

ЧАСТИНА 3. ПНЕВМАТИЧНИЙ ПРИВОД ТА ОСНОВИ ЙОГО РОЗРАХУНКУ

Пневмопривод отримав широке застосування як засіб механізації та автоматизації виробничих процесів різних галузей промисловості. Його застосування має перевагу в тих випадках, коли необхідно здійснювати швидкі переміщення вихідної ланки, а також там, де використання гідроприводів з масляним робочим середовищем є неприпустимим.

До основних переваг пневмоприводів можна віднести надійність і довговічність, швидкодію і простоту конструкції, а до недоліків - високу стисливість газу, шум, нерівномірність ходу, невисоку силову напруженість, більш низький ККД (у порівнянні з гідроприводом).

Тиск живлення у виконавчих пневмопристроях зазвичай дорівнює тиску стисненого повітря в заводській мережі (0.4-1.0 МПа), яке поділяється на три рівні:

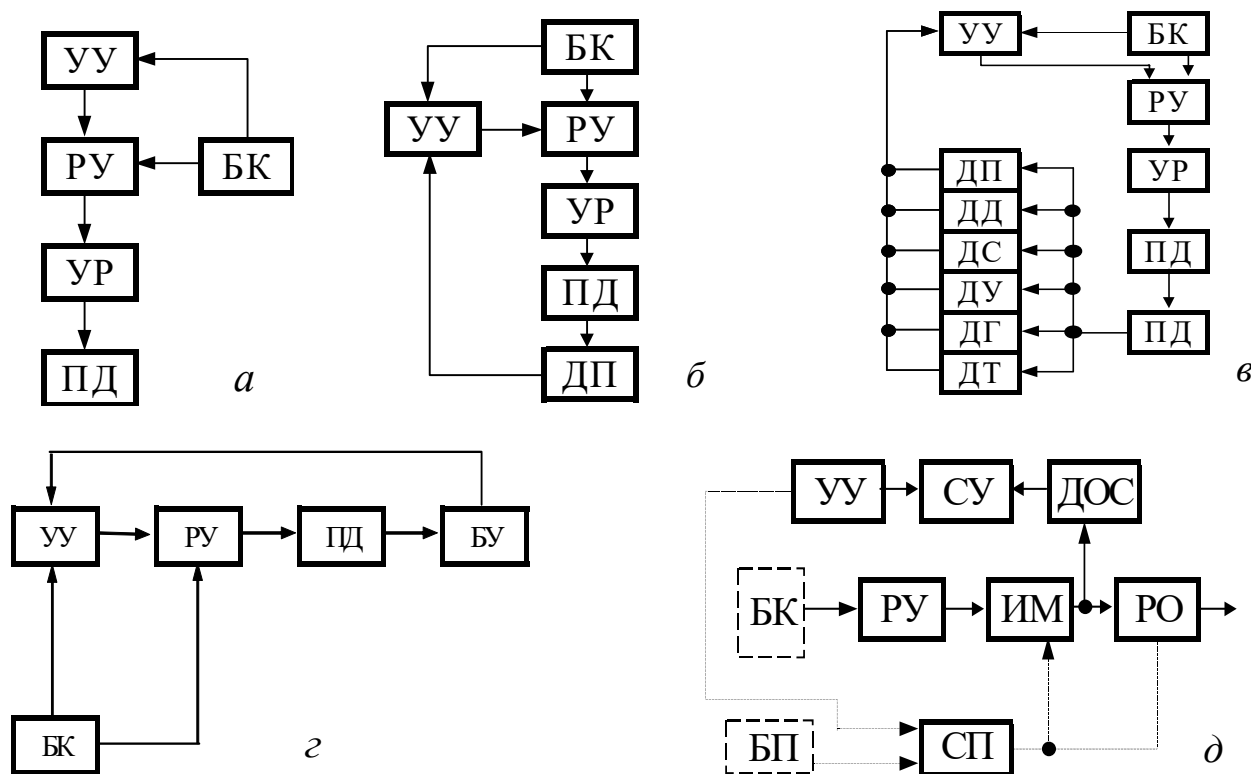
- високий тиск (0.4-1.0 МПа);
- середній тиск (0.1-0.4 МПа);
- низький тиск (до 0.1 МПа).

Структурна схема найпростішого та найпоширенішого пневмоприводу показана на *рис. 3.1 а*, який являє собою розімкнену систему управління і містить блок конденсації (БК), пристрій управління (УУ), розподільний пристрій (РУ), пристрій регулювання (УР) і пневмодвигун (ПД).

Використання пневмоприводу у засобах автоматизації вимагало розробки замкнених систем. Так, для комплектації сучасних об'єктів автоматизації необхідні пневматичні приводи, які повинні відповідати таким вимогам:

- широкий діапазон зусиль (від 5 до $5 \cdot 10^4$ Н) або крутних моментів (від 10 до 400 Нм) при робочому тиску 0.4 МПа;
- висока швидкість переміщення виконавчого органу (до 1.5-2 м/с) та широкий діапазон її регулювання;
- висока точність позиціонування з точністю 0.1-1 мм при швидкості руху 0.3-1 м/с та переміщенні до 1 м;
- високі експлуатаційні якості (середнє напрацювання до відмови не менше 600-1200 год, середній ресурс до $1 \dots 3.6 \cdot 10^4$ год, що відповідає терміну служби близько 5 років);
- можливість функціонального та технічного діагностування, у тому числі шляхом використання мікропроцесорної техніки;
- забезпечення уніфікації параметрів та приєднувальних розмірів.

Природно, такі вимоги можуть бути задоволені при оснащенні пневмоприводу датчиками і електронною апаратурою. Так, наприклад, у схемі приводу (рис. 3.1 б) передбачений датчик положення (ДП), який забезпечує шляховий контроль переміщення вихідної ланки.



Мал. 3.1 Структурні схеми пневмоприводів

Від датчика електричний сигнал надходить на пристрій управління, який за допомогою розподільчого та керуючого пристроїв коригує рух приводу.

При необхідності контролю закону руху, положення вихідної ланки та технічного діагностування пневмодвигуна привод оснащують комплектом датчиків (в): положення (ДП), тиску (ДД), швидкості (ДС), прискорення (ДК), герметичності (ДГ), температури (ДТ) та ін. У цьому випадку, як правило, керуючий пристрій містить електронні блоки, ЕОМ або вбудовані мікропроцесорні пристрої.

