

Міністерство освіти України

ТИПОВА ПРОГРАМА КАНДИДАТСЬКОГО ІСПИТУ ІЗ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
05.03.01 ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ,
ВЕРСТАТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ

Київ, 1997

Програма розроблена авторським колективом у складі:

Бугая Ю.М. - доктор технічних наук, професор; Куанецова Ю.М. - доктор технічних наук, професор; Равської Н.С. - доктор технічних наук, професор; Струтинського В.Б. - доктор технічних наук, професор.

Програма погоджена з науково-методичною комісією Міністерства освіти України.

Затверджена ВАК України 1996р. та Атестаційною колегією Міністерства освіти України " 24 " жовтня 1996 р., N 4/9-2/2.

В основу типової програми кандидатського екзамену покладений розгляд спеціальності 05.03.01: "Процеси механічної обробки, верстати та інструмент", як області науки, яка займається розкриттям закономірностей та взаємозв'язків в процесах формоутворення деталей шляхом видалення частини матеріалу заготовки та в технічних засобах реалізації процесів /верстати, інструмент, інше технологічне обладнання/ на етапах їх створення та експлуатації. У розглядуваних процесах формування поверхонь деталей проходить в результаті дії на матеріал заготовки різальних інструментів та технологічного робочого середовища. Головною відмінною ознакою процесів механічної обробки від інших процесів формоутворення деталей є видалення частини матеріалу заготовки та придання їй таким чином потрібної форми.

Головним змістом наукової спеціальності 05.03.01 є:

Теоретичні основи, моделювання та методи експериментального дослідження процесів механічної обробки, включаючи процеси комбінованої обробки.

Оптимізація параметрів процесів з метою підвищення продуктивності, якості та ефективності обробки.

Теоретичні основи проектування інструментів, моделювання процесів обробки ними деталей, оптимізація їх конструктивних елементів, геометричних параметрів, які забезпечують виконання процесів механічної обробки.

Створення, включаючи проектування, розрахунки та оптимізація параметрів технологічного обладнання для механічної обробки, яке забезпечує підвищення його техніко-економічних показників та розширення технологічних можливостей.

Теорія та практика проектування верстатів, верстатних комплексів та гнучких виробничих систем, оптимізація компоновки складу обладнання, параметрів їх конструкцій, систем управління верстатними комплексами, пошукове конструювання верстатів та їх механізмів.

Використання машинних та безмашинних сучасних методів пошуку технічних рішень /системних, асоціативних, алгоритмічних та ін./ при створенні нових верстатів, інструменту та технологічного обладнання.

Проблеми підвищення продуктивності, точності, якості та надійності інструментів та верстатних систем, в тому числі роботизованих технологічних комплексів; питання раціональної їх експлуата-

ції, інтенсифікація процесів обробки.

Особливості використання процесів механічної обробки в автоматизованому виробництві: оптимізація параметрів, інструментальне забезпечення: діагностика процесу та стану системи, теорія технологічної надійності.

Прогнозування та створення механічних процесів обробки, обладнання інструментів та обладнання.

РОЗДІЛ I. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ МАТЕРІАЛІВ.

I.1. Вступ.

Місце та значення обробки різанням серед інших методів розмісного формоутворення деталей. Історичний досвід, тенденції та перспективи розвитку обробки матеріалів різанням як методу формування форм та розмірів деталі. Методичний та технічний аспекти, предмет теорії різання матеріалів та її зв'язок з фундаментальними та загальнотехнічними науками.

I.2. Головні поняття про процес різання.

Переміщення робочої частини інструменту відносно заготовки. Визначення робочих поверхонь інструменту: передньої, головної та допоміжної задніх поверхонь. Геометричні параметри робочої частини інструменту. Поняття про базові поверхні та площини, відносно яких у просторі координуються робочі поверхні інструменту: поверхонь різання, площина різання, головна площина. Статичні та кінематичні параметри робочої частини інструменту, узагальнені визначення та математичні залежності між ними.

Види обробки різанням та їх класифікація по кінематичним ознакам. Вільне та невільне, прямокутне та косокутне, бездеревне та перервне, нестанціонарне. Параметри режиму різання геометричні параметри зрізуваного шару.

Поняття про систему різання та вихідні параметри.

I.3. Фізичні основи процесу різання.

Схема процесу стружкоутворення. Характеристики пластичних деформацій металу при різанні. Управління стружкоутворенням, стружкозавиванням в автоматизованому виробництві.

Контактні процеси при різанні. Види контактної взаємодії між інструментальним та оброблювальним матеріалом. Особливості тертя в умовах контактування поверхонь, явища адгезії чи дифузії. Застійні

явища та контактні /вторичні/ деформації. Взаємозв'язок напружено-деформованого стану та контактних процесів з нагрівом в зоні обробки.

Наростоутворення при різанні. Умови існування та закономірності зміни застійної зони та параметрів наросту у залежності від різних факторів.

1.4. Динаміка процесу різання.

Система сил в процесі різання. Теоретичні та експериментальні методи визначення сил різання та її складових. Аналіз роботи різання. Розрахункові залежності для складових сили різання. Вплив умов обробки на складові сили різання. Розрахунок потужності різання.

Коливання в процесі різання. Аналіз причин виникнення коливань при різанні. Вимушені коливання, автоколивання і вплив на їх інтенсивність різноманітних факторів процесу різання. Методи гасіння коливань при різанні.

1.5. Теплові явища при різанні.

