

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО


Вченою радою ВНТУ

протокол № 5

від «19» грудня 2017 р.

професор з наукової роботи



 С. В. Павлов

**ПРОГРАМА**

вступного іспиту до аспірантури за спеціальністю

131 – прикладна механіка

галузь знань 13 – механічна інженерія

Розглянуто і схвалено

Секцією Науково-технічної ради ВНТУ

протокол № 1

від «25» жовтня 2017 р.

голова секції НТР



О. В. Грушко

Вінниця 2017

## Частина 1

### 1. ВСТУП

Роль машин в підвищенні продуктивності праці. Ведуча роль машинобудування серед других галузей матеріального виробництва. Короткі відомості з історії машинобудування. Основні напрямки розвитку машинобудування в Україні. Класифікація деталей машин. Розвиток теорії деталей машин. Роль вітчизняних вчених.

### 2. ДИНАМІКА, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ МАШИН

2.1. Динаміка машин Корисне навантаження. Розподіл навантаження за часом. Способи експериментального вивчення розділу навантажень. Динамічні навантаження, які виникають при роботі деталей машин. Коливання лінійних систем, вільні та вимушені коливання. Параметричні коливання та автоколивання.

2.2. Надійність машин. Основні положення та показники надійності. Залежності. Статичний контроль надійності та довговічності. Технічна діагностика. Імовірнісні методи розрахунків машин, шляхи підвищення надійності деталей та вузлів машин.

### 3. МІЦНІСТЬ ТА ЖОРСТКІСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Шляхи підвищення міцності. Оптимізація форм. Зміцнення деталей машин. Розрахунок пружних переміщень. Основні напрямки підвищення жорсткості.

Контактні напруження. Контактна жорсткість. Жорсткості та коливання деталей машин.

### 4. ТЕРТЯ ТА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

Види тертя та знос. Геометричні характеристики поверхонь та площин дотику. Сухе тертя, граничне тертя. Рідинне, газорідинне та газове тертя.

5. ВИБІР МАТЕРІАЛІВ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ Термічні, хіміко-термічні, механічні, термомеханічні методи зміцнення матеріалів. Нові матеріали та перспективи їх використання. Система стандартів. Типізація та уніфікація деталей машин. Агрегування машин. Взаємозамінність. Допуски та посадки.

### 6. З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Класифікація з'єднання стержнів, листів, валів, труб, корпусних деталей. З'єднання роз'ємні та нероз'ємні. Фрикційні та не фрикційні (зачеплення).

6.1. Постійні з'єднання Зварні з'єднання та їх роль в машинобудуванні. Види зварки (термічна, термомеханічна та механічна). Види з'єднання та швів. Концентрація напружень. Залишкові напруження та деформації. Розрахунок на міцність зварник з'єднань при сталих та змінних навантаженнях. Допустимі напруження та запаси міцності.

6.2. З'єднання деталей з натягом Пресові насадки та область їх використання в машинобудуванні. Несуча здібність циліндричних напружених з'єднань.

6.3. Різьбові з'єднання Класифікація різьбових з'єднань та різьб. Основні параметри різьб, гвинтів та гайок. Матеріали для їх виготовлення. Силкові залежності в різьбі. Моменти тертя на опірній поверхні гайки. Самогальмування, коефіцієнт корисної дії гвинтової пари. Розрахунок гвинта та елементів різьби.

6.4. Шпоночні, зубчасті, профільні та штифтові з'єднання Основні типи та області їх використання. Способи центрування. Стандарти. Концентрація навантаження. Розрахунок несучої здібності. Кулькові шліцові з'єднання.

### 7. ПЕРЕДАЧІ

Призначення та роль передач в машинах. Класифікація механічних передач за принципом передачі та перетворення руху, а також характеру силового замикання, ланки.

7.1. Пасові передачі Загальні відомості на основі характеристик. Области використання. Різноманітність пасових передач. Конструкція пасів та шківів. Геометрія і кінематика пасових передач. Теорія пасових передач. Роботи Л. Ейлера, Н.П.Петрова, М.Е. Жуковського в цій галузі.

7.2. Фрикційні передачі та варіатори Принцип дії та класифікація. Область використання. теорія роботи нерегульованих та регульованих фрикційних передач. Конструкції передач.

7.3. зубчасті передачі. Загальні відомості. Класифікація та область використання зубчастих передач. Види зубчастих зачеплень (евольвенті, циклоїдальні, кругогвинтові). Основні параметри евольвентного зачеплення. Основні типи редукторів. Стандарти та основні параметри. Планетарні зубчасті передачі. Особливості їх геометрії та кінематики.

7.4. Черв'ячні передачі. Загальні відомості. Область використання. Класифікація. Геометрія та кінематика. Конструкція черв'ячних редукторів. Змащування. Глобоїдні передачі.