Якщо ж приводи оснащені блоками **упорів** (БО) і не потрібний контроль закону руху, то система може бути умовно розімкнутою (г). У цьому випадку керування енергією, що надходить від блоку конденсації стисненого повітря (БК) до пневмодвигуна (ПД), здійснюється розподільним пристроєм (РУ) відповідно до сигналу від

пристрою керування (УУ), що надходить на вхід розподільчого пристрою (РУ).

На *рис. 3.1 д* показана схема замкнутого позиційного приводу. Тут керування енергією, що надходить до виконавчого механізму (ИМ) з блоку (БК), здійснюється розподільчим пристроєм (РУ) відповідно до вихідних сигналів від пристрою управління (УУ), що надходять на входи розподільчого пристрою (РУ) через пристрій, що порівнює (СУ), яке управляє РУ за наявності неузгодженості між сигналами УУ та датчика зворотного зв'язку (ДОС). ДОС взаємодіє з вихідною ланкою виконавчого механізму (ИМ) або робочим органом (РВ). Наприклад, при установці ДОС з круговим реохордом його шків, насаджений на вихідний валик контактів, перекочується рухомою поверхнею робочого органу.

Для підвищення вихідних характеристик позиційного приводу в його структуру вводять додаткові системи позиціонування (СП), які можуть мати свій блок живлення (БП). Зв'язки додаткової СП показано на *рис. 3.1, д* пунктиром.

Забезпечення складних циклів та заданих законів руху виконавчих органів пневмодвигунів, у тому числі і програмованого позиціонування, здійснюється шляхом використання програмованих контролерів, мікро- та міні-ЕОМ, спеціальних електронних блоків управління. До складу контролерів та ЕОМ входять мікропроцесор, генератор тактових імпульсів, запам'ятовуючий пристрій програм, запам'ятовуючий пристрій даних та інтерфейс (англ. Система зв'язку з уніфікованими сигналами та апаратурою, служить для обміну інформацією між пристроями обчислювальної системи) введення - виведення.

Нині зарубіжними фірмами (зокрема фірма " Фесто " , Німеччина) випускаються компактні контролери, здатні обробляти до 70 паралельних програм.

РОЗДІЛ 16. ОСНОВНЕ ПНЕВМАТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА АПА- РАТУРА

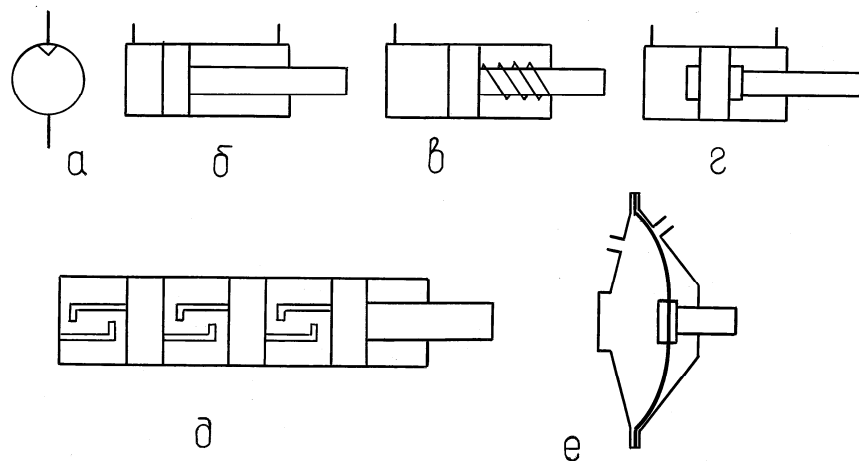
Пневмопривод складається з джерела подачі стисненого повітря - компресорної станції або цехового магістрального трубопроводу стисненого повітря та пристроїв для перетворення енергії стисненого повітря на механічну роботу, яку виконують робочі органи машин. До них належать такі пристрої: пневматичні двигуни; кондиціонери стисненого повітря; пневматична напрямна та регулююча апаратура, пневмолінії та пневмоємності.

1. ПНЕВМОДВИГУНИ

Пневматичні двигуни - об'ємні двигуни, в яких стиснене повітря приводить у рух вихідну ланку, пов'язану з робочим органом машини.

Пневмодвигуни поділяються на двигуни обертального, поворотного та поступального руху.

Пневмодвигуни обертального руху отримали назву пневмомоторів. Загальне умовне позначення пневмомоторів показано на *рис. 3.2 а*



Мал. 3.2. Умовні позначення пневмомотора (а) та пневмоциліндрів (б-г)

Промисловістю випускаються пластинчасті, аксіально-поршневі, хвильові та струменеві пневмомотори.

Устрій пластинчастих та аксіально-поршневих пневмомоторів подібно до устрою відповідних найменувань гідромоторів.

Хвильовий пневмомотор являє собою пневмодвигун, забезпечений хвильовою передачею з пневмомеханічним хвилеутворювачем .

Струменевий пневмомотор забезпечений сопловими отворами.

Технічні характеристики окремих пневмомоторів наведено у таблиці 3.1 .

Таблиця 3.1. Технічні характеристики пневмомоторів

Тип	n про/хв	N , кВт	$p_{ном}$, МПа	Передатна кількість редуктора
Аксіально-поршневі				
П 6.3-12.1М	750	6.3	0.4	-
М9-12.1М	750	9.0	0.4	-
Струменеві				
ПСД-5	1000	0.25	0.4	40
ПСД-7	1000	0.25	0.4	40
ПСГК1	1000	8	8	42
ДСВ МАІ	300	0.4	0.4...8	40
ДСВР1	5000...15000	0.15...12.5	0.4...8	2
Хвильові				
ВПД-1	210	0.45	8	крок 45°
ВПД-100	0.6	0.3	4	0.075°
ВПД-8РМ	0.0005...0.03	0.095	3.5	0.075°

Пневмодвигуни поворотного руху розраховані на поворот вихідної ланки в межах 45-270° і поділяються на поршневі (з робочими ланками у вигляді поршнів), шибєрні (з робочими ланками у вигляді шибєрів) і хвильові, з хвильовою передачею з пневмомеханічними хвилеутворювачами 2 (таблиця 3.2).