Теплообмін при різанні. Схема руху теплових потоків. Температурні поля в зоні різання, в різальному клині інструменту та на його контактних поверхнях. Численні методи розрахунку нестационарних теплових полів. Теоретичні та експериментальні методи визначення температурних полів. Вплив умов обробки на зміну температурних полів в різальному інструменті. Особливості теплових явищ та температурних полів при різних видах обробки. Вплив теплових явищ на формування поверхневого шару деталі, точність обробки і працездатність різального інструменту. Управління тепловими джерелами та температурою при різанні.

1.6. Формування при обробці різанням поверхневого шару деталей машин.

Фізична природа утворення поверхневого шару деталі, вплив умов різання на структуру, наклеп, остаточні напруження, зміни хімічного складу, фазові перетворення. Управління параметрами фізико-хімічного складу поверхневого шару деталі в процесі обробки у зв'язку з вимогами експлуатації.

1.7. Працездатність різального інструменту.

Працездатний стан інструменту, його оцінка. Види відказів. Умови виникнення різних відказів. Фізична природа процесу зносу. Величини зносу та швидкості зношування в часі при різних умовах різання. Період стійкості інструменту. Математичні моделі періоду стійкості інструменту та призначення періоду стійкості у виробниц-

тві. Випадковий характер стійкості та закони її розподілу.

Міцність інструменту. Механізм крихкого та пластичного руйнування, інструментального матеріалу, схеми напруженого стану, визначення нормальних та тангенціальних напружень. Методи розрахунку міцності різального клину при статичному та динамічному навантаженні. Термоміцність.

Надійність інструменту та її показники. Методи підвищення надійності інструменту. Призначення оптимальних геометричних параметрів інструменту. Форма передньої поверхні, яка забезпечує стружку сприятливу для відводу із зони різання та її безпечне транспортування.

Діагностування стану інструменту. Принципи діагностування.

І.8. Використання мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ.

Мастильна, охолоджуюча та миюча дія. Дія поверхневоактивних речовин. Методи вводу технологічних середовищ в зону різання. Групи сучасних технологічних середовищ. Вибір оптимального технологічного середовища як фактор підвищення ефективності процесів обробки різанням.

І.9. Особливості обробки різанням різних матеріалів.

Поняття оброблюваності різанням. Головні показники оброблюваності. Особливості обробки важкооброблюваних металів та сплавів, а також неметалічних та композиційних матеріалів. Шляхи поліпшення оброблюваності різанням.

І.10. Оптимізація процесу різання.

Постановка задачі оптимізації. Математична модель оптимізації. Критерії оптимальності та технологічні обмеження. Особливості оптимізації в умовах автоматизованого виробництва. Використання ЕОМ. Багатокритеріальна оптимізація.

Наближений розв'язок задачі оптимізації режиму різання з використанням нормативів.

Автоматичне управління процесом різання. Фізичні та технологічні передумови адаптивного управління процесом різання. Особливості використання ЕОМ для задач управління процесом різання в ГПС.

І.11. Теорія процесів абразивної обробки.

Геометричні та кінематичні особливості процесів абразивної обробки. Різальна властивість абразивного інструменту. Елементи режиму різання. Сили різання, теплові явища. Потужність. Критерії оцін-

ки ефективності процесів абразивної обробки.

Зношування абразивного інструменту. Методи абразивної обробки: шліфування, хонінгування, суперфінішування, доводка.

Прогресивні процеси абразивної обробки: глибинне та швидкісне шліфування, процеси з накладенням ультразвукових коливань та ін.

1.12. Експериментальні методи вивчення процесів різання.

Способи вимірювання сил різання, температур, закономірностей стружкоутворення, властивостей поверхневого шару. Методичні основи постановки експериментальних досліджень.

Криві зношування інструментів. Виведення формули головної залежності "Швидкість різання - стійкість інструменту". Залежність стійкості інструменту від режимів різання.

Графічна та графоаналітична обробка протокольних записів. Виведення окремих та загальних математичних залежностей. Методи математичної статистики в задачах різання.

Автоматизовані методи експериментальних досліджень; використання ЕОМ та мікропроцесорної техніки. Типові приклади використання.

1.13. Управління процесом різання.

Управління процесом різання та станом інструменту на основі аналізу функціональних параметрів процесу з використанням ЕОМ.

Головні напрями розвитку та діагностики процесу різання. Аналіз процесу різання як джерела інформації про його головні параметри. Технічні засоби для управління процесом: електричні, акустичні, електромагнетичні, оптичні, оптоелектричні та ін. Алгоритмічне та програмне забезпечення систем управління та діагностики. Сучасні комплексні багатопараметричні системи.

РОЗДІЛ 2. МЕТАЛОРІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ.

2.1. Загальна частина.

2.1.1. Роль та значення різальних інструментів в машинобудуванні. Визначення, призначення та класифікація різальних інструментів. Значення різального інструменту як головного виконавчого органу машини, який забезпечує внутрішні зв'язки процесу обробки матеріалів різанням. Розвиток та сучасний стан індустрії різальної промисловості та виробництва різальних інструментів, їх значення для розв'язку головних задач розвитку машинобудування та металообробки.

2.1.2. Вимоги до різальних інструментів, які забезпечують високу продуктивність, точність та якість оброблених деталей. Додаткові вимоги до інструментів для верстатів з ПУ та призначених для роботи в умовах автоматизованих виробництв /ГАВ/. Стандартизація та нормалізація різальних інструментів, їх значення для централізованого виготовлення інструментів. Якісні показники різального інструменту та технічні вимоги, встановлені стандартами.

