наплавлення шарів зі спеціальними властивостями. Структура наплавленого металу та його властивості.

### **19. Споріднені технології зварювання**

Газополуменеве та плазмове різання. Газотермічні способи напилення. Паяння матеріалів. Класифікація методів паяння. Особливості утворення паяних з'єднань. Змочування основного матеріалу та розтікання припою, розчинення припоєм основного металу. Капілярні явища при паянні. Припої, принципи їх розробки та вибору.

### **20. Інженерія поверхні і нанотехнології**

Поверхневі фізико-хімічні процеси. Модифікування поверхні концентрованими потоками енергії. Вакуумне осадження. Іонна імплантація. Електроіскрове легування. Дифузійне насичення. Деформаційне зміцнення. Нанотехнології та наноматеріали. Особливості процесів і закономірності отримання покриттів. Структура і властивості поверхневих шарів.

### **21. Вимірювання, контроль та реєстрація результатів у зварюванні**

Засоби і методи вимірювань параметрів зварювального режиму і вимоги до них. Калібрування, верифікація і валідація зварювального обладнання, періодичність калібрування та підтвердження метрологічних характеристик.

### **22. Контроль якості**

Класифікація методів контролю якості зварних з'єднань. Руйнівний і неруйнівний контроль. Органолептичні методи контролю. Ультразвуковий контроль. Контроль методами акустичної емісії. Капілярні методи контролю. Магнітопорошковий метод контролю. Метод вихрових струмів. Метод магнітної анізотропії. Радіографічний метод.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.
2. Напруження та деформації у зварних з'єднаннях і конструкціях [Текст]: навч. посіб./ В.М. Прохоренко, О.В. Прохоренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 268 с.. – Бібліогр.: с.267. – 400 пр. ISBN 978-966-622-331-2
3. Контроль качества сварки / Под ред. В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.

4. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона . – М.: Машиностроение, 1974. – 528 с.
5. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. – К.: Наукова думка, 1981. – 289 с.
6. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. - М.: Машиностроение, 1985. – 288 с.
7. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1970. – 528 с.
8. Кузнецов В.Д., Пашенко В.М. Фізико-хімічні основи створення покриттів. – К.:МЕНЦ ВО, 1999. – 170 с.
9. Технология и оборудование контактной сварки. / Под ред. Б. Д. Орлова. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
10. Напруження та деформації при зварюванні. Навчальний посібник / В.І. Махненко, В.В. Квасницький, Г.В. Єрмолаєв, А.В. Лабарткава // Миколаїв: НУК, 2011. – 240 с.
11. Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії. Навчальний посібник / В.М. Пашенко, В.Д. Кузнецов, В.В. Квасницький // К. Гнозіс, 2013. - 149 с.
12. Паяння матеріалів. Підручник / Г.В. Єрмолаєв, В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, С.В. Максимова, В.Ф. Хорунов, В.В. Чигарьов // Миколаїв: НУК, 2014. - 387 с.
13. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник / В.В. Квасницький // Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 437 с
14. Інженерія поверхні. Підруч. / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж; НАН України. Ін-т електрозварювання ім. Є.О.Патона. - К. : Наук. думка, 2007. - 559 с.

## **Розділ «ІНЖИНІРИНГ ПАКОВАНЬ ТА ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ»**

### **1. Загальні положення**

Технологічні процеси. Основи теорії переносу: перенос імпульсу, енергії, маси. Основне рівняння кінетики процесів. Поняття про швидкість процесу, рушійну силу процесу та його опір. Класифікація основних технологічних процесів. Періодичні (циклічні) та безперервні процеси. Загальні принципи інженерно-технічних розрахунків параметрів і характеристик апаратів і машин: статика процесів (закони рівноваги), матеріальний та енергетичний баланси, кінетичні параметри, розміри апаратів.

Сучасні методи аналізу та моделювання технологічних процесів. Фізичне моделювання. Поняття про подібність фізичних явищ. Умови однозначності. Аналіз диференціальних рівнянь методами теорії подібності. Числа (критерії) подібності. Узагальнення експериментальних даних із

застосуванням рівнянь подібності; межі застосування рівнянь. Метод аналізу розмірностей. Основи планування експериментів.

