

ГІДРОПНЕВМОАВТОМАТИКА

Методичні вказівки до виконання практичних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
галузі знань 13 Механічна інженерія
ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка
денної та заочної форм навчання

УДК 621.22(07)
Г46

Рекомендовано до видання вченою радою факультету транспорту та механічної інженерії ЛНТУ, протокол № від «_» _____ 2025 року.

Голова вченої ради факультету транспорту та механічної інженерії _____

І. МУРОВАНІЙ

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ.

Директор бібліотеки _____ Н. ПОЛІЩУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ, протокол № _____ від «_____» _____ 2025 року.

Завідувач кафедри прикладної механіки та мехатроніки _____ Р. РЕДЬКО

Укладач: _____ Н. ГУЛІЄВА, к.т.н., доцент кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ.

Рецензент: _____ О. РЕШЕТИЛО, к.т.н., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ.

Відповідальний за випуск: _____ Р. РЕДЬКО, к.т.н., доцент, завідувач кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ.

Гідропневмоавтоматика Методичні вказівки до виконання практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, галузі знань 13 Механічна інженерія, ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи», спеціальності 131 Прикладна механіка, денної та заочної форм навчання / уклад. Н. ГУЛІЄВА – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 64 с.

Г46

Методичні вказівки складені відповідно до діючої програми курсу «Гідропневмоавтоматика». У процесі вивчення дисципліни передбачені практичні заняття для закріплення знань, отриманих при вивченні певних тем, що допомагають засвоїти теоретичний матеріал і виробити необхідні навички.

ЗМІСТ

ст.

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 Конструкція та принцип дії гідравлічного привода	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 Конструкція й принцип дії пневматичного та електропневматичного привода	11
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 Конструкція та характеристики силового гідравлічного циліндра	19
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 Дросельне регулювання швидкості вихідної ланки приводу	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 Гідравлічні вузли допоміжних верстатних механізмів	27
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6 Гідроприводи плоскошліфувальних верстатів	34
ПРАКТИЧНА РОБОТА №7 Гідроприводи фрезерних верстатів	39
ПРАКТИЧНА РОБОТА №8 Гідропривід універсальних одностійкових пресів	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
ДОДАТКИ	50

ВСТУП

Гідропневмоавтоматика як наука вивчає проектування, керування та ремонт автоматичних систем і технологічних машин, в яких в якості перетворювача енергії використовуються гідравлічні та пневматичні приводи.

Важливою складовою частиною є також отримання знань з гідропневмоавтоматики, комп'ютерних технологій в проектуванні і керуванні технологічними машинами з гідропневмоприводами, що широко використовується у міжнародній інженерній практиці.

Навчальний курс Гідропневмоавтоматика розроблений для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у галузі знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи денної та заочної форми навчання. Даний курс допоможе здобувачам засвоїти основні принципи гідропневмоприводів та навички, які необхідні для успішної кар'єри в цій галузі.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДА

Мета: вивчити конструкцію та принцип дії гідравлічного стенду для випробувань гідроапаратів.

Теоретичні відомості

Гідравлічний стенд ДЧП «ФЕСТО» призначений для практичного вивчення елементної бази та основних систем управління виробничими процесами за допомогою гідравлічних засобів автоматики. Його головною особливістю є надана для учнів можливість самим збирати різні схеми для вивчення характеристик основних гідравлічних пристроїв і приводів в цілому, перевіряти працездатність гідравлічних систем, що розробляються, набувати навичок монтажу, налагодження та технічної експлуатації гідроприводів.

Стенд складається зі столу, однієї або двох вертикальних плит для монтажу гідравлічних пристроїв, панелі для встановлення електричних блоків живлення та керування, насосної установки та витратоміра (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд стенду

У ящиках столу розміщено комплектуючі гідравлічні пристрої. До них входять практично всі види гідравлічної апаратури, що використовується в приводах, призначеної для керування тиском, витратою або напрямком потоку робочої рідини, а також два типи

гідродвигунів – гідроциліндр з одностороннім штоком і гідромотор. З'єднання гідравлічних пристроїв забезпечується за допомогою гнучких рукавів високого тиску (шлангів) з швидкодіючими роз'ємами та трійниками. Наявність зворотних клапанів на штуцерах гідравлічних пристроїв та шлангів дозволяє виключити витікання з них робочої рідини у від'єданому положенні (Додаток А).

Насосна установка є джерелом подачі робочої рідини та виконана у вигляді окремого блоку (рис. 1.2).

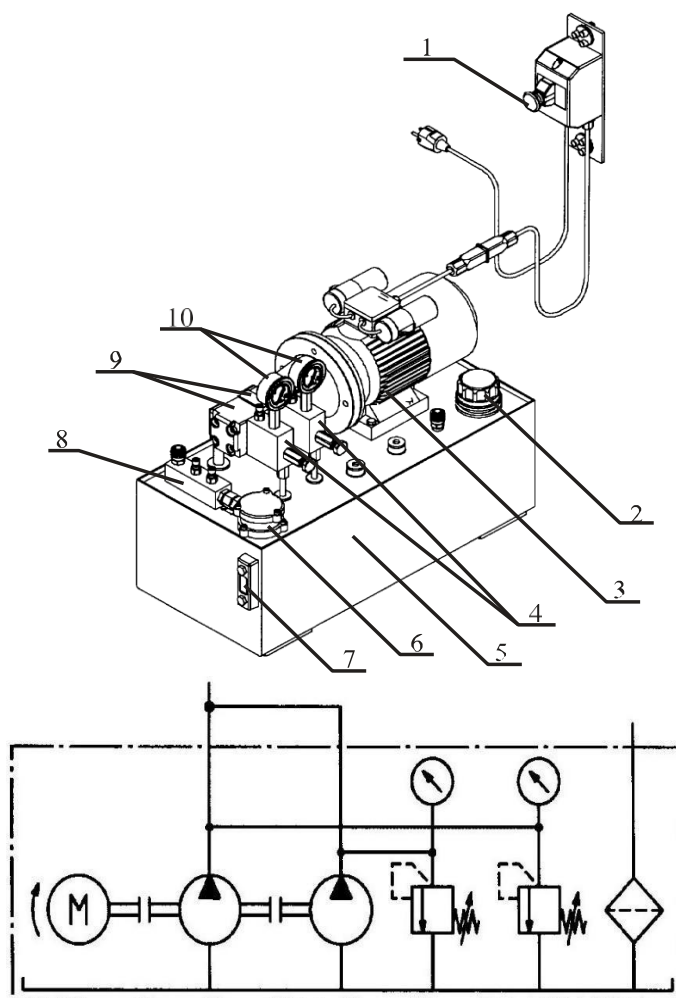


Рис. 1.2. Насосна установка: 1 – пульт управління; 2 – заливна горловина з пробкою; 3 – електродвигун; 4 – Запобіжні клапани; 5 – гідробак; 6 – фільтр; 7 – масловказівник; 8 – сполучний фланець; 9 – шестеренні насоси із зовнішнім зачепленням; 10 – манометри

Максимальний тиск робочої рідини на виході з насосної установки обмежений упором регулювального гвинта і не може перевищувати 6 МПа. Насосна установка має два штуцери. Штуцер напірної гідролінії позначений буквою «Р», зливної гідролінії – буквою «Т». Контроль рівня робочої рідини в гідробаку здійснюється за допомогою масловказівника. Пуск та зупинка електродвигуна здійснюється зеленою та червоною кнопками відповідно.

Для вимірювання витрати робочої рідини на стенді встановлений витратомір, що є мірним бак з випускним вентилем, встановленим в зливній гідролінії. Витрата вимірюється за часом заповнення заданого об'єму рідини. Злив рідини із мірного бака здійснюється безпосередньо в гідробак насосної установки. Вимірювання тиску робочої рідини проводиться манометрами, шкали яких проградуйовані в мегапаскалях або барах ($10 \text{ бар} = 1 \text{ МПа}$).

В основну комплектацію стенду входять гідравлічні пристрої, представлені в додатку 1. Назви пристроїв подані відповідно до ДСТУ 3455.3-96 «Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Частина 3. Гідроапарати та пневмоапарати. Терміни та визначення». Для ідентифікації гідравлічні пристрої мають таблички з їх умовними графічними позначеннями, які також наведені у таблиці. Штуцери гідравлічних апаратів позначені такими літерами:

«Р» – підведення тиску, «Т» – з'єднання зі зливом, «А» та «В» – під'єднання гідроапарату до гідросистеми відповідно до його функціонального призначення,

«Х» та «У» – підведення ліній управління. Усі комплектуючі гідравлічні пристрої розраховані на максимальний тиск 10 МПа.

До складу гідравлічних пристроїв, що розміщуються в ящиках стенду, входять два гідроциліндри, що мають діаметр поршня, рівний 16 мм, діаметр штока, рівний 10 мм і робочий хід 200 мм, і гідромотор роторного типу з робочим об'ємом 8,2 см³. Один гідроциліндр має ступінчасту рейку, що забезпечує перемикання прямого розподільника з роликівим керуванням залежно від колійного положення штока гідроциліндра. У комплектацію стенда може входити вантаж, що під'єднується через важіль до штока гідроциліндра і моделює інерційне навантаження на ньому. У цьому випадку гідроциліндр із вантажем встановлюються на вертикальній стійці стенду.

При встановленні шлангів на штуцери гідравлічних пристроїв іноді можуть мати місце значні сили опору, обумовлені наявністю тиску всередині пристрою, що залишився при демонтажі, або підвищеним опором ущільнюючого елемента. У цих випадках необхідно використовувати спеціальний ключ із гвинтом, що дозволяє віджати навантажений стрижень зворотного клапана штуцера.

Для підведення робочої рідини під тиском до гідроелементів лабораторної установки використовуються гнучкі багат шарові трубопроводи (шланги), які, на відміну від жорстких трубопроводів, сприяють зменшенню шуму та демпфування коливань. Рекомендації щодо монтажу гнучких трубопроводів (шлангів) наведено на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Рекомендації щодо монтажу гнучких трубопроводів

Для швидкого з'єднання/роз'єднання гідроелементів лабораторної установки використовуються швидкокороз'ємні муфти (рис. 1.4), які можуть мати у своєму складі механічно керовані зворотні клапани, що дозволяють при відсутності тиску виконувати з'єднання/роз'єднання без зливу робочої рідини.

Муфта складається з двох напівмуфт 1 і 13, що закріплюються на кінцях шлангів, внутрішні порожнини яких, утворені корпусами напівмуфт і різьбовими втулками 5 і 9, призначені для розміщення рухомих в осьовому напрямку зворотних клапанів 3 і 11, забезпечених кільцевими ущільненнями що знаходяться під впливом пружини 2 та 12, відповідно.

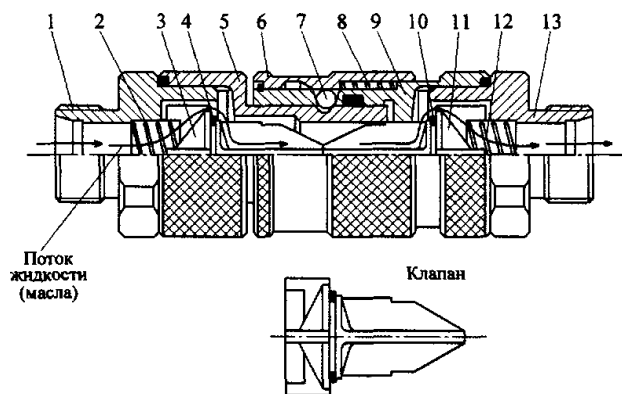


Рис. 1.4. Швидкокороз'ємна муфта для гнучких трубопроводів (шлангів)

Утримання напівмуфт в зчепленому стані, показаному на рисунку, забезпечується кульками 7, розміщеними в конусоподібних отворах втулки 9 і в кільцевій конусоподібній проточці втулки 5. Утримання кульок в конусоподібних отворах втулки 9 здійснюється рухомий в осьовому напрямі втулкою пружини 8.

Для роз'єднання напівмуфт необхідно змістити запірну втулку 6 у напрямку стиснення пружини 8, що дозволяє кулькам вийти із зачеплення з конічною кільцевою канавкою на втулці 5. Під впливом зусиль, створюваних пружинами 2 і 12, клапани 3 і 11 переміщуються в осьовому напрямку і перекривають кільцевими гумовими ущільненнями 4 і 10 прохідні отвори у втулках 5 і 9.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити склад та призначення гідравлічного стенду.
2. Ознайомитись із пристроєм насосної установки та накреслити її принципову схему.
3. Ознайомитись із комплектуючими гідравлічними пристроями, що входять до комплекту постачання стенда та способами їх монтажу на плитах стенду.
4. Ознайомитись із конструкцією швидкокороз'ємної муфти.
5. Вивчити принципові умовні позначення гідравлічного обладнання навчального стенду.

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Схема стенду (за вказівкою викладача).

3. Опис установки та роботи представленої схеми.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Навіщо призначений гідравлічний стенд?

2. Основні складові гідравлічного стенду.

3. Які елементи входять до складу насосної установки?

4. Які двигуни передбачено використовувати при складанні схем на лабораторних роботах?

5. Навіщо призначена швидкокороз'ємна муфта?

Як влаштована та працює швидкокороз'ємна муфта?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

КОНСТРУКЦІЯ Й ПРИНЦИП ДІЇ ПНЕВМАТИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНОГО ПРИВОДА

Мета: вивчити конструкцію та принцип дії лабораторного стенду для виконання робіт з пневмо- та електропневмоавтоматики.

Теоретичні відомості

Лабораторний стенд фірми ДЧП «ФЕСТО» призначений для практичного вивчення елементної бази та основних систем управління виробничими процесами за допомогою пневмоавтоматики. Його головною особливістю є надана для учнів можливість самим збирати різні схеми для вивчення характеристик основних пневматичних пристроїв загалом, перевіряти працездатність пневматичних систем, що розробляються, набувати навичок монтажу, налагодження та технічної експлуатації пневмоприводів.

Загальний вигляд лабораторного стенду подано на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Загальний вигляд стенду

Стенд включає стіл 1 з висувними контейнерами 9 з пневмoeлементами, що знаходяться в індивідуальних осередках з відповідними умовними позначеннями

(мнемонічними схемами пневмоелементів) (в). На горизонтальній стільниці столу закріплені профільні алюмінієві стійки 3, з тримачами пневмошлангів та електричних проводів 6. Стійки пов'язані між собою поперечними профільними траверсами 4, призначеними для встановлення електричних (електронних) компонентів 5 та пневмоелементів, а також для закріплення похилої універсальної дошки 7 для монтажу лабораторних елементів, що досліджуються.