2.1.3. Матеріали, які використовуються для різальних інструментів.

Значення інструментальних матеріалів в підвищенні різальних властивостей та працездатності інструментів.

Матеріали, які використовуються для робочої частини інструментів, їх експлуатаційні та технологічні властивості. Використання сталі, твердих сплавів, мінералокераміки, надтвердих різальних матеріалів /НТМ/, абразивні матеріали та алмази.

2.1.4. Головні принципи побудови конструкції різальних інструментів.

Службове призначення інструменту. Інструменти універсального, напівуніверсального та спеціального призначення. Головні частини інструменту – робоча та кріпильна, їх геометричні та конструктивні елементи. Інструменти складених та збірних конструкцій.

2.2. Інструменти загального призначення.

2.2.1. Абразивні та алмазні інструменти.

Види абразивних, алмазних та композиційних інструментів, їх використання та ефективність. Кінематика процесу обробки. Шліфувальні круги; способи та інструменти для правки абразивних, алмазних та ельборових кругів; балансування кругів; техніка безпеки при роботі з кругами. Позначення кругів. Перспективи розвитку інструментів.

2.2.2. Різці.

2.2.2.1. Типи та призначення різців. Головні положення по їх конструюванню. Конструктивне виконання різальної частини /головки/ Геометричні параметри. Заходи поліпшення формування та відводу стружки.

2.2.2.2. Різці фасонні, їх типи, призначення, галузі використання, конструктивне оформлення та габаритні розміри. Визначення розмірів /коррекційний розрахунок/ профілю різця. Передні та задні кути їх зміна по довжині різальної частини; заходи по їх поліпшенню.

2.2.3. Протяжки.

2.2.3.1. Принцип роботи протяжок, їх визначення, призначення та види, галузі та економічна ефективність їх використання. Схеми різання та формоутворення, їх особливості та використання в типових конструкціях протяжок та в утворенні поверхні деталі. Визначення загальних конструктивних розмірів різальної частини протяжок.

Калібруюча частина протяжки, її призначення, форма та розміри. Умови забезпечення потрібних розмірів та якості поверхні деталі. Визначення виконавчих розмірів.

Розрахунок протяжок: розміщення стружки, міцності, довжини, точності, взаємозв'язок та взаємовплив конструктивних та розрахункових елементів; комплект протяжок; питання оптимізації конструкції та вибір конструктивних елементів з використанням ЕОМ.

2.2.3.2. Протяжки зовнішні, їх використання. Схеми різання та формоутворення. Розміщення секцій на інструментальній плиті, їх кріплення та регулювання. Приклади конструкцій зовнішніх протяжок, в тому числі з багатограними пластинами з твердого сплаву.

2.2.4. Фрези.

2.2.4.1. Визначення, призначення та типи фрез. Кінематика процесу фрезерування. Конструктивні елементи фрез: форми зуба та впадини, геометричних параметрів, посадочного отвору, зовнішнього діаметру. Фрези збірної конструкції.

2.2.4.2. Фрези фасонні, їх призначення. Фрези затиловані, форма задньої поверхні, методи та напрями затилування. Визначення конструктивних розмірів. Геометричні параметри. Корекційний розрахунок профілю фрез з позитивним переднім кутом. Фрези фасонні гострозаточені, їх переваги, конструкції, геометрія різальних крайок. Розрахунок профілю. Формування блок-схем для проектування фасонних фрез на ЕОМ.

2.2.5. Інструменти для обробки отворів.

2.2.5.1. Свердла спіральні /гвинтові/ - конструкція, геометрія різальних крайок, методи поліпшення конструктивних, геометричних та експлуатаційних параметрів. Конструктивні особливості окремих видів свердел: свердла твердосплавні, для глибокого свердлування, для кільцевого свердлування, свердла алмазні. Елементи автоматизації проектування свердел.

2.2.5.2. Зенкери. Конструктивні особливості, геометричні параметри; розвертки, їх типи, використання, конструктивні особливості. Різальна та калібруюча частини, їх призначення та визначення конструктивних розмірів; геометричні параметри. Елементи автоматизації

проектування розверток.

Розточні різці, пластини, блоки, головки, їх конструкція, методи кріплення та регулювання, геометричні параметри. Різці для тонкої розточки з різальною частиною з НТМ.

2.2.6. Інструменти для утворення різьб.

2.2.6.1. Різьбові різці та гребінки, їх конструкція.

Метчики, їх види та призначення, умови роботи та елементи конструкції. Особливості конструкції метчиків різних типів: гачкових, машинних, машиноручних, плашечних, маточних, безканавочних, комплектних, твердосплавних. Розподіл роботи різання та розрахунок розмірів різьб комплектних метчиків. Метчики збірної конструкції. Удосконалення конструкцій метчиків.

Круглі плашки, їх конструкція. Різьбові фрези, їх типи. Різьбонарізні головки, призначення, типи, ефективність використання.

2.2.6.2. Різьбонакатні інструменти, їх призначення, переваги, ефективність використання. Конструкція різьбонакатних плашок та роликів. Конструкція різьбонакатних головок.

2.2.7. Інструменти для обробки зубів циліндричних колес.