7.5. Передачі гвинт-гайка. Призначення та область використання. Передачі гвинт-гайка з різьбою ковзання. Типи різьб. Основи розрахунку на ЕОМ різьби гвинта та гайки. Передачі гвинт-гайка з різьбою кочення. Конструкція.

7.6. Ланцюгові передачі. Класифікація та конструкція ланцюгових передач. Область використання та конструкція ланцюгів.

7.7. Вісі, вали. Класифікація осей та валів. Конструкція, матеріали для виготовлення. Визначення розрахункових навантажень та розрахункових схем. Розрахунок валів на міцність.

## 8. МУФТИ

Призначення та класифікація. Основне навантаження. Вантажоздатність. Глухі муфти. Втулочні та фланцеві конструкції та розрахункові схеми. Пружні муфти, роботи їх при змінних та ударних навантаженнях. Демпфуюча здібність, конструкція та розрахунок. Жорсткі компенсуючі муфти. зубчасті, кулачководискові, ланцюгові, шарнірні. Вибір муфт за стандартами.

## 9. ПІДШИПНИКИ ТА НАПРАВЛЯЮЧІ

9.1. Підшипники ковзання. Загальні відомості. Призначення та устаткування, класифікація. Матеріали для підшипників: біметалічні та композитні вкладиші. Режими роботи підшипників ковзання.

9.2. Підшипники кочення. Загальні відомості, класифікація. Система умовних позначень. Механіка руху елементів. Матеріали для кілець та тіл кочення. Критерії працездатності. Розрахункове навантаження при визначенні статичної та динамічної вантажопідйомності.

9.3. Направляючі, загальні відомості. Класифікація. Конструкції та матеріали для виготовлення. Направляючі ковзання. Направляючі кочення. Захисне обладнання.

## 10. ДЕТАЛІ КОРПУСІВ

Загальна характеристика деталей корпусів. Критерії визначення оптимальних форм перерізів, ребер та перегородок.

## 11. МАСТИЛЬНІ СИСТЕМИ ТА УСТАТКУВАННЯ

Призначення, структура та класифікація систем. Мастильні матеріали. Спосіб подачі їх в змащувальні вузли. Типові конструкції пристроїв для контролю подачі очистки та охолодження мастильних матеріалів. Розрахунок мастильних систем.

## 12. ПРУЖИНИ

Загальні відомості, призначення та класифікації. Галузь використання. Гвинтові циліндричні пружини розтягування та стиснення. Конструкція та основні геометричні параметри. Матеріали пружин. Допустимі напруження. Розрахунок пружин. Спиральні пружини. Пружини кручення, тарілчасті, фасонні. Поняття про ресори.

## 13. ОПТИМАЛЬНЕ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ МАШИН

Оптимізація параметрів деталей та вузлів. Вибір оптимальних параметрів. Стадії проектування. Автоматизоване проектування. Запровадження евристичних методів конструювання. Діалоговий режим між конструктором та ЕОМ. Структура та технічна основи САПР. Принципи побудови САПР.

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(до частини 1)

1. Решетов Д.Н. Детали машин. -М.Машиностроение, 1984.
2. Решетов Д.Н. Работоспособность и надежность деталей машин. -М.: Высшая школа, 1974.
3. Заблонский К.И. Детали машин. -К.: Высшая школа. 1985.
4. Кудрявцев В.М. Детали машин. -Л.: Машиностроение, 1980.
5. Иванов М.Н. Детали машин. -М.: Высшая школа, 1984.
6. Иосилевич Г.Б. Детали машин. -М.Машиностроение, 1988.
7. Заблонский К.И. Основы проектирования машин. -К.: Высшая школа, 1981.
8. Иванов М.Н. Волновые зубчатые передачи. -М.: Высшая школа, 1981.
9. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. -М.: Высшая школа, 1978.
10. Воскресенский В.А., Дьяков В.И. Расчет и проектирование опор скольжения.
11. Комисар А.Г. Уплотнительные устройства опор качения. Справочник. -М. Машиностроение. 1980.
12. Фролов К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения.-М. Машиностроение. 1984.
13. Левитский Н.И. Колебания в механизмах. -М.: Наука. 1989.
14. Системи автоматизованого проектування. Типове елементи, методи і процеси. Д.А. Аветисян, І.А. Башмаков, В.И. Геменгер і др.-М.: Изд-во стандартов, 1985.
15. Расчет деталей машин на ЭВМ /Под ред. Д.Н. Решетова. С.А. Шувалова. В.О. Дудко.-М.: Высшая школа. 1980.

## Частина 2

### 1. ПРИВОДИ ТА СИСТЕМИ ПРИВОДІВ

1.1. Приводи та системи приводів в машинах та засобах автоматизації. Загальні проблеми машинознавства у напрямку створення систем приводів, як ланок передавально-підсилюючих і виконавчих механізмів та пристроїв. Привод як складова частина робочої машини. Основні вимоги, характеристики. Класифікація приводів. Структура та складові елементи.

