



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Міністерство освіти і науки України**

**Національний університет водного господарства  
та природокористування**

**Кафедра підйомно – транспортних, будівельних, дорожніх,  
меліоративних машин і обладнання сільськогосподарського  
виробництва**

**02-01-299**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до вивчення дисципліни «Пневматичні системи та приводи» для  
студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» заочної  
форми навчання

Рекомендовано до друку  
методичною комісією за  
напрямом підготовки  
6.050503  
«Машинобудування»  
протокол №10  
від 27 лютого 2014 р.

**Рівне 2014**



Методичні вказівки до вивчення предмету «Пневматичні системи та приводи» для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» заочної форми навчання / О.Л.Романовський, О.Ю.Васильчук – НУВГП. 2014. - 17 с.

Упорядники: О.Л. Романовський, к.т.н., доцент  
О.Ю. Васильчук, аспірант

Відповідальний за випуск – С.В. Кравець, д.т.н., професор,  
завідувач кафедри підйомно –  
транспортних, будівельних, дорожніх,  
меліоративних машин і обладнання  
сільськогосподарського виробництва.

Комп’ютерна верстка – Матюшина Т.В.

Національний університет  
та природокористування  
ЗМІСТ

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | Передмова.....   | 3  |
| 2.   | Програма та методичні вказівки до вивчення розділів курсу....                        | 4  |
| 2.1. | Вступ.....   | 4  |
| 2.2. | Вентилятори і вентиляторні установки (конструкції, основи теорії та розрахунку)..... | 4  |
| 2.3. | Компресорні машини (конструкції, основи теорії та розрахунку).....                   | 6  |
| 2.4. | Компресорні установки.....   | 6  |
| 2.5. | Пневматичні приводи.....   | 7  |
| 2.6. | Основи аеродинаміки пневматичних систем.....   | 8  |
| 2.7. | Основи розрахунку пневматичних приводів.....   | 9  |
| 2.8. | Супутні пневматичні системи (конструкції і основи розрахунку).....                   | 10 |
| 2.9. | Основи експлуатації пневматичних систем і приводів.....                              | 11 |
| 3.   | Контрольні питання.....  | 12 |
|      | Література.....  | 15 |
|      | Додаток (схеми контрольних задач).....   | 16 |

© О.Л. Романовський, 2014  
© О.Ю. Васильчук, 2014  
© НУВГП, 2014



## 1. ПЕРЕДМОВА

Сучасні потужні транспортні засоби, будівельні, меліоративні, дорожні машини та пункти їх обслуговування оснащені пневматичними системами і приводами. Тому спеціалісти сфери створення та експлуатації названих машин повинні знати конструкцію, принцип дії, правила експлуатації пневматичних систем і приводів, володіти методами їх розрахунку та проектування.

В межах програми курсу не можливо розглянути всього спектру сучасних знань в області пневматичних систем і приводів, тому в розділах курсу передбачається вивчення основоположних питань для подальшої самоосвіти.

При вивченні курсу слід пам'ятати, що кожна пневматична система і привод включає набір пристроїв, які можуть зустрічатися в конструкціях інших систем приводів.

З урахуванням сказаного студент повинен знати:

- призначення та застосування систем, приводів, пристроїв;
- конструкцію, принцип дії, регулювання характеристик систем, приводів, пристроїв;
- робочі процеси, які відбуваються в системах, приводах, пристроях;
- методи розробки та обґрунтування доцільності схем систем, приводів, пристроїв;
- основні закони, які описують робочі процеси в системах, приводах і пристроях;
- основні параметри та методи розрахунку пневматичних систем, приводів, пристроїв;
- особливості експлуатації пневматичних систем, приводів, пристроїв;
- правила техніки безпеки при експлуатації пневматичних систем, приводів, пристроїв.

При вивченні курсу доцільно вести короткий конспект з викладенням питань в наведеній вище послідовності. Вивчення конструкцій рекомендується супроводжувати зображенням принципових схем.

Засвоєння курсу бажано перевіряти за допомогою контрольних питань приведених в розділі "Контрольні питання".

Для вивчення курсу доцільне використання літератури, список якої приведений в кінці "вказівок". В кожному розділі приведені таблиці, в яких зверху вказані номери джерел інформації зі згаданого списку, а внизу - номери сторінок відповідних джерел інформації.

