

## ПІДГОТОВКА ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ

УДК 621.221

В.І. Мандрус

*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

### НАВЧАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ГІДРО- ТА ПНЕВМОПРИВОДІВ АКАДЕМІЇ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

*Для лабораторних робіт з дисципліни „Гідравліка, гідро- та пневмоприводи” створені установка пневмопривода та гідравлічний стенд, на якому виконуються п'ять лабораторних робіт. Ці установки малогабаритні і мобільні, компактні, легкі і дешеві. Використовується також штатне армійське обладнання – гідромеханічний підйомник. Описані розрахунково-графічні завдання.*

**Ключові слова:** дисципліна „Гідравліка, гідро- та пневмоприводи”, лабораторні роботи, розрахунково-графічні завдання.

#### Постановка проблеми

В сучасних бойових машинах (повітряних, морських, наземних), а також колісних та гусеничних транспортних засобах широко застосовуються гідравлічні та пневматичні приводи [1, 7, 8]. Для розуміння роботи приводів необхідні знання основ гідравліки. Опанування такими знаннями забезпечується дисципліною „Гідравліка, гідро- та пневмоприводи”, яка є однією з основних професійних дисциплін при підготовці бакалаврів за напрямками „Інженерна механіка” та „Автомобільний транспорт”. Вивчення цієї дисципліни передбачає обов'язкове виконання лабораторних робіт і розрахунково-графічних завдань.

#### Аналіз досліджень і публікацій

Під час створення установок для виконання лабораторних робіт проаналізовані лабораторні бази деяких навчальних закладів України [2, 3, 4, 5, 9, 10]. Для них характерна наявність окремих установок для кожної лабораторної роботи. В лабораторіях використовується великий водяний бак ємністю більше 10 м<sup>3</sup> [4, 9, 10] або баки на 100 – 200 л окремо для кожної лабораторної роботи [2, 3, 5]. Для забезпечення водою лабораторних установок використовуються насоси з напором до 40-60 м і подачею до 10 л/с [9, 10]. Таке обладнання громіздке, важке, немобільне і коштує недешево.

#### Мета даної роботи

Створення малогабаритного, мобільного, компактного, легкого і дешевого лабораторного обладнання, а також використання наявної бойової техніки для проведення лабораторних робіт при навчанні курсантів і студентів.

#### Виклад основного матеріалу

Для виконання лабораторних робіт з гідравліки та пневмоприводів працівниками кафедри електро-механіки та електроніки Академії сухопутних військ

імені гетьмана Петра Сагайдачного за активною участю курсантів факультету ракетних військ і артилерії створені гідравлічний стенд та установка пневмопривода.

Основою стенду (рис. 1) [6] є ступінчастий скляний трубопровід 15 з внутрішніми діаметрами окремих частин 15 і 25 мм. У правій частині трубопроводу виконані два повороти 13 на 90°. Праворуч і ліворуч від розширення і звуження трубопроводу та поворотів під'єднані п'єзометри 7 і трубки Піто 8. На них розміщені повзунки 10 зі штирями, якими відмічаються рівні води, що встановлюються у трубках. Поряд з п'єзометрами встановлені лінійки 9 для замірювання висот води. Вода у трубопровід подається насосом 2, який розташований у баку 1 ємністю 12 л. Невеличкий насос створює найбільший напір 2 м і найбільшу подачу 0,2 л/с. Тиск, що створює насос, контролюється манометром 3. Після трубопроводу вода направляється у бак 1 шлангом 14. На початку скляного трубопроводу до нього під'єднана трубка 4 з краником 5 і бачком 6 для підфарбованої води. Обладнання стенду розміщено на щиті з ДСП розміром 1х2 м. У всіх лабораторних роботах витрата води визначається за допомогою тарованої кружки ємністю 1 л і секундоміра. Витрата води регулюється краном, встановленим після насоса. Зазвичай розбіжність між заміряними і розрахованими параметрами не перевищує 8-12 %.

На відміну від лабораторного обладнання інших навчальних закладів, гідравлічний стенд малогабаритний і мобільний, більш компактний, більш легкий і дешевий.

На стенді можна виконувати наступні 5 лабораторних робіт:

#### 1. Ілюстрація рівняння Д. Бернуллі

Для виконання роботи використовуються насос, скляний ступінчастий трубопровід, п'єзометри, трубки Піто, шланг. У п'єзометрах під дією тиску в трубі вода піднімається на п'єзометричну висоту, а в трубках Піто – на висоту повного напору. Ці висоти позначаються повзунками 10. На штирі повзунків накладають нитки,



Рис. 1. Загальний вигляд гідралічного стенда:

1 – бак; 2 – насос; 3 – манометр; 4 – трубка; 5 – краник; 6 – бачок; 7 – трубка Піто;  
8 – п'єзометр; 9 – лінійка; 10 – повзунок; 11 – лінія повного напору; 12 – п'єзометрична лінія;  
13 – повороти; 14 – шланг; 15 – ступінчастий скляний трубопровід

які з'єднують відповідні висоти. Таким чином утворюється п'єзометрична лінія 12 і лінія повного напору 11.

