

# Змащення обладнання

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Одним з найбільш ефективних шляхів підвищення тривалості і надійності машин, а також зменшення надмірних втрат енергії є введення мастильних матеріалів в зони тертя. Проте мастильні матеріали володіють не тільки мастильними властивостями, але й консервованими, що захищає обладнання від корозії.

Сучасні мастильні матеріали за своїм складом і видом вихідної сировини для їх виробництва поділяються на мінеральні, рослинні, тваринні і синтетичні. В останній час, головним чином, використовуються мінеральні, синтетичні і комбіновані матеріали.

За фізичним станом вони поділяються на *масла (рідкі мастила), пластичні і тверді мастила*.

*Масла* зменшують коефіцієнт тертя, охолоджують поверхні тертя, захищають їх від корозії, віддаляють продукти зносу і інші абразивні частки, які попадають у вузли тертя із атмосфери цеху чи навколишнього середовища. Їх використовують у випадках, коли:

- у вузлах вдається створити рідинне чи напіврідинне тертя;
- є надійне ущільнення чи воно не потрібне через розташування вузлів у герметичних закритих корпусах(підшипники і передачі редукторів і т.д.);
- необхідно примусово відводити тепло чи промивати вузол для відведення продуктів зносу і виробничого пилу.

*Пластичні мастила* зберігають окремі властивості масел і твердих мастильних матеріалів. В їх склад входять масло (75-90%), згущувач (10-25%), невелика кількість наповнювачів, стабілізаторів і присадок. Вони використовуються для вузлів, тепло яких повністю відводиться в навколишній простір, і для важковантажних підшипників ковзання, зубчастих відкритих передач, в якості закладних мастил вузлів тертя, а також деякі з них для централізованих систем ручного чи автоматичного змащення.

*Тверді мастила* застосовуються для важковантажних вузлів і в тих місцях і при тих умовах, де не утримується і не витримує пластичне мастило. Мастильна дія цих матеріалів обумовлена шаровою структурою їх кристалічних решіток, що в свою чергу, обумовлено збільшеною міцністю атомарних зв'язків в площинах і

зменшеною міцністю зв'язків між паралельними площинами, з яких складається решітка.

Важливою властивістю мастильного матеріалу є його в'язкість, за якою підбирають і розраховують сорт і вид мастила. Розрізняють в'язкість динамічну і кінематичну.

*Динамічною в'язкістю* чи *коефіцієнтом внутрішнього тертя* ( $\eta, \mu$ ) називають силу опору при взаємному переміщенні двох шарів рідини. Одиницею виміру тут є паскаль-секунда (Па·с). Динамічна в'язкість води за цим виміром складає 1005 мкПа·с.

*Кінематична в'язкість* ( $\nu$ ) являє собою питомий коефіцієнт втунріш-нього тертя рідини чи відношення її динамічної в'язкості до густини, тобто  $\nu = \mu / \rho$ . Кінематична в'язкість має одиницю виміру метр квадратний в секунду ( $\text{м}^2 / \text{с}$ ). Кінематична в'язкість дистильованої води при 20°С складає  $10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ .

Кінематична в'язкість може також виражатись в умовних одиницях (УВ) в залежності від відносної швидкості витікання певної кількості рідини через калібрований отвір. Вона визначається як відношення часу витікання певної кількості рідини через калібрований отвір віскозиметру при 50 чи 100°С до часу витікання тієї ж кількості дистильованої води при 20°С через такий же отвір. Виражається в градусах в'язкості умовних (В°У), чисельно відповідних в'язкості за шкалою Енглера (°Е).

Загалом же в характеристиках мастильних матеріалів подається переважно кінематична в'язкість.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Всі рідкі мастильні матеріали поділяються на класи за величиною в'язкості (класифікація SAE для моторних і трансмісійних масел, класифікація ISO VG (viscosity grade) для індустріальних масел) і на групи за рівнем експлуатаційних властивостей (класифікація API, ACEA для моторних і трансмісійних масел, класифікація ISO для індустріальних масел). Загалом же мастильні матеріали поділяються на підгрупи за агрегатним станом (*рідкі, напіврідкі, тверді, напівтверді, газоподібні*) і призначенням (*моторні, трансмісійні, редукторні, індустріальні* і т.д.).

*Моторні масла* використовуються головним чином, в двигунах внутріш-нього згоряння.

*Трансмiсiйнi масла* – масла широкого призначення. Застосовуються для змащення вузлiв i деталей трансмiсiй: коробок передач, ведучих мостiв, коробок вiдбору потужностi, роздавальних коробок, редукторiв i т.п.

Робоча температура масла у вузлах тертя трансмiсiї транспортних i промислових об'єктiв змiнюється в широких границях i може досягати 120-150°C. Зазвичай для характеристики температурної границi приймається температура масла в об'ємi, хоча в зонi контактив температура нагрiву масла може бути бiльш високою.

Найбiльшу групу масел складають *iндустрiальнi масла*, що пов'язано з великою рiзноманiтнiстю зношуваних вузлiв i деталей промисловостi i умов iх роботи. Асортимент цих масел складає бiльше 90 найменувань. За призначенням приблизно 47% складають масла, що використовуються в якостi робочої рiдини для гiдросистем, i 41% для зубчастих i черв'ячних передач, а також важконавантажених елементiв промислового обладнання. До групи iндустрiальних вiдносяться редукторнi масла i масла для прокатних станiв i iншi, якi мають певнi особливостi, що ураховують специфіку умов роботи цих об'єктiв. Зокрема до цієї групи вiдносяться пластичнi iндустрiальнi мастила (Азмол, Унiол, Траверсол, Суллена). Таким чином, якщо ранiш суто iндустрiальне масло розрiзняли за буквою «И» (наприклад, И-20), то сьогоднi слово «iндустрiальне» має бiльш широке поняття.

До пластичних мастил широкого застосування вiдносяться наступнi мастила: Солiдол, Консталiн, Унiол, ЦАТИМ, ЛIТОЛ.

Властивостями твердих мастильних матерiалiв володiє цiла низка речовин: графiт, дiсульфiд молiбдену, дiсульфiд вольфраму, селенiди i телурiди молiбдену i вольфраму, фтористий кальцiй, нiтрид бору, йодистий кадмiй, свинець, вiсмут, срiбло i iншi. Випускаються також дiсульфiд-молiбденовi мастильнi стрижнi МЭ-22, якi призначенi для змащування колiс i рейок заводського транспорту i кранiв.

Поряд з маслами i мастилами загального призначення виготовляються мастильнi матерiали суто цiльового призначення. Зокрема до них можна вiднести мастила для герметизацiї i запобiгання спiканню нерухомих рiзбових з'єднань i ущiльнень, що контактують з агресивними середовищами (концентрованими неорганiчними кислотами, лугами, анiонами, спиртами), канатнi мастила i просочувальнi речовини та iнше.

В таблицi 6.1 наведено найбiльш показовi характеристики масел i мастил.

**Таблиця 6.1**

Найменування, тип	В'язкість, мм <sup>2</sup> /с; Па·с	Сфера застосування та деякі показники властивості
1	2	3
<u>МАСЛА</u> ТАД-17И	120 (50°С)	Змащення циліндричних, конічних і спірально-конічних та гіпоїдних передач, $T_3 = -25^{\circ}\text{C}$ .
ТМ1-18 ТМ1-34 ТМ1-43	17-19 (50°С) 32-36 (50°С) 41-45 (50°С)	Змащення прямозубих, спірально-конічних та черв'ячних передач, що працюють при контактних напругах до 1000МПа. $T_{\text{МО}} \leq 90^{\circ}\text{C}$ .
ТМ2-9 ТМ2-18 ТМ2-34 ТМ2-43	8-11 (50°С) 17-19 (50°С) 33-35 (50°С) -	Змащення прямозубих передач, що працюють при контактних напруженнях до 2000 МПа. $T_{\text{МО}} \leq 120^{\circ}\text{C}$ .
ТМ3-12 ТМ3-18 ТМ3-34 ТМ3-43	11-13 (50°С) 17-19 (50°С) 33-35 (50°С) 42-44 (50°С)	Змащення прямозубих, спірально-конічних і черв'ячних передач, що працюють при контактних напруженнях більше 2000 МПа. $T_{\text{МО}} \leq 120^{\circ}\text{C}$ .
ТМ4-12 ТМ4-18 ТМ4-34 ТМ4-43	11-13 (50°С) 17-19 (50°С) 33-35 (50°С) 42-44 (50°С)	Змащення гіпоїдних передач, що працюють при високій швидкості ковзання і низькому крутному моменті; низькій швидкості ковзання і високому крутному моменті. $T_{\text{МО}} \leq 135^{\circ}\text{C}$
ТМ5-12 ТМ5-34 ТМ5-43 ТМ5-2РК	11-13 (50°С) 33-35 (50°С) 42-44 (50°С) -	Змащення гіпоїдних передач, що працюють при високій швидкості ковзання і ударних навантаженнях; високій швидкості і низькому крутному моменті; низькій швидкості і високому крутному моменті. $T_{\text{МО}} \leq 135^{\circ}\text{C}$ .

		Змащення деталей і вузлів важконавантажених машин, що працюють на відкритому просторі (робочо-консерваційне).
--	--	---

**Продовження таблиці 6.1**

1	2	3
И-5А И-8А	4-6 (50°C) 7-9 (50°C)	Змащення малонавантажених високошвидкісних механізмів, контрольно-вимірювальних приладів. $T_3 = -18^\circ\text{C}; T_3 = -15^\circ\text{C}$ .
И-12А	10-14 (50°C)	Змащення шпинделей металорізальних верстатів і інших вузлів та передач з частотою до $10000 \text{ хв}^{-1}$ . $T_3 = -15^\circ\text{C}$ .
И-20А И-25А И-30А И-40А	17-23 (50°C) 24-27 (50°C) 28-33 (50°C) 35-45 (50°C)	Робочі рідини в гідросистемах, змащення підшипників і зубчастих передач мало- і середньонавантажених машин, що працюють на частоті до $1500 \text{ хв}^{-1}$ . $T_3 = -15^\circ\text{C}$ .
И-50А	47-55 (50°C)	Гідросистеми важконавантажених машин, що працюють при малих швидкостях і частих зупинках. $T_3 = -15^\circ\text{C}$ .
ИГП-4 ИГП-6 ИГП-8	3-5 (50°C) 5-7 (50°C) 7-9 (50°C)	Робочі рідини гідросистем, змащування високошвидкісних коробок передач, мало- і середньонавантажених редукторів, черв'ячних передач, варіаторів, підшипників і т.п. $T_3 = -15^\circ\text{C}$ .
ИГП-18 ИГП-30 ИГП-38 ИГП-49	17-21 (50°C) 28-31 (50°C) 35-40 (50°C) 47-51 (50°C)	Робочі рідини гідросистем, змащування високошвидкісних коробок передач, мало- і середньонавантажених редукторів, черв'ячних передач, варіаторів, підшипників і т.п. $T_3 = -15^\circ\text{C}$ .
ИГП-72 ИГП-91	70-75 (50°C) 88-94 (50°C)	Робочі рідини гідросистем важкого пресового обладнання, змащення шестерневих передач, середньонавантажених зубчастих і черв'ячних

ИГП-114	110-118 (50°C)	передач. $T_3 = -15^\circ\text{C}$ .
ИГП-152 ИГП-182	147-158 (50°C) 175-190 (50°C)	Змащення важконавантажених зубчастих і черв'ячних передач, короб швидкостей і інших вузлів. $T_3 = -15^\circ\text{C}$ .

### Продовження таблиці 6.1

1	2	3
АЗМОЛ ИГС-32 АЗМОЛ ИГС-46 АЗМОЛ ИГС-68	25-35 (40°C) 41-51 (40°C) 61-75 (40°C)	Серія масел АЗМОЛ ИГС призначена для сучасних гідравлічних систем верстатів, автоматичних ліній, що працюють в звичайному і жорсткому режимах, в умовах обезводнювання і обладнаного фільтрами тонкого очищення.
АЗМОЛ ПЖТ-220	18-24 (100°C)	Призначається для редукторів і циркуляційних систем змащення підшипників рідинного тертя (ПЖТ) прокатних станів. Працездатне при питомих навантаженнях в зубчастих передачах від 80 до 300МПа. $T_3 = -9^\circ\text{C}$ .
ПС-28	26-30 (100°C)	Призначається для змащення редукторів і важконавантажених вузлів прокатних станів з циркуляційними системами. $T_3 = -10^\circ\text{C}$ .
Агринол ПС-28з	26-31 (100°C)	Використовується в циркуляційних системах змащення прокатних станів, редукторах, середньо- і важконавантажених вузлах прокатного обладнання (крім підшипників ПЖТ). $T_3 = -12^\circ\text{C}$ .
Агринол ПЖТ-46 Агринол ПЖТ-220 Агринол ПЖТ-460	42-50 (40°C) 200-240 (40°C) 420-510 (40°C)	Призначається для змащення підшипників рідинного тертя (ПЖТ), валків прокатних станів, оснащених циркуляційними системами з трубопроводами різної протяжності і розгалуженнях з можливим обезводненням. $T_3 = -10^\circ\text{C}$ .

Агринол РЕДУКТОЛ: 1-С-D-32 1-С-D-68 1-С-D-100 1-С-D-242	29-35 (40°C) 61-75 (40°C) 90-110 (40°C) 198-242 (40°C)	Використовуються для змащення всіх видів зубчастих, гвинтових і черв'ячних передач різноманітного обладнання (верстатів, пресів, ливарних машин, прокатних станів, мостових кранів і т.д.). $T_3 = -15... -18^\circ\text{C}$ .
---	---	---

### Продовження таблиці 6.1

1	2	3
АЗМОЛ: И-Т-Д-32 И-Т-Д-46 И-Т-Д-68 И-Т-Д-100 И-Т-Д-150 И-Т-Д-220 И-Т-Д-320 И-Т-Д-460	29-35 (40°C) 41-51 (40°C) 61-75 (40°C) 90-110 (40°C) 135-165 (40°C) 198-242 (40°C) 288-352 (40°C) 414-506 (40°C)	Використовуються для змащення зубчастих передач і інших елементів (вузлів тертя, підшипників кочення, іншої техніки). $T_3 = -18^\circ\text{C}$ . В И-Т-Д-320 і И-Т-Д-460 $T_3 = -12^\circ\text{C}$ .
ИЦП-20 ИЦП-40	19-21 (50°C) 39-41 (50°C)	Змащення ланцюгів конвеєрів, а також для змащування.
АЗМОЛ ВМ-4	48-57 (50°C)	Використовується в якості робочої рідини для механічних вакуумних насосів, а також для змащення вакуумних ущільнень.
<u>МАСТИЛА</u> Солідол жировий	250 Па·с (0°C)	Змащення грубих вузлів тертя кочення і ковзання, гвинтових і

Солідол ЖССХ	-	ланцюгових передач, тихохідних редукторів і т.п. Температура каплевипадання $T=78^{\circ}\text{C}$ .
Уніол 2М/1 Уніол 2М/2 Суллена	160 Па·с ( $0^{\circ}\text{C}$ ) 110 Па·с ( $0^{\circ}\text{C}$ ) -	Уніол 2М/1 – для змащення механізмів, що працюють при високих питомих навантаженнях; Уніол 2М/2 – для металургійного обладнання з системами централізованої подачі мастила; Суллена – для змащення високонавантажених і високотемпературних вузлів тертя металургійного обладнання. Температура каплевипадання $T \approx 230^{\circ}\text{C}$ .
ЦИАТИМ-203	1000 Па·с ( $-30^{\circ}\text{C}$ )	Змащення зубчастих, черв'ячних редукторів, опор ковзання і підшипників кочення, різноманітних силових приводів, гвинтових пар. Температура каплевипадання $T=160^{\circ}\text{C}$ .