Математичне моделювання. Зв'язок математичного та фізичного моделювання. Аналітичне та числове розв'язання рівнянь, що описують процеси. Моделі процесів за відсутності повного математичного опису, моделі із зосередженими і поширеними параметрами.

Техніко-економічні оцінки ефективності технологічних процесів. Оптимізація процесів. Критерії оптимальності процесів.

## **2. Гідромеханічні процеси**

Класифікація та характеристика неоднорідних систем. Класифікація гідромеханічних процесів. Матеріальний баланс гідромеханічних процесів.

## **3. Основи гідродинаміки**

Основні характеристики потоків рідин. Режими течії. Рівняння нерозривності (суцільності) потоку рідини. Рівняння Нав'є-Стокса. Ньютонівські й неньютонівські рідини. Точні розв'язки рівнянь руху рідин. Аналіз рівняння Нав'є-Стокса методами теорії подібності. Узагальнені (критеріальні) рівняння гідродинаміки.

## **4. Фільтрування**

Фізична сутність процесу фільтрування та його застосування. Фільтрування під дією перепаду тисків. Рушійна сила, опір і швидкість процесу. Основне кінетичне рівняння фільтрування. Режими постійного перепаду тиску та постійної швидкості фільтрування. Фільтрувальна апаратура. Фільтри для пилу. Фільтри періодичної та безперервної дії для суспензій. Схема розрахунків параметрів і характеристик фільтрувальних апаратів.

## **5. Перемішування у рідкому середовищі**

Фізична сутність процесу перемішування та його застосування. Інтенсивність та ефективність процесів перемішування. Типи перемішувальних пристроїв. Перемішування неньютонівських рідин. Критеріальна залежність для визначення потужності механічних перемішувальних пристроїв за модифікованими числами подібності (критеріями) Ейлера і Рейнольдса. Схема розрахунку параметрів і характеристик перемішувальних пристроїв.

## **6. Механічні процеси**

Фізична сутність процесів подрібнення твердих матеріалів. Методи подрібнення (теорії Ребіндера, Кіка-Кирпичова, Рітінгера, Журкова та ін). Схеми установок для подрібнення твердих тіл. Схеми розрахунку параметрів і характеристик дробарок.

## **7. Теплові процеси.**

Роль теплових процесів. Тепловий баланс. Промислові теплоносії. Види теплових процесів, їх особливості. Основні параметри і характеристики у процесах теплопередачі. Рушійна сила теплових процесів.

Теплопровідність. Закон Фур'є–Біо. Температурний градієнт. Коефіцієнти теплопровідності. Диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є–Кірхгофа. Формули для розрахунків теплопередачі через плоскі та циліндричні стінки за стаціонарного теплового режиму. Термічні опори. Методика рішень задач у випадках нестаціонарних теплових режимів.

Конвективний теплообмін. Види руху рідин та газів (вільна та вимушена конвекція). Режими руху рідин і газів (ламінарний, турбулентний). Закон Ньютона–Ріхмана. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Коефіцієнти тепловіддачі та теплопередачі, методика визначення і розрахунків коефіцієнтів. Рівняння подібності (критеріальні рівняння) для процесів конвективного теплообміну, методика їх інженерного застосування.

Теплообмін випромінюванням: фізичні особливості процесу. Основні закони випромінювання (Планка, Стефана–Больцмана, Кірхгофа). Складні (радіаційно-конвективні) процеси теплообміну, їх особливості. Коефіцієнти тепловіддачі при випромінюванні.

## **8. Нагрівання, охолодження**

Значення нагрівання, охолодження при здійсненні технологічних процесів. Границі застосовуваних температур, вибір відповідного теплоносія і охолоджуючого агента. Класифікація теплообмінної апаратури. Теплообмінна апаратура. Кожухотрубні теплообмінники, одно- і багатходові. Інші типи теплообмінників. Схема розрахунків основних параметрів і характеристик теплообмінної апаратури. Обчислення середньої різниці температур для прямотечії, протитечії.