Ергономічно розташована універсальна дошка являє собою профільну плиту анодованого алюмінію. Реальні стандартні пневмоелементи, забезпечені спеціальними тримачами з фіксаторами, швидко, безпечно та надійно кріпляться у пазах плити. Крок пазів – 50 мм. Максимальні габарити – 1100×700, мінімальні – 350×250 мм.

На універсальних дошках стаціонарно укріплені блоки підготовки повітря 2 із запірним вентилям системи живлення та розподільний (роздавальний) колектор 8.

У складі стенду використовуються пневмоциліндри односторонньої та двосторонньої дії з малими об'ємами робочих порожнин, і оскільки витрата споживаного повітря невелика, пневморозподільники, що управляють, можуть мати ручне керування від кнопок з пружинним поверненням. Блок підготовки повітря (БПВ), запірний вентиль (В) системи живлення стисненим повітрям та колектор (К) встановлені на лабораторному стенді постійно.

На стенді ДЧП «ФЕСТО» застосовується компактний компресор для закритих приміщень, загальний вигляд якого представлений на рис. 2.2.

Характеристики компресора:

- тиск – 0,8 МПа;
- продуктивність – 50 л/хв ($0,83 \cdot 10^{-3}$ м³/с);
- об'єм реверса – 24 л ($24 \cdot 10^{-3}$ м³);
- напруга живлення 220 В;
- споживаний струм – 2,65 А;
- маса – 30,5 кг;
- рівень шуму – 45 дБ.

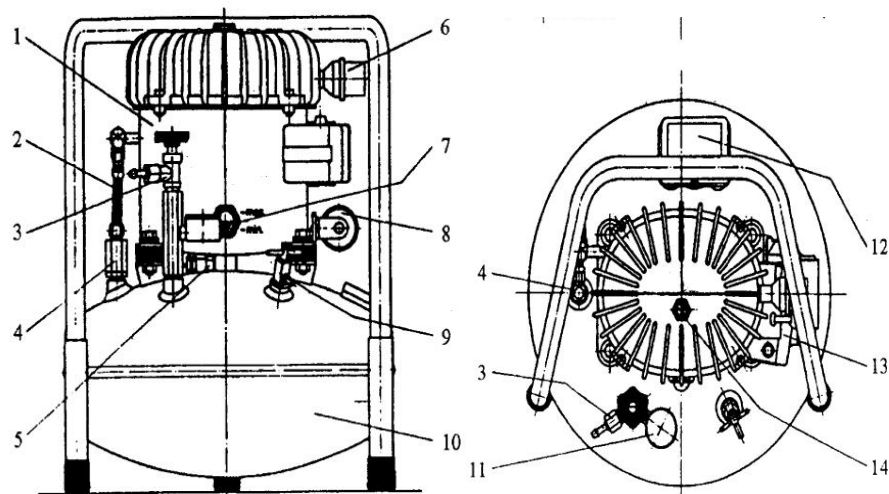


Рис. 2.2. Компактний компресор:

1 – мотор-компресор у захисному кожусі з ребрами охолодження; 2 – гнучкий з'єднувальний шланг; 3 – кран виходу стисненого повітря; 4 – зворотний клапан; 5 – запобіжний клапан; 6 – повітряний фільтр; 7 – показник рівня олії; 8 – пусковий конденсатор; 9 – кран скидання тиску з ресивера; 10 – ресивер; 11 – манометр; 12 – датчик тиску; 13 – коробка передач; 14 – отвір для заливання рідини

В основну комплектацію стенду входять пневмо- та електропневматичні пристрої, умовні позначення та схеми яких представлені в Додатку Б. Назви пристроїв дано відповідно до ДСТУ 3455.3-96

«Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемі» ДСТУ Б А.2.4-16:2008, «Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів» ДСТУ Б А.2.4-3:2009, «Системи гідравлічні і пневматичні та їхні складові частини. Графічні умовні позначки та принципові схеми. Частина 1. Графічні умовні позначки звичайної призначеності та використовні для пристроїв оброблення даних» ДСТУ ISO 1219-1:2014. Для ідентифікації пневмо- та електропневматичних пристроїв є таблички з їх умовними графічними позначеннями, які наведені в таблиці додатка Б.

Усі комплектуючі пневмо- та електропневматичних пристроїв розраховані на максимальний тиск 0,8 МПа.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити склад та призначення універсального стенду для виконання робіт з пневмо- та електропневмоавтоматики.
2. Ознайомитись з умовними позначеннями пневмоелементів (додаток 1).
3. Вивчити важливі умовні позначення гідравлічного обладнання навчального стенду.

Зміст звіту

1. Ціль роботи.
2. Схема стенду (за вказівкою викладача).
3. Опис установки та роботи представленої схеми.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Навіщо призначений стенд?
2. Основні технічні дані стенду.
3. Загальний облаштування стенду.
4. Пристрій та призначення компресора?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

КОНСТРУКЦІЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛОВОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ЦИЛІНДРА

Мета: ознайомитися з дослідною установкою для випробування силового гідроциліндра; зняти характеристики силового гідроциліндра

Теоретичні відомості

Конструкції гідроциліндрів, які у гідросистемах машин, дуже різноманітні.

Найбільшого поширення набули силові гідроциліндри двосторонньої дії, в яких рух поршня в обох напрямках відбувається за рахунок тиску рідини.

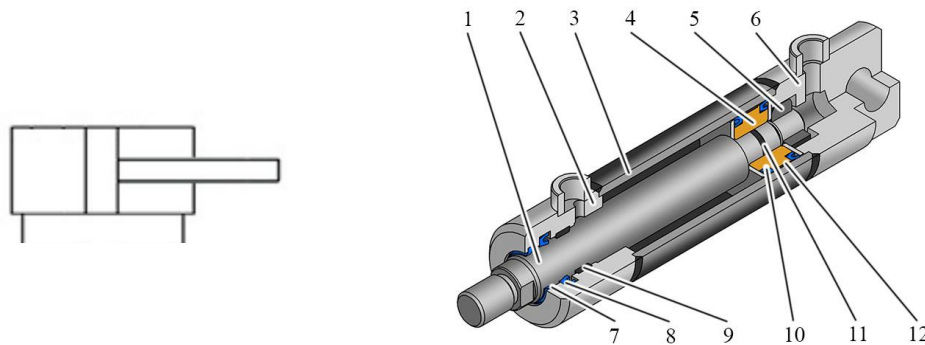


Рис. 1.1. Гідроциліндр

1 – шток; 2 – передня кришка; 3 – гільза; 4 – поршень; 5 – гайка; 6 – задня кришка;
7 – брудознімач; 8 – штокова манжета; 9 – кільце направляюче штокове; 10 – манжета поршнева; 11 – гумове кільце; 12 – кільце направляюче поршневе

Силовий гідроциліндр складається з корпусу, в якому рухається поршень зі штоком, що виходить із циліндра і з'єднаним із навантаженням. Для зменшення витoku рідини поршень і шток мають ущільнення зазвичай як кільця. У силовому циліндрі енергія тиску рідини, що надходить, перетворюється в механічну енергію переміщення штока. Швидкість переміщення поршня (або в деяких конструкціях циліндра при нерухомому поршні) залежить від кількості рідини Q_u , що надходить до циліндра, та його робочої площі S_n .

Для гідроциліндра з одностороннім штоком при подачі рідини в ліву поршневу порожнину робоча площа дорівнює:

$$S_n = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (3.1)$$

де D – діаметр поршня.

Швидкість поршня (без витоків рідини) визначається за формулою:

$$V = \frac{4Q_u}{\pi D^2}. \quad (3.2)$$

При подачі рідини у праву порожнину

$$S_n = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \quad (3.3)$$

де d – діаметр штока.

Таким чином, швидкість поршня

$$V = \frac{4Q_u}{\pi(D^2 - d^2)}. \quad (3.4)$$

Відповідно до формул (3.2) і (3.4) при подачі однакої кількості рідини Q_u поперемінно в ліву та праву порожнину циліндра поршень переміщатиметься з різною швидкістю. Це дає можливість шляхом відповідного підбору діаметрів D і d досягти необхідних зусиль та швидкості при робочому та зворотному ході. У силових циліндрах з одностороннім штоком можливе одержання однакових швидкостей переміщення штока в обох напрямках. Для цього площа перерізу штока повинна бути вдвічі меншою за площу перерізу поршня і при русі поршня вправо витіснена рідина повинна надходити в ліву порожнину разом з рідиною, що подається насосом.

У силових циліндрах із двостороннім штоком швидкість переміщення поршня в обох напрямках при подачі однакої кількості рідини буде однакою. Основним недоліком таких гідроциліндрів є збільшення габаритів установок, пов'язане з виходом штока обидві сторони циліндра.

Під дію тиску рідини на поршень розрахункове зусилля на штоку (без урахування тертя поршня та штока)

$$F_p = \Delta p S_n, \quad (3.5)$$

де Δp – робочий тиск рідини, $\Delta p = p_1 - p_2$; p_1 та p_2 – тиск на вході та виході силового циліндра.

Потужність, що споживається силовим циліндром, без урахування витоків рідини та тертя в циліндрі

$$N = F_p V, \quad (3.6)$$

$$\text{або } N = \Delta p Q_u. \quad (3.7)$$

Знаючи фактичне зусилля на штоку F_ϕ і швидкість руху V , корисну потужність на штоку силового циліндра визначимо за формулою

$$N_n = F_\phi V, \quad (3.8)$$

ККД силового гідроциліндра може бути представлений у вигляді:

$$\eta = \eta_o \eta_m, \quad (3.9)$$

де η_o – об'ємний ККД гідроциліндра, що враховує наявність витоків рідини і, у зв'язку з цим, зменшення фактичної швидкості руху поршня та штока в порівнянні з розрахунковою,

$$\eta_o = \frac{V_\phi}{V}, \quad (3.10)$$

η_m – механічний ККД гідроциліндра, що враховує зменшення фактичного (вимірюного) зусилля на штоку порівняно з розрахунковим внаслідок тертя поршня та штока під час руху у силовому циліндрі

$$\eta_m = \frac{F_\phi}{F_p}. \quad (3.11)$$

Об'ємний ККД гідроциліндра, поршень якого ущільнений манжетами або гумовими кільцями, можна приймати рівним одиниці, оскільки за такого ущільнення витоків рідини практично немає.

У разі ущільнення поршня металевими розрізними кільцями $\eta_o = 0,98 - 0,99$.

Механічний ККД гідроциліндра в залежності від різних факторів знаходиться в межах $0,85 - 0,97$, середнє значення $\eta_m = 0,95$.

Опис експериментальної установки

Принципова схема експериментальної установки представлена рис. 3.2.

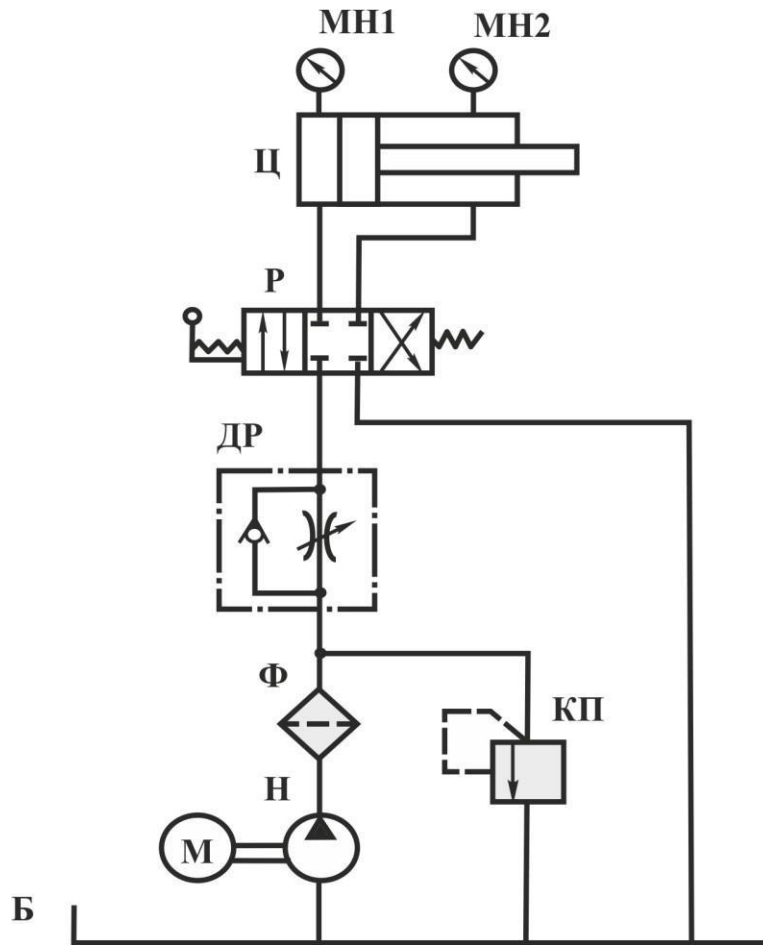


Рис. 3.2. Принципова схема експериментальної установки

Насос Н, який рухається електродвигуном, подає рідину в систему, де вона по сполучних трубопроводах проходить через фільтр Ф, дросель із зворотним клапаном ДР і розподільник Р до силового гідроциліндра Ц, що виконує в установці функцію двигуна. До обох порожнин гідроциліндра для визначення тиску підключені манометри МН1 та МН2. При включенні лівої секції розподільника рідина надходить у поршневу порожнину гідроциліндра Ц із штокової порожнини через розподільник зливається в гідробак Б. Запобіжний клапан КП служить для обмеження тиску в гідросистемі і виконує функцію переливного клапана.

Порядок виконання роботи

1. Накреслити принципову схему експериментальної установки (рис. 3.2) та підібрати відповідне обладнання на основі гідравлічного стенду FESTO:

- гідроциліндр – 1;
- розподільник – 1;
- дросель із зворотним клапаном – 1;
- манометри – 2;
- запобіжний клапан – 1.

2. Зібрати схему, увімкнути стенд. Встановити запобіжним клапаном робочий тиск у системі та задати дроселем навантаження на шток гідроциліндра F_{ϕ} .

3. Включити розподільник у ліве положення, тим самим забезпечити надходження олії в поршневу порожнину силового гідроциліндра та зливу його зі штокової порожнини.

4. Одночасно з включенням розподільника включити секундомір та визначити тривалість робочого ходу поршня.

5. Виміряти тиск p_1 на вході та p_2 на виході гідроциліндра при допомоги манометрів МН1 та МН2.