Випускаються також пневмомодулі, що являють собою пневмодвигун, з елементами системи управління, напрямним механізмом і типовими механічними, пневматичними, електричними роз'ємами.

Таблиця 3.2. Технічні характеристики пневмодвигунів поворотного руху

Тип	$p_{ном}$, МПа	φ_{max} , град	$M_{ном}$ (при $p = 0.63$), Нм
Поршневі			
ІПДП.1 (передача шестерня-ІПДП.2-рейка)	1.0	180	10
ІМУ-20 (модуль кутовий)	1.0		32...250
ІМУ-21	0.63	90; 180	0.8
ІМУ-21	0.63	180; 260	2.0
ІМУ-30	0.63	180; 260	4.0
Шибєрні			
ППР-1.6-1	0.63	90	36
ППР-3-1	0.63	110	86
ППР-10-1	0.63	105	240
ППР-20-1	0.63	100	480
Хвильові (звучке тонкостінне кільце)			
ВПД-1СТ	3	45	3.78

Групу двигунів поступального руху представляють пневмоциліндри різних конструкцій (рис. 3.2).

Розрізняють пневмоциліндри: двосторонньої дії (б); односторонньої дії (в); з гальмуванням (г); із двостороннім штоком; телескопічні; багатопоршневі (д), діафрагмові (е).

Як і для гідроциліндрів, на діаметри та величину ходу пневмоциліндрів встановлені стандартизовані ряди (особливо слід дотримуватись ряду діаметрів, що гарантує використання стандартних ущільнень).

Розміри пневмоциліндрів, що випускаються промисловістю, наведено у таблиці 3.3 .

Таблиця 3.3. Розміри пневмоциліндрів, що випускаються промисловістю

Діаметр, мм	Хід, мм									
	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	1250
20	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
25	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
32	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
40	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-
50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
63	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
80	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x
100	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
125	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-
160	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
200	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-
250	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-

СП "Фесто-Пневмоавтоматика" виготовляє пневмоциліндри типу DSN... з діаметрами 8-25 мм і ходом 10-500 мм і з діаметрами 32-100 мм і ходом 50-4000 мм , в яких передбачені різні види кріплення.

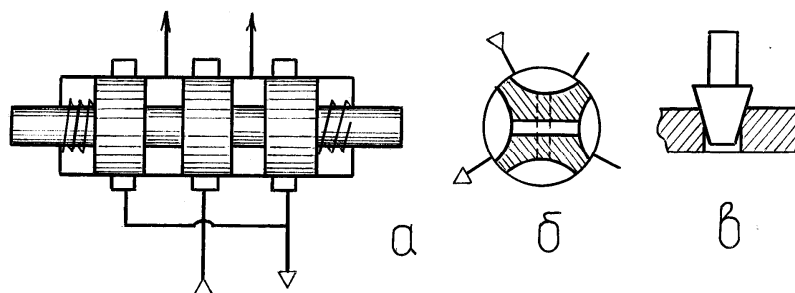
2. НАПРЯМНА ТА РЕГУЛЮЮЧА АПАРАТУРА

До напрямної пневмоапаратури відносяться пневмоапарати, які керують пуском, зупинкою та напрямком потоку робочого середовища шляхом повного відкриття або повного закриття робочого прохідного перерізу. Зокрема, такими апаратами є: напрямні пневморозподільники, зворотні клапани, пневмоклапани швидкого вихлопу, пневмозамки, пневмоклапани витримки часу, пневмоклапани послідовності, логічні пневмоклапани (пневмоклапани "І" та "АБО") (рис. 3.3) .

Напрямні розподільники призначені для управління пуском, зупинкою та напрямком потоку робочого середовища у двох або більше пневмолініях залежно від наявності зовнішнього керуючого впливу. Залежно від числа фіксованих позицій запірно-регулюючого елемента розподільники можуть бути дво-, три- та багатопозиційними. Залежно

від числа зовнішніх ліній, потік у яких управляється розподільником, пневморозподільники можуть бути дво-, три-, чотири- і п'ятилінійними.

За конструкцією пневморозподільники виконуються золотниковими, крановими та клапанними (рис. 3.3).



Мал. 3.3. Принципові схеми золотникового (а), кранового (б) та клапанного (в) пневморозподільників

У золотниковому розподільнику (а) запірно-регулюючим елементом служить золотник (скалка золотника), в крановому (б) - кран і в клапанному (в) - клапан.

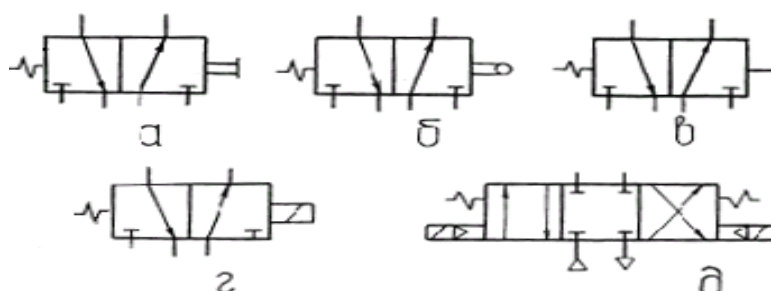


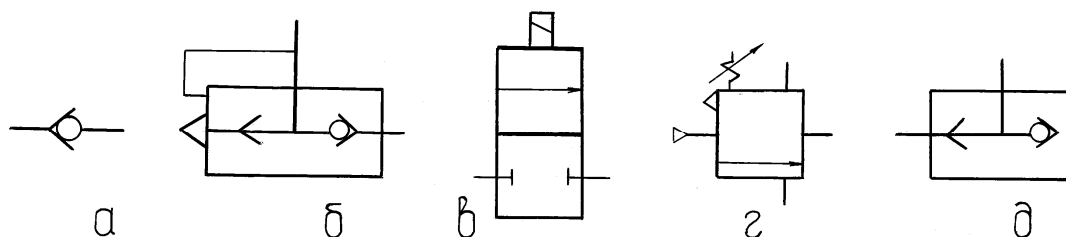
Рис. 3.4. Умовні позначення пневморозподільників

Залежно від виду управління виконуються розподільники з ручним **Р** (ножним) управлінням (рис. 3.4, а) (переміщення запірно-регулюючого елемента в задане положення здійснюється вручну), з механічним **М** управлінням (б) (переміщення запірно-регулюючого елемента здійснюється поршневим або плунжерним пристроєм, до якого підводиться тиск управління), з електроуправлінням **Е** (г) (переміщення запірно-регулюючого елемента здійснюється вбудованим електромагнітом), з електропневматичним управлінням **ЕП** (д) (переміщення запірно-регулюючого елемента здійснюється під впливом

потоків робочого середовища, що управляється допоміжним запірно-регулюючим елементом з електроуправлінням).