2.2.7.1. Загальні питання проектування зуборізних інструментів. Типи зуборізних інструментів, їх використання та ефективність. Вихідний контур колеса та інструментальної рейки. Робоча частина профілю зубів колеса, перехідні криві біля основи зубів та їх залежність від конструкції інструменту. Інструменти, які працюють по методу копіювання. Інструменти, які працюють по методу огинання. Головні принципи роботи обкатних інструментів, їх переваги, недоліки, ефективність, якість отриманих деталей. Види обкатних зуборізних інструментів та їх використання.

2.2.7.2. Гребінки зубостругальні, їх типи, конструкція, визначення розмірів профілю зубів, геометричні параметри. Черв'ячні зуборізні фрези. Принцип роботи. Конструкція фрез та визначення конструктивних параметрів - діаметру, довжини, числа та розмірів зубів; напрям канавок; геометричні параметри та форма задніх поверхонь зубів та ін. Методи профілювання. Збірні конструкції фрез, їх ефективність. Шляхи вдосконалення конструкцій черв'ячних фрез. Формування блок-схеми проектування черв'ячних зуборізних фрез на ЕОМ. Черв'ячні фрези для черв'ячних колес, особливості їх роботи; їх конструкція та визначення конструктивних параметрів. Чистові черв'ячні фрези - левери, їх використання та конструкція. Однозубі фрези - літучки.

Зуборізні довбачі, принцип роботи, їх типи. Конструкція, зміна висотної корекції по довжині зубів довбача для утворення задніх кутів; геометричні параметри. Розрахунок довбачів для визначеної пари зубчатих колес та універсального призначення.

Шевери, їх типи, призначення, ефективність, принцип роботи, параметри установки та головні кінематичні співвідношення. Конструкція дискового шевера. Перевірний розрахунок шеверів по умовам їх роботи. Шевери мілкомодульні.

2.2.8. Інструменти для утворення зубів конічних колес.

Плоске та плоско-вершинне колесо, як геометрична основа формоутворення зубів конічного колеса, інструмент та метод обробки. Інструменти для нарізання прямозубих колес. Зубостругальні різці. Фрези та зуборізні головки, їх конструкція, галузь використання та переваги. Кругові протяжки, суть методу, галузь використання. Зуборізні головки для нарізання колес з круговими зубами, суть методу та способи нарізання зубів. Конструкція головок.

2.2.9. Обкатні інструменти для деталей неевольвентного профілю.

Принцип роботи та види інструментів. Типи деталей, оброблюваних обкатними інструментами. Кінематика робочих процесів обробки. Умови формоутворення поверхні методом огинання та можливості обробки деталей. Головні положення визначення профілю різальної окрайки інструменту. Використання ЕОМ для розв'язання задач проектування та оптимізації конструкції інструменту. Черв'ячні фрези для деталей прямолінійного профілю / черв'ячні шліцьові фрези/. Способи визначення профілю зубів фрези - графічні, графоаналітичні, аналітичні та ін. Визначення вихідних даних для проектування. Поняття про конструкцію та розрахунок профілю черв'ячних фрез для деталей фасонного профілю, довбачів для обробки деталей прямолінійного та фасонного профілів, обкатних різцях.

2.2.10. Дискові інструменти для обробки дискових поверхонь деталей.

Види гвинтових поверхонь та умови їх оброблюваності дисковими інструментами. Фрези та шліфувальні круги. Методи профілювання дискового інструменту для обробки гвинтових поверхонь.

Використання ЕОМ для оптимізації конструкції та визначення розмірів профілю інструментів.

2.2.11. Особливості інструментальних систем /забезпечення/ для автоматизованого машинобудування.

Структура та схема інструментального забезпечення відповідно до заданої точності та якості обробки деталей, підвищення економічної швидкості різання та зниження простоїв обладнання через випадкові відкази інструменту. Швидкозмінні інструменти, які налагоджують на розмір зовні верстату. Додаткові вимоги до них. Типові конструкції та їх аналіз.

Методи збільшення стійкості інструменту та підвищення точності утворюваних поверхонь деталі. Механізм автоматичної заміни інструменту та підналадки його робочої частини на розмір. Автоматизація заміни зношених ділянок ріжучої окрайки. Приклади конструктивних рішень та їх ефективність.

Пристрої, для отримання інформації про робочий стан, зношування та поломки інструменту.

Проблема формування стружки та відводу її з робочої зони й від верстату.

Головні види допоміжного оснащення для інструменту насадного, цвехового та призматичного типів.

Підсистема інструментального забезпечення ГАВ, її назва, структура та організація. Задачі САПР інструментів для ГАВ.

2.2.12. Питання раціональної експлуатації різальних інструментів.

Головні вимоги до різальних інструментів при їх експлуатації. Підготовка інструменту до роботи; налагодження на розміри інструментів спеціального призначення. Нагляд за роботою інструменту, станом його працездатності. Заходи по підвищенню працездатності в процесі їх експлуатації, перестановок, заміни робочої ділянки різальної окрайки, доводка, покриття та ін. Відновлення працездатності затупленого інструменту – заточування та доводка. Додаткові роботи при експлуатації інструменту в умовах ГАВ – автоматизація заміни робочих елементів та інструменту в цілому.

Неполадки при експлуатації різальних інструментів та методи їх уникнення.

2.2.13. Загальні положення використання САПР та ЕОМ при проектуванні різальних інструментів.