В період лабораторно-екзаменаційної сесії передбачені оглядові лекції з основних питань курсу.



## 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ РОЗДІЛІВ КУРСУ

### 2.1. Вступ.

1. Розвиток та перспективи пневматичних систем і приводів.
2. Характеристика робочого тіла пневматичних систем і приводів.
3. Основні принципи конструювання пневматичних систем і приводів.

### Література

| 10                  | 14               | 16     | 18                          | 19        | 20        |
|---------------------|------------------|--------|-----------------------------|-----------|-----------|
| 7 – 10<br>147 - 153 | 5 – 6<br>21 - 21 | 1 - 10 | 87 – 88<br>188 – 206<br>295 | 350 - 357 | 219 - 221 |

Вивчення розділу слід починати з поняття "пневматична система". Потім доцільно ознайомитись з історією створення пневматичних систем, з'ясувати сфери їх застосування, виконати аналіз їх переваг і з'ясувати перспективи.

Робочим тілом в пневматичних системах і приводах є газ, переважно повітря. Тому для вивчення явищ, які відбуваються в пневматичних системах і приводах необхідні знання фізичних властивостей, параметрів та закономірностей зміни параметрів газів, особливо повітря.

Конкретне вивчення пневматичних систем і приводів слід починати зі структурних схем, які описують склад та послідовність установки в них пристроїв. При цьому треба пам'ятати, що пневматичні системи і приводи є тупиковими системами. При конструюванні принциповим є питання сумісності енергетичної установки (вентилятора, компресорної машини) і лінії.

### 2.2. Вентилятори і вентиляторні установки (конструкції, основи теорії та розрахунку).

1. Поняття і застосування вентиляторів та вентиляторних установок.
2. Загальна класифікація і конструкція вентиляторів та вентиляторних установок.



### Література

| 10                    | 14      | 15        | 17        | 18      |
|-----------------------|---------|-----------|-----------|---------|
| 86 – 124<br>125 - 161 | 6 - 169 | 141 - 166 | 206 - 557 | 79 - 93 |

При вивченні цього розділу обов'язковим є розмежування понять "вентилятор" і "вентиляторна установка".

Конструкцію кожного типу вентиляторів слід вивчати одночасно з аналізом його переваг над іншими.

Вивчення вентиляторних установок повинно здійснюватись з одночасним вивченням основних схем та засобів регулювання витрат, боротьби з шумом і вібрацією.

Після вивчення конструкцій потрібно виконати аналіз процесів, які відбуваються в робочому тілі, з'ясувати поняття ступені підвищення тиску.

Вивчення основ теорії вентиляторних процесів доцільно починати з аналізу паралелограмів швидкостей часток робочого тіла в міжлопатевому просторі робочого колеса вентилятора і рівняння Бернуллі. Разом з тим слід звернути увагу на дослідження впливу форми лопатей і параметрів робочого колеса на напірну та витратну характеристики вентилятора, слід з'ясувати поняття аеродинамічної схеми і аеродинамічної характеристики вентилятора та як змінюється остання при паралельному та послідовному включеннях системи вентиляторів в одну провідну лінію.

Важливим питанням теорії вентиляторів є подібність. При вивченні цього питання слід звернути увагу на те, що існує геометрична, кінематична і динамічна подібність та, що кожна з них характеризується відповідними коефіцієнтами подібності. І наостаток, потрібно виконати аналіз формул пропорційності витрат, тиску і потужності подібних вентиляторів.

Вивчення розділу завершіть визначенням потужності приводу вентилятора.



### 2.3. Компресорні машини (конструкції, основи теорії та розрахунку).

1. Поняття, застосування компресорних машин.
2. Загальна класифікація та конструкція компресорних машин.
3. Параметри, основи теорії і розрахунку компресорних машин.
4. Аеродинамічні характеристики компресорних машин.

#### Література

|         |           |         |           |           |
|---------|-----------|---------|-----------|-----------|
| 4       | 6         | 13      | 17        | 21        |
| 22 - 33 | 179 - 192 | 3 - 236 | 196 - 404 | 126 - 127 |

Вивчення цього розділу слід починати з розмежування понять: "компресор", "газовування", "вакуум - насос". На наступному етапі треба розглянути загальну класифікацію названих машин.