1.2. Типи приводів за видом енергоносія. Області застосування. Порівняльні характеристики гідравлічних, пневматичних та електричних приводів, окремих вузлів та деталей. Області застосування. Гідравлічні, пневматичні, електричні, комбіновані приводи: класифікація, схеми, складові елементи, основні характеристики, області застосування.

1.3. Типи приводів за принципом дії. області застосування. Електронно-механічні приводи, приводи з програмованим керуванням, слідкуючі та цифрові приводи, координатні вісі.

1.4. Гідродинамічні та об'ємні передачі. Гідродинамічні передачі. Принципи побудови. Схеми, складові елементи та характеристики, області застосування. Об'ємні гідропередачі. Основні схеми. Автоматичне регулювання гідропередач в режимі постійної потужності. Конструкція регуляторів насосів. Характеристики.

1.5. Управління в системах приводів. Способи управління в гідравлічних системах автоматичного керування. Принципи керування (по похибці, по збуренню, комбінований, інші.), зворотній зв'язок, засоби реалізації, порівняльні характеристики. Циклові системи

керування ( системи управління по шляху, по тиску, по часу), гідравлічні системи автоматичного керування.

## 2. СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ

2.1. Типові схеми та конструкції основних елементів. Схеми та конструкції гідравлічних приводів, схеми та конструкції електричних приводів, схеми та конструкції пневматичних приводів, будова систем, енергопостачання, керування, контроль, функціонування, складові елементи, особливості застосування.

2.2. Способи регулювання швидкості руху вихідної ланки. Гідроприводи з дросельним регулюванням швидкості. Гідроприводи з об'ємним регулюванням швидкості. Гідроприводи з струменевим та імпульсним регулюванням швидкості. Системи з керуванням по навантаженню. Комбіновані системи приводів.

2.3. Електрогідравлічні приводи. Гідравлічні та електрогідравлічні слідкуючі приводи. Електрогідравлічні приводи з широтно-імпульсним управлінням. Гідравлічні приводи та пристрої з пропорційним керуванням. Основні схеми, характеристики, область застосування.

2.4. Гідроімпульсні приводи. Гідравлічні дискретні приводи. Дискретні регулятори швидкості, положення. Крокові гідродвигуни та приводи. Синхронізація руху виконавчих органів гідропривода. Основні схеми, області застосування.

2.5. Пневматичні приводи. Пневматичні приводи, приводи та пристрої з пневматичним керуванням, приводи та пристрої з пропорційним керуванням. Основні схеми, засоби енергопостачання, керування, контролю, виконавчі пристрої, області застосування.

## 3. ЕЛЕМЕНТИ ТА ПРИСТРОЇ СИСТЕМ ПРИВОДІВ

3.1. Ущільнення рухомих та нерухомих з'єднань гідропневмоприводів. Ущільнення в гідравлічних та пневматичних циліндрах, об'ємних машинах, пневматичних клапанах, гідравлічних клапанах, гідравлічних лініях. основні схеми, класифікація, характеристики, області застосування.

3.2. Об'ємні гідравлічні машини. Гідравлічні насоси, мотори, циліндри. Принцип дії, кратність, реверсивність, машини зворотної дії, потужність, момент, витрата, тиск, робочий об'єм. Основні схеми, класифікація, характеристики, області застосування.

3.3. Гідравлічні клапани, клапани тиску, напрямку та витрати, багатоходові та двоходові. Розподільні клапани та пристрої гідроприводів. Основні схеми, принцип дії, характеристики.

3.4. Гідравлічні дроселі. Регульовані, постійні та змінні дроселі. Принцип дії. Ламінарні та турбулентні дроселі, коефіцієнти опору та витрат. основні схеми та характеристики. Сили, що діють на регулюючі органи.

3.5. Гідравлічні та електрогідравлічні підсилювачі. Підсилювачі: золотникові, "сопло-заслінка", "струнна трубка", одно- та багатоступеневі, зовнішній та внутрішній зворотній зв'язок. Характеристики, схеми, області застосування. Електрогідравлічні засоби контролю, керування, обробки та узгодження сигналів.

3.6. Пневматичні виконавчі пристрої поступового та ротаційного типу. Основні схеми, класифікація, конструкції, характеристики, області застосування. 3.7. Системи підготовки повітря для пневмоприводів. Блоки підготовки повітря, компресори, ресивери, фільтри, маслорозпилювачі, редуційні клапани, пневматичні лінії. Автоматичні системи газопостачання. Типові схеми, особливості застосування.

3.8. Технічні засоби пневмоавтоматики. Пневматичні клапани та дроселі. Розподільні клапани та пристрої пневмоприводів. Допоміжні технічні засоби пневмоавтоматики. Пневматичні вакуумні пристрої. комбіновані пневмо-гідравлічні пристрої. Пневматичні острови. Призначення, принцип дії, склад, конструктивне виконання, характеристики.