Технічні характеристики пневморозподільників наведені у таблиці 3.4 .

Зворотні клапани (рис. 3.5 а) призначені для пропуску стисненого повітря тільки в одному напрямку і надійного фіксування поршня пневмоциліндра в певному положенні.



Мал. 3.5. Умовні позначення пневмоклапанів: зворотного (а) ; швидкого вихлопу (б) ; пневмозамка (в) ; клапана послідовності (г) ; логічного (д)

Наприклад, їх використовують у затискних пристроях, де у разі падіння тиску в мережі такий клапан здатний якийсь час підтримувати тиск, тим самим, забезпечуючи роботу затиску. Їх також застосовують у пристроях для гальмування поршня. Діаметри умовних проходів приєднувальних отворів зворотних пневмоклапанів становлять 6-25 мм (таблиця 3.4).

Пневмоклапани швидкого вихлопу (рис. 6.5 б) являють собою пневмоапарат, який з'єднує дві пневмолінії за наявності тиску в одній з них, а при відсутності тиску з'єднує другу лінію з атмосферою. Діаметр умовних проходів клапанів становить 4-20 мм (таблиця 3.4).

Пневмозамки (рис. 3.5, в) призначені для пропускання потоку робочого середовища в одному напрямку та замикання її у зворотному напрямку за відсутності керуючого впливу, а за наявності керуючого впливу - для пропускання в обох напрямках.

Пневмоклапани витримки часу призначені для пуску або зупинки потоку робочого середовища через заданий проміжок часу після подачі сигналу, що управляє. Так, наприклад, клапан РВ 55031 забезпечує діапазон витримки 0.5...25 с ($D_y = 3 \text{ мм}$; $p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$) а клапан П-КВВ-4/10 – 0.5...15 с ($D_y = 4 \text{ мм}$; $p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$).

Пневмоклапани послідовності (рис.3.5, г) призначені для пуску робочого середовища при досягненні в ньому заданого значення тиску. Серійно випускаються клапани типу П-КМ ($D_y = 2.5 \text{ мм}$; $p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$).

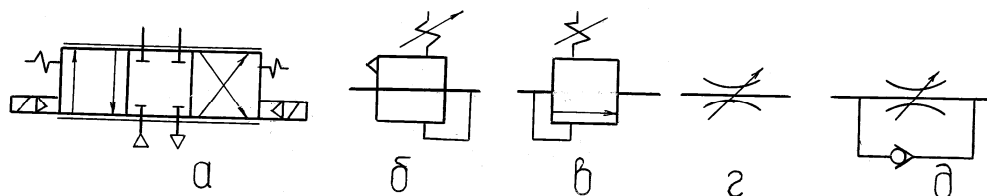
Таблиця 3.4. Технічні характеристики прямої пневмоапаратури

Найменування; тип	Управління	$p_{ном}, МПа$	$D_y, мм$	Виконання
1	2	3	4	5
Пневморозподільники:				
кранові				
КМП1-...	Р	0.25	1	3/3;4/3;4/4;6/3;8/3
КМП4-...	Р	0.25	2	3/3;4/3;6/3;8/3;8/8
КМП4М-...	Р	0.25	4	3/3;4/3;6/3;4/4;6/6
ППМ	Р	0.4	4	8/6
ППМ-1	Р	1.0	4	8/6
П-РП-4/10	П	1.0	4	3/2
П-Р13П...	П	1.0	12; 16; 20; 25; 32; 40	3/2
П-Р13Е	Е	1.0	12; 16; 20; 25; 32; 40	3/2
Клапани				
РДВ-2	Е	0.1-0.63	6	2/2
У712...	Е	1.0	16; 25; 40	3/2
РПК 25/80	Е	0.6-0.8	25	3/2
К...А	Р	0.6	6	2/2;3/3;3/4
Золотникові				
В63-...	П,М	0.63;1	4;10;16;20	4/2
В64-...	П,Е	0.63	10; 16; 20	4/2
ПКБ14...	Р	0.25-1.0	12; 16; 20; 25	3/2
211-...2; 212-...2; 231-...2; 232-...2; 331-...2	Е	1.0	10	5/2;5/3
Зворотні клапани ПО "Пневматика" (м. Сімферополь) 2.5-1; 04-2; 06-2; 10-2; 16-2; 20-2; 25-2		1.0	2.5; 4; 6; 10; 16; 20; 25	У чисельнику позначено число ліній, а знаменнику -число позицій
Клапани швидкого вихлопу П-КБВ		1.0	4;6;10;16;20	

Логічні пневмоклапани здійснюють логічну функцію управління напрямом потоку шляхом пропускання робочого середовища у відведення залежно від наявності тиску в підводах. Клапани поділяються на дві групи: "І" та "АБО". Пневмоклапан "І" пропускає потік робочого середовища тільки за наявності тиску у всіх підводах, а клапан "АБО" (рис. 3.5, д) - за наявності тиску в одному з підводів з одночасним замиканням іншого підведення. Серійно випускаються логічні клапани "І" типу П-КІ-2.5/6.3 ($D_y = 2.5 мм$; $p_{ном} = 0.63 МПа$), клапани "АБО" - типу 840000-1 ($D_y = 6 мм$; $p_{ном} = 0.5 МПа$; наявність сигналізації про перемикання), СКІ-4 ($D_y = 4 мм$; $p_{ном} = 1.0 МПа$), П-К4 ($D_y = 2.5 мм$; $p_{ном} = 1 МПа$).

Регулююча пневмоапаратура управляє тиском, витратою та напрямом потоку робочого середовища шляхом часткового відкриття робочого прохідного перерізу. До неї відносяться дроселюючі

розподільники, редукційні та запобіжні клапани, дроселі та дроселі зі зворотним клапаном (рис. 3.6).