### Продовження таблиці 6.1

1	2	3
ЦИАТИМ-221	800 Па·с ( $-50^{\circ}\text{C}$ )	Змащення підшипників кочення електромашин, систем управління і приладів з частотою обертання до $10000 \text{ хв}^{-1}$ . Температура каплевипадання $T=250^{\circ}\text{C}$ .
Азмол Аэрол-1	-	Змащення шарнірів універсальних шпинделей товстолистових станів і підшипників кочення промислового обладнання при централізованій подачі мастила. $(P_k)=1568$ .
Азмол Бентол	-	Змащення важконавантажених вузлів тертя обладнання, працюючого при високих температурах. Температура каплевипадання $T=230^{\circ}\text{C}$ .
ЦИАТИМ-208	1800 Па·с ( $-30^{\circ}\text{C}$ )	Змащення важконавантажених редукторів, черв'ячних і зубчастих передач гусеничної техніки.
Азмол Трансол-100 Азмол Трансол-200	1200 Па·с ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) 1400 Па·с ( $-30^{\circ}\text{C}$ )	Трансол-100 – змащення черв'ячних редукторів і мотор-редукторів, що працюють з максимальними питомими навантаженнями в зачепленні



		до 400 МПа. Трансол-200 – змащення циліндричних і планетарних редукторів, мотор-редукторів, що працюють з максимальними питомими навантаженнями в зачепленні до 2000 МПа. Температура каплевипадання $T=150^{\circ}\text{C}$ .
Азмол: 39У Торсиол-35Б Торсиол-35Э	4.5 ( $100^{\circ}\text{C}$ ) 8.5 ( $100^{\circ}\text{C}$ ) 10-20 ( $50^{\circ}\text{C}$ )	Змащення сталевих канатів при виготовленні (Азмол Торсиол-35Б) і експлуатації канатів. Температура каплевипадання $T = 70...80^{\circ}\text{C}$ .
Е-1	-	Просичення органічних серцевин сталевих канатів.
Агринол: Прокат Ол-2 Прокат Ол-0	160 Па·с ( $0^{\circ}\text{C}$ ) 110 Па·с ( $0^{\circ}\text{C}$ )	Ол-2 змащення закладним способом механізмів з відкритими вузлами тертя, що працюють при високих питомих навантаженнях; Ол-0 – змащення того ж обладнання за допомогою централізованих засобів змащення. Температура каплевипадання $T=230^{\circ}\text{C}$ .

### Продовження таблиці 6.1

1	2	3
Агринол: ИП-1л(літня) ИП-1л(зимова)	160 Па·с ( $0^{\circ}\text{C}$ ) 110 Па·с ( $0^{\circ}\text{C}$ )	Використовуються для централізованих систем змащення обладнання прокатних станів, доменних печей і іншого крупногабаритного обладнання, що працює при середніх і високих навантаженнях. Температура каплевипадання $T=230^{\circ}\text{C}$ .
Агринол Прокатол (ЕР-2)	220 Па·с ( $0^{\circ}\text{C}$ )	Змащення закладним способом вузлів тертя прокатних станів, доменних печей і іншого крупногабаритного обладнання металургійного виробництва. Температура каплевипадання $T=245^{\circ}\text{C}$ .
КЛС-1 прокатна КЛС-2 прокатна	1600 Па·с ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) 2200 Па·с ( $-20^{\circ}\text{C}$ )	Застосовуються для змащення підшипників кочення робочих валків. КЛС-1 – в централізованих системах неперервного змащування, КЛС-2

		– в закладних вузлах. Допускається використання і в інших випадках при підвищених вимогах. Температура каплевипадання $T=290^{\circ}\text{C}$ .
Униол-20	55 Па·с ( $20^{\circ}\text{C}$ )	Універсальний мастильний матеріал. Змащування обладнання як для закладних вузлів тертя, так і для централізованих мастильних систем.
<u>Тверді мастила</u> Графіт С Дісульфід молібдену $\text{MoS}_2$ Селенід молібдену $\text{MoSe}_2$ Селенід вольфраму $\text{WSe}_2$		Тяжконавантажені вузли, де не витримують пластичні мастила. Температура застосування відповідно, $^{\circ}\text{C}$ : від -250 до +340; від -250 до +375; від -150 до +375; від -150 до +325
$T_3$ - температура захолювання; $T_{\text{MO}}$ - температура масла в об'ємі.		

### 3. ОТРИМАННЯ НЕОБХІДНОЇ В'ЯЗКОСТІ МАСЕЛ ПРИ ЇХ ОБМЕЖЕНОМУ АСОРТИМЕНТІ

Іноді виникає необхідність у використанні масла з в'язкістю, якого немає в наявності через обмежений асортимент мастильних матеріалів. Наприклад, в'язкість індустріального масла має складати 20 мм<sup>2</sup>/с, а в наявності є індустріальні масла И-12А (в'язкість 12 мм<sup>2</sup>/с) і И-50А (в'язкість 50 мм<sup>2</sup>/с). В цьому випадку їх необхідно змішати в певному відношенні.

Для цього можна скористатись наступною формулою:

$$\Sigma \nu = \frac{a \cdot \nu_1 + b \cdot \nu_2 - k(\nu_1 - \nu_2)}{100},$$

де  $a, b$  – об'ємна кількість компонентів в суміші;  $(a + b) = 100\%$  ;

$\nu_1, \nu_2$  - відповідно в'язкість масел И-50А і И-12А;

$k$  – коефіцієнт, який вибирається з нижченаведеного ряду.

$a$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$k$	6,7	13,1	17,9	22,1	25,5	27,9	28,2	25	17

Якщо, наприклад, змішаємо 60% масла И-50А і 40% И-12А, то отримаємо суміш з наступною в'язкістю:

$$\Sigma \nu = \frac{60 \cdot 50 + 40 \cdot 12 - 27,9(50 - 12)}{100} = 24,2 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Із таблиці 6.1 виходить, що така в'язкість майже вкладається в інтервал в'язкості для індустріального масла И-20А. При необхідності отриману в'язкість можна знизити за рахунок зменшення кількості масла И-50А в суміші. На сам кінець слід зауважити, що змішувати допускається лише споріднені марки масел.

### 4. КАРТА І ТАБЛИЦЯ ЗМАЩУВАННЯ

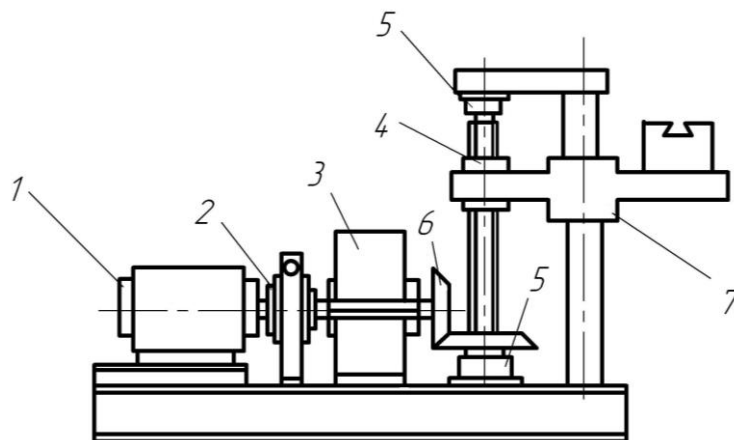
В складі конструкторської документації, що розробляється підприємством - виробником будь-якого виробу з вузлами тертя, входять карти і таблиці змащування.

Ці документи регламентують застосування того чи іншого мастильного матеріалу і періодичність проведення робіт по змащенню вузлів тертя. Карту (чи схему) змащування виконують у вигляді спрощеного креслення чи кінематичної (принципової) схеми. Цифрами позначають місця (точки) змащування (рис. 6.1, а). В таблиці змащування (рис. 6.2, б) розшифровують карту змащування і для кожної позначеної на карті точки приводять найменування місця змащення, вид мастильного матеріалу, спосіб і періодичність нанесення.

Для машин і об'єктів технологічного обладнання при відсутності цих документів їх складають, керуючись відповідними регламентуючими вимогами. Мастильний матеріал для конкретних машин і умов експлуатації належить вибирати, керуючись загальним правилом, що для тихохідних і важконавантажених вузлів тертя належить застосувати більш в'язкі і пластичні мастильні матеріали, а для малонавантажених і високошвидкісних вузлів – мастильні матеріали з невисокою в'язкістю. Вузли тертя, що працюють в умовах підвищених температур, змащують більш в'язкими маслами. При закладенні пластичних мастильних матеріалів (мастил) не слід повністю заповнювати весь простір закладочних об'єктів, оскільки це може призвести до більш інтенсивного зносу поверхонь тертя (доведено експериментально).

Карта і таблиця змащування є основними документами для ведення мастильного господарства на підприємстві. На їх підґрунті виконують розрахунки потреби в мастильних матеріалах за видами і марками, з міркувань використання їх за зміну, за місяць і на протязі року.

Розрахунки потреби в мастильних матеріалах, виконані механіками підрозділів (дільниць, цехів), перевірені і узагальнені у відділі головного механіка, слугують підставою для складання відповідних заявок.



а)

№ поз.	Найменування місця змащення	Мастильний матеріал	Періодичність змащення	Кількість мастила, кг	Періодичність заміни мастила
1	Підшипники	ЦИАТИМ	1 раз на 6 міс.	0,2	1 раз на рік

	електродвигуна	221			
2	Зубчаста муфта	Солідол ЖСХ	1 раз на 3 міс.	0,15	1 раз на рік
3	Редуктор циліндричний	И-30А	Постійно	По вказівн. рівня	1 раз на рік
4	Гвинтова передача	Солідол жировий	1 раз на 3 міс.	0,12	Промивання 2 рази на рік
5	Підшипники гвинтової передачі	Литол 24РК	1 раз на 6 міс.	0,3	1 раз на рік
6	Відкрита конічна зубчаста передача	Униол 20	1 раз на 3 міс.	0,25	Промивання 2 рази на рік
7	Напрямна робочого органа	Униол 20	1 раз на 2 міс.	0,11	Промивання 3 рази на рік

б)

## Рисунок 6.1

Карта (схема) (а) і таблиця змащування (б)

## 5. СПОСОБИ ПОДАЧІ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДО ВУЗЛІВ ТЕРТЯ. МАСТИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

Мастильні матеріали можуть подаватись до вузлів тертя за допомогою ручних маслянок і механізованим способом нагнітання рідинного і пластичного мастила.

Коротка класифікація мастильних систем представлена на рис. 6.2.

### 5.1. Системи рідинного змащування

Рідинне змащування отримало широке поширення завдяки можливості регулювати кількість, тиск і температуру подавного мастильного матеріалу, а також багаторазово його використовувати в циркуляційних системах і відновлювати відпрацьоване масло шляхом регенерації.

Системи рідинного змащення поділяють на нецентралізовані і централізовані, які в свою чергу можуть бути проточними і циркуляційними.

В нецентралізованих проточних системах масло проходить через вузол тертя один раз і виливається зовні. До цих систем відносять: ручну (з наливанням масляною), фітильну, за допомогою набивання, капельну, буксову, розпиленням і лубрикаторну. Кожна проточна система, за винятком лубрикаторної, обслуговує один вузол тертя.

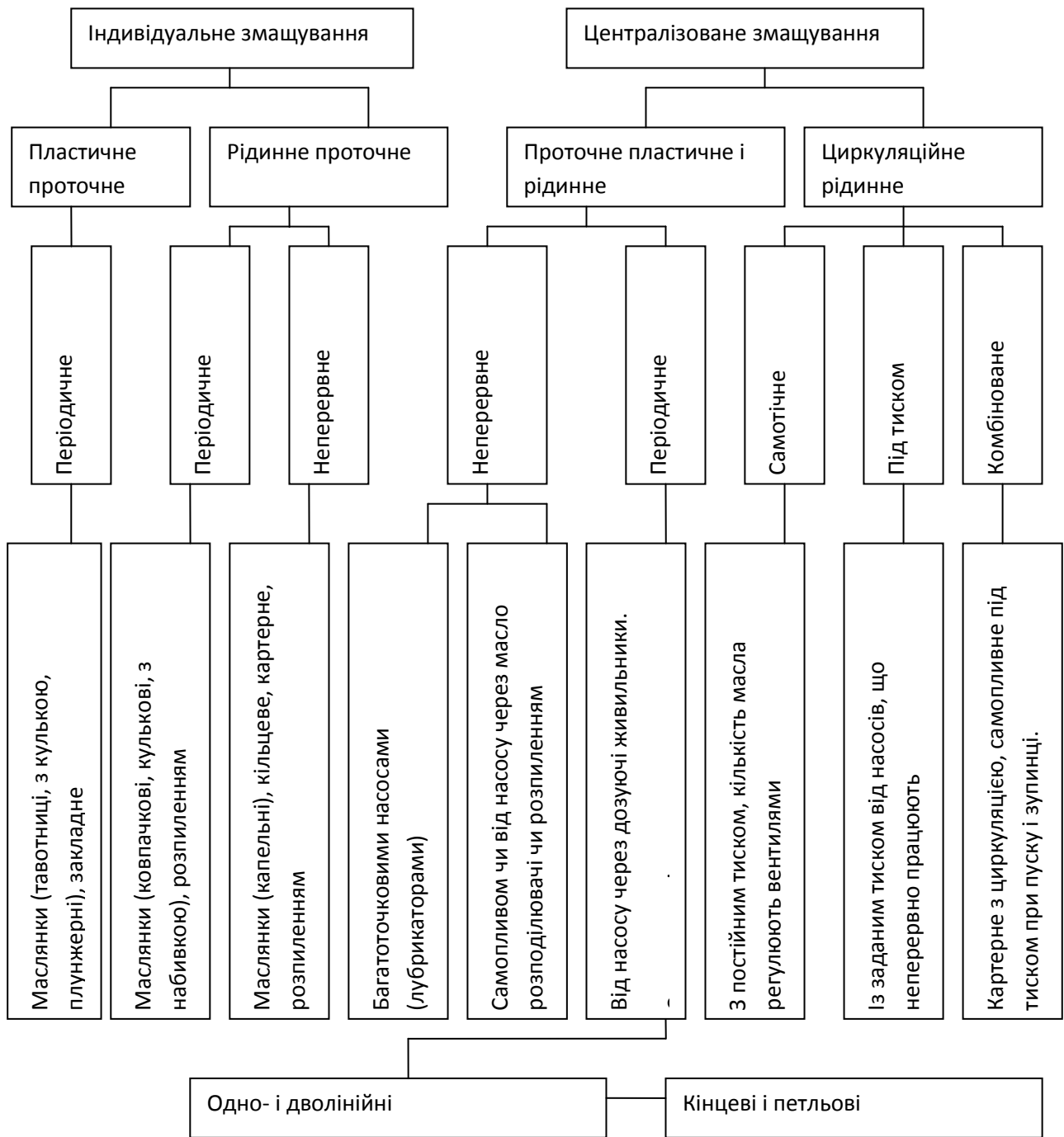
В нецентралізованих циркуляційних системах масло перебуває в невеликих ємкостях, звідки направляється до вузлів тертя і повертається назад.

Розрізняють системи з вільною і примусовою циркуляцією масла. До перших відносять кільцеві і картерні (змащення зануренням в масло), до других – індивідуальні примусово-циркуляційні системи з подачею масла під природнім (гідростатичним) напором чи з подачею масла під тиском від насосу.

В централізованих нециркуляційних системах масло надходить до вузлів тертя під тиском від насосу. Регулювання кількості масла здійснюють зміненням діаметра прохідного отвору, зміненням подачі насосу чи дозівними живильниками. У випадках розпилення за допомогою розпилювальних пристроїв подачу масла регулюють зміненням тиску повітря.

В централізованих циркуляційних системах масло неперервно подається до вузлів тертя насосом, повертається назад в резервуар і знову направляється до місць змащення.

За способом управління централізовані системи поділяють на ручні, напівавтоматичні (ручне включення і автоматичне регулювання режиму) і автоматичні.



**Рисунок 6.2**

### **ПРОТОЧНІ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ**

Як видно з рис. 6.2 проточні системи відносяться до індивідуального виду змащування, яке здійснюється загалом за допомогою різноманітних маслянок (наливних, прес-маслянок, гнотових і маслянок з набивкою). Недоліком усіх маслянок є те, що вони не дозволяють регулювати і контролювати подачу масла до поверхонь тертя.

При гнотовому змащенні масло подається до змащуваної точки за допомогою бавовняного чи шерстяних (вовняних) гнотів. Кількість масла в цьому випадку

визначається його в'язкістю і товщиною гнота і складає в середньому  $0,5-5 \text{ см}^3/\text{годину}$  (для масла в'язкістю  $30 \text{ мм}^2/\text{с}$ ).