3.9. Технічні засоби електропневмоавтоматики. Електропневматичні засоби контролю, керування, обробки та узгодження сигналів. Пристрої з пропорційним керуванням. Промислові комп'ютери, контролери, компаратори, сенсори в системах керування приводів. Призначення, принцип дії. типові схеми, область застосування.

3.10. Струменеві елементи систем приводів. Реалізація логічних функцій на струменевих гідравлічних елементах. Реалізація логічних функцій на струменевих пневматичних елементах. Основні характеристики, типові схеми, область застосування.

#### 4. ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДІВ І ПРИСТРОЇВ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, РОБОЧІ ПРОЦЕСИ

4.1. Функціонування приводу. Перехідні процеси в гідравлічних, електричних, пневматичних приводах. Пуск, гальмування, реверс. Енергетика роботи приводу. Способи регулювання швидкості рухомої ланки приводів. Основні схеми, діапазони регулювання, енергетичні показники. Індикаторні діаграми гідромашин. Засоби покращання робочих процесів. Боротьба з пульсацією, шумом.

4.2. Функціонування приводу з електронним керуванням. Узгодження процесів функціонування виконавчих пристроїв, засобів контролю і керування систем приводів, зокрема мехатронних систем, механіко-електроінних модулів, контролерів, сенсорів, інтелектуальних систем керування. Особливості спільного використання елементів з різним типом енергоносія.

4.3. Робочі рідини гідравлічних приводів. Характеристики робочих рідин, зокрема, реологічні, деформативні та експлуатаційні характеристики рідин та газів. Мінеральні та синтетичні рідини, рідини на основі води. Вплив властивостей рідин на характеристики приводу. Передача енергії та інформації потоком рідини чи газу. Основні характеристики, вплив умов експлуатації на вибір рідин.

4.4. Процеси у приводі та в його елементах під час використання. Процеси у рідинах, газах, твердих тілах елементів конструкцій, еластичних елементах, електричних та магнітних полях. Трибологічні характеристики рухомих з'єднань, нелінійні пружно-дисипативні властивості елементів та деталей приводів, визначення особливостей їх напружено-деформованого стану.

4.5. Експериментальне дослідження приводів. Об'єкт, цілі та задачі експериментального дослідження. Планування, методика проведення експерименту. Вибір та налагодження експериментального обладнання. Обробка результатів експерименту.

4.6. Дослідження процесів, пов'язаних з експлуатацією систем приводів, що відбуваються під час експлуатації приводів, їх часові, енергетичні та параметричні характеристики. Діагностика обладнання системи приводів, визначення екологічних і ергономічних показників.

#### 5. МОДЕЛЮВАННЯ І РОЗРАХУНКИ ПРИВОДІВ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

5.1. Основні розрахунки приводів та їх елементів. Методики кінематичних, енергетичних, динамічних розрахунків параметрів та показників приводів, в тому числі оптимізація параметрів, структури та процесів функціонування приводів. Основні закономірності дії систем та пристроїв та їх використання при розрахунках. Методи обчислення показників якості приводу: сталості, швидкодії та точності.

5.2. Фізичне та математичне моделювання систем приводів. Мета та основні задачі моделювання приводів та їх елементів. Модельний імітаційний експеримент та моделювання, використання спеціальних програмних продуктів для реалізації математичних моделей. Особливості моделювання гідравлічних, пневматичних, механічних та електричних складових систем приводів.

5.3. Типи математичних моделей приводів. Різновиди моделей та особливості їх використання: л і н і й н і, нелінійні, алгебраїчні, диференційні, алгебро-диференційні, стохастичні та детерміновані, стаціонарні та нестаціонарні, імітаційні та логіко-функціональні. Математичні моделі приводів у зосереджених та розподілених параметрах, моделі систем за модульним принципом, моделювання у кінцевих різницях.

5.4. Моделювання функціонування елементів гідроприводу. Математична модель гідролінії у розподілених та концентрованих параметрах. Математичні моделі гідравлічних ємкостей з одно- та двофазною рідиною. Математичні моделі гідродинамічних сил на

регулюючих органах. Математичні моделі регульованих золотникових дроселів. Математичні моделі сил тертя в з'єднаннях що рухаються.

5.5. Основні характеристики приводів. Статичні, частотні та перехідні характеристики. Принципи їх обчислення. Методи обчислення перехідної характеристики приводу або елемента. Методи обчислення статичних характеристик приводу або елемента.

5.6. Моделювання дії гідроприводу Математична модель гідроциліндра. Математична модель гідромотора. Математичні моделі клапанів керування тиском (запобіжних та редуційних). Представлення гідравлічного слідкуючого приводу у вигляді структурної схеми з передаточними функціями. Представлення гідравлічного слідкуючого приводу у вигляді модульної моделі (системи з циклічними функціями).