Мал. 3.6. Умовні позначення дроселюючого пневморозподільника (а); редукційного (б) та запобіжного (в) клапанів; дроселя (г) та дроселя зі зворотним клапаном (д)

Дроселюючі розподільники (а) призначені для управління витратою і напрямом потоку робочого середовища в декількох пневмолініях одночасно відповідно до зміни зовнішнього впливу, що управляє. Відрізняються від звичайних розподільників нескінченністю числа позицій, що визначаються величиною та знаком сигналу, а також якіснішим виготовленням скалки та гільзи золотника та високою точністю виконання їх розмірів.

Дроселюючі пневморозподільники, як правило, поставляються в комплекті з позиційними приводами, які керуються засобами автоматики.

Редукційні клапани (б) призначені для підтримки у відведеному від нього потоці стисненого повітря нижчого тиску, ніж тиск у потоці, що підводиться, і його автоматичного забезпечення на заданому рівні. Клапани випускаються з ручним налаштуванням тиску та пневмоналаштуванням. Сімферопольським ПЗ "Пневматика" випускаються і ті, й інші клапани. Наприклад, клапани типу 122-... ($p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$ і $D_y = 12; 16; 25 \text{ мм}$) мають ручне налаштування, а клапани типу 211-... пневмоналаштування. Клапани типу П-МК05 ($p_{\text{ном}} = 1,25 \text{ МПа}$ і $D_y = 6; 10; 16 \text{ мм}$) мають пневмоналаштування та стикове виконання.

За допомогою редукційних клапанів настроюють тиск стисненого повітря на виході в межах $0.01 \dots 0.9 \text{ МПа}$.

Запобіжні клапани (в) є напірним клапаном і призначені для запобігання приводу і магістралей від тиску, що перевищує встановлене.

Тим самим ПЗ "Пневматика" серійно випускаються клапани типу П-КАП ($p_{\text{ном}} = 0.7 \text{ МПа}$ і $D_y = 16; 25 \text{ мм}$) і П-КГ ($p_{\text{ном}} = 0.63 \text{ МПа}$ і $D_y = 10 \text{ мм}$), в яких передбачено відведення повітря.

Пневмодроселі (г) використовуються для регулювання швидкості руху вихідної ланки та пневмодвигуна (циліндра, мотора) та плавного його гальмування. Вони підтримують задану подачу стисненого

повітря, яка залежить від перепаду тиску. Це досягається шляхом створення місцевого опору потоку стисненого повітря.

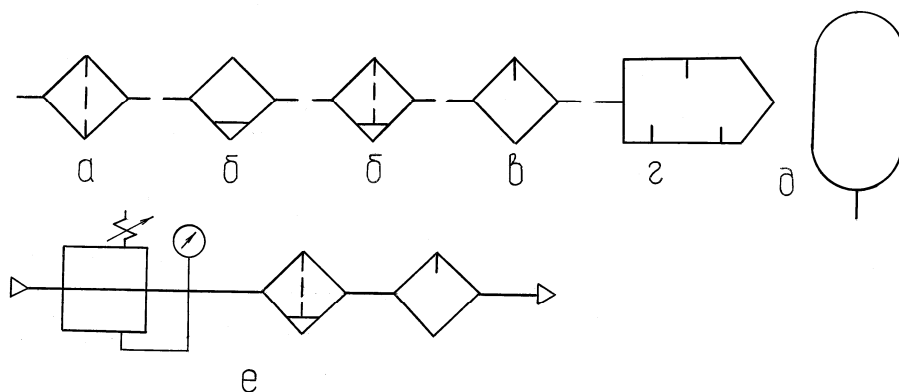
Розрізняють нерегульовані дроселі, місцевий опір яких не може бути змінений в процесі функціонування приводу, і регульовані, в яких місцевий опір (щілина) можна налаштувати.

В окремих випадках дроселі поміщають в один корпус зі зворотним клапаном, і вони називаються дроселями зі зворотним клапаном (∂). Ті та інші випускаються промисловістю серійно. Так, наприклад, ВО "Пневматика" випускає вихлопні дроселі без зворотних клапанів (модифікація з глушником) типу П-ДВ... ($p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$ і $D_y = 4; 6; 10; 16; 25 \text{ мм}$) дроселі зі зворотним клапаном типів П-ДК, 04-2, 06-2, 10-2, 16-2, 25-2 ($p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$ і $D_y = 2,5; 4; 6; 10; 16; 25 \text{ мм}$).

3. УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПОВІТРЯ ТА ГЛУШНИКИ ШУМУ

Перед подачею стиснутого повітря в пневмосистему приводу його готують відповідним чином. Стиснене повітря має пройти очищення від твердих частинок та вологи, а також внесення до нього розпиленої олії.

Для очищення стисненого повітря від твердих частинок застосовують повітряні фільтри (рис. 3.7, а), а для одночасного очищення від твердих частинок та вологи фільтри - вологовідділювачі (б).



Мал. 3.7. Умовні позначення фільтра (а), фільтра-вологовідділювача (б), маслорозпилювача (в), глушника (г), пневмосмисті (д) та блоку підготовки повітря (е)

Найбільш поширені фільтри - вологовідділювачі відцентрового типу (у вигляді відцентрового циклону). У них тверді частинки, краплі вологи і олії, переміщаючись по низхідній спіралі під дією відцентрових сил, відокремлюються від потоку повітря і збираються в нижній частині

корпусу фільтра. Такі фільтри типу 1 (1-32; 1-40; ...) випускаються на тиск **1 МПа** та умовні проходи, **мм**: 32; 40; 50; 63; 80; 100; 160; 200; 250. Відповідно до умовних проходів витрата стисненого повітря становить 6.3; 10; 16; 25; 40; 63; 160; 250; 400 **м³/хв**. Відведення конденсату тут - ручне.

Широке застосування також отримали відцентрові фільтри з елементом, що фільтрує. Зокрема промисловістю випускаються фільтри типів 22-4 × 40, 22-6 × 40, 22-10 × 80, 22-16 × 80, 22-55 × 80 з ручним способом відведення конденсату та фільтри 26-10 × 80, 26-16 × 85, 26 × 80 з автоматичним відведенням конденсату. Всі вони розраховані на тиск **1 МПа**.