Склад та структура САПР в інструментальному виробництві. Головні цілі – створення оптимального варіанту конструкції різальних інструментів та прискорення їх проектування. Головні задачі, 'розв'язуємі методом САПР при проектуванні та розрахунку різальних інструментів. Головні положення створення алгоритму для розрахунку різальних інструментів. Функціональні зв'язки конструктивних пара-

метрів з врахуванням їх впливу на умови роботи інструментів в залежності від них. Типові задачі.

РОЗДІЛ 3. МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ ТА ВЕРСТАТНІ КОМПЛЕКСИ.

3.1. Загальні відомості про верстати промислові роботи та верстатні комплекси.

3.1.1. Перспективи розвитку верстатобудування.

Види диференціації до концентрації операцій. Нові технології та прагнення до ресурсозберігаючих технологій. Агрегатно-модульний принцип - основа конструювання верстатів, роботів та верстатних комплексів. Від прецизійних до ультрапрецизійних верстатів. Комплексна автоматизація та роботизація виробництва. Автоматизація проектування верстатів та верстатних комплексів.

3.1.2. Техніко-економічні показники верстатів та верстатних комплексів.

Ефективність. Продуктивність. Надійність. Гнучкість. Точність.

3.1.3. Загальні відомості про систему верстата.

Металорізальний верстат, як машина технологічного призначення. Головні поняття та визначення. Верстатна система - сукупність підсистем: підсистема обробки, підсистема маніпулювання, підсистема управління, підсистема контролю. Функціональні характеристики та типаж верстатів, розмірні ряди та головні параметри. Класифікація верстатів по різним ознакам. Вплив кваліфікаційних параметрів на конструювання.

3.1.4. Формоутворення поверхонь на верстатах.

Класифікація поверхонь деталей. Процес утворення поверхонь. Методи утворення твірних ліній. Узагальнена модель утворення лінійчатих поверхонь. Класифікація рухів у верстатах. Кінематична група та її склад.

3.1.5. Кінематика верстатів.

3.1.5.1. Кінематична структура верстатів та їх класифікація.

3.1.5.2. Способи з'єднання кінематичних груп при загальній виконавчій ланці.

Додавання рухів в універсальних верстатах та верстатах з ЧПУ. Системи для реалізації підсумованих рухів у верстатах. Диференціація рухів у верстатах та системи, які їх реалізують. Прості та диференціальні ланцюги верстату.

3.1.5.3. Кінематичне налагоджування верстатів.

Принципи кінематичного налагоджування, рівняння кінематичного балансу. Способи зміни передавальних відношень кінематичних зв'язків у верстатах з ЧПУ. Системи для реалізації кінематичних зв'язків у верстатах з ЧПУ. Кінематична структура універсального верстату та його налагоджування.

3.1.6. Кінематичні, конструктивні особливості верстатів та їх наладка.

Обладнання для отримання заготовок. Верстати для обробки тіл обертання. Верстати для обробки отворів. Верстати для абразивної обробки. Зуборізньооброблювальні верстати. Верстати для обробки корпусних деталей: фрезерні, агрегатні, багатоопераційні.

3.1.7. Загальні відомості про роботи та роботизовані комплекси.

Промисловий робот - принцип дії та характеристики. Класифікація промислових роботів та маніпуляторів. Склад та структура РТК, роботизовані лінії в механообробці.

3.1.8. Загальні відомості та передумови створення автоматичних верстатних комплексів.

Головні поняття та визначення. Різновиди верстатних комплексів та їх класифікація. Верстатні модулі. Гнучкі верстатні системи. Автоматизовані ділянки.

3.1.9. Автоматичні лінії.

Призначення та область використання. Класифікація автоматичних ліній. Автоматичні лінії з типового обладнання. Автоматичні лінії з агрегатних верстатів. Автоматичні лінії з спеціального обладнання. Роторні автоматичні лінії. Переналагоджуємі автоматичні лінії.

3.2. Конструювання, розрахунок та дослідження верстатів та верстатних комплексів.

3.2.1. Загальні принципи проектування верстатів та верстатних комплексів.

Етапи процесу створення верстату та роль прогнозування. Стадії розробки проектної документації. Етапи проектування. Проектна процедура. Зв'язок конструювання з різними областями знань. Методи конструювання.

3.2.2. Системний підхід до створення верстата, як технічної системи.

Діалектика технічних систем на прикладі верстатів. Системо-техніка та моделі складних систем. Принцип оптимального проектування. Методи пошуку нових технічних розв'язків при проектуванні верстатних систем та їх елементів: системні, асоціативні, алгоритмічні,

функціонально-ціннісний аналіз. Критерії оцінки проектних рішень. Вибір оптимального рішення.

3.2.3. Основи компоновок верстатів та верстатних комплексів.

Структура компоновки: аналіз структури компоновок верстатів та верстатних комплексів, структурні формули – засоби позначення та аналізу компоновок, кількісний аналіз структури компоновок. Модульний принцип компоновки. Аналіз множин та попередній відбір компоновок. Математичні властивості структурних формул компоновок. Компоновочні фактори та характеристики якості компоновок верстатів: характеристики якості компоновок, робоче поле компоновки, характеристики робочого поля компоновки, компоновочні фактори якості та їх кількісні вирази. Загальні питання вибору та оптимізації компоновок. Розробка концепції та принципи компоновки ГВС.

3.2.4. Принципи побудови та компоновка однопозиційних верстатів.