## **9. Сушіння**

Фізична сутність процесу сушіння та його застосування. Способи теплового сушіння. Рівноважна вологість і зв'язок вологи з висушуваними матеріалами. Властивості вологого повітря. Побудова « $I-d$ »-діаграми для вологого повітря, методика практичного використання діаграми. Матеріальний і тепловий баланси сушіння. Зображення процесів сушіння на « $I-d$ »-діаграмі вологого повітря. Принципові схеми процесів сушіння та розрахунки із використанням « $I-d$ »-діаграми. Основні типи промислових сушарок. Схема розрахунку параметрів і технічних характеристик сушарок.

## **10. Машини і технології пакування**

Типові конструктивні схеми пристроїв для барометричного фасування рідких продуктів. Принципи та використання методів дозування рідких продуктів за рушійною силою. Гідравлічні схеми заповнення тари рідкою продукцією. Типові конструктивні схеми пристроїв для дозування сипких продуктів без рухомих робочих органів, з обертовим робочим органом, з

поступальним та коливальним рухом робочих органів. Типові конструктивні схеми пристроїв для фасування рідких продуктів барометричним, надбарометричним та вакуумним способами. Фізичні властивості в'язких продуктів. Типові конструктивні схеми пристроїв для їх дозування. Фізичні властивості пластичних продуктів. Типові конструктивні схеми пристроїв для їх дозування. Критерії оцінки похибки дозування. Класифікація і типові конструктивні схеми машин для пакування штучних виробів. Узагальнена структура та схема пристрою для пакування продукції в м'яке пакування. Види зварювання полімерних паковань. Класифікація та типові конструктивні схеми пристроїв подачі рулонних пакувальних матеріалів. Схеми механізмів, що забезпечують рух рулонних матеріалів. Схеми та принцип дії пакувальних машин вертикального типу, створюючих плоский пакет.

### **11. Сучасні методи розрахунків обладнання**

Класифікація існуючих числових методів дослідження напружено-деформованого стану машин і обладнання, що знаходяться під дією складних статичних, циклічних та температурних навантажень.

### **12. Конструкції та принцип роботи машин та обладнання**

Класифікація умов роботи машин та обладнання. Силове статичне навантаження. Циклічні навантаження періодичної дії. Температурні навантаження. Граничні умови. Схеми руйнування машин та обладнання.

### **13. Основні співвідношення механіки деформованого твердого тіла**

Геометричні співвідношення. Фізичні співвідношення. Співвідношення рівноваги. Граничні умови. Механіка руйнування. Умови накопичення дефектів в елементах машин та обладнання.

### **14. Класифікація та аналіз гіпотез теорій оболонок**

Вибір системи гіпотез, що дозволяють моделювати неоднорідний розподіл деформацій поперечного зсуву для можливості побудови математичної моделі руйнування багатошарових композитних елементів обладнання хімічних виробництв. Математична модель розрахунку міцності елементів обладнання на основі безмоментної теорії пластин та оболонок. Математична модель розрахунку міцності елементів машин та обладнання на основі моментної теорії оболонок.

### **15. Основи числових методів розрахунків обладнання**

Основи варіаційного підходу до вирішення задач визначення деформованого стану конструкцій. Функціонали та їх властивості. Варіація функціоналу. Варіаційний принцип Лагранжа. Основні положення методу Ритца та методу Бубнова-Гальоркіна. Метод скінчених елементів. Основні поняття про дискретну модель. Класифікація видів скінчених елементів. Поняття про апроксимуючі функції. Матриця жорсткості скінченого

елемента. Загальна процедура виводу вираження для отримання коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента. Фізичний зміст коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента. Поняття про глобальну нумерацію вузлів конструкції, вузлове навантаження. Граничні умови. Процедура побудови загальної матриці жорсткості конструкції. Глобальна система рівнянь рівноваги. Прямі та ітераційні методи вирішення систем лінійних рівнянь. Основні положення про фізично нелінійне деформування матеріалу. Лінеаризація нелінійних рівнянь механіки. Методи вирішення нелінійних рівнянь. Аналіз сучасних алгоритмів динамічного розрахунку конструкцій. Алгоритми розрахунку конструкцій при примусових коливаннях. Ефект резонансу.