У позначенні фільтрів перші дві цифри означають виконання фільтра, другі дві (або одна) - умовний прохід **мм** і останні дві цифри - абсолютну тонкість фільтрації в **мкм**.

У корпусі фільтрів з автоматичним видаленням осаду розміщуються конденсато-відвідники з поплавцем та клапаном. Клапан відкривається спливаючим поплавцем щоразу, як тільки конденсат досягає відповідного рівня.

Випускаються промисловістю та фільтри-осушувачі (ОГ-1; ОГ-2 та ін).

Найбільш простими є чисто повітряні фільтри з текстильною або керамічною поверхнею, що фільтрує (ФПЦ, ФО).

Маслорозпорощення в струмені стисненого повітря, що надходить в пневмосистему приводу, спрямоване на змащування поверхонь пневматичних пристроїв, що труться. З цією метою використовуються спеціальні пристрої - маслораспылители (ϵ).

Серійно випускаються маслорозпилювачі типів 121-... ($p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$ і $D_y = 4; 6; 10; 16; 25 \text{ мм}$) та П-МК06... ($p_{\text{ном}} = 1 \text{ МПа}$ і $D_y = 6; 10; 16 \text{ мм}$) з подачею олії пропорційно витраті.

Принцип маслорозпилювачів заснований на краплинній подачі олії за допомогою дроселя в струмінь стисненого повітря. Потрапляючи в основний потік повітря, масло вдруге розпорошується, тому в пневмосистему приводу надходять його найдрібніші частинки.

Викиди відпрацьованого стисненого повітря супроводжуються значним шумом, що часто перевищує допустимі норми. Для зниження рівня шуму застосовуються глушники, що серійно виготовляються, які знижують рівень звукової потужності не менше **15 дБ**.

Принцип дії глушника ґрунтується на гасінні енергії звукових коливань при проходженні повітря через пористу втулку (ϵ). Глушники встановлюють на вихлопних трубопроводах, що з'єднують порожнини гідродвигунів або пневморозподільників з атмосферою.

Промисловістю випускаються глушники типу 2113-... з умовним проходом 4.0; 6.0; 10; 16; 20; 25 мм та відповідно номінальною витратою 0.35; 0.75; 1.6; 4.0; 6.3; 8.0 м³/год .

Крім окремих елементів промисловістю також випускаються блоки підготовки повітря (*e*), які включають редукційний клапан, манометр, фільтр-вологівідділювач та маслорозпилювач.

Особливе місце серед виробників блоків займає ПО "Пневматика", яке випускає близько 30 типорозмірів блоків з умовним проходом від 6 до 16 мм, діапазоном **регулювання** тиску від 0.05 до 0.9 МПа і ступенем очищення від 0.5 до 80 мкм .

4. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПНЕВМОПРИВОДОМ

Як зазначалося вище, пневмопривод може бути розімкнутою чи замкнутою системи.

На *рис. 3.8 а* наведена схема пневматичного приводу, що являє собою розімкнуту систему. У цій схемі керування рухом та зупинкою пневмоприводу (пневмоциліндра) здійснюється за допомогою звичайного пневморозподільника. Така схема використовується у рядових випадках, коли не потрібно дотримання певного закону руху вихідної ланки приводу та високої точності фіксування положення.

Там же, де потрібна висока точність позиціонування, застосовуються системи управління, в яких використовуються позиційні приводи. Вони є пневмопривід (*мал. 3.8, б*) з автоматичним управлінням, в якому регульоване положення вихідної ланки відпрацьовується в залежності від зовнішнього впливу. Для цього, наприклад, як у нашому випадку, привод оснащується датчиком зворотного зв'язку по переміщенню.

Розрізняють позиційні пневмоприводи з гальмівним пристроєм, який забезпечує фіксацію вихідної ланки при досягненні заданої точки позиціонування, та приводи з механічними упорами. Останній привод забезпечується цикловою системою управління (ступінчасте управління) з дискретною формою реєстрації переміщення, що вимагає попереднього налаштування упорів (датчиків положення).

Форма реєстрації переміщень позиційних приводів може бути аналоговою, цифровою та релейною (найнадійнішою і найточнішою є цифрова форма).

Промисловістю випускаються серійно-пневматичні та електронні системи управління. До складу першої входять власне пневматична система циклового управління, функціональні модулі, струменево-механічні або статичні (мембранні) елементи та ін. До складу других

входять програмовані електронні контролери, ЕОМ, термінали, дисплеї та ін.

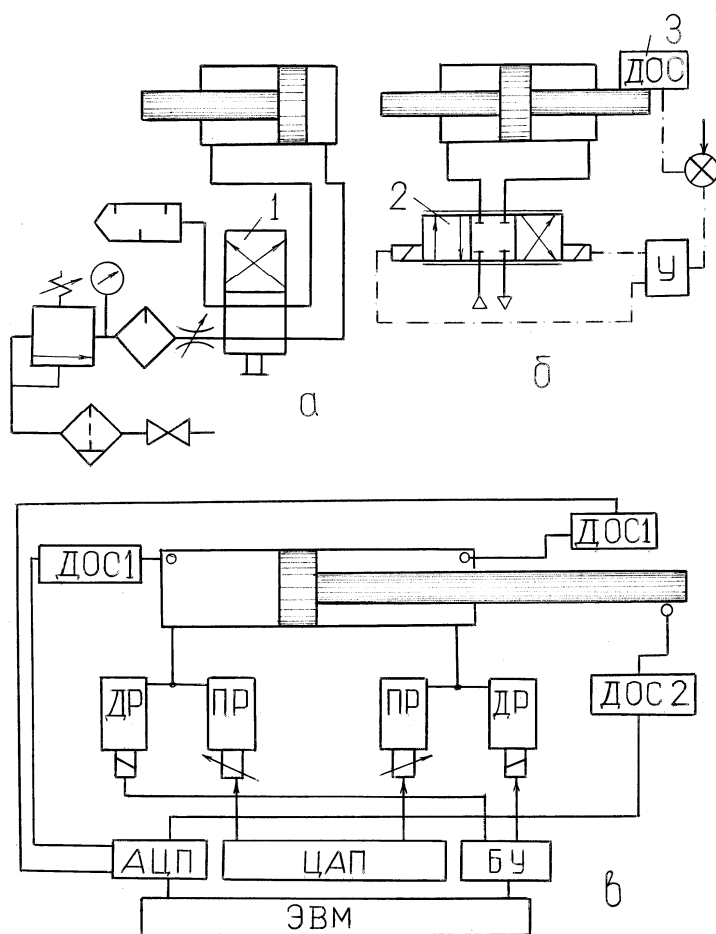


Рис. 3.8. Схеми найпростішого (а) та позиційного (б) приводів та управління позиційним приводом за допомогою ЕОМ (в)

На *рис. 3.8* в показана схема управління позиційним приводом за допомогою МікроЕОМ.