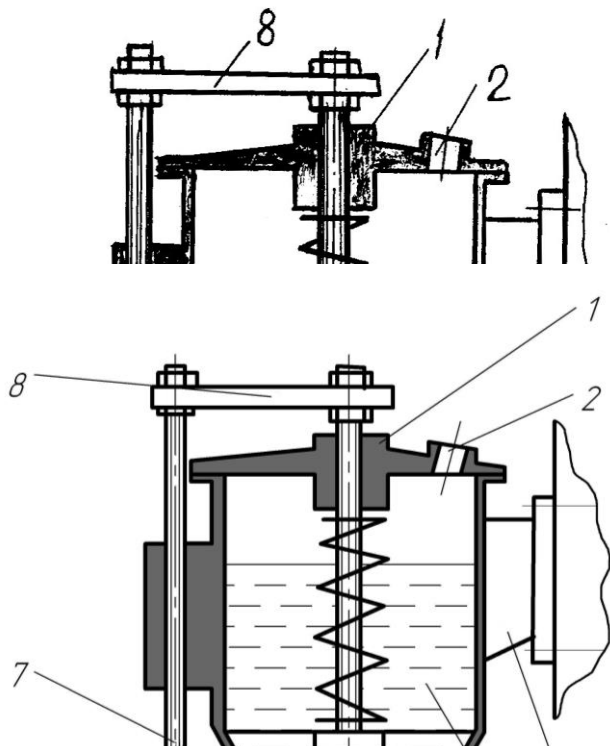
При капельному змащенні масло подається до вузлів тертя каплями, що дозволяє регулювати чи призупиняти змащення. Режим роботи маслянки установлюють із умов, що  $1 \text{ г}$  масла містить 25 капель.

Наливна капельна маслянка (рисунок 6.3) складається з корпусу 3, виготовленого із прозорої пластмаси, всередині якого розташовується стрижень 9 з голкою 6. Голка, постійно притиснута пружиною 2 до каліброваного отвору (діафрагми) 7. При необхідності подачі масла в зону тертя голка піднімається вгору важелем 1. Висота підйому регулюється гайкою (на рисунку не показана). Корпус наповнюється маслом через отвір 10. До діафрагми масло надходить через отвори 4, проходячи через сітчастий фільтр 5. Установлюється ж маслянка на об'єкті змащення за допомогою гвинтової нарізки 8. Для забезпечення постійності подачі рівень масла в корпусі має бути не нижче  $1/3$  його висоти. Нижче діафрагми розташоване оглядове віконце 11, через яке спостерігають за витоком масла.

**Рисунок 6.3**

В деяких випадках (наприклад, при змащенні роликів стрічкових розливних машин кольорових металів) використовуються маслянки, які автоматично спрацьовують при дії на їх пропускний клапан рухомих роликів ланцюгів. Тобто, масло надходить до вузла тертя (цапф роликів і ланцюгів) тільки тоді, коли ролик підніме клапан (рис. 6.4).

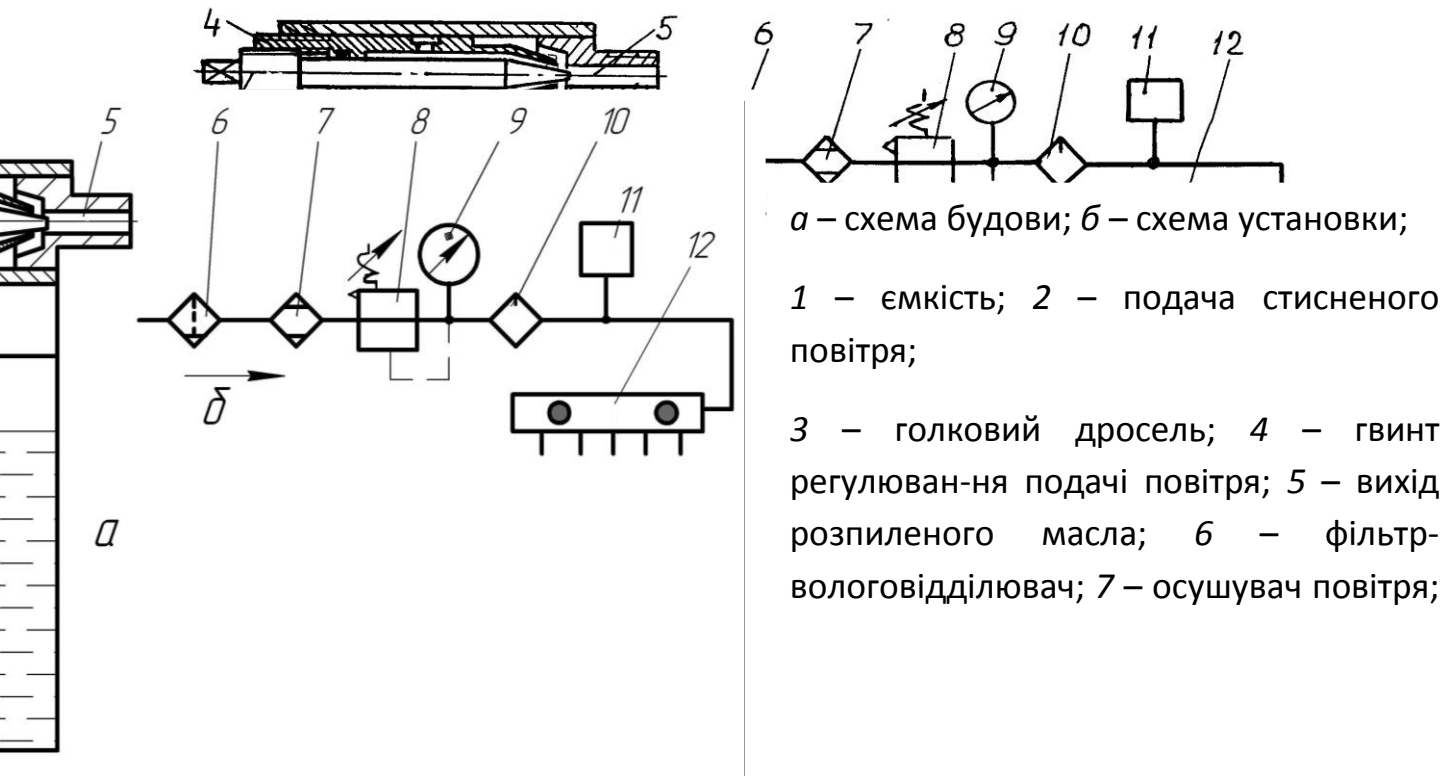
Маслянка складається з корпусу 4, яким вона за допомогою кронштейну 3 кріпиться до нерухокої частини машини, кришка 1 із заливним отвором 2, клапана 5, що притискається до сідла пружиною, ролика 6 зі штоком 7,





який з'єднаний через траверсу 8 зі штоком клапана 5.

Змащування розпиленням (масляним туманом) застосовують для кінематичних зубчастих передач, високооборотних підшипників кочення, ланцюгових передач, пневматичних інструментів. Маслорозпилювач оснащено резервуаром (рисунок 6.5), через який пропускається осушене повітря під тиском 0,1...0,2 МПа.



Недоліками цього способу змащення є інтенсивність окислення масла і неможливість очищення повітря від парів масла, що забруднює навколишнє середовище.

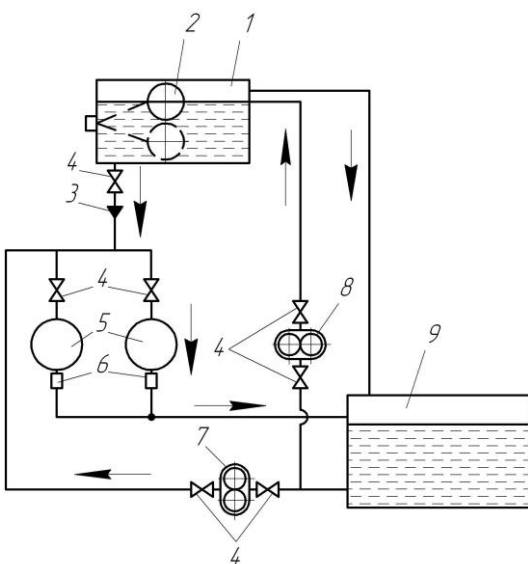
У вузли тертя періодично працюючих машин, що потребують свіжої порції мастила через певні проміжки часу, змащення проводять прес-маслянками. При цьому на корпусі підшипника встановлюється маслянка з кульковим клапаном. Змащення здійснюють переносною ручною маслялкою, носочком якої натискають на кульку, відкриваючи тим самим доступ мастила до каналу його подачі. Після закінчення заправлення пружина притискає кульку до гнізда клапана, перекриваючи отвір мастильного каналу. Прес-маслянки використовують, як правило, для тихохідних і періодично працюючих вузлів тертя.

### ЦИРКУЛЯЦІЙНІ СИСТЕМИ РІДИННОГО ЗМАЩУВАННЯ

Ці системи поділяються на індивідуальні і централізовані.

Індивідуальні циркуляційні системи поділяються на самопливні, які працюють під заданим тиском, і комбіновані.

В самопливно-циркуляційних системах масло нагнітається насосом із маслобака в проміжний резервуар, розташований вище вузлів тертя, звідки воно самопливом надходить до змащуваних вузлів, а потім стікає знову в маслозбирач (рис. 6.6).

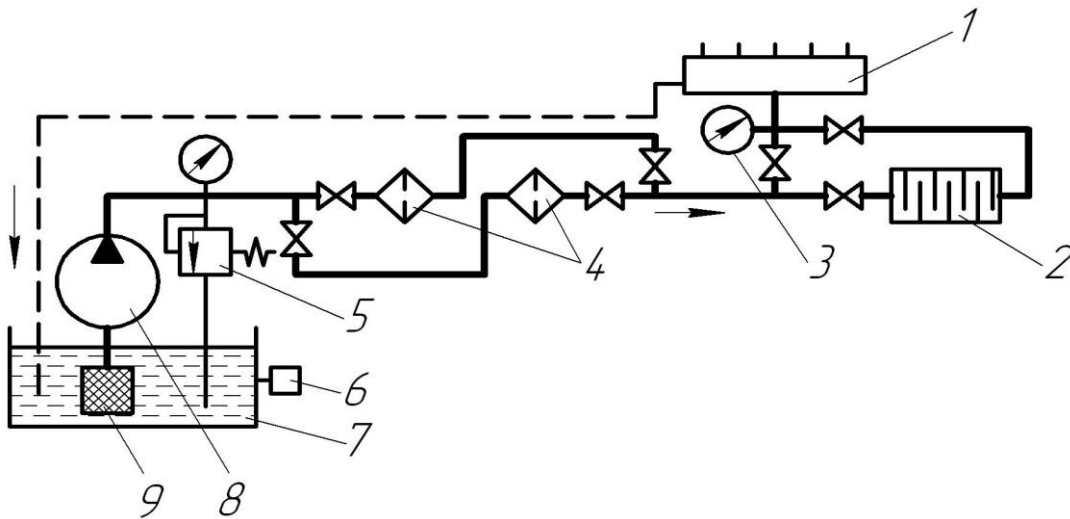


**Рисунок 6.6**

Такі системи застосовують для змащення окремих машин, які потребують значної кількості масла не тільки для змащення, але й для охолодження. Вони характеризуються невисоким постійним тиском у місць змащування (0,03 – 0,05 МПа) і посередньому очищенні масла.

Схема індивідуальної циркуляційної системи, що працює під заданим тиском, показана на рис. 6.7. Установка складається із насосу 8 (як правило для надійності роботи використовується ще і резервний насос), який подає масло з

бака 7 через забірний пристрій 9 (рівень масла контролюється датчиком рівня) в напірну магістраль. Після запобіжного клапана 5 (підтримує необхідний тиск масла в системі) масло надходить в один із фільтрів 4 (використовується один, інший є резервним), потім в пристрій для охолодження (чи нагріву) масла 2 і в розподільчач-живильник 1. Контроль за тиском в системі здійснюється за допомогою манометрів 3 (в крупних системах застосовуються електронні манометри чи датчики, які видають електричний імпульс в автоматизовану схему підтримання заданих параметрів змащування).



**Рисунок 6.7**

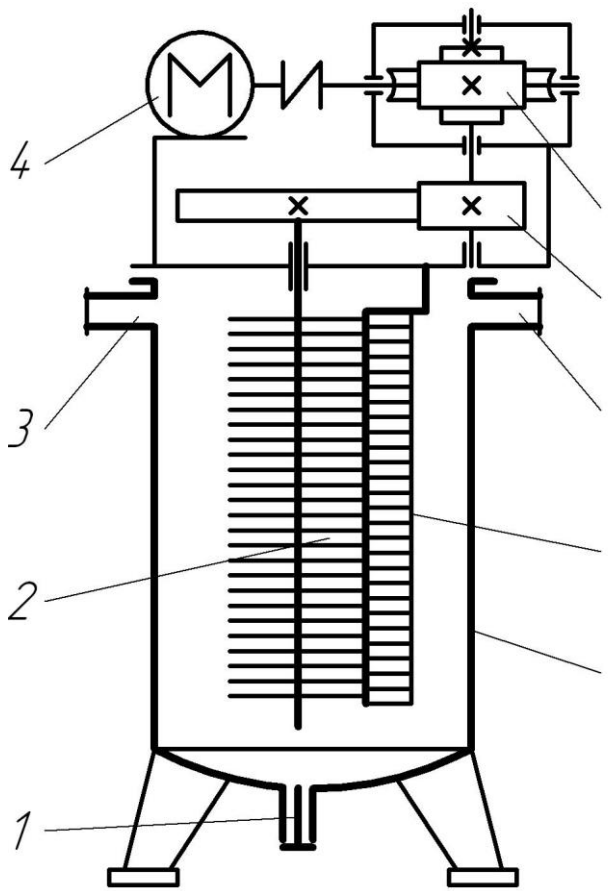
Найбільш відповідальними механічними елементами централізованих змащувальних систем є: насоси, регулювальна та розподільна апаратура, фільтри. Сучасні системи оснащуються відповідною електронною технікою автоматичного управління.

Для подачі масла в місця змащування використовуються різні типи насосів: шестерневі, радіально-поршневі, лопатеві і інші. На сьогодні найбільш раціональними є застосування шестерневих насосів, як найбільш надійних в експлуатації. Продуктивність таких насосів складає від 5 л/хв до 1000л/хв, тиск 2,5 – 32 МПа [14].

Очищення масла від сторонніх домішок здійснюється за допомогою фільтрів, які поділяються на сітчасті, пластинчасті, магнітні, дискові.

Сітчасті і магнітні фільтри в залежності від продуктивності і місця установлення поділяються на стаціонарні і лінійні. В свою чергу сітчасті фільтри поділяються на сітчасті касетні без пристроїв самоочищення, пластинчасті і дискові з самоочищенням. На рис. 6.8 показана принципова схема однопатронного пластинчастого фільтра.

Фільтр складається з патрона 8, корпуса 9, електродвигуна 4, черв'ячного редуктора 5 і циліндричної зубчастої пари 6. Фільтрувальний патрон 8 являє собою набір тонких дисків із сталі у вигляді колеса зі спицями товщиною 0,5



мм. Між дисками розташовані прокладки у формі зірочок товщиною 0,08; 0,12 чи 0,18мм. В одному патроні установлюють понад 530 дисків. Всі диски і зірочки посаджені на вал 2 прямокутного перерізу, який періодично обертається від електродвигуна 4 через черв'ячний редуктор 5 і зубчасту передачу 6 із швидкістю в межах 8 об/хв. В патроні є також пристрій для очищення дисків.

Масло подається через патрубок 7, проходить через зазори між дисками, заповнює патрон і через патрубок 3 надходить в нагнітальний трубопровід.

Механічні частини, що містить масло, якщо вони більші за установлений зазор, затримуються при вході в зазор між дисками. При обертанні патрона від двигуна, бруд, що осів між дисками, скидається ножами і падає на дно

корпусу 9, звідки віддаляється періодично через отвір 1.