Конструкцію кожного типу машин слід вивчати з аналізом її переваг над іншими.

З метою розуміння основ теорії компресорних машин виконайте аналіз процесів, які відбуваються з робочим тілом і порівняйте їх з процесами вентиляторів.

Вивчення основ теорії починайте з аналізу можливих термодинамічних процесів і визначення кількості ступеней стиснення, пам'ятаючи, що для кожного типу компресорних машин існує свій поріг ступеня підвищення тиску в одній ступені. Розгляньте основні критерії подібності компресорних машин і порівняйте їх з аналогічними для вентиляторів. З'ясуйте вплив геометричних та кінематичних параметрів на продуктивність компресорних машин, тобто на їх витратну характеристику. Порівняйте аеродинамічні характеристики компресорних машин з аналогічними у вентиляторів. На остаток розгляньте питання визначення потужності приводу компресорних машин.

### 2.4. Компресорні установки.

1. Поняття, застосування, класифікація компресорних установок.
2. Структурні і функціональні схеми компресорних установок.



### 3. Призначення і конструкції елементів компресорних установок.

#### Література

|         |           |
|---------|-----------|
| 4       | 17        |
| 21 - 48 | 377 - 380 |

При вивченні цього розділу з'ясуйте, які елементи (пристрої) може включати компресорна установка і які з них є обов'язковими для функціонування останньої.

Намалюйте структурну схему установки з повним набором пристроїв і на її основі - функціональну, пам'ятаючи, що остання є схематичним зображенням установки з відповідним порядком з'єднання елементів, умовне позначення кожного з яких передбачене державним стандартом.

Вивчення конструкцій елементів доцільно здійснювати, а послідовності функціональної схеми. При цьому слід пам'ятати, що можливе різне конструктивне виконання елементів і робочі процеси в них можуть здійснюватись за різними законами.

#### 2.5. Пневматичні приводи.

1. Поняття, переваги, застосування пневматичних приводів.
2. Структурні і функціональні схеми пневматичних приводів.
3. Призначення і конструкції проміжних елементів пневматичних приводів.
4. Пневматичні двигуни.

#### Література

|                    |         |        |        |           |
|--------------------|---------|--------|--------|-----------|
| 4                  | 7       | 8      | 16     | 21        |
| 3 - 20<br>49 - 129 | 14 - 16 | 5 - 18 | 1 - 20 | 115 - 126 |

При вивченні цього розділу слід мати на увазі, що пневматичний привод може бути частиною пневматичної системи, яка включає компресорну установку з усіма необхідними елементами для її функціонування. Тому вивчення конструкцій пневматичних приводів доцільно починати з зображення структурної і

функціональної схем ділянки приводу за межами компресорної установки, пам'ятаючи, що набір і конструкції проміжних між компресорною установкою і двигуном елементів значною мірою визначається функціональним призначенням ділянки приводу і вимогами до роботи двигуна. Так, наприклад, для забезпечення частої зміни силових параметрів двигуна, які визначаються тиском в робочих порожнинах, застосовуються диференціальні крани, для керування роботою двигунів односторонньої дії достатньо двохпозиційних кранів, а для керування роботою двигунів двохсторонньої дії використовуються трьохпозиційні крани.

На основі приведеного рекомендується наступна послідовність вивчення елементів приводу:

- диференціальні крани;
- розподільники та вентилі;
- редуктори;
- дреселі;
- клапани швидкого випуску повітря;
- повітропроводи та їх з'єднання;
- двигуни.

## 2.6. Основи аеродинаміки пневматичних систем.

1. Загальні положення аеродинаміки пневматичних систем.
2. Рівняння неперервності газового потоку. Масові витрати газу в газопроводах.
3. Тиск в перерізах газопроводу. Рівняння Бернуллі.
4. Опори та втрати тиску в газопроводах.
5. Основи теорії розподілу газового потоку.
6. Газові струмини. Основи теорії силової дії газових струмін.
7. Основи теорії витання інородних тіл в газовому потоці.