Контроль параметрів руху пневмодвигуна (в даному випадку пневмоциліндра) здійснюється за допомогою датчиків зворотного зв'язку ДЗЗ. На схемі: ДОС 1 - датчик зворотного зв'язку тиску; ДОС 2 - датчик зворотного зв'язку за положенням; ДР - пневморозподільник з дискретним керуванням; ПР - пневморозподільник з пропорційним управлінням; АЦП - аналогоцифровий перетворювач; ЦАП - цифроаналоговий перетворювач; БУ - блок підсилювачів.

Сигнали від датчиків через АЦП надходять в ЕОМ, де вони обробляються,

і виробляється керуючий вплив, який через ЦАП або БУ подається на розподільник з дискретним (ДР) або пропорційним (ПР) управлінням.

ЦАП забезпечує стикування ЕОМ з розподільниками, що мають пропорційне керування, а блок підсилювачів БУ - з розподільником дискретного керування.

5. СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ ГАЛЬМУВАННЯ ТА ФІКСУВАННЯ ПРИВОДУ

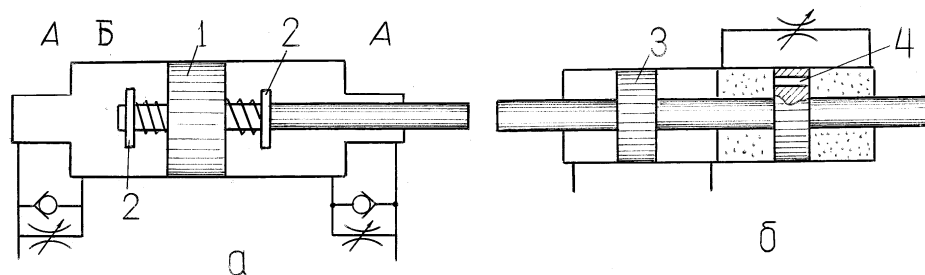
У багатьох випадках пневмопривод у вигляді пневмоциліндра працює на великих швидкостях переміщення робочого органу, у зв'язку з чим при кінцевих положеннях приводу можливе зіткнення його

частин зі значною енергією удару. В цьому випадку неминучий передчасний вихід з ладу пневмоциліндра.

Для запобігання зіткненню частин використовуються різні способи та засоби. Наприклад, у приводі, показаному на *рис. 3.9 а*, з двох сторін встановлені пружні диски 2, а обидва торця циліндра забезпечені камерами **A** меншого діаметру, ніж діаметр циліндра. При крайніх положеннях диски перекривають камери, а поршень 1 продовжує переміщатися в той чи інший бік, витісняючи повітря порожнини **Б** через дросель. Шляхом регулювання величини прохідної щілини дроселя можна налаштувати привод практично на будь-який режим гальмування.

Широко користуються для цієї мети і пневматичними демпферами, як це показано на *рис. 3.5 ж* (для гальмування гідроциліндрів).

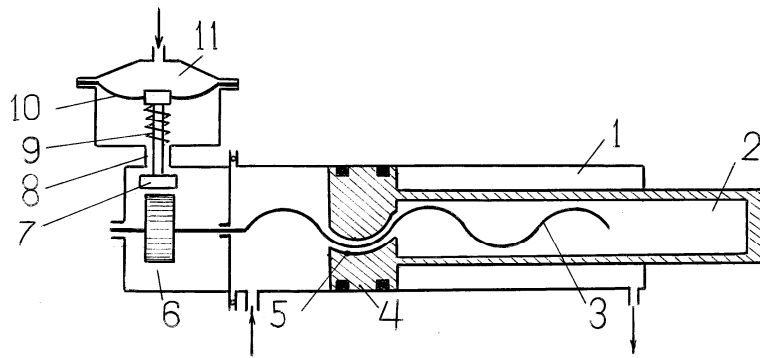
Для гальмування поршня використовують також і гідравлічні пристрої (*рис. 3.9 б*). Тут поршень 3 гальмується за допомогою дросельного отвору поршні 4 гальмівного гідроциліндра. Змінюючи ступінь заповнення гальмівного циліндра рідиною, можна регулювати гальмівний шлях. При заповненні всього обсягу гальмівного циліндра рідиною виникає вже новий ефект, який не стільки сприятиме гальмування, скільки підвищить ступінь стабілізації швидкості руху пневмоциліндра, що також дуже важливо.



Мал. 3.9. Схеми гальмівних пристроїв

Замість дросельного отвору поршня використовують також дроселі, встановлені зовні циліндра. Застосування двох дроселів у поєднанні із зворотними клапанами дозволяє окремо вести налаштування гальмівних режимів правого та лівого рухів.

Не менш важливим є фіксування пневмоциліндра в заданому положенні. Як було зазначено вище, це можна здійснити за допомогою датчиків положення. Однак у цьому разі необхідно мати досить складну електричну систему управління, що незавжди можливо здійснити практично. І тут доцільно застосування пристрою, принципова схема якого показано на *рис. 3.10*.



Мал. 3.10. Схема пристрою для стабілізації руху та фіксації приводу

Привод у даному випадку складається з силового циліндра, що демпфує, гвинтової пари та пневматичного діафрагмового гальма. Корпус 1 пневмоциліндра - звичайний, шток 2 - порожнистий, а гайка 5 встановлена в поршні 4. На кінці гвинта 3 закріплений гальмівний шків 6. Гальмо складається з пневматичної камери 11, в якій розміщується пружна діафрагма 10. Вона з'єднується з допомогою штоку з колодкою 7. Шток 8 має пружину 9. На відміну від звичайних гвинтових пар ця пара виконується несамотормозною (несамотормозящая передача - передача, в якій кут підйому гвинтової лінії більше кута тертя), завдяки чому поршень з гайкою вільно переміщається (тільки **надходить** та викликає його обертання).