5.7. Моделювання дії пневмоприводу та його елементів. Математична модель камери пневмоциліндра із змінною масою газу. Математична моделі, пневматичного дроселю. Методика обчислення динаміки пневматичного виконавчого пристрою. Основні методи чисельного інтегрування диференційних рівнянь, що описують рух приводів.

5.8. Моделювання дії електронно-механічного приводу. Математична модель електронно-механічних приводів з гідравлічним чи пневматичним виконавчим пристроєм.

## 6. ПРОЕКТУВАННЯ, СИНТЕЗ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИСТЕМ ПРИВОДІВ

6.1. Основні задачі та методики проектування систем приводів. Проектування систем приводів та їх елементів, включно з методами комп'ютерного проектування. Основні алгоритми для розрахунку статичних моделей приводів. Компонентні рівняння та рівняння зв'язку. Стандартні форми моделей. Проектування нових приводів, апаратів контролю і управління, що передають та перетворюють енергію, порівняльний аналіз та оцінка ефективності устаткування.

6.2. Структура та склад системи приводів. Системний аналіз, кінематичний та динамічний синтез систем приводів та їх елементів, теоретичні та експериментальні методи системного аналізу та синтезу систем приводів.

6.3. Автоматизоване проектування приводів та систем. Основні задачі та підходи САПР. Програмне та технічне забезпечення. Об'єктно-орієнтований підхід, функціональний підхід, модульний підхід, етапи проектування, особливості проектування електронно-механічних систем та пристроїв. Проектування приводів з оптимальними параметрами. Методики та етапи вирішення задачі оптимізації.

6.4. Математична логіка в задачах побудови систем приводів. Гідравлічні, пневматичні, електрорелейні, електронні та алгоритмічні засоби реалізації логічних виразів та елементів логіки в системах приводів.

6.5. Синтез циклових систем управління приводом. Типи систем управління (по способу управління: централізоване, модульне, путьове, за часом, комбіноване). Синтез одноктактних дискретних систем. Синтез систем керування кількома виконавчими пристроями. Засоби мінімізації схем дискретних автоматів. Синтез багатотактних систем. Багатотактна система управління: логічний багатополіусник. крокова діаграма, функціональний граф, циклограма. Умови коректної роботи системи.

6.6. Синтез управління системою приводів асинхронної дії. Синтез багатоприводних асинхронних систем. Логіка конвеєрної системи, логіка системи з гнучким алгоритмом. Синтез багатоелементних систем з модульною будовою. Достатні і необхідні логічні умови роботи системи. Побудова схемного рішення, складання алгоритму керування.

6.7. Виготовлення та експлуатація пристроїв приводу. Виготовлення та експлуатація гідроприводів та їх елементів. Виготовлення та експлуатація пневмоприводів та їх елементів. Дослідження технологічних проблем виготовлення та складання гідравлічних пристроїв керування, пов'язаних із специфікою їх роботи. Дослідження технологічних проблем виготовлення та складання систем пневмоприводів, пов'язаних із специфікою їх роботи.

6.8. Пусконаладжувальні роботи з системами приводів. Складання, налагодження устаткування, пуск систем гідро- та пневмоприводів. Основні етапи, методики раціонального підключення, заходи безпеки. Особливості експлуатації насосних агрегатів систем

гідроприводу. Режими індивідуального та автоматичного керування, одиничного та безперервного циклу, паузи, аварійної зупинки, крокового відпрацювання.

6.9. Надійність гідроприводів. Основні поняття, показники надійності та методи їх отримання. Статистичні оцінки надійності. Методи підвищення надійності. Моделювання пусконаладжувальних робіт та визначення екстремальних режимів використання. Випробування систем гідроприводу та окремих елементів: основні характеристики, їх визначення, трактування результатів випробувань.

6.10. Надійність пневмоприводів. Основні поняття, показники надійності та методи їх отримання. Статистичні оцінки надійності. Методи підвищення надійності. Випробування систем пневмоприводу та окремих елементів: основні характеристики, їх визначення, трактування результатів випробувань.

6.11. Енергетична та експлуатаційна ефективність систем приводів. Енергетичні показники систем приводів, окремих пристроїв, типових схем. Коефіцієнт корисної дії і методи його обчислення. Експлуатаційні показники систем приводів, методики їх визначення. Технічна діагностика приводів. Методи і засоби технічної діагностики та їх роль у підвищенні надійності та ефективності систем.

6.12. Складові елементи, принцип будови, інформаційна складова, алгоритми керування, характеристики, особливості використання. Безперервні та дискретні системи приводів. Методи дискретизації. Приводи з релейним, імпульсним та числовим управлінням.