6. При досягненні поршнем крайнього положення переключити розподільник і направити масло в штокову порожнину гідроциліндра. Результати вимірів внести до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Результати вимірів

№	Тривалість робочого ходу t , с	Тиск у гідроциліндрі		Діаметр поршня D , м	Хід поршня L , м
		на вході p_1 , МПа	на виході p_2 , МПа		

Обробка експериментальних даних

1. Залежно від $V = \frac{L}{t}$ визначити фактичну швидкість руху поршня зі штоком.
2. Визначити $\Delta p = p_1 - p_2$ за дослідними значеннями тисків на вході та виході гідроциліндра.
3. Визначити витрату рідини в гідроциліндрі за залежністю $Q_u = S_n V$.
4. Визначити розрахункове зусилля на штоку $F_p = \Delta p S_n$.

5. Розрахувати потужність, що споживається силовим гідроциліндром по залежності $N_n = F_\phi V$.

Таблиця 3.2. Результати обчислень

Площа поршня $S_n, \text{м}^2$	Швидкість руху поршня, $V \text{ м/с}$	Витрата гідроциліндра, $Q_u, \text{м}^3/\text{с}$	Зусилля на штоку, $F_p, \text{кН}$	Потужність, гідроциліндра, $N_n, \text{кВт}$

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Принципова схема експериментальної установки.
4. Таблиці результатів вимірів та обчислень.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які силові гідроциліндри набули найбільшого поширення?
2. З яких елементів складається силовий гідроциліндр і як він позначається в принципових схемах?
3. Яку функцію у системі виконує гідроциліндр?
4. Від яких показників залежить швидкість поршня та як вона визначається?
5. Чому в циліндрі двосторонньої дії з одностороннім штоком швидкості руху поршня в ліву та праву сторони відрізняються?
6. Як можна отримати однакові швидкості переміщення поршня в обох напрямках таких циліндрів?
7. Як визначити розрахункове та фактичне зусилля на штоку циліндра?
8. Чому дорівнює потужність, що споживається силовим циліндром?
9. Як визначається ККД гідроциліндра?
10. Розкажіть за принциповою схемою експериментальної установки як проводяться випробування.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

ДРОСЕЛЬНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ ПРИВОДУ

Мета: вивчити схеми регулювання швидкості руху штока гідроциліндра; зібрати схему, що дозволяє здійснювати переміщення поршня з різними швидкостями при прямому та зворотному руху.

Теоретичні відомості

Швидкість руху штока циліндра можна регулювати з допомогою дроселів, оскільки вони дозволяють змінювати витрати рідини, що проходить через гідролінію. Існують три типові схеми встановлення дроселів (рис. 4.1): на вході *a)*, виході *б)* та паралельно *в)*.

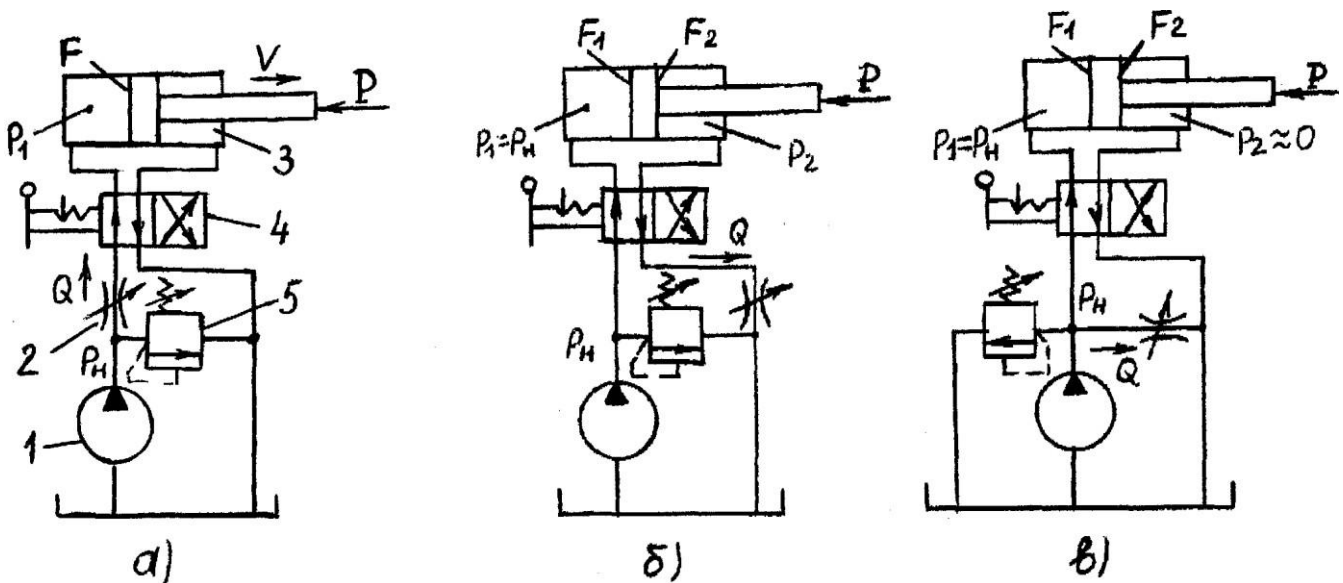


Рис. 4.1. Типові схеми встановлення дроселів: *a)* на вході у гідродвигуна;
б) на виході; *в)* паралельно

Розглянемо першу схему (рис. 4.1а). У гідроприводі рідина від нерегульованого насоса 1 через дросель 2 і розподільник 4 надходить у робочу порожнину циліндра 3, а з протилежної порожнини зливається в бак. Швидкість переміщення штока циліндра буде змінюватися при зміні прохідного перерізу дроселя, який обмежує витрату рідини, що надходить в циліндр, причому масло, що залишилося, зливається в бак через переливний

клапан 5. Клапан з тиском p_n , достатній для подолання можливого навантаження P на штоку циліндра. Так як через клапан 5 постійно проходить частина потоку рідини, насос постійно працює під максимальним тиском незалежно від навантаження P .

Витрата рідини через дросель можна знайти за формулою:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad (4.1)$$

де μ – Коефіцієнт витрати;

A – площа прохідного перерізу дроселя, м^2 ;

Δp – перепад тиску на дроселі, Па;

ρ – густина робочої рідини, кг/м^3 .

Аналіз формули (4.1) показує, що при постійному налаштуванні дроселя ($A=\text{const}$) витрата рідини залежить від Δp . Оскільки в аналізованому гідроприводі $\Delta p = p_n - p_1$ ($p_1 = \frac{P}{F}$ – тиск у робочій порожнині циліндра; F – площа поршня), витрата Q масла через дросель і швидкість руху штока $V = \frac{Q}{F}$ будуть змінюватимуться залежно від навантаження P , при $P \rightarrow 0$, $\Delta p \rightarrow p_n$.

При встановленні дроселя на виході (рис. 4.1б) $p_n = \text{const}$, а тиск в штоковій порожнині циліндра $p_2 = \frac{(p_n F_1 - P)}{F_2} = \Delta p$,

де F_1 – площа поршня поршневої порожнини циліндра, F_2 – площа поршня в штоковій порожнині циліндра. Витрата рідини Q також залежить від навантаження P , причому при $P \rightarrow 0$ (або зміни напряму дії навантаження) Δp може перевищувати p_n . Під час встановлення дроселя паралельно (рис. 4.1в) $\Delta p = p_n = p_1 = \frac{P}{F} \neq \text{const}$, що дозволяє знизити втрати в гідроприводі. Рідина через переливний клапан може проходити лише при перевантаженні або зупинці гідроциліндра на закритті, якщо дросель не пропускає всього потоку рідини, що нагнітається насосом, при тиску налаштування переливного клапана. Однак у цьому випадку швидкість руху штока V також залежить від навантаження P , причому в більшості випадків, оскільки зі зростанням p_n

збільшується витрата рідини через дросель і одночасно дещо знижується подача насосу (зростають об'ємний витік в насосі). Схема з дроселем на виході забезпечує більш плавний рух робочого органу і може використовуватися в гідроприводах із змінним напрямком дії навантаження P . Однак при застосуванні цієї схеми зростає небезпека ривків штока циліндра в напрямку подачі в момент запуску гідроприводу в роботу. Максимальна плавність руху при малих швидкостях досягається при застосуванні спеціальних двощілинних дроселів, які встановлюються в обох лініях підключення двигуна.

При виборі схеми встановлення дроселя слід враховувати, що у варіанті з дроселюванням на вході тиск у циліндрі менший, тому знижується тертя та покращуються умови роботи ущільнень; оскільки дроселюється потік, що надходить зазвичай у велику (поршневу) порожнину циліндра, полегшується одержання малих подач. Водночас у цьому випадку не завжди вистачає тиску подачі для нормальної роботи гідромоторів; тепло, що виділяється при дроселюванні, надходить у гідросистему.

Таким чином, при всіх схемах установки швидкість руху штока V залежить від навантаження P , а перепад тисків Δp може досягати великої величини, що ускладнює отримання малих витрат, тому що для цього доводиться зменшувати площу поперечного перерізу A щілини, що дроселює, що призводить до її швидкого засмічення та облітерації. Отвори з площею перерізу менше $0,1 \dots 0,3 \text{ мм}^2$ намагаються не робити навіть за хорошої фільтрації рідини. Це означає, що при максимальному тиску в гідроприводі $p_n = 10 \text{ МПа}$ мінімальна витрата рідини через дросель становить $1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ($0,6 \text{ л/хв}$), тоді як у сучасних гідроприводах верстатів потрібна постійна підтримка витрат, які є меншими від зазначеного.

У деяких випадках (наприклад, у дискових пилках для холодного різання) потрібно, щоб швидкість подачі зменшувалася при збільшенні навантаження. Це можна забезпечити шляхом застосування звичайних дроселів. Однак у більшості гідроприводів встановлена швидкість руху, яка повинна бути постійною в широкому діапазоні зміни навантажень на робочих органах гідродвигуна, тому перепад тисків на отвір, що дроселює, повинен підтримуватися постійним та невеликим ($0,2 \dots 0,3 \text{ МПа}$) для отримання мінімальних витрат при мінімально допустимій площі отвору, що дроселює.

Вказані умови задовольняють регулятори витрати, які являють собою комбінацію дроселя з регулятором, що підтримує постійний перепад тисків отвору, що дроселює. Щоб знизити вплив температури рідини на встановлену витрату, кромки отвору, що дроселюють, виконують гострими. Різні модифікації регуляторів витрати можуть додатково виконувати функції запобіжного клапана непрямої дії; мати вбудований зворотний клапан; комплектуватися зворотним клапаном і механічно керованим розподільником, що дозволяє реалізувати цикл руху: швидке підведення – робоча подача – швидке відведення (можливо з регулюванням швидкості швидкого відведення).

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з гідросхемою дросельного регулювання швидкості вихідної ланки приводу (рисунок 4.2) та підібрати відповідні апарати:

- гідроциліндр – 1;
- розподільник – 1;
- дросель із зворотним клапаном – 2.

2. Зібрати схему з дотриманням заходів безпеки на основі гідравлічного стенду FESTO.

3. У присутності викладача включити стенд та розпочати виконання роботи.

Регулювання швидкості штока

Регулювання на вході та виході

При включенні розподільника у положення, зображене на рис.4.2, робоча рідина під тиском проходить через дросель регулятора ДР1 (зворотний клапан закритий) у штокову порожнину гідроциліндра. Одночасно із поршневої порожнини гідроциліндра рідина проходить через дросель регулятора ДР2 на злив (зворотний клапан також закритий).

Змінюючи положення дроселя регулятора ДР1 кілька разів (5...6), спостерігати за ходом штока – регулювання на вході.

Змінюючи положення дроселя ДР2, спостерігати за ходом штока – регулювання на виході.

При включенні розподільника в крайнє ліве положення (рис. 4.2) потік робочої рідини змінює напрям і надходить у поршкову порожнину гідроциліндра. Зворотні

клапани регуляторів ДР1 та ДР2 відкриваються і потік тече через них, оминаючи дроселі обох регуляторів.

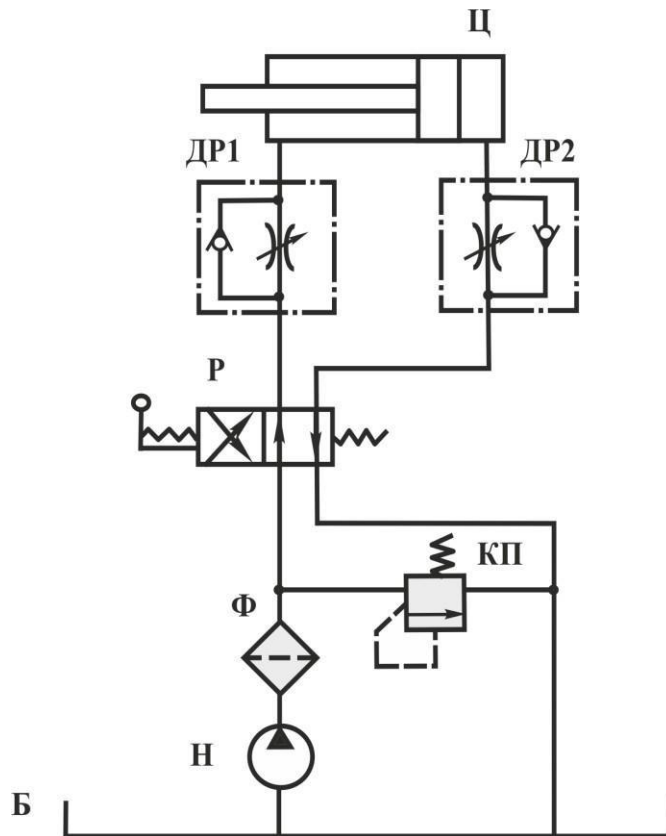


Рис. 4.2. Гідросхема дросельного регулювання швидкості вихідної ланки приводу

Використовуючи шкалу циліндра та секундомір, визначити довжину ходу штока L та час руху t , знайти швидкість руху штока V . Дані звести в таблицю 4.1 та побудувати графіки $V = f(t)$ при різних способах регулювання. Визначити за графіком, у якому разі поршень рухається швидше та дати цьому пояснення.

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Гідросхема дросельного регулювання швидкості вихідної ланки приводу.
3. Таблиця результатів вимірів.
4. Графіки залежності швидкості штока гідроциліндра від положення дроселя.

5. Висновки щодо роботи.

Таблиця 4.1. Результати вимірювання параметрів

№	Регулювання на вході			Регулювання на виході		
	$L, \text{ м}$	$t, \text{ з}$	$V, \text{ м/с}$	$L, \text{ м}$	$t, \text{ з}$	$V, \text{ м/с}$
1						
2						
3						
4						
5						

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Навіщо використовують дроселі в гідросистемі?
2. Які схеми підключення дроселів застосовують практично?
3. Яка із схем підключення краще?
4. Назвіть недоліки дросельного регулювання швидкості руху штока гідроциліндра.
5. Яким чином можна усунути недоліки дросельного регулювання?
6. З якою метою кромки отвору, що дроселюють, виконують гострими?
7. Чим відрізняється регулятор витрати від дроселя?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

ГІДРАВЛІЧНІ ВУЗЛИ ДОПОМІЖНИХ ВЕРСТАТНИХ МЕХАНІЗМІВ

Мета: ознайомитися з приводом поворотних механізмів та можливістю забезпечення ступінчастого регулювання швидкості гідроприводу; зібрати схему, що моделює привід поздовжнього переміщення.