Продуктивність фільтрів серії ФПЖ в залежності від в'язкості масла складає від 80 до 1500л/хв. при робочому тиску 0,5 МПа. Поряд з фільтрами використовуються і дискові фільтри серій ФДС і ФДЖ.

При невеликій продуктивності використовуються фільтри з ручним очищенням. Зокрема ті ж типи фільтрів, що і для гідросистем [14].

Магнітні фільтри (серія ФМР) застосовуються для попереднього очищення масла перед змиванням його в резервуари-відстійники, а також в якості лінійних – перед відповідальними вузлами тертя.

Застосовуються і інші типи фільтрів. Зокрема: всмоктувальні (установлюються у всмоктувальній лінії насоса), заливні (при заливанні масла в бак), сапун-фільтри (повітряний фільтр, що поєднує повітряну порожнину герметичного гідробака з навколишнім середовищем). Деякі типи фільтрів оснащуються індексацією забруднення.

До напрямної і регулювальної апаратури відносяться: розподілювачі потоку робочої рідини, зворотні клапани, гідрозамки, логічні гідроклапани, запобіжні і

редукційні клапани, регулятори тиску і витрат, поділювачі і суматори потоку рідини та інші.

До засобів контролю і автоматичного управління відносяться: манометри звичайні, електроконтактні манометри, самописні манометри, датчики тиску, рівнеміри, термометри та інше.

## 5.2. Системи пластичного змащення

Ці системи поділяються на індивідуальні і централізовані.

В індивідуальних системах мастило подають у вузли тертя за допомогою ручних шприців, лубрикаторів. Ручними шприцами мастило подається через живильники з ручним переключенням на 2,4,6 чи 8 відводів. Місткість дозувальних камер живильників складає 0,5-2 см<sup>3</sup>. Лубрикатори мають 8 чи 16 відводів і подають до 0,4 см<sup>3</sup> мастила за 1 хід плунжера під тиском 10 МПа.

Централізовані системи в залежності від типу повітря поділяються на ручні, електричні і пневматичні, а від способу розгалуження мастилопроводів і способів перекидання подачі мастила із однієї магістралі в іншу – на кінцеві (СК) і петльові (СП).

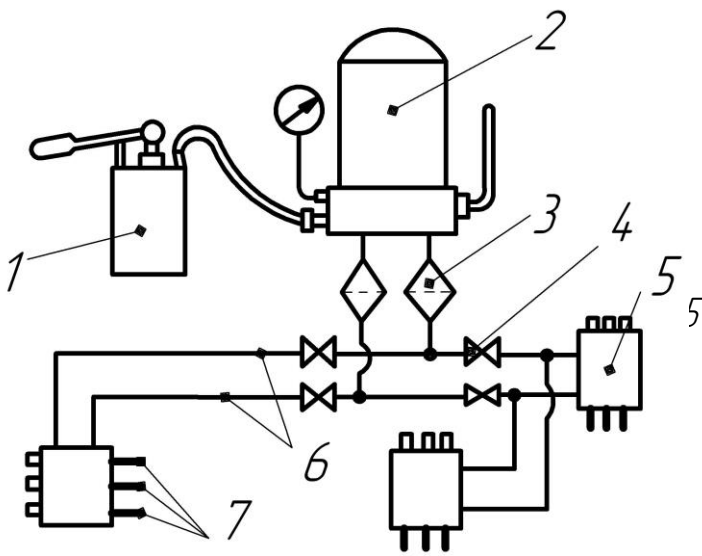
Петльові системи застосовуються у випадках, коли обладнання, що підлягає змащенню, розташоване на невеликій відстані один від іншого, тобто при його кучному розташуванні, чи при обслуговуванні обладнання з дуже частою подачею мастила (15-30хв).

Системи кінцеві застосовують переважно у тих випадках, коли обладнання розташовується лінійно на ділянках великої протяжності.

Станції з пневматичним приводом використовують, головним чином, при подачі в розпиленому стані графітного мастила.

### РУЧНІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ

Основними елементами цих систем (рис.6.9) є заправочна станція (насос) 1, змащувальна станція 2, фільтри 3 (сітчасті), призначені для відділення механічних домішок, манометр для контролю роботи системи, живильники 5. Змащувальна станція з ручним насосом заправляється пластичним мастилом за допомогою заправочної станції, яка може бути з ручним, пневматичним чи



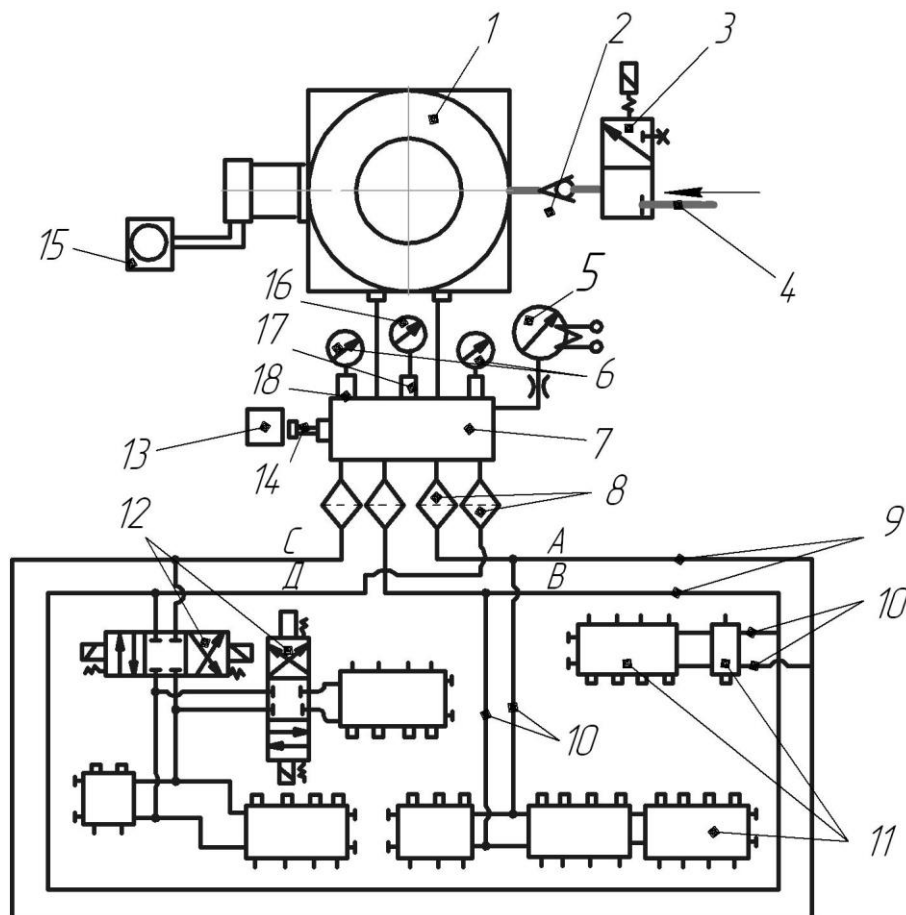
електричним приводом. Наприклад, станція ЗАП-2500 має пневматичний привод (подача 0,3-2,5 л/хв), а станція СЦЗ-63 – з електричним приводом (подача 6,3 л/хв).

Мастило надходить до живильників 5 по магістральним трубопроводам 6, а до точок змащування – по трубопроводам 7.

В окремих випадках (при необхідності, в систему входять розподільвачі потоку мастила).

### ПЕТЛЬОВІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ

Схема системи петльового типу представлена на рисунку 6.10. Вона складається із станції 1, що заправляється через зворотній клапан 2, відсічний золотник 3 і магістраль 4 від заправочної станції, командоапарата 15, реверсивного розподільвача 7, сітчастих фільтрів 8, чотирьох магістральних трубопроводів 9, розподільчих золотників 12 з електромагнітним управлінням, відвідних трубопроводів 10, живильників 11.



**Рисунок 6.10**

Ознайомленню з принципом дії мастильної системи в цілому має передувати ознайомлення з будовою і роботою її головних складових: реверсивного розподільвача 7 і живильників 11.

Розподільвач займає проміжне положення між насосом і магістральними лініями 9. В передній стінці розподільвача є чотири різьбові отвори: двоє з них слугують для приєднання головних трубопроводів, а двоє інших – для приєднання магістралей повороту. Всього в корпусі розподільвача мається сім різьбових отворів для з'єднання із зовнішніми комунікаціями.

В задній стінці передбачено отвір для приєднання до насосу і отвір, що з'єднує розподільвач з резервуаром. На боковій стінці є отвір, до якого приєднується самописний (електронний) манометр 5.

Зверху корпусу встановлено три манометри 6, 16. Для погашення пульсації стрілок манометрів застосовуються демпферні перехідники. Манометри 6 слугують для показань тисків в магістралях повороту. Ці ж тиски регулюються перепускними клапанами 18, встановленими поряд з манометрами. Для контролю тиску потоку мастила при вході його в розподільвач із насосу на середині корпусу розподільвача розташований манометр 16 і спарений з ним запобіжний кульковий клапан 17. В середині корпусу розподільвача розташовуються рухомі золотники (скалки): робочий і розподільний. До зовнішнього кінця робочого золотника прикріплений шток 14, з'єднаний з кінцевим вимикачем 13.

Живильники слугують для відміру, подачі і контролю за подачею мастила до вузлів тертя. Живильники дволінійних систем спрацьовують при тиску не менше 1,5 МПа. В залежності від кількості приєднаних вузлів тертя розрізняють живильники одно-, дво-, три- і чотиривідвідні (ПД1 – одновідвідні; ПД2 – двовідвідні; ПД3 – тривідвідні; ПД4 – чотиривідвідні). На рис. 6.11 показане застосування саме цих живильників. Всі вони відносяться до дволінійних типів, тобто вони приєднуються до двох магістралей, через які поперемінно подається мастило. На рисунку ці магістралі позначено буквами «А» і «В». Живильник складається із сталевого корпусу, в якому для кожної





На рисунку показано чотири положення живильника, при яких камери і всі канали заповнені мастилом, тобто живильник перебуває в робочому стані. В положенні I мастило в живильник подається по магістралі А. При цьому під тиском мастила золотник 1 опускається вниз до упора в пробку 6, що відкриває доступ мастилу спочатку в камеру *a*, а потім по каналу *б* в надпоршневу порожнину дозувальної камери 2, що переміщує поршень 3 вниз до упора в пробку 7. Під дією поршня 3 мастило, що залишилось в підпоршневій порожнині дозувальної камери від попереднього циклу, виштовхується в камеру *в* між двома пружинами золотника 1 і звідти по каналу *e* надходить до вузла тертя (див. положення II).

При наступному циклі (положення III) мастило нагнітається по магістралі В і золотник 1 переміщається вгору до упора в пробку 5, що відкриває доступ мастилу в камеру *д*, а звідти воно по каналу 2 надходить в підпоршневу порожнину дозувальної камери 2. При цьому порція мастила, що залишилась в надпоршневій порожнині дозувальної камери від попереднього циклу, виштовхується по каналу *e* до того ж вузла тертя (див. положення IV).

Поршень 3 дозувальної камери 2 і золотника 1 переміщується під впливом різниці тисків напірної і розвантажної магістралей.

Як видно з рис. 6.10 від реверсивного розподілювача відходять чотири магістральні трубопроводи 9, що утворюють дві замкнені петлі, до яких приєднано через відвідні трубопроводи 10 живильники 11, що живлять мастилом вузли тертя. Деякі із живильників приєднуються до магістралі через розподільчі золотники 12, що передбачено для вузлів тертя, які потребують більш рідкої подачі до них мастила. Кожна складається із вихідної (магістралі А, В) і зворотної (магістралі С, Д) ділянок.

Через певні, раніш встановлені проміжки часу командний апарат 15 включає електродвигун плунжерного насоса маслостанції, яка нагнітає мастило через розподільник 7 і сітчастий фільтр 8 до живильників 11 по одній із магістралей А чи В. Під тиском мастила всі дозувальні живильники розпочинають спрацьовувати і подавати мастильний матеріал в точки живлення. Після спрацьовування всіх живильників тиск швидко зростає як в нагнітальній магістралі (наприклад, А), так і в з'єднаній з нею зворотній магістралі (наприклад, С). Як зворотня магістраль С, так і зворотня магістраль Д, слугують для перемикання розподілювача 7 і вороття мастила в резервуар при досягненні в системі максимального робочого тиску. На шляху до резервуару мастило проходить через розподілювач 7 і перемикає його на іншу нагнітальну магістраль (наприклад, В) для наступного циклу роботи станції. Одночасно з цим розподілювач 7 через кінцевий вимикач 13 вимикає електродвигун насоса.

Для підігріву мастила в зимовий період (якщо є в цьому потреба) передбачається обігрівуюча магістраль, яка розташовується між мастильними магістралями. При застосуванні окремих мастил, що мають значно нижчу температуру застигання, ніж можлива температура навколишнього середовища, підігрів не використовується.

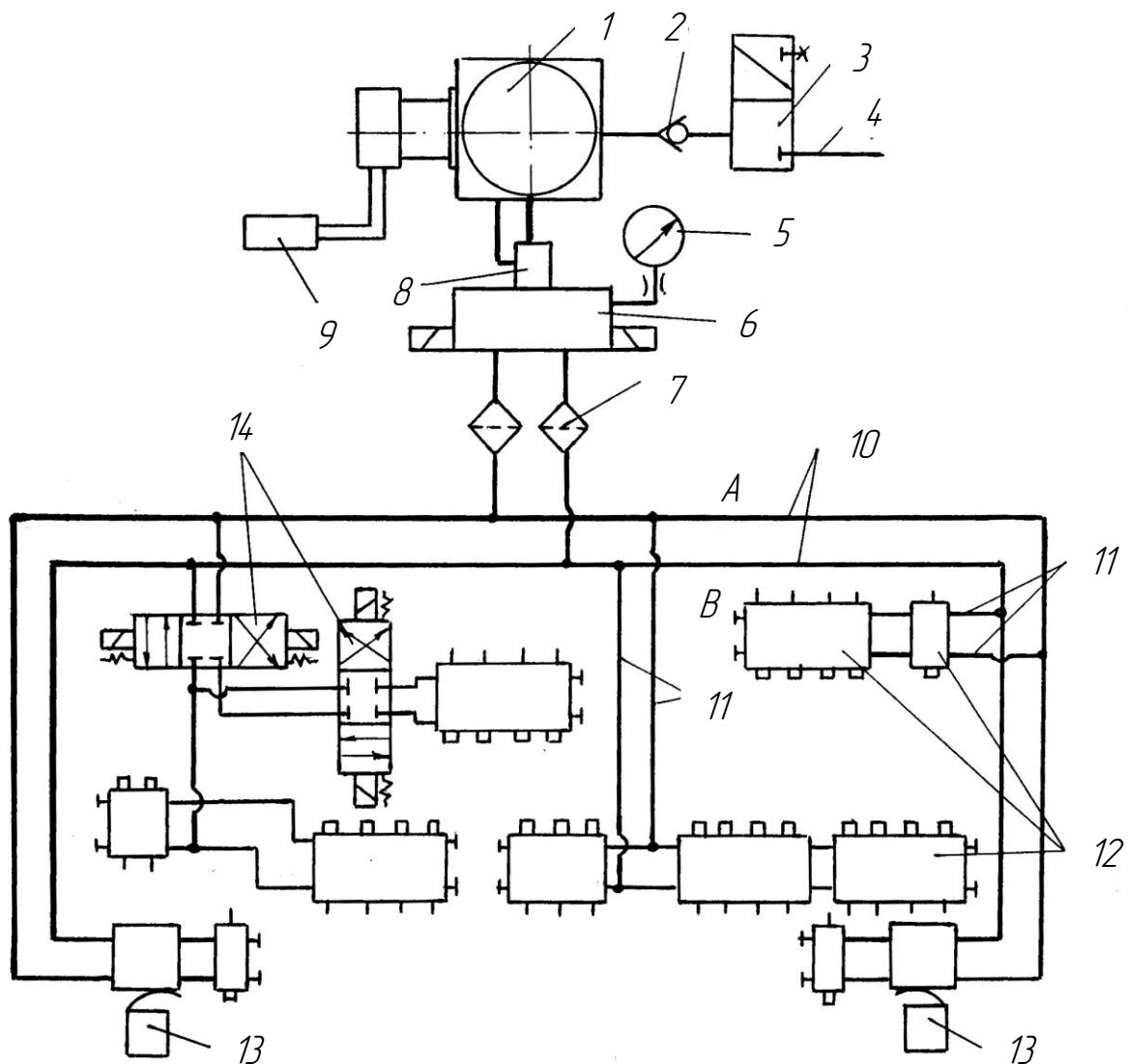
Недоліком петльових систем вважаються великі витрати магістральних трубопроводів через наявність зворотних ліній, а перевагою – легке налагодження завдяки відсутності кінцевого вимикача в кінці магістралі і висока надійність її роботи.