6.13. Організація архітектури сучасних мікропроцесорів та мікроконтролерів. Типи пам'яті мікропроцесорних пристроїв. Системи команд мікропроцесорних пристроїв. Розробка алгоритмів та програм керування неприривними та дискретними об'єктами. Типи зворотних зв'язків та типи регуляторів. Особливості регулювання в залежності від типу двигунів, які застосовуються.

6.14. Керування приводами в режимі реального часу. Датчики тиску, витрати, температури. Стандартні сигнали керування. Дискретизація сигналів. Перетворення аналогових та цифрових сигналів. Обробка інформації від датчиків. Фільтрація сигналів. Масштабування сигналів. Аналогові регулятори, PID-регулятори, адаптивні регулятори.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(до частини 2)

1. Абрамов В.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода (справочник).- К.: Техника, 1977.-320с.
2. Автоматизированное проектирование машиностроительного гидропривода/Под ред. С.А.Ермакова.- М.: Машиностроение, 1988.- 388с.
3. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика.- М: Машиностроение. 1971.671с.
4. Бекиров Я.А. Технология производства следящего гидропривода.- М. Машиностроение. 1977 .-224с.
5. Бессекерокий В.А., Попов Е.П. Теория автоматического регулирования. - М.:Наука. 1975 г.- 784с.
6. Богданович Л.Б. Гидравлические приводы.- Киев: Вища Школа.-1980.-232с.
7. Герц Е.В. Пневматические устройства и системы в машиностроении /Под ред. Е.В.Герц.-М.: Машиностроение, 1981 .- 408с.
8. Герц Е.В., Зинченко В.П., Крейнин Г.В. Синтез пневматических приводов.- М. Машиностроение, 1966.-2 1 бс.
9. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы/ Т.М.Башта, С.С.Руднев, Б.Б.Некрасов и др.- М. Машиностроение, 1982.- 423с.
10. Стесин С.П., Яковенко Е.А. Лопастные машины и гидродинамические передачи. - М. Машиностроение, 1990.-240с.
11. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика. Підручник./ В.О. Федорець, М.Н. Педченко, В.Б.Струтинський та ін,- К.: Вища шк., 1995,- 463с.



12. Губарев А.П. Дискретно-логическое управление в системах гидропневмоавтоматики: Учебное пособие.- К.: ИСМО, 1997,-224с.
13. Губарев А.П., Левченко О.В. Механотроника: от структуры системы к алгоритму управления: Учеб. Пособие.- К.: НТУУ КПИ, 2007.- 180с.
14. Дискретное управление электрогидравлическим приводом/под ред. Г.Н.Посохина.- М.: Энергия, 1975.- 88с.
15. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями/ Б.А.Ивоботенко И др.-М.: Энергия, 1971.- 623с.
16. Залманзон Л.А. Теория аэрогидродинамических систем автоматического управления.- М: 1977.-416с.
17. Кабаков М.Г., Стесин С.П. Технология производства гидроприводов. -М: Машиностроение, 1974.-192с.
18. Комисар А.Г. Уплотнительные устройства опор качения. Справочник. М. Машиностроение, 1980.
19. Лещенко В.А. Гидравлический следящий привод станков с программным управлением.-М Машиностроение.-1975. -288с.
20. Машиностроительный гидропривод/под ред. В.П. Прокофьева.- М: Машиностроение.- 1978.-495 с.
21. Нагорный В.С, Денисов А. А. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем: Учеб. пособие техн. вузов.- М.: Высш. шк., 1991.- 376с.
22. Пашков Е.В., Осинский Ю.А., Четверкин А.А. Электропневмоавтоматика в производственных процессах. 2-е изд.- Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2003.- 496с.
23. Петренко А.П., Ладогубец В.В., Чкалов В.В. Автоматизация схемотехнического проектирования в машиностроении: Учебное пособие.- К.:УМКВО, 1988.- 180с.
24. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидросистем М. Машиностроение, 1987.- 354с.
25. Промышленные роботы: конструирование, управление, эксплуатация В.И.Костюк, А.П.Гавриш. Л.С.Ямпольский, А.Г. Карлов.- К.: Вища шк.. 1985.-359с.
26. Расчет и проектирование гидравлических струйных устройств высокого давления/В.П.Бочаров. В.Б.Струтинский, В.Н.Бадах, П.П.Таможний.-Киев: Техника. 1987-184с.
27. Решетов Д.Н. Работоспособность и надежность деталей машин. -М: Высшая школа. 1974.
28. Саленко О.Ф., Струтинский В.Б., Загірняк М.В. Ефективне гідрорізання.- Кременчук: КДПУ, 2005.-488с.
29. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справ.- М.: Машиностроение, 1988.-512с.
30. Системы автоматизированного проектирования. Типовые элементы, методы и процессы/ Д.А. Аветисян, И.А. Башмаков. и др.-М.: Изд-во стандартов, 1985.
31. Струтинский В.Б. Тензорні математичні моделі процесів та систем. – Житомир: ЖДТУ, 2005.-635с.
32. Струтинский В.Б., Колот О.В. Математичне моделювання стохастичних процесів у системах приводів. - Краматорськ: ЗАТ "Тираж ", 2005.- 530с.
33. Струтинский В. Б., Мельничук П.П. Математичне моделювання металорізальних верстатів.- Житомир: ЖІТІ, 2002.-570с.
34. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник.-Житомир: ЖІТІ, 2006- 612с.
35. Технічна гідромеханіка. Гідравліка та гідропневопривод: Підручник/ В.О.Федорець, М.Н.Педченко, В.Б.Струтинський та ін.- Житомир: ЖІТІ, 1998.- 412с.
36. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник /под Ред. А.И.Голубева. Л.А.Кондакова.- М.: Машиностроение.- 1986.-466с.
37. Управление В технических системах с жидким и газовым компонентами/ Ю.А.Абрамов и др.- К.: ИСМО, 1997.-288с.