Теоретичні відомості

Гідроприводи поворотних механізмів. У револьверних головках, ділильних столах, інструментальних машинах та інших механізмах верстатів потрібно забезпечити поворот і фіксацію робочого органу в заданому кутовому положенні з високою точністю (до 2 – 3”) за обмежений час, причому приводний механізм, розташований у зоні обслуговування повинен бути компактнішим. Гідравлічні приводи дозволяють якнайкраще вирішити ці завдання.

Інструментальна планшайба 11 (рис. 5.1) револьверної головки токарного верстата закріплена на валу 13, який може повертатися гідромотором 5 через зубчасті колеса 4 і 6, а також переміщатися в осьовому напрямку циліндром 8. Попередня кутова фіксація й гальмування гідромотора реалізується фіксатором 7, що взаємодіє з профільним диском 1, а остаточна зупинка – торцевими зубцями коронок 10 і 12, жорстко прикріплених з корпусом 9 головки та інструментальною планшайбою відповідно. Для пошуку кутового положення використовується електронний пристрій 3, а для індикації осьового положення – блок вимикачів 2.

У вихідному положенні електромагніти розподільників 1 та 2 (рис. 5.2) знеструмлені. При повороті включаються електромагніти розподільників 1 (циліндр 12 розкриває торцеві зубці коронок) і 2 (рідина під тиском надходить у порожнину 8, забезпечуючи вихід фіксатора 11 з паза диска 10), штоком 7 золотник 3 зміщується вліво, з'єднуючи камери гідромотора 9 напірною та зливною лініями. Гідромотор через зубчасту передачу повертає планшайбу у напрямі, вказаному стрілкою.

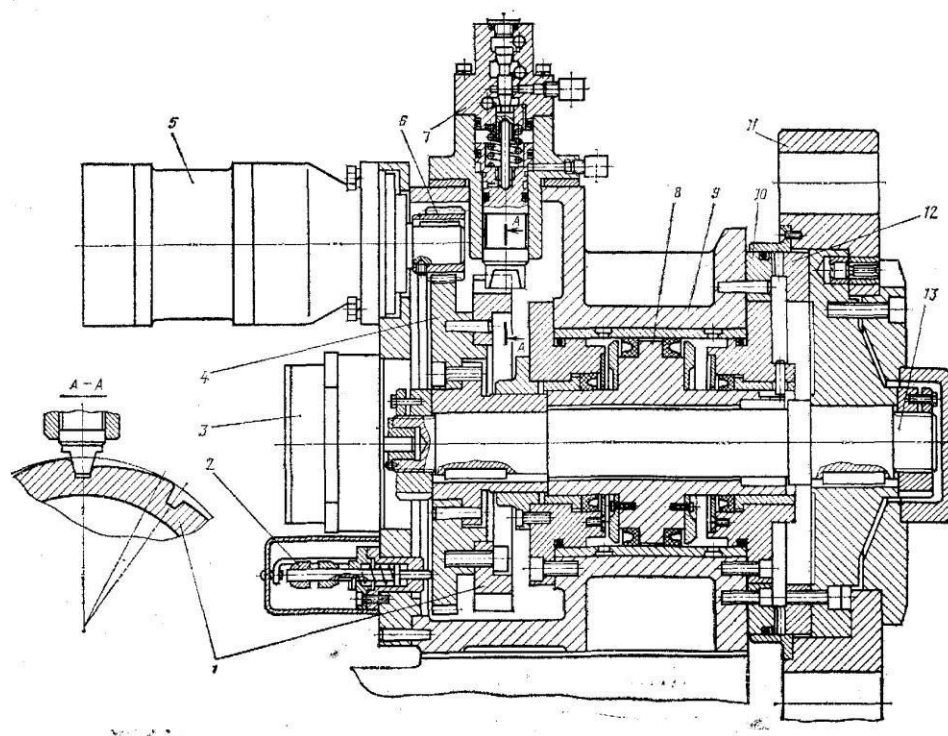


Рис. 5.1. Конструкція гідрофікованої револьверної головки токарного верстата

При підході до заданого кутового положення пристрій пошуку в зоні кута α відключає електромагніт розподільника 2, внаслідок чого фіксатор 11 пружиною 6 і тиском у торцевій порожнині золотника 3 притискається до зовнішньої циліндричної поверхні диска 10. Далі при повороті в межах кута β відповідно до профілю диска фіксатор 11 разом із золотником 3 зміщується вправо (на схемі) і золотник своїми конусними поверхнями дроселює потік масла одночасно на вході та виході з гідромотора, забезпечуючи його плавне гальмування з контролем руху (ефективність гальмування може регулюватися шляхом зміни довжини штока 7). Після того, як фіксатор заходить у паз диска, кінцевий вимикач 14 дає сигнал на вимкнення електромагніту 1 і циліндр 12 вводить в зачеплення торцеві зубці, забезпечуючи точну фіксацію план-шайби. При цьому можливість деякого повороту гідромотора забезпечується шляхом з'єднання його робочих камер через паз 4 золотника (оскільки хід фіксатора 11 вправо обмежений упором, між фіксатором і пазом диска є бічний допуск). Блок мікрровимикачів 13 дає сигнал на проміжок циклу. Частота обертання при повороті може обмежуватись дроселем 5.

У розподільчих механізмах інструментальних машин необхідну точність кута повороту можна досягти без застосування зубчастих коронок з торцевими зубами. У

цьому випадку розподільник 1 та циліндр 12 відсутні, а фіксатор 11 без зазору входить у паз диска 10.

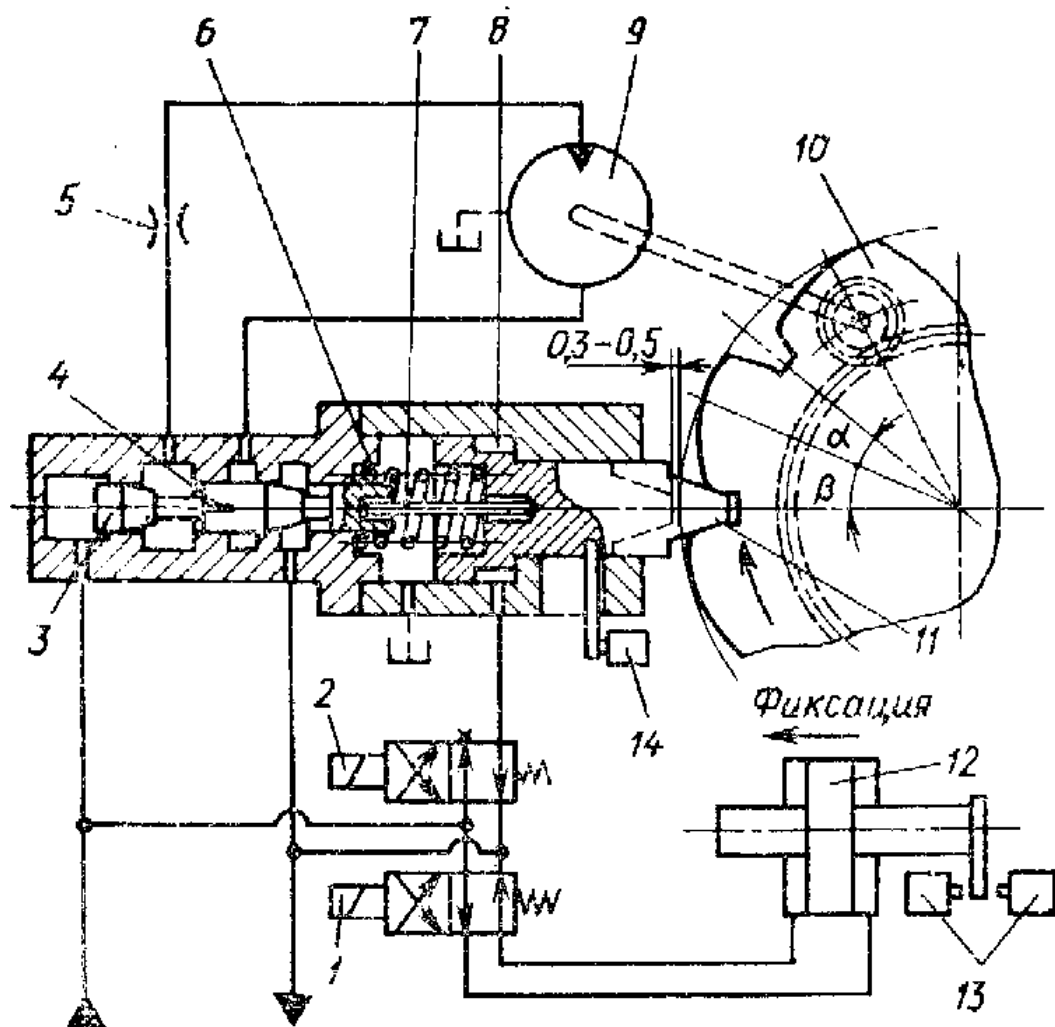


Рис. 5.2. Гідравлічна схема револьверної головки

У ряді випадків при обмеженій поздовжній швидкості руху супортів (наприклад, токарних верстатів) суттєве зниження часу зміни інструменту може бути досягнуто шляхом поздовжнього переміщення каретки 10 (рис. 5.3) з інструментальним магазином 8 зі швидкістю до 20 м/хв в зону обробки та подальшого повернення у вихідне положення. При включенні електромагніту розподільника 9 рідина з напірної лінії надходить у порожнину 7 розподільника дроселюючого 6, зміщуючи золотник в крайнє ліве (на схемі) положення, при якому гідроциліндр 1 переміщує каретку 10 вліво до тих пір, поки важіль 2, взаємодіючи з упором 3, не встановить золотник у нейтральне положення. При цьому

досягається точність позиціонування каретки приблизно 0,2 мм. Після зміни інструменту вимикається електромагніт розподільника 9, тиском порожнини 4 золотник розподільника 6 зміщується вправо і каретка відводиться у вихідне положення, що визначається налаштуванням упору 5.

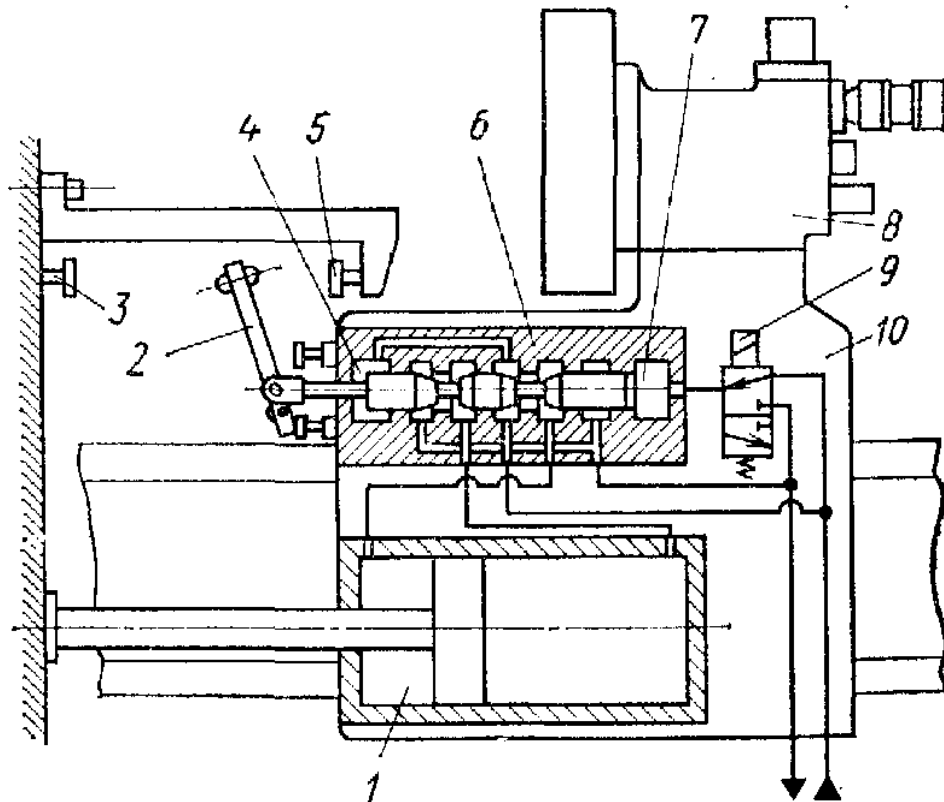


Рис. 5.3. Схема гідроприводу поздовжнього переміщення каретки з інструментальним механізмом

Гідроприводи ступінчастого регулювання швидкості. У ряді механізмів не вдається застосувати колійне гальмування з керуванням від кулачка, встановленого на робочому органі (наприклад, у ланцюгових інструментальних машинах) і для забезпечення високої точності позиціонування потрібна ступінчаста зміна швидкості руху при підході до заданої координати. У гідроприводі (рис. 5.4) панель 1 ступінчасто змінює дроселювання на вході та виході потоків рідини, що надходять у гідромотор приводу 6 ланцюгового механізму. Реверс обертання гідромотора забезпечується розподільником 12, а зміна швидкості золотником 9 панелі. При відключених електромагнітах Е1–Е3 пілотів золотник тиском рідини в порожнині 11 піднімається у верхнє положення, при

якому лінії підведення рідини до гідромотора замикаються. При включенні Е1 пружини штоків 2 і 3 опускають золотник до упору в шайбу 10, що відповідає мінімальному відкриттю отворів, що дроселюють 7 і 8 («повзуча» швидкість гідромотора). Включенням електромагніту Е2 через шток 3 забезпечується додаткове зміщення золотника вниз (другий ступінь швидкості), а включенням електромагніту Е3 – максимальне зміщення золотника вниз (третій ступінь), причому швидкості можуть регулюватися гвинтами 4 і 5. При гальмуванні електромагніти Е3, Е2 та Е1 послідовно відключаються, завдяки чому досягається необхідна точність позиціонування при швидкості руху ланцюга до 30 – 40 м/хв та велику кількість інструментів (до 40 – 60 шт).