Вибір принципової схеми та типу верстату. Загальні принципи побудови однопозиційних верстатів. Особливості побудови однопозиційних токарних верстатів з ЧПУ. Особливості побудови свердлувальних, розточних та фрезерних верстатів з ЧПУ. Особливості побудови різьбооброблюючих та зубооброблюючих верстатів з ЧПУ. Особливості побудови шліфувальних верстатів з ЧПУ. Особливості побудови самоприспособлюючих верстатів /з адаптивним управлінням/.

3.2.5. Теоретичні основи проектування багатопозиційних верстатів дискретного типу.

Технологічні передумови для створення багатопозиційних верстатів. Теорія агрегування. Структура багатопозиційних верстатів. Оптимізація структурних варіантів багатопозиційних верстатів. Алгоритмізація процесу функціонування верстатів.

3.2.6. Принцип побудови та компоновка багатоопераційних та багатопозиційних верстатів з ЧПУ.

Особливості побудови багатоопераційних верстатів для плоских та корпусних деталей. Особливості побудови багатоопераційних верстатів для тіл обертання. Принципи побудови та розрахунок числа позицій багатопозиційних верстатів з ЧПУ. Компоновка двошпindelних токарних автоматів з ЧПУ. Особливості побудови та компоновка багатошпindelних токарних автоматів з ЧПУ.

3.2.7. Принцип побудови автоматичних ліній.

Продуктивність та надійність автоматичних ліній. Принципи побудови, метод розрахунку та аналізу продуктивності автоматичних ліній. Особливості побудови автоматичних ліній послідовної дії. Особливості побудови автоматичних ліній паралельної дії. Особливості

побудови автоматичних ліній послідовно-паралельної дії. Формування загальної сукупності варіантів побудови автоматичних ліній. Розрахунок числа ділянок автоматичної лінії. Їмкість міжопераційних накопичувачів. Принципи побудови роторних та роторно-конвеєрних автоматичних ліній.

3.2.8. Теоретичні основи проектування гнучких виробничих систем.

Прогресивна організація технологічного процесу, як основа вибору структурних варіантів верстатних комплексів. Критерії оптимізації організаційно-виробничих структур ГВС. Методи моделювання ГВС. Вибір оптимальних структур та головного складу обладнання ГВС. Гнучкі виробничі модулі. Особливості побудови ГВС для виготовлення деталей типу тіл обертання. Особливості побудови ГВС для виготовлення корпусних деталей.

3.2.9. Основи художнього конструювання верстатів.

Виробництво та естетика промислового середовища. Ергономіка верстатів. Художньо-конструкторський аналіз. Гармонізація форми верстату. Дизайн в промисловому верстатобудуванні.

3.2.10. Вибір технічних характеристик верстата.

Обґрунтування та розробка технічних характеристик верстатів.

Технологічна характеристика. Розмірна характеристика. Кінематична характеристика. Силова характеристика. Баланс потужності. Динамічна характеристика.

3.2.11. Проектування приводу головного руху верстатів.

Вибір структури та типу приводу верстату. Перерозподіл навантажень в приводі. Вибір параметрів асинхронного короткозамкнутого нерегульованого приводу головного руху. Вибір регульованого двигуна постійного струму для приводу головного руху. Кінематика та структура приводу зі ступінчатою зміною швидкості. Графоаналітичний метод кінематичного розрахунку приводів зі ступінчастим регулюванням, розрахунок числа зубів колес. Кінематичні структури з багатшвидкісним електродвигуном. Методика розробки кінематики зі складеною та змінною структурами. Проектування кінематичної структури зі зв'язаними колесами. Розрахунки приводу з комбінованим регулюванням частот. Рекомендації по проектуванню коробок швидкостей.

3.2.12. Конструювання та розрахунок шпиндельних вузлів.

Головні проектні критерії конструкції шпиндельних вузлів та особливості їх проектування. Опори шпинделів. Розрахунок шпиндельного вузла на опорах кочення. Розрахунок шпиндельного вузла з гідростатичними та гідродинамічними опорами. Особливості конструювання та розрахунку шпиндельних вузлів на аеростатичних опорах. Конструювання та розрахунок планшайб та люнетів.

3.2.13. Проектування приводу подач та допоміжних рухів верстата.

Головні проектні критерії. Структура приводу подач та допоміжних рухів. Головні залежності для розрахунку приводу. Вибір параметрів асинхронного приводу подач. Вибір регульованого двигуна постійного струму для приводу подач та допоміжних рухів. Рекомендації по проектуванню приводів подач. Конструювання та розрахунок тягових механізмів та пристрій приводів подач. Передача гвинт-гайка кочення та їх розрахунок. Приводи мікропереміщень.

3.2.14. Конструювання та розрахунок базових деталей та направляючих.

Призначення та конструктивні форми базових деталей. Розрахунок базових деталей. Конструкції направляючих. Розрахунок направляючих ковзання. Розрахунок направляючих кочення. Розрахунок гідростатичних та гідродинамічних направляючих.

3.2.15. Введення в динаміку верстатів.

3.2.15.1. Показники динамічної якості верстата як елемент технологічної системи механічної обробки.

3.2.15.2. Замкнута динамічна система верстата та її моделювання.

3.2.15.3. Складання диференціальних рівнянь динаміки пружної динамічної системи верстату та їх дослідження. Вимушені коливання в верстатах. Автоколивальні процеси в замкнутій динамічній системі верстату. Конструктивні методи підвищення стійкості системи верстату та їх реалізація. Управління стійкістю замкнутої динамічної системи верстата. Динаміка електромеханічного приводу подач. Розрахунок динамічних характеристик шпиндельних вузлів. Динаміка механізмів допоміжних рухів.