## **16. Основи механіки суцільних середовищ (МСС)**

Гіпотези МСС і їх роль при розробці математичних моделей. Задачі механіки суцільного середовища. Поняття континууму. Лагранжеві та Ейлереві координати для опису руху тіл, матеріальна або субстанціональна похідна за часом. Координатні системи. Поняття вектора. Представлення векторів в прямокутних і косокутних прямолінійних координатах. Основний і взаємний векторні базиси. Ніймий, вільний, коваріантний і контраваріантний індекси. Визначення тензора. Представлення тензорів через вектори основного і взаємного базисів, векторний супровід. Унарні дії над тензором: транспонування, скалярна згортка, векторна згортка, слід тензора. Бінарні операції з тензорами: сума тензорів, скалярний добуток, подвійний скалярний добуток, векторний добуток, тензорний добуток. Диференціювання тензорів. Оператор Гамільтона. Оператори градієнта, дивергенції і ротора, їх фізичний та математичний зміст. Приклади застосування цих операторів в рівняннях МСС. Криволінійні координати. Диференціювання тензорів в криволінійних координатах. Фізичні закони для твердих тіл. Представлення фізичних рівнянь стану в тензорній формі. Співвідношення між напруженням і швидкістю деформації для рідин і газів. Закон Нав'є-Стокса. Девіаторні та середні напруження в рідині. Закон збереження маси. Вивід рівняння нерозривності. Інваріантна форма рівняння збереження маси. Рівняння руху. Форми запису диференціального рівняння руху. Рівняння рівноваги і тензори напружень в Лагранжевих змінних. Тензори Піоли та Коші-Ейлера. Зв'язок між тензором напруження і вектором напруження. Нормальне зусилля і напруження на поверхні. Дотичне напруження на поверхні. Принцип Даламбера. Закон збереження кількості руху (імпульсу). Закон збереження механічної енергії. Закон збереження повної енергії. Основна система диференціальних рівнянь МСС. Основні рівняння МСС для рідин та газів.

## **ЛІТЕРАТУРА**

### *Основна література*

1. Процеси та обладнання хімічної технології : підручник ; в 2-х т. / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок [та ін.] — К. : НТУУ «КПІ», 2011. — 716 с.
2. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології: підручник / І. О. Мікульонок. — К. : НТУУ «КПІ», 2013. — 338 с.
3. Коваленко І. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. — К. : Інрес, Воля, 2006. — 262 с.
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. — М. : Химия, 1973. — 754 с.
5. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. — М. : Химия, 1987. — 496 с.
6. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. — М. : Химия, 1992. — 416 с.
7. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. — М. : Химия, 1992. — 384 с.
8. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. / Н. И. Гельперин. — М. : Химия, 1981. — 812 с.
9. Гавва О.М., Беспалько А.П. Пакувальне обладнання. - К.: Упаковка, 2008.
10. Седов Л. И. Механика сплошной среды: Т. 1. — М.: Наука, 1983. — 528 с.
11. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. — М.: Мир, 1975. — 541 с.
12. Метод конечных элементов в механике твердых тел. / Под общ. ред. А.С. Сахарова и И.Альтенбаха — К.: Вища школа, 1982. — 480 с.

### *Допоміжна література*

1. Лацинский А. А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. — Л. : Машиностроение, 1970. — 752 с.
2. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. — М. : Химия, 1987. — 576 с.
3. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М. И. Курочкина. — СПб. : Химия, 1993. — 496 с.

4. Сапожников М. Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М. Я. Сапожников. — М. : Высш. шк., 1971. — 382 с
5. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности / П. М. Сиденко. — М. : Химия, 1977. — 368 с.
6. Жужиков В. А. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий / В. А. Жужиков. — М.: Химия, 1980. — 398 с
7. Васильцов Э. А. Аппараты для перемешивания жидких сред : справ. пособие / Э. А. Васильцов, В. Г. Ушаков. — Л.: Машиностроение, 1979. — 271 с.
8. Домашнев А. Д. Конструирование и расчёт химических аппаратов / А. Д. Домашнев. — М. : Машиностроение, 1961. — 624 с.
9. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П. Численные методы.- М.: Наука, 1987.- 600 с.
10. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, Н. М. Михеева. — М. : Энергия, 1977. — 342 с.
11. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. — М. : Энергия, 1981. — 417 с.
12. Константинов С. М. Теоретичні основи теплотехніки / С. М. Константинов, Є. М. Панов. — К. : Золоті ворота, 2012. — 592 с.
13. Козулин Н. А. Примеры и задачи по курсу оборудования заводов химической промышленности / Н. А. Козулин, В. Н. Соколов, А. Я. Шапиро. — Л. : Машиностроение, 1966. — 492 с.