38. Черкашенко М.В. Автоматизація проектування систем гідро- і пневмоприводів з дискретним управлінням: Навч. посібник. -2-е вид.,перероб.-Харків: НТУ"ХПГ\ 2001-182с.

39. Яхно О.М., Матієга В.М., Ракович В.Я.- Технічна гідромеханіка та гідродинамічні решітки: Навчальний посібник.- Чернівці: Зелена Буковина. 2002.- 264с.

40. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.-М. Наука.-1976.-281 с.

### **Частина 3**

#### **1 ГЕОМЕТРИЯ ПОВЕРХОНЬ**

1.1. Види геометричних відхилень реальної поверхні від ідеальної (відхилення форми, хвилястість, шорсткість, субшорсткість).

1.2. Параметри шорсткості, їх вплив на тертя і знос. Опорна крива профілю.

1.3. Методи вимірювання шорсткості і субшорсткості.

1.4. Площі контакту твердих тел. Залежність фактичної площі контакту від навантаження.

1.5. Структура і стан поверхневих шарів реальних деталей. Залишкові напруження в поверхневих шарах і причини їх появи.

#### **2 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНІ**

2.1. Явище адсорбції. Адсорбційний ефект зниження міцності твердих тіл (ефект Ребіндера).

2.2. Поверхнево-активні речовини. Умова змочуваності (рівняння Юнга).

2.3. Адгезія. Визначальні чинники. Залежність адгезії від механічних і структурних характеристик металів.

#### **3 ВНУТРІШНЄ ТЕРТЯ**

3.1. Внутрішнє тертя. Закон Ньютона.

3.2. В'язкість кінематична і динамічна. Способи її визначення.

3.3. Течія рідин по капілярах. Рівняння Гагена-Пуазейля.

#### **4 ЗОВНІШНЄ ТЕРТЯ**

4.1. Зовнішнє тертя. Відмінність в механізмах внутрішнього і зовнішнього тертя.

4.2. Тертя спокою. Явище попереднього зміщення.

4.3. Молекулярно-механічна (адгезійно-деформаційна) теорія тертя ковзання. Біномінальний закон молекулярного тертя.

4.4. Співвідношення адгезійної і деформаційної складових коефіцієнта тертя ковзання і вплив на них різних чинників.

4.5. Класифікація видів руйнування фрикційних зв'язків.

4.6. Правило градієнта зсувного опору.

4.7. Зміни властивостей поверхневого шару при терті ковзання.

4.8. Тертя кочення. Головні причини його виникнення. Гістерезисна теорія тертя кочення Боудена і Тейбора.

4.9. Співвідношення втрат на тертя в різних вузлах машин.

#### **5 МАСТИЛО І МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

5.1. Визначення понять мастильний матеріал, мастило і мащення. Класифікація мастильних матеріалів і їх роль в процесі тертя. Вибір мастильного матеріалу залежно від умов тертя.

5.2. Склад мастильних олив і їх класифікація. Шляхи вдосконалення мастильних олив.

5.3. Присадки і добавки до мастильних олив.

5.4. Фізико-хімічні і вязкісні властивості олив.

5.5. Індекс в'язкості і спосіб його оцінки.