3.2.15.4. Експериментальні методи дослідження динамічних характеристик верстатів. Визначення чистотних характеристик верстата. Виміри перехідних процесів у верстатах.

3.2.16. Основи проектування механізмів допоміжних рухів у верстатах.

Типові механізми та пристрої допоміжних рухів. Характеристики швидкодії механізмів допоміжних рухів. Розрахунок точності кінцевих положень органів при холостому ході. Конструювання механізмів автоматичної подачі прутка. Загальні принципи конструювання механізмів автоматичного затиску заготовок, інструментів та робочих органів. Конструювання та головні характеристики затискних патронів. Конструювання та головні характеристики приводів затиску. Розраху-

нок характеристик затиску та методи їх стабілізації. Принципи створення самоналагоджувальних, швидкопереналагоджувальних, широкодіапазонних та багатофункціональних затискних механізмів. Конструювання та особливості розрахунку механізмів автоматичного затиску робочих органів. Конструювання та розрахунок механізмів періодичного повороту робочих органів. Конструювання та розрахунок механізмів фіксації робочих органів. Запобіжні механізми верстатів. Механізми врізання та виводу ріжучого інструменту. Схеми зміни інструменту на верстатах з ЧПУ. Механізми та пристрої для автоматичної зміни ріжучого інструменту. Типи інструментальних . Кодування інструментального оснащення на верстатах з ЧПУ.

3.2.17. Дослідження та випробування верстатів.

Головні види випробування верстатів, норми точності та жорсткості. Виділення головних факторів. Ідентифікація статичних і динамічних об'єктів. Натурний та машинний експеримент. Етапи експериментального дослідження. Активні та пасивні методи експериментальних досліджень. Методики випробувань верстатів різного призначення.

3.2.18. Експлуатація та ремонт верстатів та верстатних комплексів.

Правила експлуатації верстатів. Особливості експлуатації автоматичних ліній та верстатних комплексів. Організація ремонту. Зношування, способи викриття дефектів та оновлення деталей. Модернізація верстатів. Методика техніко-економічної оцінки верстатів та верстатних комплексів.

3.3. Конструювання та розрахунок промислових роботів та маніпуляторів.

3.3.1. Особливості конструкцій, кінематика та характеристики промислових роботів.

Загальна характеристика роботів. Промислові роботи агрегатно-модульного типу. Кінематичні схеми маніпуляторів та методики їх проектування. Кінематичний аналіз та головні показники рухових можливостей. Динаміка маніпуляторів. Робочі органи промислових роботів та їх розрахунок. Точність позиціонування промислових роботів. Транспортно-накопичувальні пристрої та системи ГВС.

3.3.2. Конструювання та розрахунок пристроїв автоматичного маніпулювання.

Конструювання та розрахунок пристроїв автоматичної зміни заготовок. Конструювання та розрахунок пристроїв автоматичної зміни інструменту. Конструювання та розрахунок пристроїв автоматичної зміни

робочих органів /столів, планшайб, шпіндельних вузлів, багатошпіндельних головок/. Конструювання та розрахунок механізмів та пристроїв автоматичної зміни захватних органів промислових роботів та маніпуляторів. Конструювання та розрахунок пристроїв автоматичної зміни затискних патронів та їх елементів.

3.3.3. Приводи промислових роботів.

Класифікація приводів. Пневматичний привід та його розрахунок. Гідравлічний привід та його розрахунок. Електромеханічний привід та його розрахунок. Зрівняльні характеристики приводів.

3.3.4. Налагодження, випробування та експлуатація роботів та РТК.

Налагодження роботів. Налагодження РТК. Випробування промислових роботів. Надійність промислових роботів та РТК.

3.3.5. Перспективи розвитку промислових роботів та РТК.

Технологічні та багатофункціональні роботи. Адаптивні роботи. Роботи з штучним інтелектом. Економічна ефективність використання промислових роботів та РТК.

3.4. Управління верстатами, промисловими роботами та верстатними комплексами.

3.4.1. Загальні принципи вибору та розробки системи управління верстатом.

Загальні принципи побудови пристрою управління. Пристрої циклового програмного управління. Пристрої з ЧПУ: принципи побудови пристроїв ЧПУ, системи автоматизованого програмування, особливості проектування пристроїв ЧПУ для головних типів верстатів. Синтез позиційних пристроїв ЧПУ. Синтез контурних пристроїв ЧПУ. Системи управління регульованими приводами в верстатах з ЧПУ.

3.4.2. Оперативні пристрої ЧПУ.

Функціональні можливості. Системи команд оперативних пристроїв ЧПУ, структура пам'яті. Програмне забезпечення: системне та прикладне. Засоби відладки та редагування управляючих програм. Особливості налагоджування верстатів з оперативними пристроями ЧПУ.

3.4.3. Пристрої управління роботами.

Класифікація пристроїв управління. Циклові пристрої управління. Пристрої числового програмного управління. Групове управління роботами. Мікропроцесорні пристрої управління. Програмування промислових роботів.

3.4.4. Управління верстатними комплексами.

Ієрархічна структура системи управління та її функції. Комплекси технічних засобів систем управління. Програмне забезпечення сис-

тем управління верстатними комплексами.

3.4.5. Діагностика технічної системи верстата.