#### **Розділ «ПРИКЛАДНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»**

1. Конічні перерізи. Поверхні другого порядку.
2. Перетворення координат (ортогональні, афінні, проєктивні).
3. Метод проєкцій. Центральне, паралельне та ортогональне проєкціювання.
4. Класифікація ліній, поверхонь і тіл.
5. Еволюти та евольвенти.
6. Перетин ліній, поверхонь і тіл.
7. Розгортки поверхонь.
8. Дотична, кривина та скрут лінії. Формули Серре-Френе.
9. Параметричні поверхні. Криві на поверхнях.
10. Перша та друга квадратичні форми поверхні.
11. Геодезичні лінії.
12. Складені криві та поверхні.
13. Методи інтерполяції та апроксимації.
14. Криві та поверхні Безье.

15. Раціональні В-сплайни.
16. Раціональні В-сплайнові поверхні.
17. Параметричне геометричне моделювання ліній, поверхонь і тіл.
18. Твердотільне моделювання. В-гер, С-гер та О-гер методи.
19. Параметричне конструювання деталей і складаних одиниць.
20. Автоматизоване геометричне моделювання технічних об'єктів і процесів.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Збруцький О.В. Теоретичні основи комп'ютерного геометричного моделювання авіаційної техніки: навч. посіб. К.: НТУУ "КПІ", 2013. 124 с.
2. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). СПб.: Питер, 2004. 560 с.
3. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 560 с.
4. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001. 604 с.

## **ІІІ. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ**

Під час фахового вступного випробування дозволяється використання допоміжного матеріалу (довідників).

### **Оцінювання фахового вступного випробування**

Максимальна сума балів складає 100.

Кожне з питань оцінюється з 33 бали, 1 бал є заохочувальним.

– “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30...33 (34) бали;

– “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 29...25 балів;

– “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 24...20 балів;

– “незадовільно”, незадовільна відповідь – 0 балів.

Шкала оцінювання загальних результатів фахового вступного випробування буде такою:

Загальна кількість балів	Традиційна оцінка
95 – 100 балів	відмінно
85 – 94 балів	добре
75 – 84 балів	
65 – 74 балів	задовільно
60 – 64 балів	
менше 60 балів	не зараховано

### **РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**

Андрій Тітов, к.т.н., доц., доцент каф.  
ПГМ

Юрій Данильченко, д.т.н., проф., заст.  
директора ММІ з наукової роботи

Олег Гаєвський, к.т.н., доц., заст. декана  
ЗФ з наукової роботи,

Валерій Щербина, д.т.н., проф.,  
заступник декана ІХФ з наукової  
роботи

Володимир Сівецький, к.т.н., проф.,  
професор кафедри ХПСМ

Антон Карвацький, д.т.н., проф.,  
професор кафедри ХПСМ

Олександр Сокольський, д.т.н., доц.,  
доцент кафедри ХПСМ

Вірченко Геннадій, д.т.н., проф.  
професор кафедри нарисної геометрії,  
інженерної та комп'ютерної графіки

## **УЗГОДЖЕНО:**

Володимир Ванін, д.т.н., проф., декан  
фізико-математичного факультету

Сергій Пискунов, д.т.н., проф., зав.  
кафедри ДММтаОМ

Юрій Петраков, д.т.н., проф., проф.  
кафедри ТМ

Олександр Луговський, д.т.н., проф.,  
проф. кафедри ПГМ

Олександр Охріменко, д.т.н., проф., зав.  
кафедри ТМ

Вячеслав Тітов, д.т.н., проф., проф.  
кафедри ТВЛА

Леонід Головка, д.т.н., проф., проф.  
кафедри ЛТФТ ІМЗ

Віктор Квасницький, д.т.н., проф., зав.  
кафедри ЗВ ІМЗ

Ігор Смирнов, д.т.н., проф., зав.  
кафедри СЗІП ІМЗ

Олександр Гондлях, д.т.н., проф., зав.  
кафедри ХПСМ