- 5.6. Властивості, що характеризують мастильну здатність олив.
- 5.7. Характеристика основних груп олив.
- 5.8. Оливи моторні. Склад, сфера застосування, маркування.
- 5.9. Оливи трансмісійні. Склад, сфера застосування, маркування.
- 5.10. Оливи індустріальні. Склад, сфера застосування, маркування.
- 5.11. Пластичні мастильні матеріали.
- 5.12. Тверді мастильні матеріали.
- 5.13. Крива Герсі-Штрибека і можливі режими мащення.
- 5.14. Гідродинамічне мащення. Рівняння Рейнольдса.
- 5.15. Фізичні основи роботи радіальних гідродинамічних підшипників ковзання.
- 5.16. Рівняння Рейнольдса для гідродинамічного радіального підшипника. Короткі і довгі підшипники. Число Зоммерфельда.
- 5.17. Пружно-гідродинамічне мащення.
- 5.18. Гранічне мащення. Особливості тертя при граничному мащенні.
- 5.19. Природа граничних шарів. Термічна стійкість граничних шарів. Температура десорбції граничних плівок і залежність її від різних чинників.
- 5.20. Методи організації граничного мащення: реалізація ефектів металоплакування і трибополімеризації.
- 5.21. Явище вибіркового перенесення при терті (ефект беззносності).
- 5.22. Режими мащення в дизельних двигунах.
- 5.23. Газове мащення. Газостатичні та газодинамічні підшипники.

## 6 ЗНОС І ЗНОШУВАННЯ

- 6.1. Визначення зносу і зношування. Швидкість і інтенсивність зношування. Зносостійкість і класи зносостійкості матеріалів.
- 6.2. Методи вимірювання зносу деталей машин: зважуванням, мікрометрожем, аналізом проб оливи, методом поверхневої активації, методом штучних баз. Суть методів, достоїнства і недоліки.
- 6.3. Класифікація видів зношування. Механізми руйнування поверхні при зношуванні.
- 6.4. Характеристика абразивних видів зношування.
- 6.5. Рівняння Арчарда. Залежність абразивної зносостійкості від твердості матеріалів.
- 6.6. Зношування кавітацією. Кінетика зношування кавітацією. Інкубаційний період зношування. Знос кавітацією гребних гвинтів і циліндрових втулок високооберткових судових дизелів.
- 6.7. Фретинг-корозія.
- 6.8. Водневе зношування.
- 6.9. Втомне зношування.
- 6.10. Адгезійне зношування. Явище схоплювання при терті.
- 6.11. Зношування пар тертя.
- 6.12. Основне рівняння зношування.

## 7 ТРИБОТЕХНІЧНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

- 7.1. Класифікація триботехнічних матеріалів. Антифрикційні матеріали. Вимоги до структури металевих антифрикційних матеріалів. Правило Шарпі.
- 7.2. Фрикційні матеріали.
- 7.3. Зносостійкі матеріали.
- 7.4. Вибір і правила поєднання матеріалів для вузлів тертя ковзання.

## 8 ОСНОВИ ТРИБОТЕХНОЛОГІЇ

- 8.1. Лазерна обробка.
- 8.2. Фінішна антифрикційна безабразивна обробка.
- 8.3. Обробка поверхні тертя геомодифікаторами тертя.
- 8.4. Застосування твёрдих мастильних покриттів.
- 8.5. Зміцнення поверхневою пластичною деформацією.

- 8.6. Поверхневе загартування.
- 8.7. Хіміко-термічна обробка.
- 8.8. Гальванічні покриття.
- 8.9. Наплавлення.
- 8.10. Напилення покриттів.

#### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(до частини 3)

1. Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах (Транспортная техника). – М.: Транспорт, 1987. – 223 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
3. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
4. Мышкин Н.К., Петроковец М.И. Трибология. Принципы и приложения. – Гомель: ИММС НАНБ, 2002. – 310 с.
5. Цветков Ю.Н. Трение и износ в машинах. Основы трибологии для судомехаников: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУВК, 2005 – 231 с.
6. Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. – М. Машиностроение, 2001. – 664 с.
7. Арзамасов Б.И., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. и др. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. – М., Машиностроение, 1986 – 384 с.
8. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. – М.: Машиностроение, 1968. – 543 с.
9. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
10. Иванченко Н.Н., Скуридин А.А., Никитин М.Д. Кавитационные разрушения в дизелях – Л.: Машиностроение, 1970. – 152 с.
11. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техніка, 1970. – 396 с.
12. Мур Д. Основы и применения трибоники. – М.: Мир, 1978. – 487 с.
13. Погодаев Л.И., Кузьмин А.А. Эрозия материалов и судовых технических средств в неоднородных жидких и газообразных средах. – СПб.: СПбГУВК, 2004 – 378 с.
14. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. – Киев: Наукова думка, 1990. – 264 с.
15. Уотерхауз Р.Б. Фреттинг-коррозия. – Л.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
16. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. – М.: Наука, 1970. – 252с.
17. Савуляк В.І. Наплавлення висовуглецевих зносостійких покриттів : монографія/ В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд. – Вінниця, ВНТУ. 2016. – 160 с.
18. Савуляк В.І. Синтез зносостійких композиційних матеріалів та поверхневих шарів з екзотермічних компонентів: монографія / В. І. Савуляк. – Вінниця, ВНТУ. 2002. – 160 с.