Методи діагностики. Прогнозування втрат працездатного стану верстата та верстатного комплексу. Методи підвищення надійності верстатів з ЧПУ, промислових роботів та верстатних комплексів. Контрольовиміржувальне обладнання ГВС. Проблема ефективності та перспективи розвитку верстатів з ЧПУ і ГВС.

3.5. Автоматизація проектування верстатів.

3.5.1. Роль та місце обчислювальної техніки в процесі проектування.

Блочно-ієрархічний підхід до проектування. Структура та параметри проектованого об'єкту.

3.5.2. Загальні відомості про САПР верстатів.

Принципи створення САПР. Ціль створення САПР. Склад САПР. Головні принципи побудови САПР. Стадії створення САПР.

3.5.3. Оптимізація технічних рішень в САПР.

Допустимі проектні рішення. Проектні критерії, умови функції. Структура та параметрична оптимізація. Постановка задачі оптимізації. Лінійне програмування в задачах оптимізації верстатних систем. Оптимізація верстатів та механізмів методом нелінійного програмування. Оптимізація верстатів та верстатних систем методом динамічного програмування.

3.5.4. Ідеологія та можливості САПР.

Схема процесу автоматизованого проектування. Програмне забезпечення САПР. Специфіка інформаційного забезпечення САПР. Приклади автоматизованого конструювання верстатів та верстатних вузлів. Задачі та моделі конструкторського проектування верстатів. Автоматизація пошукового конструювання верстатів. Характеристика сучасних САПР верстатів та верстатних комплексів. Автоматизоване проектування структурних схем верстатів методом надрвлених графів. Ефективність та перспективи розвитку САПР верстатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Н. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1967. - 232 с.

2. Волкевич Л.Н., Кузнецов М.М., Усов Б.А. Автоматы и автоматические линии. Учеб. пособие в 2-х частях. М.: - Высшая школа, 1979. - 336 с.

3. Гибкие производственные комплексы /Под ред. П.Н. Белянина и В.А.Лещенко/ М.: Машиностроение, 1984. - 384 с.
4. Грановский Т.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. - 304 с.
5. Иноземцев Г.Г. Проектирование режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1984.
6. Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ: Учеб. пособие. - К.: Вища школа. 1991.
7. Кузнецов Ю.Н., Срибный Л.Н. Повышение эффективности токарных автоматов. - К.: Техника, 1989.
8. Лашнев С.И., Юликов М.И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ. М.: Машиностроение, 1975.
9. Марков А.И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов. М.: Машиностроение, 1986. - 383 с.
10. Металлорежущие станки /Учебник/. Под ред. В.Э.Пуша. М.: Машиностроение, 1986. - 586 с.
11. Металлорежущие станки и автоматы /Учебник/. Под ред. А.С.Пронникова. М.: Машиностроение, 1981. - 479 с.
12. Металлообрабатывающие системы машиностроительных производств. Под ред. Г.Г.Земскова и О.В.Тартанова. - М.: Высшая школа, 1988. - 464 с.
13. Орликов М.Л. Динамика станков. Учеб. пособие. К.: Вища школа.
14. Орликов М.Л., Кузнецов Ю.Н. Проектирование зажимных механизмов автоматизированных станков. - М.: Машиностроение, 1977.
15. Орликов М.Л. Механизмы вспомогательных движений автоматизированных станков. - К.: Техніка, 1985.
16. Остафьев В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента. - М.: Машиностроение, 1979. - 168 с.
17. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. М.: Высшая школа, 1974. - 590 с.
18. Подураев В.Н., Камалов В.С. Физико-химические методы обработки. М.: Машиностроение, 1973. - 344 с.
19. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М.: Машиностроение, 1977. - 394 с.
20. Пронников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.
21. Программное управление станками /Учебник/. Под ред. В.Л.Сосонкина. М.: Машиностроение, 1981. - 398 с.
22. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработ-

ни материалов. М.: Машиностроение, 1981. - 279 с.

23. Родін П.Р. Металлорежущие инструменты. К.: Вища школа, 1986. - 455 с.

24. Родін П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. К.: Вища школа, 1990. - 424 с.

25. Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. та ін. Металорізальні інструменти. Ч.І.К. К.: НМН ВО, 1992. - 225 с.

26. Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. та ін. Металорізальні інструменти. Ч.ІІ.К. К.: НМН ВО, 1993. - 177 с.

27. Родін П.Р., Равська Н.С. та ін. Різальний інструмент у прикладах і задачах. К.: Вища школа, 1994. - 293 с.

28. Самонастраивающиеся зажимные механизмы. Справочник: Под ред. Ю.Н.Кузнецова /Кузнецов Ю.Н., Вацев А.А., Сяров С.П., Циргенов С.М./. К.: Техніка - Софія: Гос. изд-во Техника, 1986.

29. Станки с ЧПУ /специализированные/. Под ред. В.А. Лещенко. М.: Машиностроение, 1979. - 592 с.

30. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. М.: Машиностроение, 1979. - 152 с.

31. Сильну Г.А. Роботы с искусственным интеллектом. К.: Техніка, 1989. - 110 с.

32. Старков В.К. Управление стабильностью и качеством обработки резанием в автоматизированном производстве. М.: Машиностроение, 1989.

33. Эксплуатация многоцелевых станков /Федоренко И.Г., Кур Н.С., Давыгора В.Н. и др. Под ред. В.А.Федорца/. К.: Техніка, 1988.