### **КІНЦЕВІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ**

Кінцеві системи мають з петльовими багато спільного стосовно контрольно-вимірювальних приладів, апаратури і арматури. Відрізняються ж вони будовою розподільвача і наявністю клапана тиску КДГ, а також електричними схемами і електрообладнанням.

Ці системи застосовують для змащування обладнання, розташованого лінійно на ділянках великої протяжності, що характерно саме для металургійного обладнання. В них більш проста розводка труб головної магістралі завдяки тому, що тут не потрібні зворотні лінії, як це має місце в петльових системах.

Дволінійна кінцева система (рис. 6.12) складається із мастильної станції 1, яка заправляється мастилом через зворотній клапан 2, відсічний клапан 3, трубопровід 4 від заправочної станції, розподільвача 6, оснащеного самописним (електронним) манометром 5 і регулятором тиску 8, командного апарату 9, магістральних трубопроводів 10, відвідних трубопроводів 11, живильників 12, клапанів тиску 13 і розподільвачів 14.



**Рисунок 6.12**

Станція працює наступним чином. насос нагнітає мастило через розподільвач 6 і фільтр 7 в одну з двох магістралей (А чи В). Після спрацювання всіх живильників кінцевий клапан тиску 13 (спрацює при тисках мастила від 2,0 до 7,0 МПа), діючи на вимикач, установлений на станції 1, вимикає електродвигун насосу і замикає електричний ланцюг одного із електромагнітів розподільвача 6, що при черговому вмиканні електродвигуна направить потік мастила до живильників по іншій магістралі (наприклад, замість магістралі А по магістралі В). Тобто, принцип дії кінцевої системи, як і петльової, побудований на імпульсній (порційній) подачі мастила при черговому порядку змінення магістралей нагнітання.

Регулятор тиску 8, що установлений на розподільвачі 6, налаштовується на тиск 22,0 МПа. При перевищенні цього тиску мастило відтискає кульковий затвор клапана і без надходження в магістраль повертається в резервуар станції.

### 5.3. Мастильні системи «масло-повітря»

Система «масло-повітря» є значно ефективнішою наступницею системи масляного туману (СМТ) і створена у 80-тих роках.

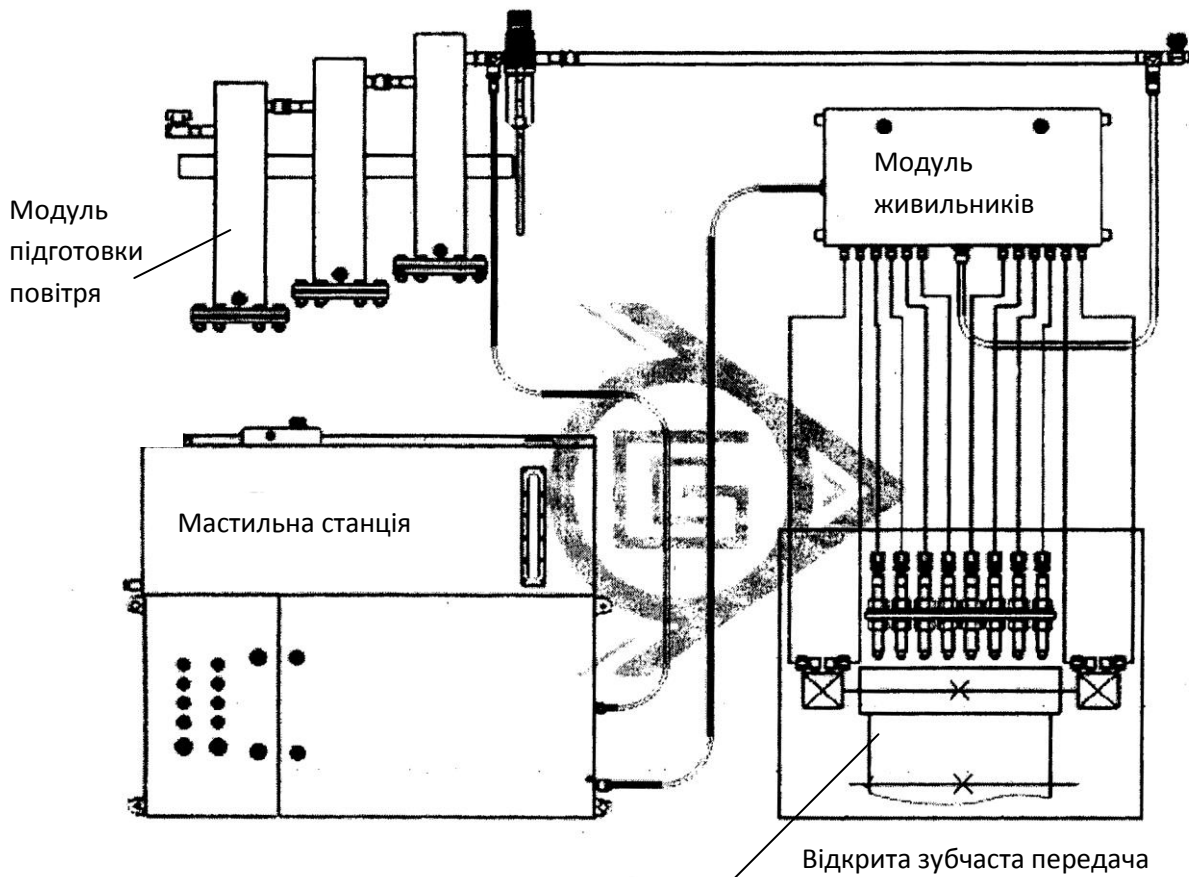
Принцип дії систем «масло-повітря» побудовано на подачі до вузлів тертя повітряно-мастильної суміші. Головними складовими таких систем є джерело стисненого повітря, модуль підготовки повітря (віддаляння вологи, сушіння, очищення), мастильна станція, модуль (блок) живильників, трубопроводка.

Розробка цих систем була викликана необхідністю підвищити якість і надійність змащування опор, що обертаються з великою швидкістю, а також вузлів тертя, що функціонують в умовах інтенсивного запилення, високих температур, ударних навантажень, з великою ймовірністю попадання в місця тертя бруду, охолоджуваної рідини і інших шкідливих компонентів, які підвищують знос.

Для здійснення цього методу змащування на сьогодні розроблено ряд мастильних станцій, структура яких враховує індивідуальні особливості об'єктів змащування (млини, кліті прокатних станів, крупногабаритні відкриті зубчасті передачі). Зокрема розроблено мастильну систему млинів типу МШР, МСЦ (рис. 6.13) і мастильну систему трубопрокатних станів (рис. 6.14).

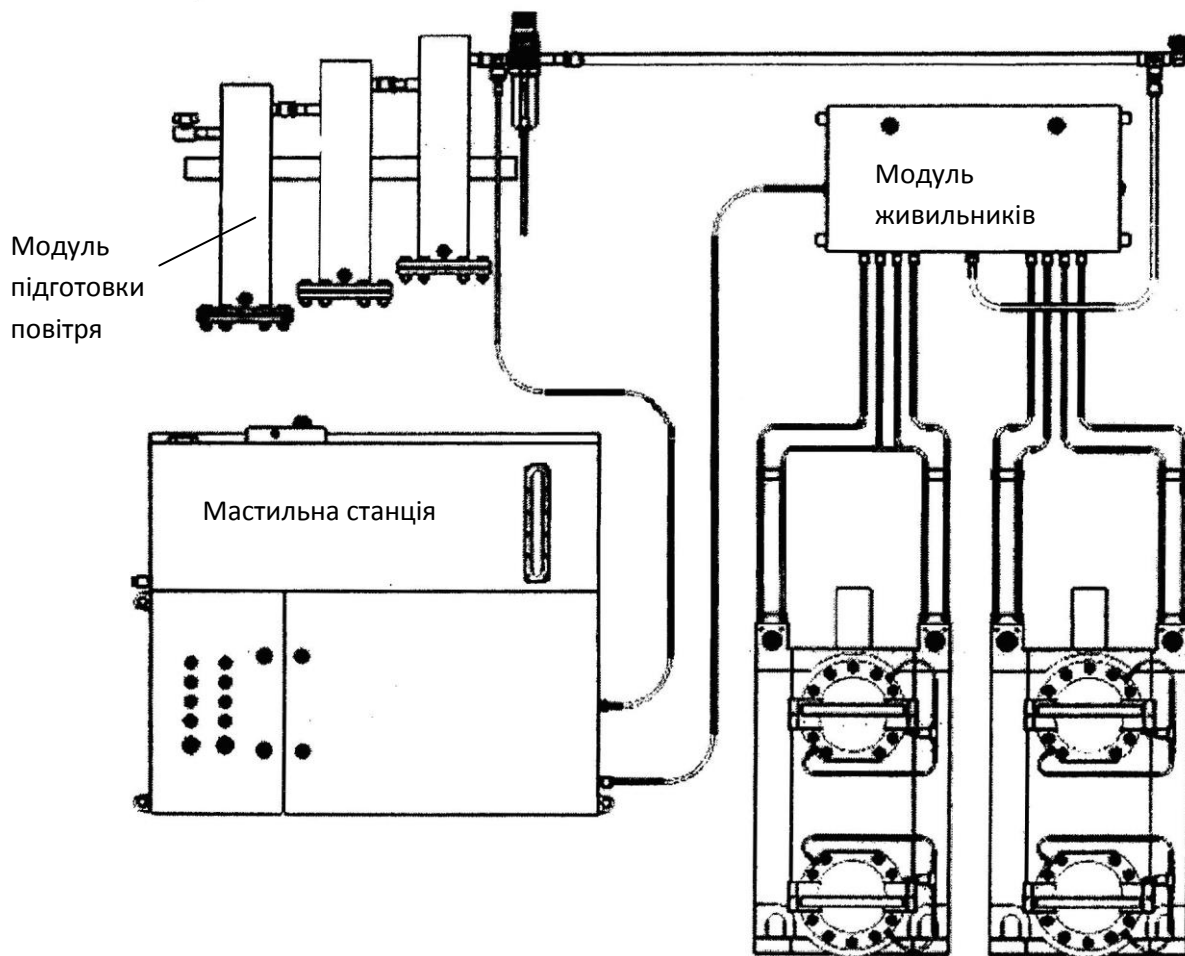
Мастильні станції забезпечують автоматичну періодичну подачу мастильного матеріалу до блоків масляно-повітряних живильників і контроль за роботою всієї системи. Споживана потужність станцій в режимі підігріву мастильного матеріалу – 560 Вт, в режимі без підігріву – 10 Вт.

Комплектуються станції основними і резервними масляними насосами з пневмоприводом. Працюють станції на чистому мінеральному маслі в'язкістю ISO VG 100...680 і вище при температурі навколишнього середовища від -10°C до +60°C. Клас чистоти мінеральних масел не нижче 14. Станції мають забезпечуватись стисненим повітрям з номінальним тиском 0,25-0,63 МПа класу чистоти не нижче 12 (ГОСТ 17433-80), що відповідає вмісту твердих часток не більше 12,5 мг/м<sup>3</sup> і води не більше 3200 мг/м<sup>3</sup>.



Сфери **Рисунок 6.13**

«сло-повітря» може поширюватись практично на будь-якій тій змащуваний поверхні. Особливо такі системи, як вважають розробники, ефективні для змащування підшипникових вузлів прокатних станів, рольгангів, установок неперервного розливання сталі, елементів зубчастих передач та інших об'єктів з важкими умовами експлуатації, великими витратами пластичного мастила.



Кліті трубопрокатного стану

**Рисунок 6.14**

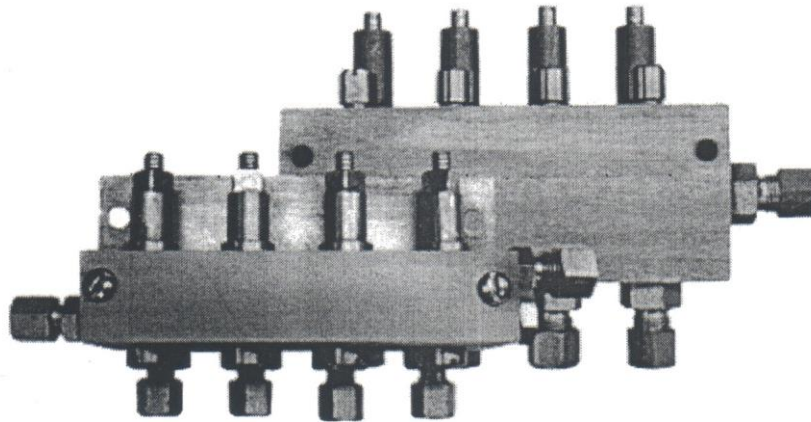
Короткі технічні характеристики деяких систем наведено нижче.

	2СП-2П	5СП5-2П	AMB60ПМ
Номінальний тиск нагнітання, МПа	3,2-8,0	3,2-8,0	3,2-10
Номінальний робочий об'єм подачі мастильного матеріалу, см <sup>3</sup> /цикл	4,48	5,0	60,0
Габаритні розміри, мм	1016x814x275	1016x814x275	744x1190x576

Блоки живильників мастильних систем «масло-повітря» призначені для точно дозованої неперервної подачі мастильного матеріалу до вузлів тертя стисненим повітрям в централізованих мастильних системах металургійного обладнання, верстатів, інших машин і механізмів різних галузей промисловості.

В блоках живильників передбачено регулювання об'єму подачі мастильного матеріалу і витрат стисненого повітря. Вони можуть ефективно працювати при температурі навколишнього середовища від -10°C до +60°C на чистому

мінеральному маслі в'язкістю ISO VG 100...680 і вище. Зовнішній вигляд блоків живильників показано на рис. 6.15.



**Рисунок 6.15**

Технічні характеристики

	БПМВ 50	БМВ 12
Тиск мастильного матеріалу на вході в блок живильників, МПа	2,5-6,3	2,5-6,3
Кількість відводів виходу мастильного матеріалу	1;2;3;4	1;2;3;4
Подача мастильного матеріалу в один відвод, см <sup>3</sup> /цикл	0,5	0-0,12
Діапазон тиску повітря, МПа	0,2-0,63	0,2-0,63
Габарити (для 4-хвідвідного блоку), мм	212x138x54	188x82x53

#### **5.4. Системи мастильні плівкові**

Системи мастильні плівкові (ССП) є продовженням удосконалення систем під загальною назвою «oil-air» («масло-повітря») і створена в 90-тих роках. На сьогодні ці системи досягли досконалого стану. Провідним підприємством на теренах України по виготовленню ССП є Миколаївський завод мастильного і фільтрувального обладнання (відкрите акціонерне товариство) (МЗМФО).