Подальшими розрахунками визначають швидкості води і швидкісні напори у кожному з шести перерізів трубопроводу. Результати розрахунків порівнюються із замірами висот у п'єзометрах і трубках Піто. Оформлення роботи закінчується побудовою графіка рівняння Бернуллі (рис. 2).

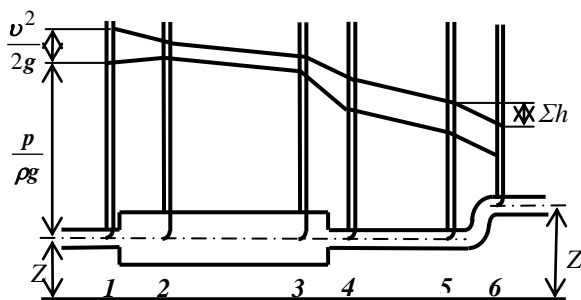


Рис. 2. Взірець побудови напірних ліній (графік рівняння Бернуллі)

## 2. Дослідження режимів руху рідини

Для виконання роботи використовуються насос, ліва трубка скляного ступінчастого трубопроводу, бачок з фарбником і трубка з краником. Під час експерименту можна спостерігати вигляд підфарбованих струменів при ламінарному і турбулентному режимах, а також заміряти витрату рідини, підрахувати число Рейнольдса і розрахунками визначити режим руху рідини.

## 3. Дослідження поздовжніх втрат напору в трубах

Для виконання роботи використовуються насос, поліетиленовий шланг довжиною 500 см з внутрішнім діаметром 1,5 см і крайній правий п'єзометр.

Експериментальна втрата напору визначається як висота від вихідного перерізу шланга до рівня води у п'єзометрі. Використовуючи відомі формули гідраліки, визначають розрахункові втрати напору в шлангу і порівнюють їх з експериментальними.

## 4. Дослідження місцевих гідралічних опорів

Для виконання роботи використовуються насос, скляний ступінчастий трубопровід, на якому знаходяться місцеві опори: різке розширення труб, різке звуження труб, два повороти на  $90^\circ$ ; трубки Піто; шланг. Для умов цього гідралічного стенда втратою напору на будь-якому місцевому опорі є різниця висот води у трубках Піто до і після опору. Розрахункові втрати напору на місцевих опорах визначаються за відомими формулами гідраліки.

## 5. Характеристика відцентрового насоса

Для виконання роботи використовуються насос, кран, зливний шланг, який під'єднується замість скляного трубопроводу, манометр і ватметр. При увімкненому насосі заміряють час заповнення 1 л води, покази манометра і ватметра. Виконують 5-6 таких замірів. Далі для кожного заміру розраховують подачу і напір насоса, гідралічну і споживану потужність, коефіцієнт

корисної дії, тобто характеристику насоса у табличній формі. Дані таблиці розміщують на графіку і будують характеристику насоса у графічній формі.

### 6. Навантажувальна характеристика об'ємного гідропривода

Ця лабораторна робота відноситься до другої частини дисципліни. В якості лабораторної установки використовується підйомник гідромеханічний ПГМ 30М, який призначений для піднімання гусеничних і колісних машин при ремонті та обслуговуванні. Його загальний вигляд наведений на рис. 3.

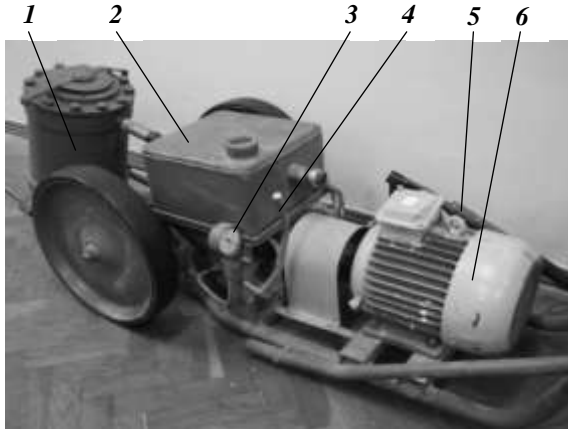


Рис. 3. Загальний вигляд гідромеханічного підйомника ПГМ 30М:

- 1 – гідроциліндр; 2 – бак з робочою рідиною;  
3 – манометр; 4 – руків'я гідророзподільника;  
5 – руків'я ручного насоса; 6 – електромотор

Гідроциліндр 1 має внутрішній діаметр 210 мм, довжину ходу штока  $h_{\text{ш}} = 300$  мм. Бак 2 вміщає 7 л робочої рідини АМГ-10 або масла веретенного АУ. Гідророзподільник крановий з руків'ям 4. Ручний насос плунжерний створює максимальний тиск  $100 \dots 105$  кгс/см<sup>2</sup> при зусиллі на руків'я 5 15...20 кгс. Електромотор 6 марки 4А100S4У3 споживає потужність 3 кВт при напрузі 380 В, розвиває частоту обертання вала 1500 об/хв. Запобіжний клапан налаштований на робочий тиск 100 кгс/см<sup>2</sup>. Насос шестеренний марки 62Т1 створює максимальний тиск  $100 \dots 105$  кгс/см<sup>2</sup> і подачу 12 л/хв. До складу гідродомкрата входять також зворотні клапани, фільтр, дросель і манометр 3.

Метою роботи є вивчення конструкції та принципу дії об'ємного гідропривода, а також визначення навантажувальної характеристики гідропривода, тобто залежності швидкості руху штока гідроциліндра від навантаження на нього. Для цього заміряють час піднімання штока без вантажу і при вантажах масою 70 і 140 кг. Далі вираховують швидкість піднімання штока і будують графік навантажувальної характеристики гідропривода, тобто залежність швидкості руху штока гідроциліндра від навантаження на нього.

Лабораторні дослідження показують, що при збільшенні навантаження на шток гідроциліндра зростання тиску в напірній лінії передається на запірний

елемент клапана, він відкривається, при постійній подачі насоса витрата рідини через клапан зростає, а через гідроциліндр зменшується. При цьому зменшується також і швидкість руху штока. При зменшенні зовнішнього навантаження відбувається зворотний процес: витрата рідини через клапан зменшується, а через гідроциліндр збільшується, тому швидкість руху штока зростає.

### 7. Навантажувальна характеристика пневмопривода

Для лабораторної роботи з пневматики створена установка пневмопривода (рис. 4).

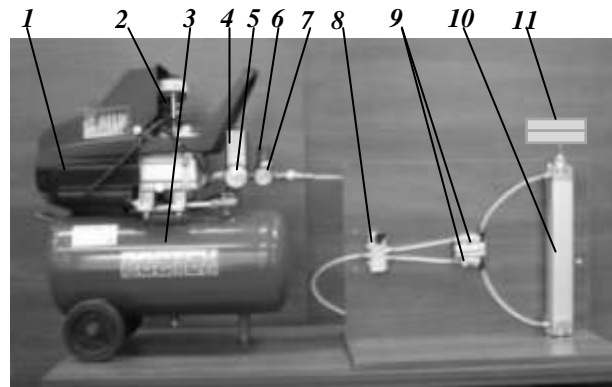


Рис. 4. Загальний вигляд лабораторної установки пневмопривода:

Блок живлення:

- 1 – електромотор; 2 – компресор; 3 – ресивер;  
4 – автовимикач; 5 – манометр ресивера;  
6 – газовий редуктор; 7 – манометр виходу.

Виконавча частина пневмопривода:

- 8 – пневморозподільник; 9 – пневмодроселі;  
10 – пневмоциліндр; 11 – вантаж

У ній як блок живлення використовується поршневий компресор 2 КРТ-24 масою 15 кг. Він створює тиск 8 бар, після досягнення якого автоматичний вимикач 4 вимикає електромотор 1. При відборі повітря тиск у ресивері 3 зменшується, і при тиску 6 бар електромотор 1 вмикається. В компресорі передбачено регулювання тиску на виході від 1 до 6 бар редукційним клапаном 6. Манометр 5 показує тиск до редукційного клапана, а манометр 7 – після нього.

Виконавча частина пневмопривода розміщена на вертикальному щиті з ДСП розміром 30 x 40 см і складається з пневморозподільника 8, двох регульованих дроселів 9, паралельно з якими встановлені зворотні клапани, пневмоциліндра 10 і вантажу 11 масою від 1 до 6 кг.

Зміна витрати повітря і, отже, зміна швидкості руху штока пневмоциліндра 10 забезпечуються одним з регульованих дроселів 9. При русі повітря в пневмоциліндр воно проходить через зворотний клапан, а при зворотному русі – через дросель, опір якого зазвичай більший, ніж зворотного клапана. Це забезпечує певний протиск у зливній лінії і плавний рух штока пневмоциліндра.