### Література

|         |         |         |         |           |
|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 1       | 3       | 7       | 8       | 11        |
| 1 - 342 | 1 - 359 | 17 - 24 | 19 - 40 | 141 - 198 |

Вивчаючи розділ перш за все з'ясуйте межі швидкостей і тисків газових потоків, за яких для аналізу і розрахунків допустиме



використання законів гідравліки і за яких потрібно враховувати термодинамічні зміни в потоці.

Гази відносяться до стисливих речовин, тому рівняння неперервності газового потоку потрібно представляти у вигляді сталості масових витрат. Масові витрати газу в перерізах газопроводу значною мірою визначаються перепадами тисків і термодинамічними змінами в газовому потоці. Існує межа перепадів тиску, за якої швидкість та масові витрати газу в перерізі газопроводу сягають критичного значення. При цьому збільшення швидкості газового потоку можливе лише при використанні спеціальних пристроїв (сопел Лавалю). Критична швидкість рівна швидкості звуку, яка визначається станом газу.

Повне рівняння Бернуллі може виражатись через тиск, напір або енергію газу в перерізах газопроводу і на відміну від рівняння Бернуллі гідравлічних систем включає вираз оцінки термодинамічного стану газу.

Особливості опорів пневматичних систем визначаються відмінністю конструкцій останніх. При вивченні цього питання слід звернути увагу на поняття "еквівалентний опір" і "еквівалентні втрати тиску". Всякі включення в газ, в тому числі і тверді, приводять до додаткових втрат тиску.

Втрати тиску в розгалужених пневматичних системах для нормального їх функціонування повинні бути рівними у всіх циклах, тобто на всіх ділянках до розгалуження. Вирівнювання втрат тиску здійснюється за допомогою компенсаційних дроселів.

Особливість газових струмин і розподілу газових потоків визначається стисливістю газу і відмінністю конструкцій пневматичних систем.

При вивченні питання витання інеродних тіл в газовому потоці потрібно спочатку з'ясувати суть самого витання, за тим - швидкості витання, а тоді вивчити методи визначення швидкості витання.

## 2.7. Основи розрахунку пневматичних приводів.

1. Основи розрахунку силових параметрів пневматичних двигунів.
2. Основи розрахунку швидкодії приводів.
3. Основи розрахунку ефективних параметрів пневматичних ліній та двигунів.



|                      |                       |        |           |
|----------------------|-----------------------|--------|-----------|
| 7                    | 8                     | 16     | 19        |
| 34 – 62<br>247 - 251 | 41 – 105<br>172 - 204 | 1 - 50 | 386 - 407 |

Розділ 2.7. один із найскладніших розділів курсу. Його вивчення потрібно починати з простих питань визначення силових параметрів двигунів за відомих їх геометричних параметрів і максимального тиску, який досягається в робочих порожнинах. При цьому треба звернути увагу на розподіл тиску і форму передачі його сили на ведучі ланки (поршень, діафрагма, лопать), а також на сили опору, які протидіють переміщенню згаданих ланок.

Швидкодія приводу оцінюється періодом між включенням подачі робочого тіла до двигуна і досягненням ведучої ланки двигуна кінцевої точки. Особливість цього питання полягає в попередньому аналізі процесів, які відбуваються в приводі з моменту включення подачі робочого тіла в порожнини двигуна до кінці руху ведучої ланки. Тут треба пам'ятати, що весь час дії приводу включає підготовчий, основний і заключний періоди.

Існують теоретичні, емпіричні і експериментальні методи визначення швидкодії приводів. Найбільш простим є емпіричний наближений метод з використанням безрозмірних характеристик.

Третє питання цього розділу треба вивчати в контексті визначення ефективних площ поперечних перерізів провідних ліній і робочих порожнин двигунів для забезпечення потрібної швидкодії і динамічних характеристик приводу.

## 2.8. Супутні пневматичні системи (конструкції і основи розрахунку).

1. Пневмотранспортні системи.
2. Аспіраційні системи.
3. Пилесосні системи.
4. Вентиляційні системи.
5. Кондиціонери.

|        |         |        |         |                       |
|--------|---------|--------|---------|-----------------------|
| 2      | 6       | 9      | 10      | 15                    |
| 3 - 71 | 3 - 286 | 1 - 45 | 20 - 85 | 11 – 141<br>166 - 251 |



В цьому розділі передбачається вивчення понять, застосування, класифікації, конструкцій та роботи супутніх пневматичних систем і елементів.