ССП не є масляним туманом і не «масло-повітря», оскільки вона створена на заміну їм і має низку незаперечних переваг, особливо в аспекті широти застосування, контролю екологічної безпеки. ССП подає строго дозоване

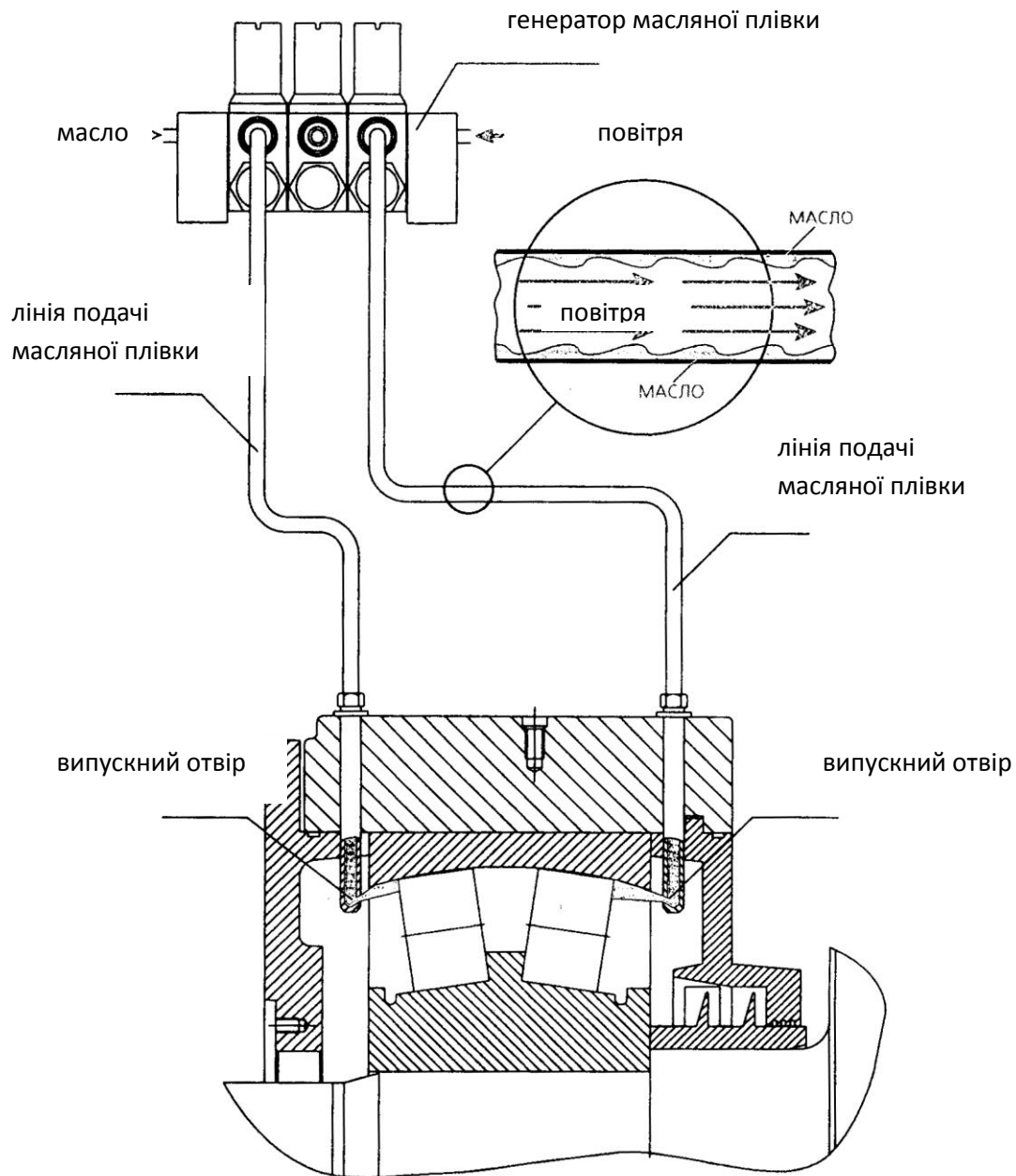
змащення у вигляді неперервної масляної плівки (не масляного аерозолю, як при масляному тумані і не крупнодисперсних крапель, як при «масло-повітря») на бігові доріжки і тіла кочення підшипників змащуваних вузлів.

Принципова схема ССП показана на рис. 6.16, коли здійснюється змащування підшипників кочення. Згідно зі схемою в генератор створення масляної плівки подається масло і стиснене повітря. На виході генератора дозовані порції мастила утворюють неперервну масляну плівку, яка за допомогою потоку повітря по внутрішнім стінкам трубопроводу лінії подачі переноситься безпосередньо до змащуваних поверхонь.

Таким чином, на виході лінії подачі утворюється неперервна масляна плівка, яка рівномірно, шаром оптимальної товщини, переноситься на змащувані поверхні. Регулюванням величини доз подаваного масла і витрат повітря вибирається оптимальний режим змащування незалежно для кожного вузла тертя.

Важливою рисою ССП є також і те, що стиснене повітря створює всередині підшипникового вузла збитковий тиск, який запобігає попаданню на змащувані поверхні сторонніх частинок і речовин, і охолоджує вузли тертя.





**Рисунок 6.16**

В порівнянні з «масляним туманом» використання ССП збільшує термін служіння вузлів тертя в 1,5-2 рази. При цьому досягається надзвичайно велика економія мастильних матеріалів. Їх витрати в 15-30 разів менше, ніж при традиційному змащуванні, і в 5 разів менше, ніж при «масляному тумані». Якщо мастило при високих температурах (лінії неперервного розливання сталі, рольганги станів, печей, стани гарячої прокатки, трубопрокатне, металорізальне обладнання і інше) коксується, то неперервно висока швидкість подачі мастила в ССП усуває цей негатив.

МЗМФО виготовляє різні за призначенням ССП: ССПЕ; ССПГ; ССПІ; ССПМ; ССПР та інше обладнання. Принципова гідро-пневматична схема ССП з електроприводом (типа ССПЕ) показана на рис. 6.17. ССП складається з модуля

управління і контролю 1, мастильного модуля 2, модуля підготовки повітря 2, модуля розподілення і контролю 4, генератора масляної плівки 5, трубопроводів і з'єднувальної арматури.

ССП працює наступним чином: при подачі живлення на пульт 1.1 загоряється лампочка (380В). Тумблером вмикається прилад управління, подається живлення на електродвигун станції, яка приводить в дію масляний насос 2.1, масло від станції надходить до модуля розподілення і контролю 4. Як тільки живильник зробить повний цикл, від датчика циклів 4.1 надходить сигнал в пункт управління, і вмикається насос 2.1. Центральний живильник розподіляє надійшовший в нього об'єм масла і подає дози масла до генераторів масляної плівки 5. Повітря із цехової магістралі додатково очищується в модулі підготовки повітря 3, подається в генератори масляної плівки 5, які подають масляну плівку до точок змащування. Після витримки заданої паузи в часі цикл повторюється.

Технічні характеристики ССП

1. Тиск мастильного матеріалу на вході в точки змащення, МПа:

- мінімальний	-0,05
- номінальний	-0,63

2. Діапазон подач мастильного матеріалу

в точки змащування, см<sup>3</sup>/цикл -0,08-19,2

3. Кількість точок змащування, шт -1-3000

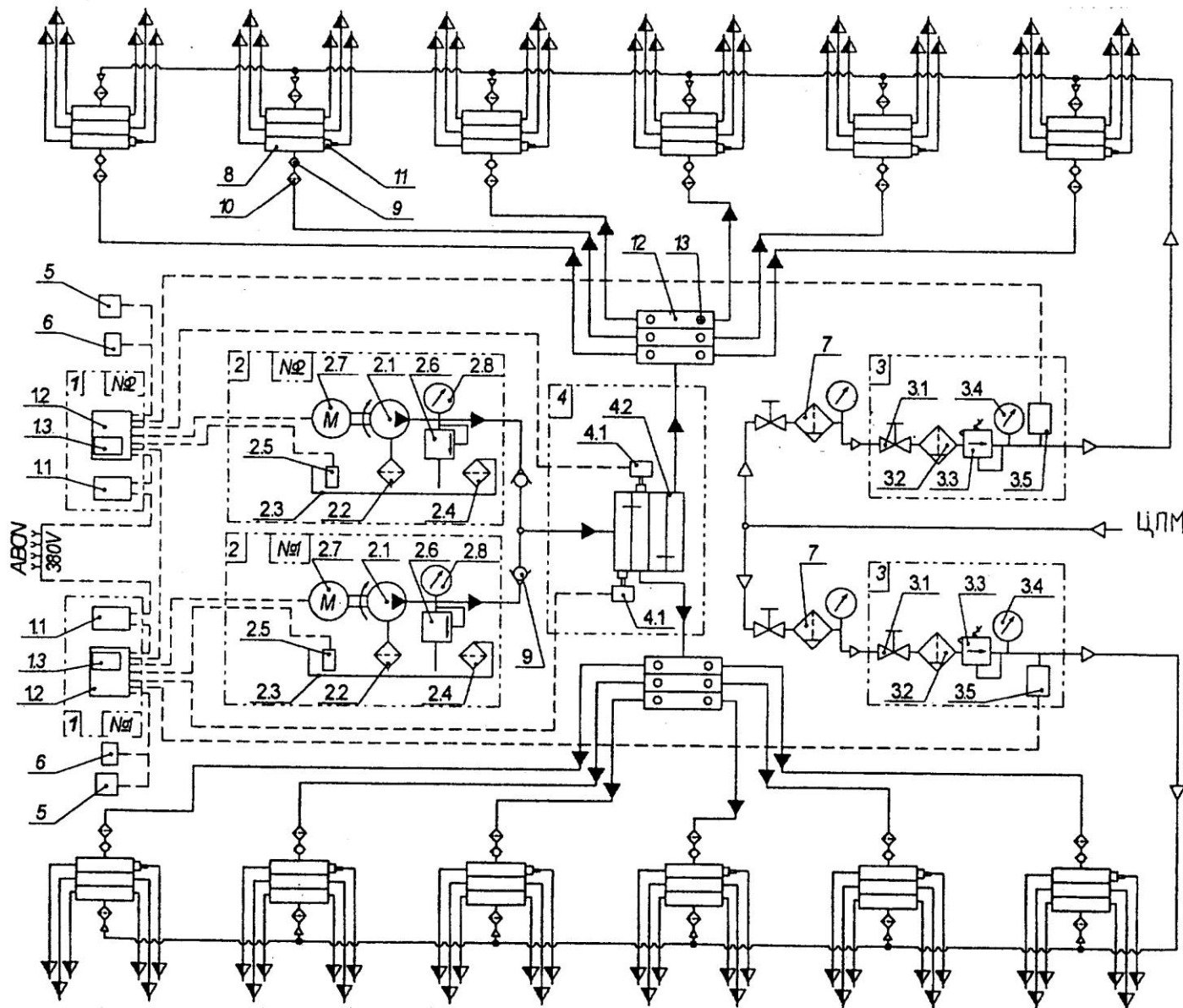
4. Діапазон регулювання тривалості пауз, хв -0,5-512

5. Тиск стисненого повітря, МПа -0,05-0,63

6. Тиск спрацьовування датчика стисненого повітря, МПа -0,05-0,5

7. Робочий тиск в гідропневмоприводі, МПа:

- мінімальний	-0,5
- номінальний	-6,3



- 1 – модуль управління і контролю;  
 1.1 – автовимикач; 1.2 – електрошкафа; 1.3 – блок управління;  
 2 – мастильний модуль; 2.1 – насос; 2.2 – всмоктувальний фільтр; 2.3 – бак; 2.4 – заливний фільтр; 2.5 – реле рівня; 2.6 – запобіжний клапан; 2.7 – ел. двигун; 2.8 – манометр; 3 – модуль підготовки повітря; 3.1 – кран; 3.2 – фільтр-відстійник (вогловідділювач); 3.3 – редуктор; 3.4 – манометр; 3.5 – датчик тиску; 4 – модуль розподілення; 4.1 – датчик циклів; 4.2 – центр.живильник; 5 – сигналізація; 6 – світлосигнальний блок; 7 – вогловідділювач; 8 – генератор масляної плівки; 9 – зворотній клапан; 10 – фільтр; 11 – датчик контролю; 12 – живильник; 13 – індикатор блокування лінії.
-  трубопровід масла  
 трубопровід повітря  
 трубопровід півки  
 електричні з'єднання

Рисунок 6.17

Системи ССП працюють на мінеральних маслах з кінематичною в'язкістю не нижче  $17 \text{ мм}^2/\text{с}$  при температурі навколишнього середовища від  $1$  до  $60^\circ\text{C}$ . При цьому в стисненому повітрі не повинна бути волога.

## 6. РОЗРАХУНКИ ПОТРЕБ У МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

### 6.1 Розрахунки для картерних систем рідинного змащення

Щоб ефективно використовувати картерну систему рідинного змащування, необхідно витримувати 2 умови:

По-перше. Швидкість колеса не повинна бути вище  $10 \text{ м/с}$ .

По-друге. Кількість тепла  $Q_1$ , що виділяється під час тертя, не повинна перевищувати кількість тепла  $Q_2$ , що може бути відведений в навколишнє середовище без примусового охолодження.

Швидкість колеса розраховують за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60},$$

де  $d$  – діаметр колеса, м;

$n$  – швидкість обертання колеса,  $\text{хв}^{-1}$ .

Кількість тепла, що виділяється під час тертя, визначається за формулою:

$$Q_1 = 860(1 - \eta) \cdot N \cdot 4,1868 \text{ [кДж/годину]}, \quad (6.1)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії;

$N$  – потужність, що передається через колесо, кВт.

Кількість тепла, що може бути відведена в навколишнє середовище, визначається за іншою формулою:

$$Q_2 = k(t_j - t_{\bar{j}}) \cdot A \text{ [кДж/годину]}, \quad (6.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який приймають в діапазоні  $31,3\text{-}62,8 \text{ кДж/год} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{град}$ ;

$t_M$  – допустима температура нагріву мастила,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\bar{j}}$  – температура навколишнього середовища (повітря),  $^\circ\text{C}$ ;

$A$  – площа поверхні охолодження,  $\text{м}^2$ .

Перевіривши виконання вищенаведених умов, розраховують величину умовної в'язкості:

$$^{\circ}\text{BO}_{50}^{\min} = \frac{g \cdot m}{20}, \quad (6.3)$$

де  $m$  – коефіцієнт, що залежить від швидкості обертання колеса ( $m=1,6$  при  $V \leq 8$  м/с,  $m=1,2$  при  $V=8-10$  м/с – для картерної та циркуляційної систем;  $m=1,0$  при  $V=16-25$  м/с – тільки для циркуляційної системи);

$q$  – навантаження на одиницю довжини зуба, кН/м.

$$q = \frac{1000 \cdot N}{V \cdot B}, \quad (6.4)$$

де  $N$  – потужність, кВт;

$V$  – швидкість обертання колеса, м/с;

$B$  – ширина зуба, мм.

За обчисленою величиною умовної в'язкості з нижченаведеної таблиці визначають кінематичну в'язкість і за нею вибирають необхідну марку мастила [7].

Умовна в'язкість, °ВУ	100	70	50	30	10	6	4	2	1,5
Кінематична в'язкість, мм <sup>2</sup> /с	720	500	360	220	70	41	28	11	7,8

В інших джерелах інформації для визначення кінематичної в'язкості через умовну пропонується користуватись формулою:

$$v = 7,58 \cdot \text{°ВУ} \quad (6.5)$$

Кількість мастила, що необхідно залити в картер, обчислюється за умови занурення зубця в мастило та через потужність, що передається колесом:

$$G = (h_1 - h_2) \cdot F_0 \quad (\text{дм}^3), \quad (6.6)$$

де  $h_1$  – глибина занурення зубця колеса, дм;

$h_2$  – відстань від дна картера до колеса, яке забезпечує змащування, дм;

$F_0$  – площа картера, дм<sup>2</sup>.

Розраховують також  $G$  і за іншою формулою:

$$G = (0,3 \dots 0,5) \cdot N, \quad (6.7)$$

де  $N$  – потужність, що передається, кВт.

З двох значень  $G$  вибирається більше.

## 6.2. Розрахунки для циркуляційної системи рідинного змащування

Згідно з пунктом 6.1, якщо дві умови не витримуються, то необхідно використовувати циркуляційну систему рідинного змащення.

В першу чергу розраховується кількість мастила, яке необхідно підвести до вузла. Це здійснюється за наступною формулою:

$$P = \frac{Q_1 - Q_2}{\xi \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta T} \text{ [ дм}^3\text{/годину ]}, \quad (6.8)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт використання мастила (0,5...0,8);

$c$  – теплоємність мастила (1,675...2,093 кДж/кг·град);

$\gamma$  - питома вага мастила (0,9 г/см<sup>3</sup>; кг/дм<sup>3</sup>; т/м<sup>3</sup>);

$\Delta T$ - допустиме підвищення температури мастила (5...8°С).