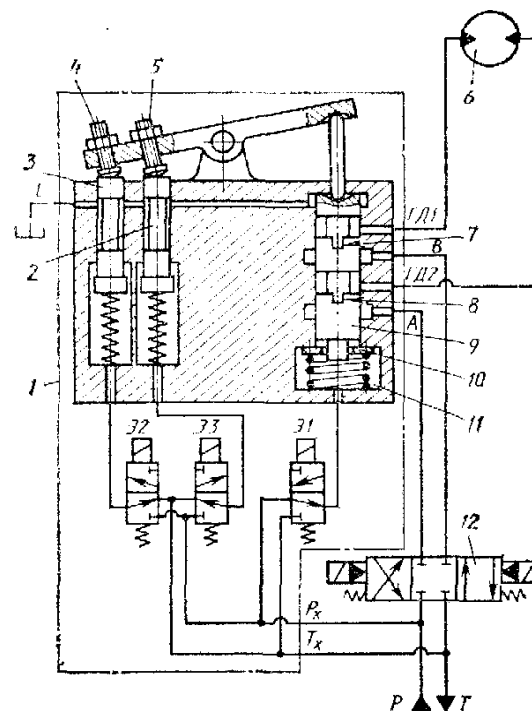


Рис. 5.4. Схема гідроприводу ступінчастого регулювання швидкості: ГД1 та ГД2 – лінії підключення гідродвигуна

Порядок виконання роботи

1. Розглянути конструктивну схему подачі круглошліфувального автомата зі ступінчастим регулюванням швидкості (рис. 5.5).

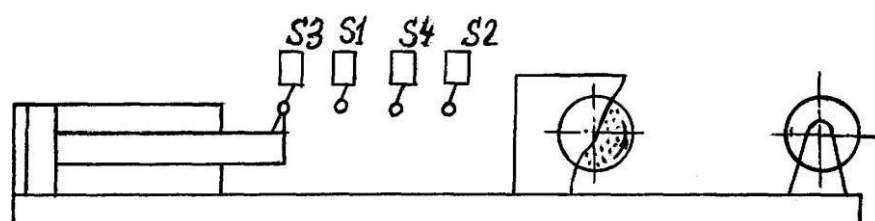


Рис. 5.5. Конструктивна схема подач круглошліфувального автомата зі ступінчастим регулюванням швидкості

2. Ознайомитись з пневмосхемою (рис. 5.6) та підібрати відповідні апарати:
 - пневмоциліндр – 1;
 - розподільник – 1;
 - дросель із зворотним клапаном – 2.
3. Зібрати схему на основі пневмостенду FESTO, увімкнути стенд.

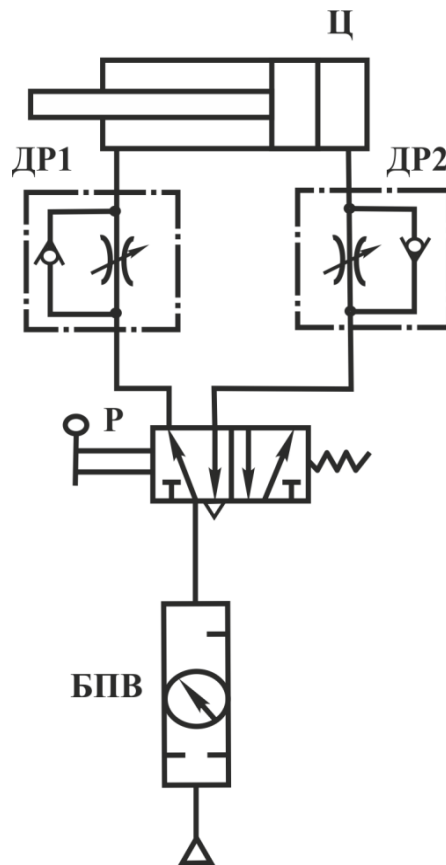


Рис. 5.6. Схема пневмоприводу поздовжнього переміщення

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Короткий опис роботи механізмів.
3. Схема (за вказівкою викладача).

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Конструкція та принцип роботи револьверної головки за рис. 5.1 та 5.2

2. Призначення та принцип роботи механізму переміщення каретки за рис. 5.3.
3. Принцип роботи гідроприводу регулювання швидкості (рис. 5.4).
4. Пояснити роботу пневмосистеми (рис. 5.6).

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

ГІДРОПРИВОДИ ПЛОСКОШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Мета: за гідравлічною схемою вивчити принцип дії плоскошліфувального верстата моделі 3Д722; зібрати схему, що моделює роботу зворотно-поступального переміщення стола плоскошліфувального верстата.

Теоретичні відомості

Гідроприводи забезпечують зворотно-поступальний рух столу або шліфувальної бабки, роботу механізмів подач, пристроїв редагування та автоматичного контролю, різні блокування, вибірку допуску, роботу підшипників шпинделя, мастильних пристроїв та інші функції.

Гідропривід плоскошліфувального верстата із прямокутним столом моделі 3Д722 показано на рис. 6.1. Основні вузли: Н – регульований пластинчастий насос 2Г12-55АМ; циліндри: ЦС – приводу столу, ЦБ – шліфувальної бабки, ЦВП – механізму вертикальної подачі, ЦР – блокування ручного переміщення; розподільники: РС – управління столом, Р0 – управління зупинкою столу, РБ – управління шліфувальною бабкою, РД – дозуючий, Р1–Р5 – типу ВЕ6; ДР1-ДР3 – дроселі з дистанційним електрокеруванням; ДР4 – дросель; ДМ – демпфер; КО1 – зворотний клапан; ПМ – перемикач манометра ПМ6-320; Ф1, Ф2 – фільтри.

Схема виконана в положенні, що відповідає руху столу вліво при зупиненій шліфувальній бабці:

→
 $\Phi 1 - H - 1 - P0 - 2 - PC - 3 - ЦС/ЦС - 4 - PC - 5 - P0 - 6 - ДР1 - 7 - Бак.$

Швидкість руху регулюється дроселем ДР1, перепад тисків на якому підтримується постійним за рахунок автоматичної зміни подачі насоса. Реверс руху столу забезпечується шляхом перемикання Р1 за командою від електричних датчиків положення, встановлених на столі. При цьому потік у лініях керування

←
 $\Phi 1 - H - 1 - \Phi 2 - 18 - 19 ДМ - 20 - P1 - 23$
 $\begin{matrix} PC/PC \\ \rightarrow \\ РД/РД \end{matrix}$
 $22 - P1 - 30 - Бак.$

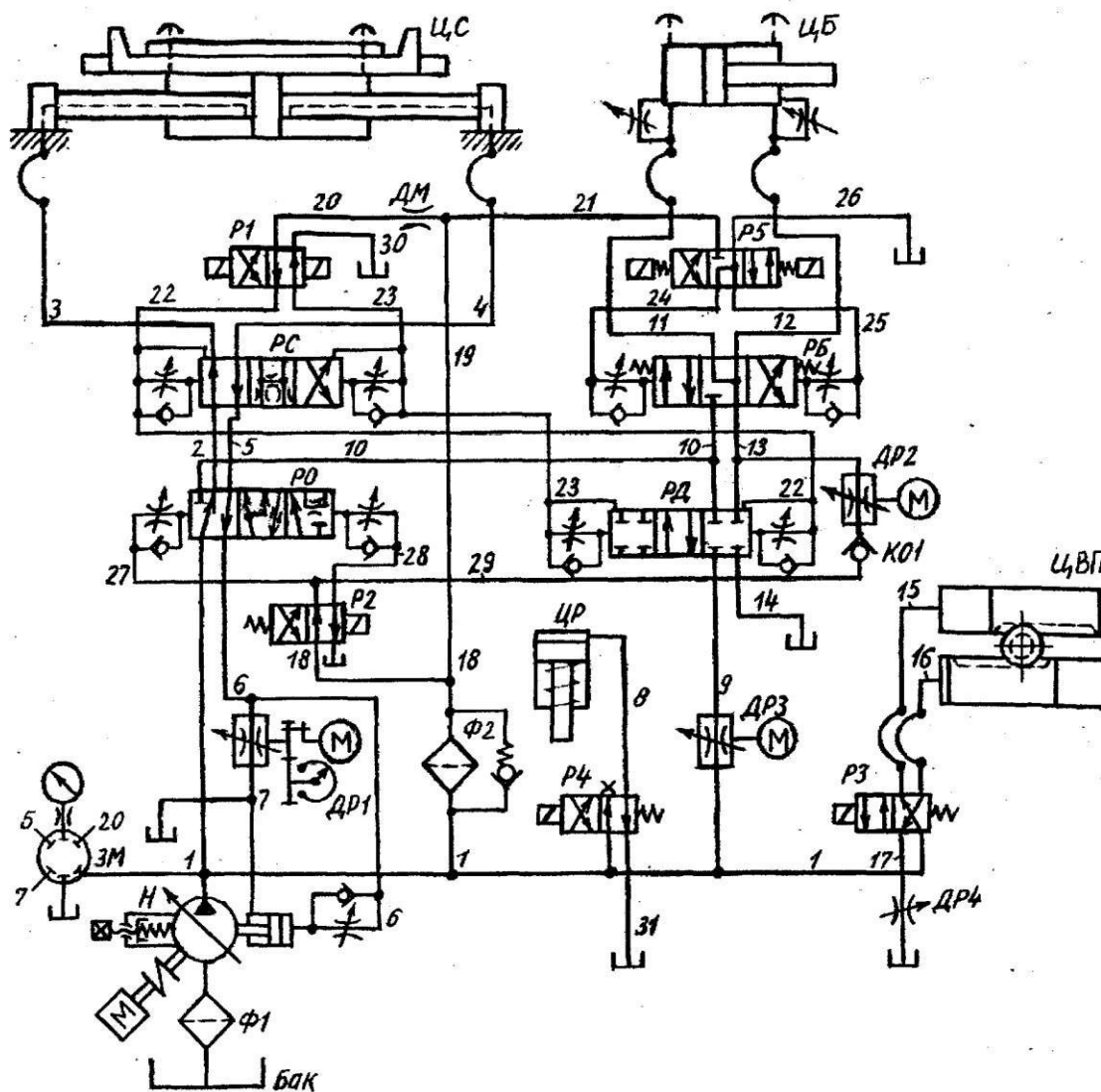


Рис. 6.1. Гідропривід плоскошліфувального верстата із прямокутним столом моделі 3Д722

Після перемикання РС рух столу реверсується.

Включення подачі шліфувальної бабки забезпечується одним із електромагнітів Р5.

Так, якщо включений правий електромагніт, у системі керування

→
 $\Phi 1 - H - 1 - \Phi 2 - 18 - 19 - 21 - P5 - 24 - PБ/РБ - 25 - P5 - 26 - \text{Бак.}$

При кожному реверсі столу одночасно з РС перемикається РД, золотник якого, проходячи через середнє положення, короткочасно з'єднує між собою лінії 9–10 та 13–14,

забезпечуючи переривчасту подачу шліфувальної бабки зі швидкістю, що визначається налаштуванням ДРЗ, а також дроселів, що регулюють час перемикання РД. Потік олії в системі подачі

$$\Phi 1 - H - 1 - ДРЗ - 9 - РД - 10 - РБ - 11 - \overset{\rightarrow}{ЦБ/ЦБ} - 12 - РБ - 13 - РД - 14 - Бак.$$

Вертикальна подача здійснюється при включенні електромагніту РЗ

$$\Phi 1 - H - 1 - РЗ - 16 - \overset{\rightarrow}{ЦВП/ЦВП} \overset{\leftarrow}{-} 15 - РЗ - 17 - ДР4 - Бак.$$

Рух столу припиняється після вимкнення електромагніту Р2

$$\Phi 1 - H - 1 - \Phi 2 - 18 - Р2 - 28 - \overset{\leftarrow}{РО/РО} - 27 - Р2 - Бак.$$

В результаті РВ об'єднує порожнини ЦС і з'єднує між собою лінії 1 і 10, забезпечуючи можливість реалізації безперервної подачі шліфувальної бабки шляхом включення одного з електромагнітів Р5. Якщо включений лівий електромагніт, то в системі відбувається таке:

$$\Phi 1 - H - 1 - Р0 - 10 - РБ - 12 - \overset{\leftarrow}{ЦБ/ЦБ} - 11 - РБ - 13 - ДР2 - КО1 - 29 - Р2 - Бак.$$

ЦР спрацьовує при включенні електромагніту Р4 ($\Phi 1 - H - 1 - Р4 - 8 - ЦР\downarrow$); при відключенні електромагніту ЦР з'єднується із баком через лінію 31.

Порядок виконання роботи

1. Розглянути конструктивну схему плоскошліфувального верстата (рис. 6.2) зі зворотно-поступальним рухом столу.
2. Ознайомитись з пневмосхемою (рис. 6.3) та підібрати відповідні апарати:
 - пневмоциліндр – 1;
 - розподільник – 1.
3. Зібрати схему на основі пневмостенду FESTO, увімкнути. Поворотно-поступальний рух поршня задається розподільником Р.

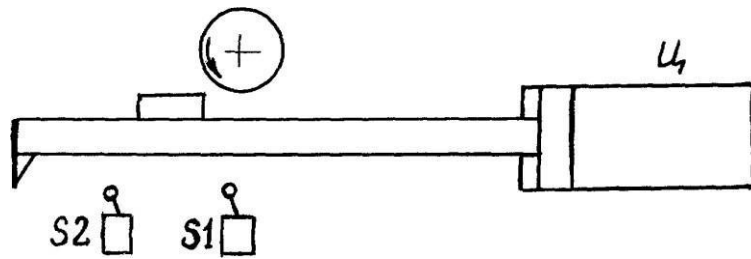


Рис. 6.2. Конструктивна схема зворотно-поступального переміщення стола плоскошліфувального верстата

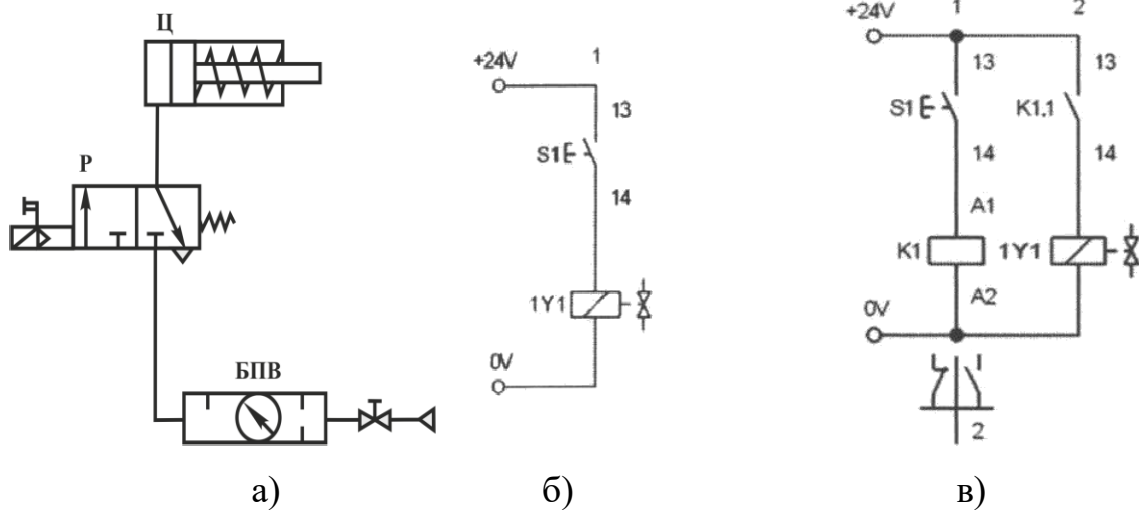


Рис. 6.3. а) Принципова пневматична схема зворотно-поступального переміщення стола плоскошліфувального верстата, б) Електрична схема прямого керування пневмоциліндром односторонньої дії, в) Електрична схема непрямого керування пневмоциліндром односторонньої дії

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Застосування гідроприводу в плоскошліфувальних верстатах.
3. Конструктивна та принципова схеми зворотно-поступального переміщення столу плоскошліфувального верстата.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які рухи плоскошліфувального верстата забезпечуються гідроприводом?
2. Простежте горизонтальні рухи столу в обидві сторони за схемою рис. 6.1.
3. Поясніть роботу гідроприводу шліфувальної бабки.