Аналіз методів розрахунку бажано починати з аналізу вихідних даних і розрахункових схем.

З метою ефективного засвоєння матеріалу доцільно співставити всі види супутніх систем, встановити їх спільні і відмінні сторони.

Вивчаючи розділ слід звернути увагу на методи визначення геометричних параметрів і вибору елементів (повітряпроводів, фільтрів, циклонів, дроселів, калориферів, зволожувачів та осушувачів повітря), побудови аеродинамічних характеристик пневматичних систем і вибору компресорних машин для забезпечення їх роботи, пам'ятаючи, що основним вихідним розрахунковим параметром є продуктивність.

### 2.9. Основи експлуатації пневматичних систем і приводів.

1. Монтаж пневматичних систем і приводів.
2. Технічна експлуатація пневматичних систем і приводів.
3. Виробнича експлуатація пневматичних систем і приводів.
4. Техніка безпеки при експлуатації пневматичних систем і приводів.

#### Література

| 2       | 4  | 10        | 13        | 18        |
|---------|--|-----------|-----------|-----------|
| 72 - 81 | 16 – 20; 31 – 36<br>40 – 41; 77 – 83<br>100 – 102<br>117 – 119<br>123 – 126<br>139 - 145 | 203 - 210 | 237 - 255 | 253 - 287 |

Вивчаючи цей розділ, з метою кращого засвоєння матеріалу, з'ясуйте спільні положення експлуатації всіх систем і приводів.

Особливості експлуатації кожної із систем визначається специфікою конструкцій та умовами роботи.



1. Фізичні властивості робочого тіла (повітря) і параметри, якими оцінюється його стан.
2.  $i - d$  - діаграма.
3. Структурні схеми пневматичної системи та сумісність роботи компресорної машини і пневматичної лінії.
4. Поняття, застосування та загальна класифікація вентиляторів.
5. Поняття, переваги, конструкції, робота та параметри відцентрових вентиляторів.
6. Поняття, переваги, конструкції, робота та параметри осьових вентиляторів.
7. Поняття та конструкції вентиляторних установок.
8. Засоби регулювання аеродинамічних характеристик та боротьби з вібрацією і шумом вентиляторів.
9. Паралелограми швидкостей часток газу (повітря) в межах міжлопатевого простору робочого колеса відцентрового вентилятора.
10. Решітка лопатей осьового вентилятора.
11. Паралелограми швидкостей часток газу (повітря) в межах міжлопатевого простору робочого колеса осьового вентилятора.
12. Вплив форми лопатей відцентрового вентилятора на його напірну характеристику.
13. Аеродинамічна схема та аеродинамічна характеристика вентилятора.
14. Аеродинамічна характеристика системи вентиляторів при їх послідовній установці.
15. Аеродинамічна характеристика системи вентиляторів при їх паралельній установці.
16. Вплив геометричних та кінематичних параметрів вентилятора на його аеродинамічну характеристику.
17. Подібність вентиляторів. Формули пропорційності витрат, тиску і потужності.
18. Поняття, застосування, класифікація компресорних машин.
19. Поняття, переваги, конструкції, робота та параметри поршневих компресорних машин.



20. Поняття, переваги, конструкції, робота та параметри компресорних машин динамічної дії (відцентрових та осьових).

21. Поняття, переваги, конструкції, робота та параметри роторних компресорних машин.

22. Поняття, переваги, конструкції, робота та параметри струминних компресорних машин.

23. Поняття, переваги, конструкції, робота та параметри вакуум - насосів. Воднокільцеві вакуум-насоси, їх переваги.

24. Визначення кількості ступеней стиснення компресорних машин.

25. Подібність компресорних машин. Формули пропорційності витрат, тиску, потужності, степені підвищення тиску.

26. Аеродинамічні характеристики компресорних машин, вплив на них геометричних та кінематичних параметрів останніх.

27. Визначення потужності приводу вентиляторів і компресорних машин.

28. Поняття, застосування, класифікація компресорних установок їх структурні та функціональні схеми.