В деяких випадках кількістю тепла, що може бути відведено до навколишнього середовища, ігнорують (тобто не ураховують). Тоді для обчислення кількості тепла, що необхідно підвести в одиницю часу до вузла тертя, використовують наступну формулу:

$$P = \frac{Q_1}{\xi \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta T} \text{ [ дм}^3\text{/годину ]}, \quad (6.9)$$

Експериментальним шляхом встановлено, що:

- на один кіловат потужності ( $N$ ) використовується 5...6 дм<sup>3</sup>/хв;
- на 100 мм ширини зубця необхідно 4...6 дм<sup>3</sup>/хв;
- $P = (0,006 \cdot N + 3) \cdot 4,564 \text{ дм}^3\text{/хв}$ .

### 6.3. Розрахунки потреб в пластичному мастилі

На даний час відсутня більш-менш точна методика визначення цих потреб, тому кількість мастила і періодичність його подачі визначають шляхом підбору.

Орієнтовано кількість мастила можна визначити за наближеною формулою:

$$q = 11 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \left[ \frac{\text{см}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{годину}} \right], \quad (6.10)$$

де  $q$  – кількість мастила (см<sup>3</sup>), яку треба подавати щогодини на 1м<sup>2</sup> поверхні тертя;

11 – мінімальна норма витрат мастила для підшипників діаметром до 100мм при частоті обертання, що не перевищує 100хв<sup>-1</sup>;

$k_1$  - коефіцієнт, що враховує залежність витрати мастила від діаметра підшипника,

$k_1 = 1 + 4(d - 100) \cdot 10^3$  (для підшипників ковзання);

$k_1 = 1 + (d - 100) \cdot 10^{-3}$  ( для підшипників кочення);

$k_2$  - коефіцієнт, що враховує залежність витрат мастила від числа обертів підшипника;

$k_3$  - коефіцієнт якості поверхонь тертя (при якій  $k_3=1$ , при задовільній  $k_3=1,3$ );

$k_4$  - коефіцієнт, що враховує робочу температуру нагріву підшипника (при температурі, нижчій за  $75^\circ\text{C}$ ,  $k_4=1$ , при температурі  $75-150^\circ\text{C}$   $k_4=1,2$ );

$k_5$  - коефіцієнт, що враховує ступені навантаження підшипника.

При нормальному навантаженні  $k_5 = 1$ , при важкому -  $k_5 = 1,1$ .

Числові значення коефіцієнта  $k_2$  наступні:

Швидкість обертання, $\text{хв}^{-1}$	100	200	300	400
Коефіцієнт $k_2$	1,0	1,4	1,8	2,2

При визначенні кількості мастила для змащення плоских поверхонь (наприклад, напрямних) останні вважаються умовними підшипниками ковзання з діаметром, який визначається за спрощеною формулою:

$$D_y = \frac{L}{\pi}, \quad (6.11)$$

де  $L$  – довжина плоскої прямої з умовним циклом обертів

$$n_y = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_y}, \quad (6.12)$$

де  $V$  – швидкість ковзання, м/с.

## 7. ТЕРМІНИ СЛУЖІННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЇХ ОЧИЩЕННЯ ТА РЕГЕНЕРАЦІЯ

Термін служіння мастильних матеріалів залежить від швидкості їх старіння і накопичення такої кількості шкідливих домішок, при якій мастило втрачає свої мастильні властивості.

Суть процесу старіння масел полягає в окисленні киснем повітря складових його вуглеводів з утворенням розчинних кислот і шламу (смолистих осадків).

Органічні кислоти викликають корозію металів і утворення металевих миль.

Шлам, який осідає в апаратурі і на стінках трубопроводів, погіршує нормальну циркуляцію масла і вимагає, ясна річ, підвищення тиску в системі.

Швидкість утворення в мастильному матеріалі продуктів старіння залежить від наступних факторів:

- степеню дії кисню і вологи повітря і можливості попадання в масло води;
- дії високих температур, що викликають розпад, випаровування і часткове згоряння масел;
- забруднення механічними домішками (окалиною, продуктами зносу поверхонь тертя, пилом і інш.).

Основними фізико-хімічними показниками старіння мастильних матеріалів є підвищення в'язкості і складу органічних кислот, утворення осадків, наявність води і механічних домішок. Факторами, що прискорюють окислення масел є їх температура та контактування з бронзовими чи латунними деталями.

Терміни служіння масел і необхідність їх регенерації визначаються в кожному конкретному випадку шляхом періодичного відбору і дослідження проб. Так, наприклад, в централізованих системах, що обслуговують відповідальні вузли тертя (підшипники рідинного тертя та інше), рекомендується відбирати проби через кожні 5 діб. Для менш відповідальних механізмів (редукторів) проби належить відбирати раз в 15 діб. В картерних системах достатньо відбирати проби одну чи дві на місяць [16].

Довголітньою практикою встановлено, що масло слід замінювати, якщо виявлено зростання одного із вказаних нижче факторів.

Для циркуляційних систем (з урахуванням наступної регенерації):

- підвищення кінематичної в'язкості масел більш, ніж на 30%;
- зростання кислотного числа до 3 мг КОН на 1г масла (під кислотним числом припускають кількість їдкого калія (КОН) в мг, необхідного для нейтралізації 1г мінерального масла);
- вміст води більше 0,2% (масло з 0,2% піддається центрифугуванню без зливання із системи);
- вміст механічних домішок неабразивного характеру (шлам, пластичне мастило) більш 1%.

Для картерних систем (без урахування наступної регенерації масла):

- зростання кислотного числа до 5 мг КОН на 1г масла;
- вміст води більше 0,5%;
- вміст механічних домішок більше 1%.

Згідно з існуючими нормами кислотне число для свіжих масел, в залежності від сорту, не повинне перевищувати 0,02-0,3мг КОН.

Для відновлення початкових властивостей масел використовується, так званий, процес регенерації. Терміни служіння масел і необхідність їх



регенерації, як вказували вище, визначають в кожному конкретному випадку методом дослідження проб. Практикою встановлено наступні терміни придатності масел:

- в агрегатах і механізмах, що працюють в нормальних умовах при централізованих системах змащення, масло може слугувати 6-8 років;
- в редукторах і механізмах з картерним змащуванням, де внаслідок сильного розбризкування, спінювання і нагрівання, масло може використовуватись не більше 2-3 років;
- в механізмах, що працюють при температурі вище  $70^{\circ}\text{C}$ , масло інтенсивно випаровується, окислюється, частково розкладається і старіє через 1-1,5 роки;
- в системах, що обслуговують обладнання, яке встановлено на відкритому повітрі, масло слугує не більше 3-6 місяців.

Застосовуються різноманітні способи очищення і регенерації масел, серед яких частіше використовуються: *вилуговування, кислотно-лугове і кислотно-контактне очищення, очищення селективними розчинниками.*

## **ВИЛУГОВУВАННЯ**

Це є найпростішим способом. Масло при ньому оброблюють розчином луку ( $\text{NaOH}$ ), який нейтралізує органічні кислоти. Продукти окислювальної полімеризації (нафтові смоли і інші шкідливі домішки) при луговому очищенні не віддаляються, тому цей спосіб для моторних масел не використовують.

## **КИСЛОТНО-ЛУГОВЕ І КИСЛОТНО-КОНТАКТНЕ ОЧИЩЕННЯ**

При цьому способі основним реагентом, що входить в сполучення з небажаними домішками, є сірчана кислота, яку добавляють в дистилятне масло до 6%, а в залишкове – до 10%.

Сірчана кислота руйнує смолисто-асфальтові і ненасичені сполучення, які разом з непрореагованою кислотою випадають в осадок, що утворює кислий гудрон. Найбільш важливими для масел цикланові вуглеводи сірчаної кислоти не зачіпаються і після відокремлення кислого гудрону. Очищення закінчується промиванням масла водою і просушуванням перегрітим паром чи гарячим повітрям.

Для попередження можливості утворення стійких водомасляних емульсій оброблення лугом замінюють контактним фільтруванням з використанням відбілювальних глин, що володіють великою адсорбційною властивістю поглинати полярно-активні речовини, до яких відносяться продукти взаємодії з сірчаною кислотою.

Кислотне очищення з контактним фільтруванням через відбілювальні глини називають кислотно-контактним очищенням.

Застосування для очищення моторних масел сірчаною кислотою має суттєві недоліки, а саме: при сучасних масштабах виробництва моторних масел це приводить до величезних незворотніх витрат сірчаної кислоти – висококоштовної сировини. А кислий гудрон, який є відходом при цьому методі очищення, є вкрай токсичним і шкідливим продуктом. Його подальше використання є нерентабельним, а його величезні накопичення є джерелом шкідливої дії на навколишнє середовище.

### **ОЧИЩЕННЯ МАСЕЛ СЕЛЕКТИВНИМИ РОЗЧИННИКАМИ**

Цей спосіб є сучасним і високоефективним. Його особливістю є можливість в процесі очищення багаторазово використовувати селективні розчинники, в якості яких застосовується фурфурол, фенол і ряд інших речовин.

Принцип селективного очищення полягає в наступному. Підбирають розчинник, який при певній температурі і кількісному співвідношенні з маслом вибірково (селективно) розчиняє в собі всі шкідливі домішки і погано чи зовсім не розчиняє саме масло.

При змішуванні масла з селективним розчинником основна частина шкідливих домішок розчинюється і переходить в розчинник, який не змішується з маслом, а легко з ним розшаровується при відстоюванні. Внаслідок цього утворюється шар очищеного масла. Цей шар називають екстрактом. Шари розподіляють. Шар очищеного масла доочищують відбілювальними глинами, а екстракт піддають регенерації, під час якої селективний розчинник відокремлюється від шкідливих продуктів і знову вводиться в процес очищення.

При цьому способі дуже важливо вибрати як співвідношення масла і розчинника, так і температуру, при якій здійснюють процес очищення. Наприклад, при використанні в якості селективного розчинника фенолу температуру слід підтримувати в діапазоні 50-300° С, а співвідношення масла і розчинника 1:1 або 1:2. При застосуванні фурфуролу співвідношення змінюють в залежності від потрібної глибини очищення масла від 1:1,5 до 1:4.

Для якісного очищення високов'язких залишкових масел використовується метод парних розчинників. При цьому один з них має вибірково розчиняти шкідливі домішки, а інший – масло. Тут відбувається мов би розділення корисного і шкідливого продуктів. При розчиненні рафінату – пропан. Щоб підтримувати пропан в рідкому стані, очищення проводять при тиску до 2,0 МПа.

В останній час все більш застосовують гідрогенізацію, яка є найбільш досконалим способом очищення масел. Проводять його під тиском до 2,0 МПа в присутності водню при температурі 380-480° С. Поряд з цим способом розпочинають використовуватись методи очищення, які побудовані на фільтрації масла через спеціальні мембрани, що здатні фільтрувати на молекулярному рівні. Тобто, тут пропускається молекула вуглеводів і затримується молекула продуктів окислювальної полімеризації і інші небажані домішки.

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ І РЕГЕНЕРАЦІЇ МАСЕЛ

Для очищення і регенерації застосовуються різноманітне обладнання, серед якого особливо поширене використання обладнання, принцип дії якого базується на відцентровому ефекті. До них відносяться сепаратори і стенди: СМ2-4; СОГ-913КР; СОГ-913КТ1М; СОГ-914; СОГ-932КТ1; СОГ-933КТН1; СОГ-933КТ1.

#### СЕПАРАТОР СМ2-4

Сепаратор працює на принципі відцентрових сил і застосовується для очищення масел від будь-яких механічних домішок і віддалення води (рис.6.18).



**Рисунок 6.18**

*Технічні характеристики СМ2-4*

Номінальна продуктивність, м<sup>3</sup>/годину :

- очищення від механічних домішок (кларифікація); -4,0

2,8	- віддалення води (пурифікація) -
Максимальний вміст механічних домішок в маслі після одного циклу очищення його методом кларифікації при вихідному вмісті домішок до 0,08%	- не більше масових долей до 0,005%
Вміст води в маслі після одного циклу віддалення його методом пурифікації при вихідному вмісті води до 1%	- не більше масових долей до 0,05%
Установлена потужність, кВт	-53,5
Частота обертання барабана, об/хв	-6600
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	-1500
- ширина	-1146
- висота	-1225
Маса без ЗІП, кг	- не більше 672

### СТЕНД ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РІДИН І МАСЕЛ

Стенд СОГ-КТ1М призначається для тонкого відцентрового очищення і регенерації масла, яке пройшло очищення відстоюванням на протязі 3-4 діб чи фільтруванням від нежирових механічних домішок. При очищенні зневоднених масел в стенді передбачена можливість неперервного виведення води із ротора центрифуги. Зовнішній вигляд стенда показано на рис. 6.19

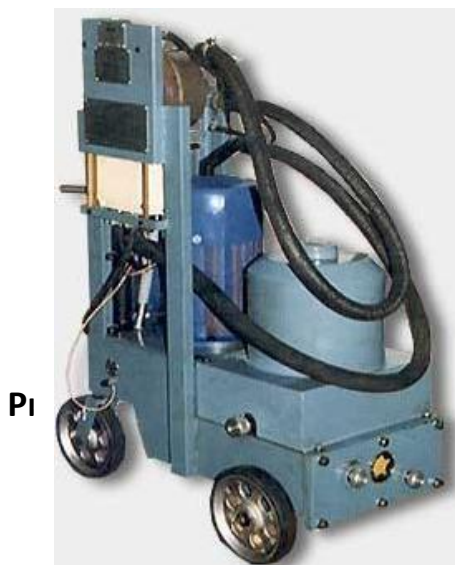
*Технічні характеристики СОГ-91КТ1М* Продуктивність, л/годину - до 3000

Тонкість віддалення, мкм - не гірше 5,0

Споживана потужність, кВт - 4,0

Габаритні розміри, мм:

- довжина	- 840
- ширина	- 444
- висота	- 900



### СТЕНД ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСЕЛ І РІДИН

Стенд СОГ-914 має значно більший грязезбірник, ніж фільтри такого ж тонкого очищення і продуктивності. Він не потребує до очистного елементу центрифуги змінних чи додаткових технологічних матеріалів. Для дуже забруднених масел стенд рекомендується використовувати разом з установкою хімічного очищення відпрацьованих масел серії «Радуга-М». Зовнішній вигляд стенда СОГ-914 показано на рис. 6.20