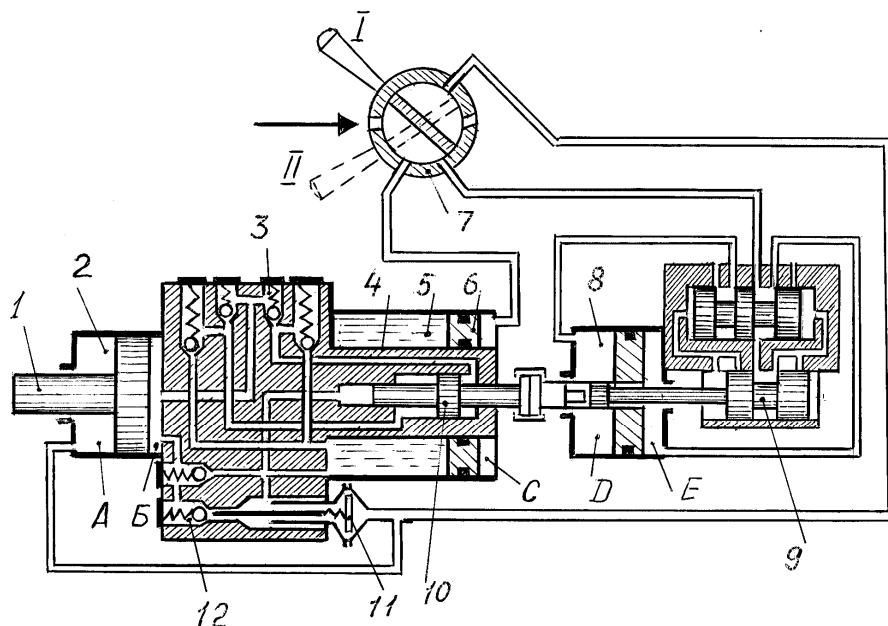
При фіксуванні робочого органу в заданому положенні в камеру 11 автоматично подається стиснене повітря. Діафрагма 10 за допомогою штока 8 притискає гальмівну колодку 7 до шківа 6, що перешкоджає обертанню гвинта і, отже, поступальному переміщенню гайки з поршнем.

Не менш важливим тут є і те, що наявність гвинтової пари сприяє рівномірному руху поршня. Це досягається за рахунок сил тертя в різьбовому з'єднанні та інерційності частин гвинта, що обертаються, і гальмівного шківа, які згладжують пікові кидки швидкості, що викликаються зміною тиску газу в порожнинах гідроциліндра у відповідь на зміну навантаження на робочому органі.

6. ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНІ ПІДСИЛЮВАЧІ

В окремих випадках виникає ситуація, коли основним джерелом енергії є пневмосистема, що забезпечує подачу стисненого повітря з тиском не більше 1 МПа і потрібно створення великих зусиль (1 МН і більше) на вихідній ланці приводу. Цілком природно, що за допомогою пневмоциліндра прийнятних розмірів таке зусилля створити неможливо. У цьому випадку виходом із положення може служити

використання пневмогідрравлічних підсилювачів, наприклад такого, схема якого показана на *рис. 3.11*.



Мал. 3.11. Принципова схема пневмогідропідсилювача

Основними елементами підсилювача є робочий циліндр 2 зі штоком 1, гідрравлічний розподільний золотник 4, камера для робочої рідини 5, ковзний поршень 6, пневматичний керуючий золотник 7 кранового типу, пневмодвигун 8 (поршневий, двосторонньої дії), пневматичний золотник пневматичний гідронасос 10, діафрагмовий циліндр 11 система зворотних клапанів 3, 12.

Підсилювач розрахований на створення великого зусилля в один бік і працює в такий спосіб. За допомогою керуючого золотника 7 (положення I) стиснене повітря надходить у золотник 9, який поперемінно в автоматичному режимі подає стиснене повітря в порожнини пневмоприводу 8, викликаючи його зворотно-поступальний рух. В результаті цього плунжер насоса 10 створює тиск робочої рідини в порожнинах, і вона завдяки системі зворотних клапанів і каналів розподільного золотника 4 надходить в порожнину Б робочого циліндра 2, викликаючи переміщення штока 1 вліво. Одночасно стиснене повітря від золотника 7 надходить у порожнину 3 ковзного поршня 6, який зміщується вліво і створює тиск в камері 5, забезпечуючи тим самим подачу робочої рідини з резервуара в нагнітальні порожнини гідронасоса.

Повернення штока 1 у вихідне положення здійснюється таким чином. Стиснене повітря за допомогою золотника 7 (положення II) подають у порожнину А циліндра 2 і одночасно в мембранний циліндр 11, перекривши живильну магістраль пневмодвигуна 2 і з'єднавши порожнину з атмосферою. Шток мембрани зміщується вліво і відкриває зворотний клапан 12, тим самим, з'єднуючи порожнину циліндра Б з

камерою 5. Поршень робочого циліндра під дією стисненого повітря в порожнині А починає переміщатися вправо, витісняючи робочу рідину з порожнини Б в камеру 5.

Необхідний тиск робочої рідини може бути визначений за формулою:

$$p_{ж} = p_{в} \cdot \frac{D^2}{d^2} \cdot \eta,$$

де $p_{в}$ - Тиск стисненого повітря;
 D - Діаметр робочого циліндра;
 d - Діаметр плунжера гідроциліндра;
 η - ККД пневмодвигуна.

Можна, задаючи значення тиску робочої рідини і діаметра плунжера насоса (з точки зору можливості його реального виготовлення), визначити за цією формулою необхідний діаметр поршня робочого циліндра.

Пневмогідролічні підсилювачі подібного типу розроблені на Запорізькому алюмінієвому комбінаті і використовуються в машинах для вилучення струмопідвідних штирів алюмінієвих електролізерів. Тут тиск рідини в робочому циліндрі (при $p = 0.4$ МПа) досягає 17 МПа , а зусилля на штоку - 300 кН .