29. Призначення, конструкції, робота фільтрів, пилевідокремлювачів, матеріаловідокремлювачів.

30. Призначення, конструкція та робота шарикового регулятора тиску.

31. Призначення, конструкція та робота діафрагменно-поршневого регулятора тиску.

32. Призначення, конструкція та робота клапанно - поршневого регулятора тиску.

33. Призначення, конструкція та робота маслологовідокремлювачів і засобів боротьби з підмерзанням пневматичних систем.

34. Призначення, конструкція та робота ресиверів, запобіжних клапанів, зворотних клапанів, відвідних і випускних кранів.

35. Поняття, застосування, конструкції пневматичних приводів. Функціональна схема пневматичного приводу.

36. Поняття, застосування, конструкції та робота випускних диференціальних кранів.

37. Поняття, застосування, конструкції та робота випускних диференціальних кранів.

38. Поняття, застосування, конструкції та робота диференціальної камери.



39. Поняття, застосування, конструкції та робота повітродозподільних кранів.

40. Поняття, застосування, конструкції та робота редукторів.

41. Поняття, застосування, конструкції та робота дроселів, клапанів швидкого випуску повітря, обертових з'єднань.

42. Поняття, застосування, конструкції та робота пневматичних двигунів.

43. Рівняння неперервності газового потоку. Швидкості і масові витрати газу в газопроводі.

44. Рівняння Бернуллі для газового потоку з газопроводі.

45. Опори та втрати тиску в пневматичних системах.

46. Основи теорії розподілу газового потоку.

47. Поняття, типи, параметри газових струмин та їх силова дія на перепони.

48. Витання інеродних тіл в газовому потоці. Швидкість витання та методи її визначення.

49. Основи розрахунку силових характеристик пневматичних циліндрів.

50. Основи розрахунку силових характеристик пневматичних камер.

51. Основи розрахунку ефективних перерізів провідних ліній і робочих порожнин пневматичних циліндрів для забезпечення потрібної швидкодії і динамічних характеристик приводу.

52. Поняття, застосування, конструкції, робота та параметри пневмотранспортних систем і їх елементи.

53. Поняття, застосування, конструкції, робота та параметри аспіраційних систем і їх елементів.

54. Поняття, застосування, конструкції, робота та параметри пилесосних систем і їх елементів.

55. Поняття, застосування, конструкції, робота та параметри вентиляційних систем і їх елементів.

56. Поняття, застосування, конструкції, робота та параметри кондиціонерів повітря і їх елементів.

57. Основи розрахунку геометричних параметрів повітропроводів супутніх пневматичних систем.

58. Основи розрахунку параметрів компенсаційних дроселів.

59. Основи розрахунку геометричних параметрів циклонів і фільтрів.



60. Основи методики побудови аеродинамічної характеристики провідної лінії пневматичної системи.
61. Основи розрахунку параметрів калориферів.
62. Основи розрахунку параметрів зволожувачів і осушувачів повітря.
63. Основи методики вибору компресорних машин, вентиляторів для забезпечення роботи пневматичних систем.
64. Монтаж і технічна експлуатація пневматичних систем і приводів.
65. Виробнича експлуатація пневматичних систем і приводів.
66. Техніка безпеки при експлуатації пневматичних систем і приводів.

### Література

1. Смыслов В. В. Гидравлика и аэродинамика. - К. Вища школа, 1971.
2. Стефановський Х. Х. Розрахунок та експлуатація пневмотранспортних установок. К: Будтельник, 1966.
3. Альтшуль А. Д., Животовский Л. С., Иванов Л. П. Гидравлика и аэродинамика. – М. Стройиздат, 1987.
4. Атоян К. М., Каминский Я. Н., Старинский А. Д., Поляков В. А. Пневматические системы автомобилей. – М.: Транспорт, 1969.
5. Беркман Н. Л., Раннев А. В., Рейш А. К. Универсальные одноковшовые строительные экскаваторы. - М.: Высшая школа 1981
6. Володин Н. П., Касторных М. Г., Кривошеин А. И. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам. - М.: Колос, 1984.
7. Герц Е. В. Динамика пневматических систем. - М.: Машиностроение, 1985.
8. Герц Е. В., Крейнин Г. В. Расчет пневмоприводов - М.: Машиностроение, 1975.
9. Калинушкин М. П. Вакуумная пылеуборка - М.: Легкая индустрия, 1979.
10. Калинушкин М. П. Вентиляторные установки. - М.: Высшая школа 1962.