4. Як забезпечується вертикальне подання столу?
5. Як забезпечується блокування ручного переміщення?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

ГІДРОПРИВОДИ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

Мета: вивчити принцип роботи гідроприводів фрезерних верстатів на базі вертикально-фрезерного напівавтомата з ЧПК; зібрати схему, що моделює гідравлічний привід подач столу фрезерного верстата з гідравлічним затискачем виробу.

Теоретичні відомості

У верстатах фрезерної групи застосовуються гідроприводи подач, гідравлічні та електрогідравлічні копіювальні пристрої, а також гідроприводи різних допоміжних механізмів.

Гідропривід вертикально-фрезерного напівавтомата з ЧПК моделі Г48-8 містить бак, двопотоковий пластинчастий насос Н1+Н2, гідропанель РП, маслоохолоджувач МО, фільтр Ф типу, реле тиску РТ, золотник включення манометра ЗМ з манометром, підпірні клапани КП1 з манометром, розподільники Р1, Р2, Р3, Р4, Р5, Р6; циліндри: ЦП1 – подача рідини в ліву порожнину, ЦП2 – подача рідини в праву порожнину, ЦВП – вертикальної подачі шпиндельної бабки, ЦРІ – розтискання інструмента, ЦРБ – розтискання шпиндельної бабки, ЦВМ – вертикальне переміщення механізму, ЦПС – перемикання швидкостей, ЦПМ – повороту механізму, ЦЗ – захоплення; ДГР1–ДГР3 – дроселюючі гідророзподільники, керовані від крокових двигунів ШД через редуктори Р, що задають гвинти ЗВ та щупи Щ; КВ – клапан зворотний.

При прискорених переміщеннях рідина надходить у систему від двох насосів, а за робочих подач – від Н1. Внаслідок повороту ЗВ (від крокового двигуна ШД через редуктор Р) щуп Щ, притиснутий до кромки гвинта, зміщує золотник ДГР. Рідина надходить у циліндр, що переміщає робочий орган у напрямку, протилежному напрямку усунення верхнього кінця щупа. Оскільки ЗВ переміщається разом із робочим органом, рух останнього припиняється, коли золотник ДГР повертається в нейтральне положення.

Під час робочої подачі стола вправо потік робочої рідини під тиском від насоса Н1 проходить трубопроводом 1 через фільтр Ф, зворотний клапан КО до розподільника ДГР1, а потім гідролінією 6 в ліву порожнину гідроциліндра ЦП1. З правої порожнини ЦП1

робоча рідина гідролінії 5 проходить через розподільник ДГР1, потім по 21 і 22 через клапани КП1, КП2 та маслоохолоджувач МО по гідролінії 23 повертається у бак.

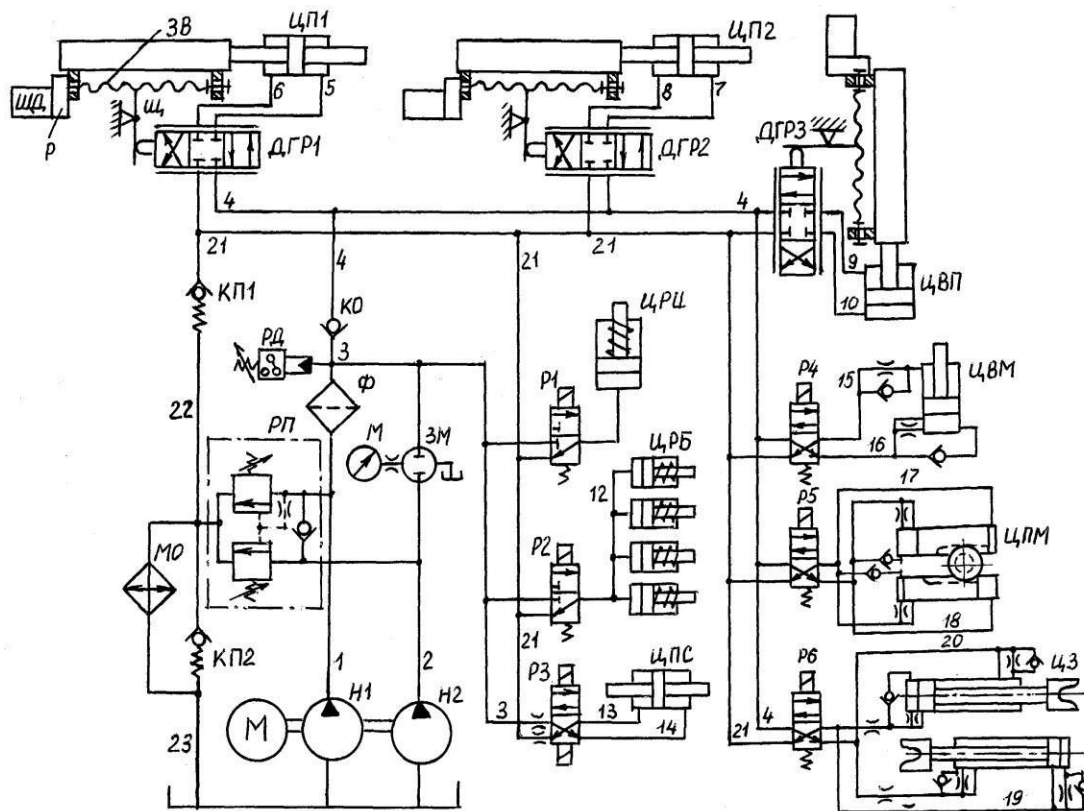


Рис. 7.1. Гідропривід вертикально-фрезерного напівавтомата з ЧПУ

При швидкій подачі штоку вліво рідина виконує наступний цикл:

Н1 1 – Ф – 3 – КО – 4 – ДГР2 – 1 – ЦП2 – 8 – ДГР2 – 21 КП1 – 22 [КП2] 23 – Бак
 Н2 2 – РП [МО]

Привід вертикального подавання шпиндельної бабки працює аналогічно. Циліндри ЦВМ, ЦПМ та ЦЗ мають вбудовані пристрої, що забезпечують гальмування поршня наприкінці ходу.

Порядок виконання роботи

1. Розглянути конструктивну схему подач столу фрезерного верстата (рис. 7.2).
2. Ознайомитись з гідросхемою (рис. 7.3) та підібрати відповідні апарати на базі гідравлічного стенду FESTO:

- гідроциліндр – 2;
- розподільник – 2;
- дросель зі зворотним клапаном – 1;

– редуційний клапан – 1.

3. Зібрати схему з дотриманням заходів безпеки та увімкнути стенд.

Зусилля затиску у схемі регулюється редуційним клапаном КР. Для контролю тиску затиску в нагнітальній магістралі циліндра встановлений манометр.

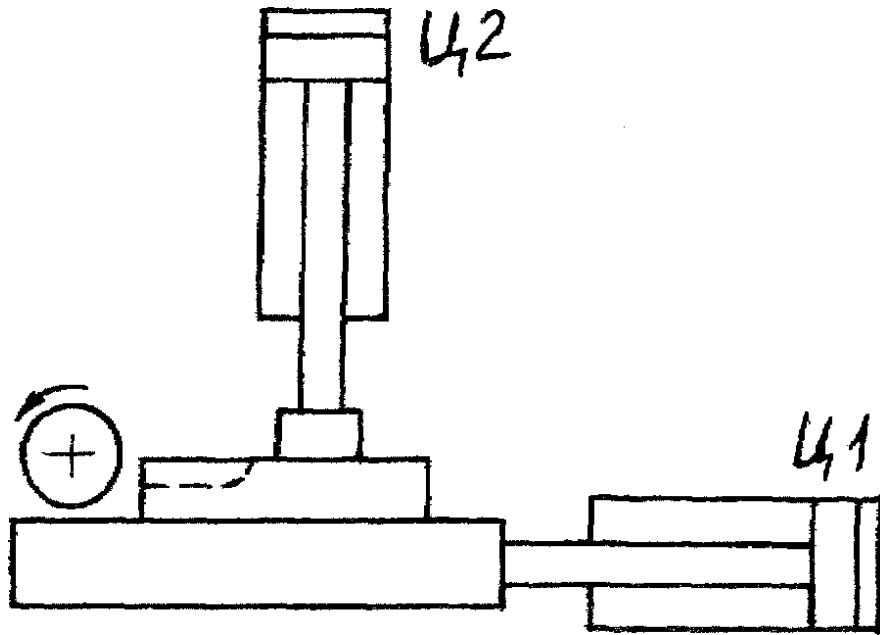


Рис. 7.2. Конструктивна схема подачі столу фрезерного верстата

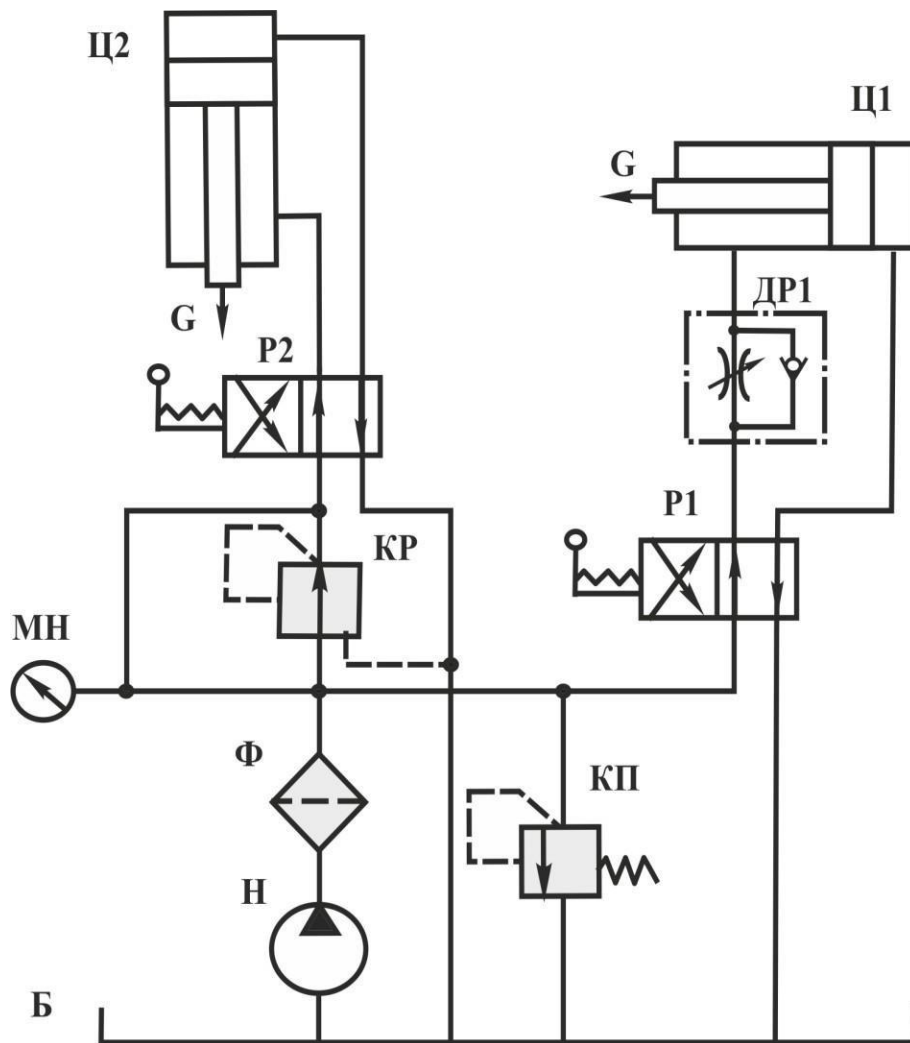


Рис. 7.3. Гідропривід подач столу фрезерного верстата

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Використання гідроприводів у верстатах фрезерної групи.
3. Конструктивна та принципова схеми подач столу фрезерного верстата.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Пояснити призначення та роботу приводів, які використовують гідроциліндри за рис. 7.1 та 7.3.
2. Пояснити необхідність використання гідропанелі РП за рис. 7.1, дроселя із зворотним клапаном ДР1 за рис. 7.3.