Зміну швидкості штока також викликає зміна зовнішнього навантаження. При збільшенні навантаження на шток пневмоциліндра в ньому зростає тиск, тому об'єм (в тому числі і секундний, тобто витрата) повітря в пневмоциліндрі зменшиться обернено пропорційно до збільшення тиску.

Порядок виконання роботи № 7 такий же, як і роботи № 6.

З метою кращого засвоєння матеріалу предмета „Гідравліка, гідро- та пневмоприводи” і набуття практичних навичок розрахунків гідросистем військової техніки курсанти та студенти виконують два з таких чотирьох розрахунково-графічних завдань (РГЗ) [6]:

1. Розрахунок та побудова характеристик насосної установки. Використовуючи три останні числа залікової книжки, в цій РГЗ забезпечено 1000 чисельних варіантів вихідних даних.

2. Розрахунок та побудова характеристик гідротрансформатора (132 варіанти за двома останніми числами залікової книжки).

3. Розроблення схеми гідропривода та визначення його основних параметрів (40 варіантів за номером курсанта в списку групи).

4. Розрахунок пневмопривода (100 варіантів за двома останніми числами залікової книжки).

Для напряму підготовки „Інженерна механіка” передбачено виконання РГЗ № 1 і 3 або 4, а для напряму „Автомобільний транспорт” – № 1 і 2. Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу, яка складається з двох РГЗ.

### Висновки

1. Для лабораторних робіт з дисципліни „Гідравліка, гідро- та пневмоприводи” працівниками кафедри електромеханіки та електроніки Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного за активною участю курсантів факультету ракетних військ і артилерії створені установка пневмопривода та гідравлічний стенд, на якому виконуються п'ять лабораторних робіт.

2. На відміну від лабораторного обладнання інших навчальних закладів, описані установки малогабаритні і мобільні, більш компактні, легкі і дешеві.

3. Використовується також штатне армійське обладнання – гідромеханічний підйомник.

### Список літератури

1. *Армійські автомобілі. Основи руху, будова, характеристики.* [За ред. Б.Д. Білоуса]. – Львів: Видавництво НУЛП, 2007. – 536 с.

2. *Гідравліка, гідравлічні машини і гідропневмопривід. Лабораторний практикум.* К.: Національний університет харчових технологій, 2008. – 57 с.

3. *Гідравліка і пневматика: Лабораторні роботи.* – Вінниця: Національний аграрний університет, 2004. – 29 с.

4. *Гідравліка та гідравлічні машини: Методичні вказівки до лабораторних робіт.* – Львів: Український державний лісотехнічний університет, 2000. – 60 с.

5. *Лабораторний практикум з технічної механіки рідин та газів.* Львів: Інститут пожежної безпеки, 2004. – 32 с.

6. *Мандрус В.І. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: Методичний посібник до виконання розрахунково-графічних завдань і лабораторних робіт / В.І. Мандрус.* – Львів: АСВ, 2014. – 82 с.

7. *Мандрус В.І., Жук В.М. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи військових машин: Підручник / В.І. Мандрус, В.М. Жук.* – Львів: АСВ, 2013. – 368 с.

8. *Машини інженерного вооруження.* – М.: Воениздат, 1986. – 472 с.

9. *Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін „Технічна механіка рідин та газів”, „Гідравліка, гідро- та пневмоприводи”.* – Львів: Видавництво НУЛП, 2005. – 52 с.

10. *Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу „Гідравліка і гідропневмопривід”.* К.: Національний університет „КПІ”, 2007. – 48 с.

**Рецензент:** д.т.н., доц. В.В. Чернюк, Національний університет „Львівська політехніка”, м. Львів.

### УЧЕБНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОДОВ АКАДЕМИИ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

В.И. Мандрус

*Для лабораторных работ по дисциплине "Гидравлика, гидро- и пневмоприводы" созданы установка пневмопривода и гидравлический стенд, на котором выполняются пять лабораторных работ. Эти установки малогабаритные и мобильные, компактные, легкие и дешевые. Используется также штатное армейское оборудование – гидромеханический подъемник. Описаны расчетно-графические задания.*

**Ключевые слова:** дисциплина "Гидравлика, гидро- и пневмоприводы", лабораторные работы, расчетно-графические задания.

### EDUCATIONAL LABORATORY HYDRAULIC AND PNEUMATIC ARMY ACADEMY

V. Mandrus

*Pneumatic and hydraulic stands have been constructed for five laboratory works in discipline "Hydraulics, hydraulic and pneumatic drives". These stands are compact and portable, lightweight and cheap. A regular army equipment - hydromechanical lift can also be used. Calculation and graphic tasks are described there in.*

**Key words:** discipline of "Hydraulics, hydraulic and pneumatic drives", laboratory works, calculation and graphic tasks.