11. Кострюков В. А Основы гидравлики и аэродинамики. - М.: Высшая школа, 1975.
12. Курников А. А, Курников В. А. Пневматическая пылеуборка цехов машиностроительных заводов. - М.: Машиностроение, 1983.
13. Михайлов А. К., Ворошилов В. П. Компрессорные машины. - М.: Энергоиздат, 1989.
14. Соломахова Т. С., Чебышева К. В. Центробежные вентиляторы. - М.: Машиностроение, 1980.
15. Торговников Б. М., Табачник В. Е., Ефанов Е. Н. Проектирование промышленной вентиляции. - К: Будівельник, 1983.
16. Холзунов А. Г. Основы расчета пневматических приводов. - М.: Машиностроение, 1964.
17. Черкасский В. М Насосы, вентиляторы, компрессоры. - М.: Энергоиздат, 1984.
18. Штокман Е. А. Системы вентиляции кондиционирования воздуха и пневмотранспорта табачных фабрик. - М: Пищевая промышленность. 1974.
19. Федорець В.О., М.Н. Педченко, та ін. Технічна гідромеханіка. Гідравліка та пневмопривод: Підручник. - Житомир: ЖІТІ, 1998. – 412 с.
20. Пелевін Л.Є. Гідравліка, гідро – та пневмо – приводи. Навчальний посібник. – К.: Укрархбудінформ., 1999. – 260 с.
21. Нестеренко В.П., Кирикович В.Д. Гідро – і пневмопривод: Інтерактивний комплекс навчально – методичного забезпечення – Рівне: НУВГП, 2006. – 173 с.

## ДОДАТОК

### (Схеми контрольних задач)

1. Визначити, як зміниться температура повітря при відомому теплоутриманні, при зміні вологоутримування.
2. Побудувати аеродинамічну характеристику повітропроводу за відомих витрат і при останніх витрат тиску в повітропроводі. Підібрати вентилятор.
3. Визначити напір, витрати, які розвиває відцентровий вентилятор, і потужність на його привод при заданій частоті обертання робочого колеса, якщо відомі витрати і напір при іншій частоті обертання робочого колеса.





4. Визначити швидкість повітря а трубопроводі, якщо відомий діаметр трубопровода, продуктивність пневмотранспортної установки та концентрація суміші.

5. Визначити діаметри трьохпоршневого циліндра односторонньої дії при відомих діаметрі штока, тиску системи і зусилля на штоці.

6. Визначити діаметр рукавного фільтра заданої довжини, якщо відомі швидкість повітря в трубопроводі, діаметр трубопровода і допустиме навантаження на фільтр.

7. Визначити еквівалентний місцевий опір трубопровода з відомим діаметром, довжиною і швидкістю повітря.

8. Визначити зусилля на штоці пневматичної камери, якщо відомі співвідношення діаметрів мембрани і металевій шайби, діаметр металевій шайби і тиск у системі.

9. Скласти функціональну схему ділянки пневмопривода для обертання вала з його реверсуваням і дистанційним керуванням обертами, якщо пульт керування розташований на базовій машині, а вал, що приводиться - на поворотній платформі.

10. Визначити параметри компенсаційного дроселя для компенсації заданої величини тиску, якщо відома швидкість повітря в системі.

11. Визначити масові витрата повітря для забезпечення сталого руху поршня циліндра, якщо відомі швидкість його руху, діаметр та тиск в системі.

12. Визначити площу тепловіддачі калорифера для підігріву за одну годину відомого об'єму повітря від початкової температури до заданої, якщо теплоносієм є вода, яка входить в калорифер з однією температурою, а витікає з нього з іншою.

13. Визначити параметри ежектора для аспірації відпрацьованого повітря з заданою продуктивністю при відомих втратах тиску у всмоктуваному та вихлопному повітропроводах.

14. Визначити діаметр трьох сопел для приводу ротора заданого діаметра з заданою потужністю, якщо відома швидкість потоку повітряної струмини.