ГІДРОПРИВІД УНІВЕРСАЛЬНИХ ОДНОСТІЙКОВИХ ПРЕСІВ

Теоретичні відомості



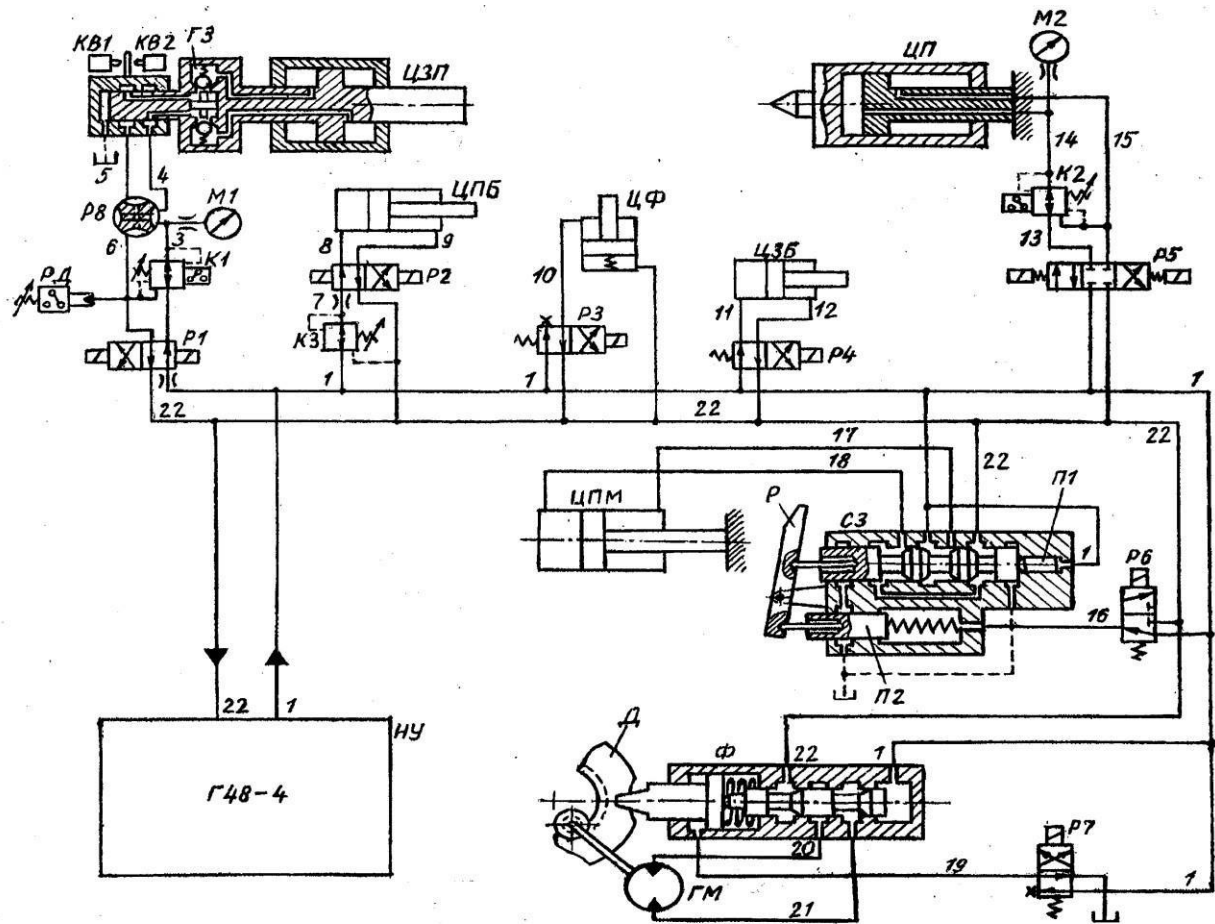


Рис. 8.1. Гідропривід токарного патронно-центрового напівавтомата з ЧПК моделі 1П756ДФ3

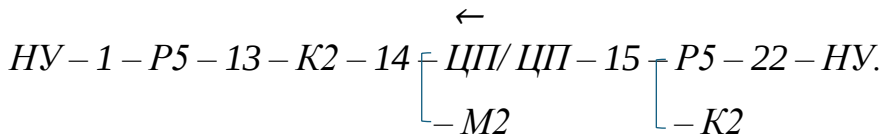
При розтисканні включається лівий електромагніт:

→
 НУ – 1 – Р1 – 6 – Р8 – 5 – ГЗ – ЦЗП / ЦЗП – ГЗ – 4 – Р8 – 3 – К1 – 2 – Р1 – 22 – НУ
 – РТ
 – К1

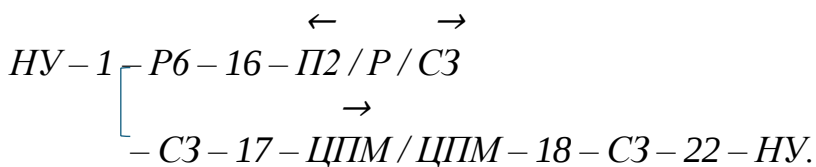
Коли поршень ЦЗП сягає упору, РТ дає сигнал продовження циклу. ЦПЛ спрацьовує при включенні одного з магнітів розподільника Р2

→
 (1 – К3 – 7 – Р2 – 8 – ЦПБ / ЦПБ – 9 – Р2 – 22); ЦФ – при перемиканні Р3
 (1 – Р3 – 10 – ЦФ / ЦФ – 22); ЦЗБ – при перемиканні Р4
 →
 (1 – Р4 – 11 – ЦЗБ / ЦЗБ – 12 – Р4 – 22).

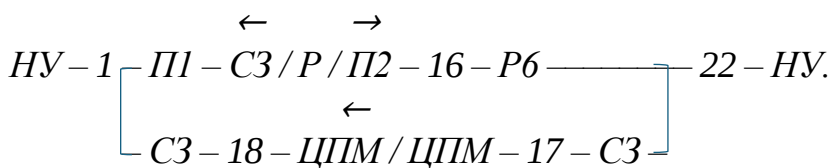
При підведенні пінолі задньої бабки включається лівий електромагніт розподільника Р5:



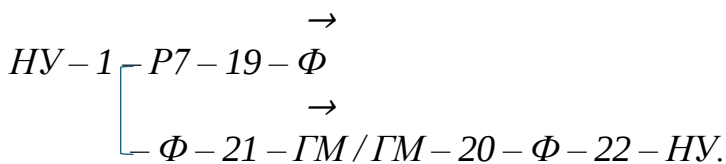
ЦПМ управляється золотником С3, корпус якого встановлений на каретці інструментального магазину. У положенні, показаному на схемі, магазин відводиться назад:



Коли важіль Р доходить до упору, С3 ставиться в нейтральне положення і рух зупиняється. При включенні електромагніту розподільника Р6 слідкуючий золотник С3 плунжером П1 зміщується вліво, і магазин підводиться в позицію зміни інструменту:



Поворот магазину реалізується включенням магніту розподільника Р7:



Порядок виконання роботи

1. Розглянути конструктивну схему роботи шпинделя токарного верстата (рис. 8.2).
2. Ознайомитись з гідросхемою (рис. 8.3) та підібрати відповідні апарати на основі гідравлічного стенду FESTO:

- гідромотор – 1;

- розподільник – 1;
 - дросель із зворотним клапаном – 2.
3. Зібрати схему, увімкнути стенд.

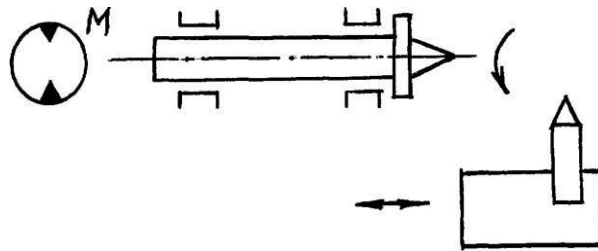


Рис. 8.2. Конструктивна схема роботи шпинделя токарного верстата

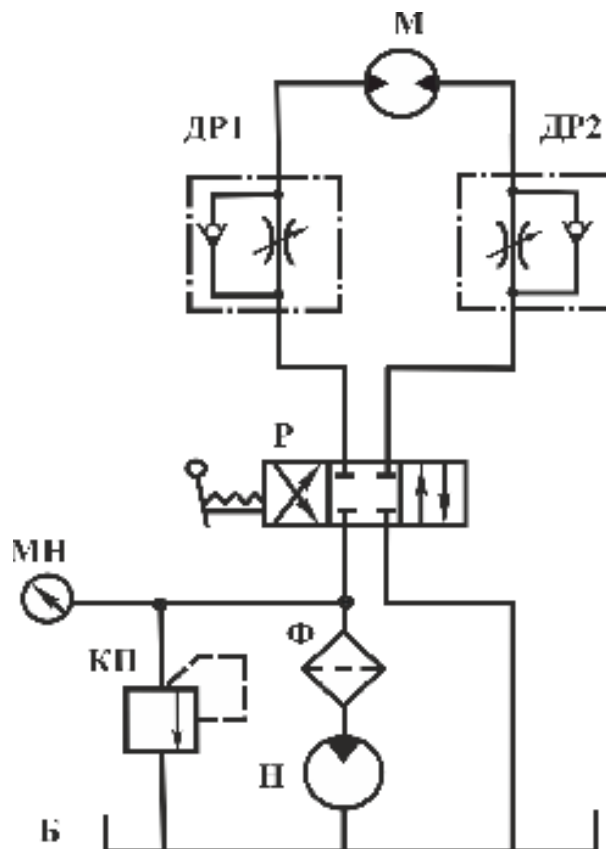


Рис. 8.3. Гідропривід обертавання шпинделя токарного верстата

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Застосування гідроприводу в верстатах токарних.
3. Конструктивна та принципова схеми обертавання шпинделя токарного верстата.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

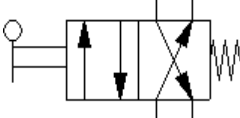
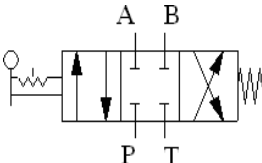
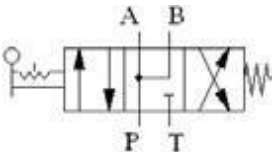
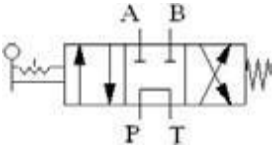
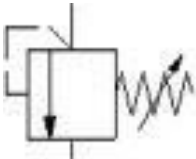
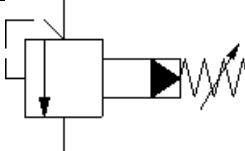
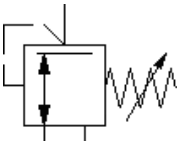
1. Призначення, переваги та недоліки механізмів токарного верстата.
2. Пояснити роботу гідроприводів:
 - механізм затиску патрона;
 - механізм підведення задньої бабки;
 - обертання шпинделя;
 - каретки інструментального механізму (відведення – підведення та поворот).

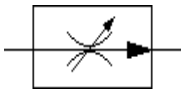
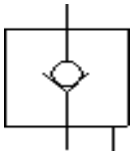
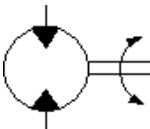
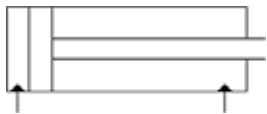
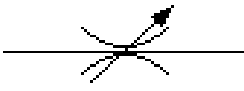
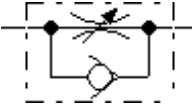
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

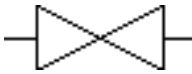
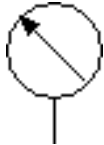
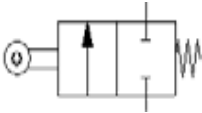
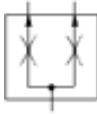
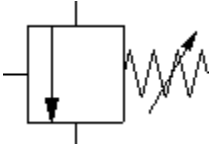
1. Гідропневмоавтоматика: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Металорізальні верстати та системи» галузь знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Гулієва. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. 100 с.
2. Гідропневмоавтоматика: методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Металорізальні верстати та системи» галузь знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Гулієва. Луцьк: Луцький НТУ, 2019. 60 с.
3. Гідравліка: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Гулієва. Луцьк: Луцький НТУ, 2020. 62 с.
4. Гідравліка, гідро- та пневмопривід: методичні видання до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 13 Механічна інженерія ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Гулієва. Луцьк: Луцький НТУ, 2022. 92 с.
5. Іванчук Я.В., Іскович-Лотоцький Р.Д. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник. Ч. 1. Основні закони, рівняння і визначення. Вінниця: ВНТУ, 2019. 183 с.
6. Гулієва Н., Пастернак В., Самчук Л. Особливості роботи гідроциліндра захватного органу. The XII International Science Conference «Advances in Technology and Science», March 16 – 19, 2021, Berlin, Germany. P. 271-272.
7. Ефективність гідроциліндрів при роботі маніпулятора крокового типу / Н.М. Гулієва, Л.М. Самчук, В.В. Пастернак // Збірник тез доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (м. Тернопіль, 9 лютого 2021 р.). Випуск 55, Тернопіль, 2021. С. 11-12.
8. ДЧП «ФЕСТО». <https://www.festo.com/ua/uk/>

9. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : конспект лекцій / укладачі Е. В. Колісніченко, А. С. Мандрика, В. О. Панченко. Суми : Сумський державний університет, 2021. 176 с.
10. Гришко І.А., Зілінський А.І. Об'ємні гідро- пневмомашини і гідропередачі: лабораторний практикум : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 36 с.
11. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : метод. вказ. до лаб. роб. для студ. всіх форм навчання за спец. 274 – Автомобільний транспорт / уклад. : Т. В. Руденко, Ю. В. Кулешков. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. 50 с.
12. Гулієва Н., Пастернак В., Самчук Л. Особливості роботи гідроциліндра захватного органу. The XII International Science Conference «Advances in Technology and Science», March 16 – 19, 2021, Berlin, Germany. P. 271-272.
13. Грибок Н.О., Батюк Д.Р. Прогресивні опозитні поршневі компресори / І Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» 19-21 жовтня 2021 року, Запоріжжя, 2021. С. 199-200.
14. Батюк Д. Аналіз гідравлічних штампувальних пресів. / Тези І студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ. 2021. С. 9-11.
15. Гідравліка, гідро- та пневмопривід: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 13 Механічна інженерія ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Гулієва. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. 104 с.
16. Рогалевич, Ю.П. Гідравліка. Київ : Вища школа, 2021. 255 с.
17. Журавель Д. П. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: Підручник для здобувачів вищої освіти / Д. П. Журавель, І. П. Паламарчук, С. М. Уманський, В. І. Паламарчук; за ред. Д. П. Журавля. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 449 с.
18. Ратушний О. В., Гусак О. Г. Гідравліка : підручник. 2-ге вид., перероб. Суми : Сумський державний університет, 2022. 251 с.

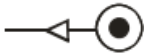
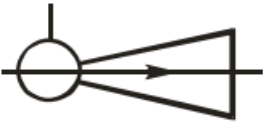
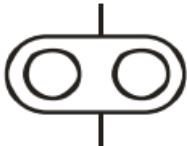
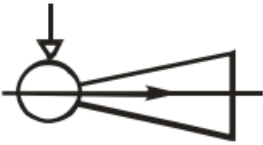
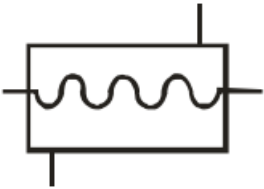
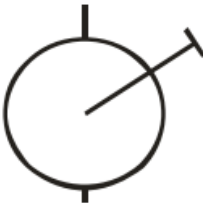
Гідравлічні елементи навчального стенду

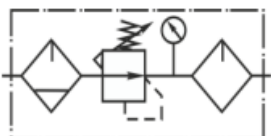
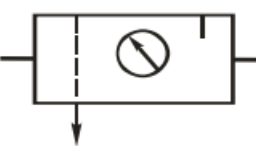
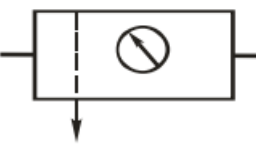
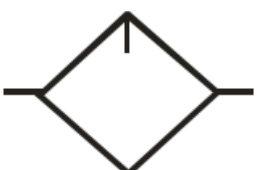
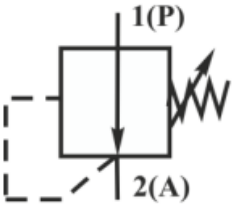
№	Назва	Умовне графічне позначення	Зображення
1	Розподільник 4/2 з ручним керуванням		
2	Розподільник 4/3 з ручним керуванням (з перекриттям каналів у середній позиції)		
3	Розподільник 4/3 з ручним керуванням (у середній позиції з'єднуються канали P – A-B)		
4	Розподільник 4/3 з ручним керуванням (у середній позиції з'єднуються канали P-T)		
5	Напірний клапан прямої дії		
6	Напірний клапан непрямої дії		
7	Трилінійний редукційний клапан		

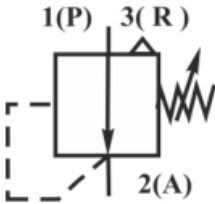
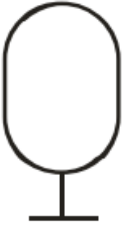
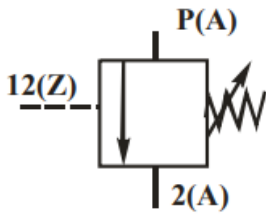
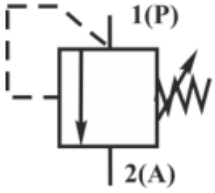
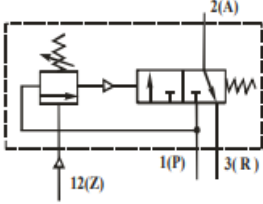
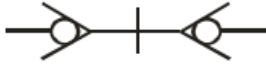
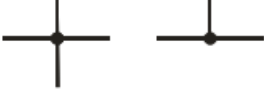
8	Дволінійний регулятор витрати		
9	Гідрозамок		
10	Діафрагмовий гідроаккумулятор		
11	Гідромотор		
12	Гідроциліндр двосторонній дії		
13	Вантаж		
14	Зворотний клапан на 0,1 МПа		
15	Зворотний клапан на 0,5 МПа		
16	Регульований дросель		
17	Регульований дросель із зворотним клапаном		

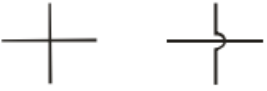
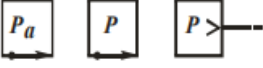
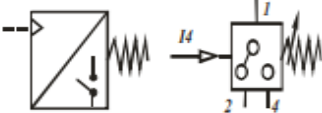
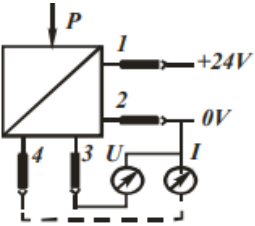
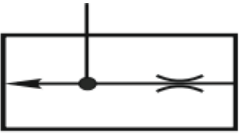
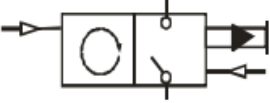
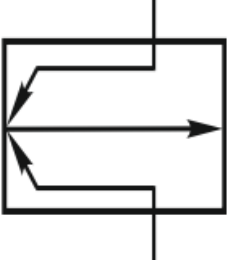
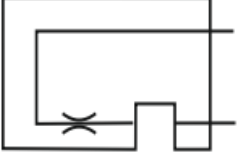
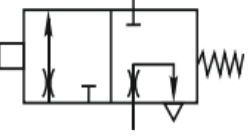
18	Кран		
19	Трійник		
20	Манометр		
21	Розподільник 2/2 з керуванням від ролика		
22	Дільник потоку		
23	Напірний клапан з лінією керування		

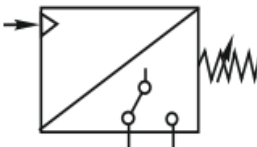
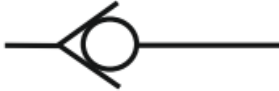
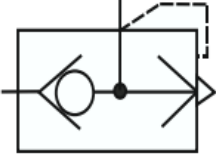
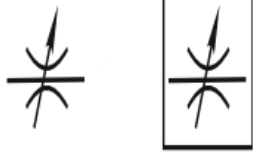
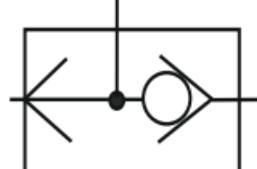
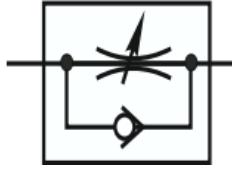
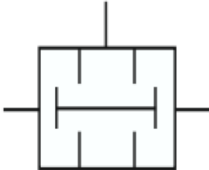
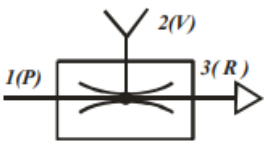
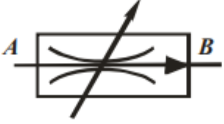
Умовні позначення пневмоелементів

Найменування	Умовне графічне зображення	Найменування	Умовне графічне зображення
1. Джерело живлення			
Джерело тиску (спрошене позначення), пневматичне		Компресор	
Насос струменевий – загальне призначення		Насос (компресор) шестерний	
– з газовим зовнішнім потоком		Насос (компресор) гвинтовий	
Насос (компресор) ручний		Насос (компресор) пластинчастий	
Вакуум-насос		Насос (компресор) радіально- поршневий	
Центробіжний вентилятор		Насос (компресор) аксіально- поршневий	

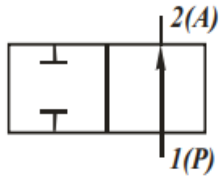
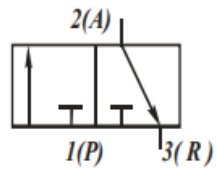
Осьовий вентилятор		Насос (компресор) кривошипний	
Блок підготовки повітря, що складається з повітряного фільтра, регулятора тиску, манометра і масло-розпилювача		Насос (компресор) лопатевий центробіжний	
Фільтр. Сепарація твердих частинок		Спрощене позначення блока підготовки повітря	
Вологовідділювач автоматичний		Спрощене позначення блока підготовки повітря без маслорозпилювача	
Маслорозпилювач. Дозована кількість масла домішується до повітря		Глушник шуму	
Регульований редуційний клапан без розвантаження (пневматичний)		Вологовідділювач з ручним управлінням	

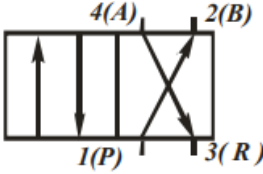
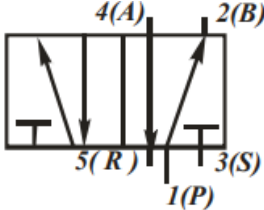
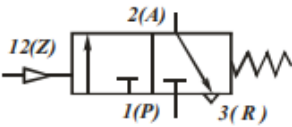
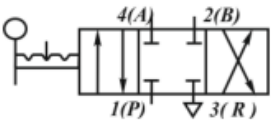
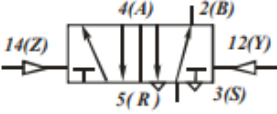
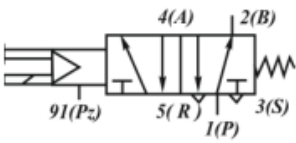
Регульований редукційний клапан з розвантаження (пневматичний)		Пневмоакумулятор з Т-з'єднанням	
Запобіжний клапан з зовнішньою лінією керування (пневматичний)		Напірні, робочі та зливні лінії	
Запобіжний клапан (клапан тиску) з зовнішньою лінією керування (пневматичний)		Керуючі лінії	
Клапан послідовності (реле тиску) регульоване, пневматичне		Зливні лінії або відведення протічок	
Видалення повітря		Гнучкі лінії	
Швидкороз'ємне з'єднання з механічними зворотними клапанами		З'єднання ліній	

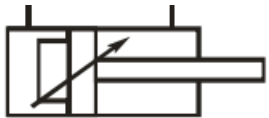
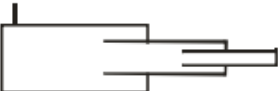
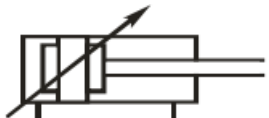
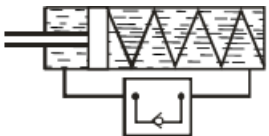
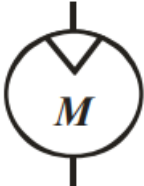
Манометр		Пересічні лінії	
Оптичний індикатор (пневматичний)		Витратомір	
2. Отримання і обробка сигналів			
Датчик тиску – загальне позначення		Реле тиску (пневмоелектричний перетворювач)	
-пропорційний		Датчик положення (наближення) пневматичний	
Пневматичний лічильник з пошуком (зворотного розрахунку)		Пневмо-датчик (сопло-джерело)	
Пневмо-датчик положення (рефлекторний)		Пневмо-датчик (сопло-приймач)	
Одно-канальний пневмо-датчик (типу «сопло»-заслінка)		Безконтактний пневматичний датчик сигналів з магнітним керуванням	

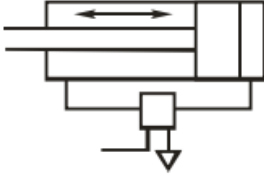
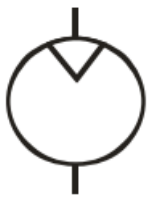
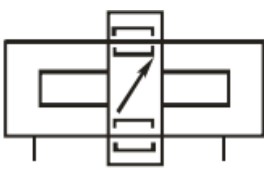
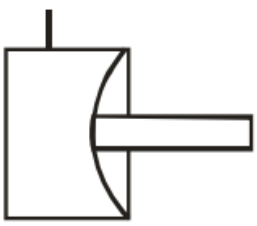
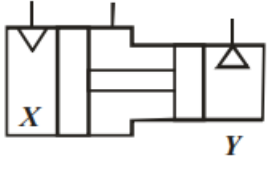
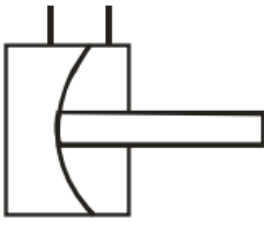
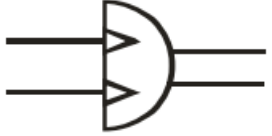
Реле вакуумне		Пневматичний лічильник імпульсів (підсумовуючий)	
Обернений клапан: – не навантажений		Клапан швидкого вихлопу (пневматичний)	
– навантажений		Дросель регульований	
Клапан «АБО»		Дросель з зворотнім клапаном	
Клапан двох тисків («І» – елемент)		Регулятор витрат (клапан різниці тисків) – постійний	
Ежектор		– регульований	
Датчик витрат			

3. Пневморозподільники та способи керування			
Способи керування розподільниками. Лінії керування пневморозподільниками			
Ручне керування: — загальне позначення; — за допомогою кнопки		— за допомогою центруючих пружин	
— за допомогою важеля		Пневматичне керування:	
— за допомогою важеля з фіксацією		— не пряме керування (з попереднім зусиллям) шляхом подачі тиску	
— за допомогою педалі		Електромагнітне керування:	
Механічне керування: — за допомогою штовхача		— за допомогою двох електромагнітів	
— за допомогою ламаного ролика, що спрацьовує тільки в одному напрямку		Без уточнення способу впливу	

– за допомогою зворотної пружини		Комбіноване управління: – непряме (пілотне) електромагнітне та допоміжне ручне керування з пневматичним посиленням	
Пневматичні лінії (канали)			
ISO 5599-3:1990	Літерна система	Лінії (канали) з'єднання	
Лінії керування			
10	Y	Поданий сигнал закриває прохід від лінії 1 до лінії 2	
12	Y, Z	Поданий сигнал з'єднує лінію 1 з лінією 2	
14	Z	Поданий сигнал з'єднує лінію 1 з лінією 4	
81, 91	Pz	Пневматичне кругове керування	
Пневморозподільники			
Число ліній підключення / число позицій			
2/2 пневмо-розподільник (нормально відкритий)		3/2 пневмо-розподільник (нормально відкритий)	

4/2 пневмо-розподільник з потоками від 1(P) до 2 (B) і від 4 (A) до 3 (R)		5/3 пневмо-розподільник, перекритий в середній позиції (нейтральне положення)	
3/2 пневмо-розподільник з одностороннім пневмокеруванням із зворотнім (пружинним) поверненням		4/3 пневмо-розподільник з ручним керуванням і фіксацією ручки в нейтральному положенні (режим «закрито»)	
5/2 пневмо-розподільник з двох-стороннім пневматичним керуванням		5/2 пневмо-розподільник з одностороннім кнопковим або електромагнітним пілотним керуванням і пружинним поверненням	

4. Виконавчі пристрої			
Циліндр односторонньої дії: – без вказівки способу повернення штока		Циліндр двосторонньої дії з підведенням робочого середовища через шток: – з одностороннім штоком	
– з поверненням штока пружиною		– з двостороннім штоком	
– плунжерний		Циліндр із регульованим гальмуванням наприкінці ходу: – з одного боку	
– телескопічний		– з двох боків	
Циліндр із постійним гальмуванням наприкінці ходу: – з одного боку		Амортизатор з регулюванням в одному напрямі	
– з двох сторін		Пневмо-мотор Загальне позначення	

Циліндр із автоматичним циклом роботи		Пнемо-мотор, нерегульований: - з постійним напрямом потоку	
Пневматичний лінійний привід (з без штоковим циліндром) – із зовнішніми упорами		– з реверсивним потоком	
– з регульованим демпфуванням в кінцевих положеннях		Пнемо-мотор, регульований: – з постійним напрямом потоку	
Пневматичний лінійний привід з магнітною муфтою та з без штоковим циліндром		- з реверсивним потоком	
Циліндр мембранний – односторонньої дії		Поступальний перетворювач тиску (мультиплікатор або демультиплікатор)	
– двохсторонньої дії		Поворотний пневмодвигун	

Г46

Гідропневмоавтоматика Методичні вказівки до виконання практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, галузі знань 13 Механічна інженерія, ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи», спеціальності 131 Прикладна механіка, денної та заочної форм навчання / уклад. Н. ГУЛІЄВА – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 64 с.

Комп'ютерний набір

Н. ГУЛІЄВА

Редактор

Н. ГУЛІЄВА

Підп. до друку 2025р.

Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.

Ум. друк. арк. _____. Обл.-вид. арк. _____

Тираж _____прим. Зам. 1.

Відділ іміджу та промоції

Луцького національного технічного університету

43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75