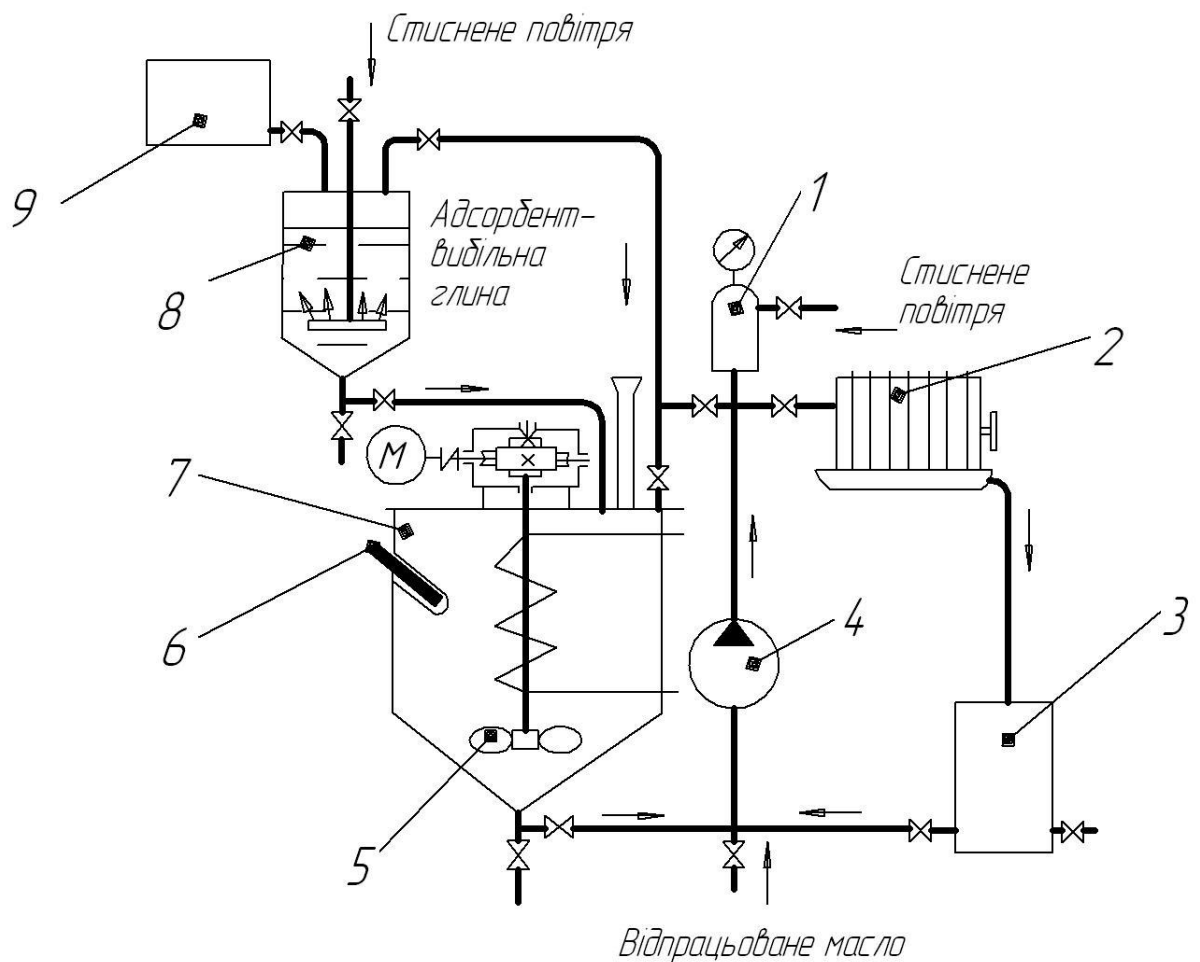


#### *Технічні характеристики СОГ-914*

Продуктивність, л/годину	- 2000
Тонкість віддалення, мкм	- не гірше 5,0
Споживана потужність, кВт	- 2,5
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	- 740
- ширина	- 410
- Висота	- 1010
Маса, кг	- не більше 100

#### **УНІВЕРСАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ МАСЕЛ**

Хоча розглянуте вище обладнання і має низку позитивних якостей, проте воно не придатне для очищення дуже забруднених домішками відпрацьованих масел. Для цього використовуються універсальні стаціонарні установки, в яких масло проходить декілька стадій очищення. Найбільш шкідливими речовинами, які призводять до старіння масел, є асфальтно-живцеві (смолисті) речовини. Схема універсальної установки, яка працює на методі «відстоювання - обробка кислотою – контактування – фільтрація», показана на рис. 6.21.



1 – повітряний ковпак з манометром; 2 – фільтр-прес; 3 – збірник чистого масла; 4 – насос; 5 – імпелер (мішалка); 6 – термометр; 7 – контактна мішалка; 8 – кислотна мішалка; 9 – бак для сірчаної кислоти (96%-вої).

**Рисунок 6.21**

Рух масла в різному стані і інших компонентів показано стрілками. Сама ж назва методу говорить про послідовність проходження операцій. Спочатку масло добре відстоюється. Далі проходить оброблення кислотою в апараті 8 (кислотна мішалка), контактне оброблення за допомогою адсорбент-вибільної глини в апараті 7 (контактна мішалка) і фільтрацію у фільтр-пресі 2.

## Розділ 7

### Технічне обслуговування гідро- і пневмосистем

В останні роки широкого поширення в металургійному обладнанні набув гідравлічний привод, що обумовлено його суттєвими перевагами перед електричним і іншими типами приводів. Насамперед, це велика енергонасиченість. Якщо в електродвигуні питома сила (густина енергії магнетного поля), що діє на ротор, складає 0,4-0,6 МН/м<sup>2</sup>, то у гідродвигунах питома сила (тиск робочої рідини) досягає 50 МН/м<sup>2</sup>. Тому гідродвигуни мають значно менші габарити і масу, високу бистродію. Коли виконавчий орган машини з гідроприводом здійснює зворотньо-поступальний чи зворотньо-обертальний рух, то не потрібні передатні механізми (наприклад, редуктори). По відношенню до загальнотипового гідропривода гідроприводи в металургії мають певні особливості у застосуванні, до яких можна віднести:

- значні величини технологічних навантажень і рухомих мас механізмів у поєднанні з їх високою бистродією, що вимагає високих тисків і витрат робочої рідини;
- перероблення розплавленого або гарячого металу, що робить умови експлуатації більш жорсткими, вимагає високої безвідмовності гідросистем для усунення витоків робочої рідини, розривів трубопроводів і з'єднань для усунення пожеж;
- великі габарити і маси деталей обладнання, що ускладнює технологічне обслуговування і ремонт гідроприводів.

Загалом же такі умови роботи гідроприводів знижують їх безвідмовність і вимагають удосконалення робіт з їх ремонту та технологічного обслуговування. Для цього необхідна, насамперед, висока кваліфікація і особиста відповідальність обслужного персоналу. При цьому він повинен добре читати гідравлічні схеми, знати властивості робочих рідин, будову і принцип дії величезної кількості гідроеlementів та гідровузлів, твердо орієнтуватись в гідравліці трубопроводів і т.п.

## 1. ПОНЯТТЯ ПРО ТИСК І ЙОГО РІЗНОВИДИ

Тиск – величина скалярна і являє собою силу, поділену на площу. Одиниця вимірювання тиску – Н/м<sup>2</sup>, Па (Паскаль). Проте частіш користуються одиницею МПа=10<sup>6</sup> Па (1атмосфера=0,1 МПа).

При розгляді гідравлічних і пневматичних систем частіш використовують такі назви тисків: атмосферний (барометричний); манометричний (надлишковий), вакууметричний, абсолютний. Розглянемо їх взаємодію за відношенням до основного рівняння гідростатики:

$$P=P_o+\rho\cdot g\cdot h,$$

де  $P$  – абсолютний тиск в точці, яка перебуває в середині рідини;  
 $P_0$  – тиск газоподібного середовища на вільну поверхню рідини (гідростатичний тиск на вільній поверхні рідини);  
 $\rho$  – густина рідини;  
 $g$  – прискорення вільного падіння;  
 $h$  – висота стовпчика рідини.

Якщо абсолютний тиск (при  $P_0 = P_6$ , де  $P_6$  – барометричний тиск) більше барометричного, то їх різницю називають манометричним тиском  $P_{ном}$  і тобто манометричний тиск являє собою надлишок тиску в даній точці над барометричним. Якщо абсолютний тиск менший за барометричний, то їх називають вакууметричним тиском чи просто вакуумом (розрідженням).

Величини тисків, на які розрахована робота пневмо- і гідросистем, стандартизовані і складають, МПа: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250.

## 2. ВЛАСТИВОСТІ РОБОЧИХ РІДИН

Робочою рідиною в гідросистемах слугують, головним чином, різні мінеральні рідини, що являють собою дистильовані масла, які згущені твердими вуглеводами (парафіном, церезином і т.п.), та інші рідини на основі органічних і кремнійорганічних сполук. Особливо широко використовуються суміші мінеральних масел, що складаються із малов'язких продуктів із високов'язкими компонентами (загусниками).

Основними показниками для оцінювання якості робочої рідини слугують в'язкісно-температурні і антикорозійні властивості, мастильна здатність, неагресивність до ущільнювальних деталей та інше.

### ГУСТИНА І ПИТОМА ВАГА

Густина – фізична величина, що являє собою відношення маси  $m$  рідини до її об'єму, тобто

$$\rho = m/V, \text{ кг/м}^3.$$

Густина мінеральних масел складає 830...940 кг/м<sup>3</sup>. Для практичних розрахунків приймають 900 кг/м<sup>3</sup>.

### В'ЯЗКІСТЬ

В'язкість робочого середовища являє собою властивість чинити опір ковзанню шарів рідини (тобто чинити опір зсуву часток) і ураховується при



розрахунках режимів течії рідини. Розрізняють кінематичну і динамічну в'язкості. Фізична суть в'язкості полягає в тому, що при течії рідини поздовж твердої стінки швидкість її шарів внаслідок гальмування потоку різна, внаслідок чого між шарами виникає сила тертя. Остання визначається із рівняння Ньютона і являє собою в цьому рівнянні коефіцієнт пропорційності із розмірністю  $\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$  ( $\text{Па} \cdot \text{с}$ ).

Кінематична в'язкість визначається шляхом поділення динамічної в'язкості на густину, її розмірність приймають у  $\text{мм}^2 / \text{с}$ .

В'язкість, як і густина, залежить від температури і тиску. В'язкість із підвищенням температури зменшується. Для, рідин, що застосовуються в гідросистемах, кінематична в'язкість може визначатися за формулою:

$$\nu_t = \nu_{50} \left( \frac{50}{t} \right)^n,$$

де  $\nu_t$  – кінематична в'язкість при  $t^\circ\text{C}$ ;

$\nu_{50}$  – кінематична в'язкість при  $t=50^\circ\text{C}$ ;

$n$  – показник степеня, що змінюється в межах від 1,3 до 3,5 і більшості в залежності від значення  $\nu_{50}$  ( $n = \lg \nu_{50} + 2,7$ );

$t$  – температура, при якій необхідно визначити в'язкість.

В деяких випадках наводяться значення в'язкостей і при інших температурах (20; 40; 100°C).

### СТИСЛИВІСТЬ РІДИНИ

Всі рідини, крім ідеальної, змінюють свій об'єм при змінненні тиску. Характеристикою відносного зміннення об'єму слугує коефіцієнт стисливості  $\beta$  (коефіцієнт відносного об'ємного стиснення), який при умові, що стиснення робочого середовища підпорядковується закону Гука, може визначатись за формулою:

$$\beta = \frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V_0},$$

де  $\Delta p = p_2 - p_1$  – зміннення тиску, що діє на робоче середовище, МПа;

$p_1; p_2$  – кінцевий і початковий тиск, МПа;

$\Delta V = V_0 - V$  – зміннення об'єму робочого середовища при змінненні тиску на величину  $\Delta p$ ,  $\text{м}^3$ ;

$V_0, V$  – початковий об'єм робочого середовища при атмосферному тиску і об'єм при змінненні тиску на величину  $\Delta p$ ,  $\text{м}^3$ .

Величина, зворотня  $\beta$ , називається об'ємним модулем пружності робочого середовища при всебічному стисненні:

$$E = V_0 \frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{1}{\beta}, \text{ МПа}$$

Модуль змінюється в залежності від тиску рідини, тиску і температури. При 20°C і атмосферному тиску модуль пружності мінеральних масел складає 1350...1750 МПа, води – 2000 МПа, силіконової рідини – 1050 МПа. Найбільш високим модулем пружності серед рідин органічного походження володіє гліцерин ( $E=4000\text{МПа}$ ).

### **ТЕМПЕРАТУРА СПЛАХУ І ЗАСТИГАННЯ**

При підвищенні температури із масла виділяються пари, які при піднесенні відкритого вогню спалахують. Саме температурний поріг спалаху-вання і прийнято вважати температурою спалаху. Величина температури спалаху залежить, перш за все, від властивостей масел і перебуває переважно в межах 100...200°C. Щоб запобігти спалахуванню (а отже і виникненню пожежі), температура масла в процесі роботи гідросистеми має бути на 15-20% меншою ніж температура спалаху.

Дуже важливим показником рідини є температура її загущення, яка характеризує рідину з погляду збереження нею текучості і можливості транспортування і зливання в холодний час року. Температура застигання масла має бути не менш ніж на 16-17°C нижчою за температуру навколишнього середовища, в умовах якого має працювати гідросистема.

### **ТЕПЛОЄМНІСТЬ І ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ**

Теплоємність характеризує кількість тепла, яке необхідне для нагрівання 1 кг робочого середовища на 1°C.

Теплоємність мінеральних масел в діапазоні температур від 0 до 100°C складає приблизно 1,99 кДж/(кг·К), а води – 4,2 кДж/(кг·К).

Теплопровідність характеризує здатність робочого середовища проводити тепло. Вода при 50°C має теплопровідність  $6,5 \cdot 10^{-4}$  кВт/мК, мінеральні масла при температурі 15-20°C –  $1,3 \cdot 10^{-4}$  кВт/мК.

Ці величини використовуються при теплових розрахунках охолодження чи нагрівання робочих рідин в баках чи в інших ємкостях.

### **КАВІТАЦІЯ**

Кавітація являє собою місцеве виділення із рідини в зонах пониженого тиску парів рідини і газів (закипання рідини) з наступним руйнуванням парових і газових бульбочок при попаданні їх в зону підвищеного тиску. У свою чергу

кавітація призводить до місцевих руйнувань деталей і елементів гідромашин і систем. Частіше руйнуються деталі насосів, золотників і клапанів. Руйнування проявляються дірчастістю поверхні деталі.

Основним способом боротьби з кавітацією є максимальне зниження розрідження в зонах можливої кавітації (за рахунок підвищення навколишнього тиску). Другим важливим способом є застосування металів з підвищеними механічними і хімічними властивостями. Найбільш стійким серед відомих матеріалів є титан.

Проте, незважаючи на негативні властивості, кавітаційний ефект використовується в практичних цілях для стабілізації витрат рідини при проходженні її через вузькі канали (наприклад, у підсилювачах типа сопло-заслінка), очищення деталей від різного забруднення.

### **3. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ СТОСОВНО ГІДРАВЛІКИ ТРУБОПРОВІДІВ**

Ділянку трубопровода, що поєднує насос з баком, називають всмоктувальною магістраллю (лінією), а ділянку трубопровода, по якій рідина від насоса надходить до гідродвигуна, - напірною (робочою чи нагнітальною) магістраллю і ділянку, по якій рідина відводиться від гідродвигуна в бак, - зливною магістраллю (зливом). До напірної магістралі відносять і її трубопроводи, які перебувають під робочим тиском.

#### **ПЕРЕРІЗ ТРУБОПРОВІДІВ І ШВИДКОСТІ РУХУ РІДИНИ**

Відомо, що витрати рідини, що проходить через трубу будуть тим більшими, чим більшими будуть прохідний переріз труби і швидкість рідини. Разом з тим належить урахувати, що збільшення швидкості приводить до збільшення тиску у гідросистемі, а збільшення перерізу труби – до збільшення маси труби, що погіршує характеристики привода за показниками жорсткості, вимагає застосування більш вартісної гідроапаратури і т.д.

Внутрішній діаметр труби чи каналу рекомендується визначати за формулою:

$$d_t = 2\sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot v}},$$

де  $Q$  – витрати рідини;

$v$  – швидкість рідини в трубопроводі чи каналі;

Остаточний розрахунковий діаметр труби погоджується із стандартизованим рядом діаметрів умовних проходів (табл. 7.1).

**Таблиця 7.1**

*Умовні проходи трубопроводів і арматури*

Діаметр умовного проходу, мм	Площа прохідного перерізу, см <sup>2</sup>	Різьба трубна в дюймах	Діаметр умовного проходу, мм	Площа прохідного перерізу, см <sup>2</sup>	Різьба трубна в дюймах
3	0,07	-	70	34,48	2 1/2
6	0,28	-	80	50,27	3
8	0,50	1/4	100	70,54	4
10	0,79	3/8	125	122,72	5
15	1,77	1/2	150	176,72	6
20	3,14	3/4	175	240,53	7
25	4,94	1,0	200	297,61	8
32	8,04	1 1/4	225	314,16	9
40	12,57	1 1/2	250	490,87	10
50	19,64	2	275	593,96	11
60	26,31	-	300	706,88	12

Крім вказаних в табл. 7.1 умовних проходів, як основних, ще використовується і додатковий ряд  $D_y$ : 1,6; 2; 2,5; 4; 5; 12; 16; 160.

Для напірних трубопроводів між величинами тиску і швидкості руху рідини є також певна залежність, яка установлена на підґрунті багатолітньої практики експлуатації гідроприводів:

Тиск, МПа	1,0	2,5	5,0	10	15	20	32
Допустима швидкість руху рідини, м/с	1,3	2,0	3,0	4,5	5,5	6,0	8,0

Для всмоктувальних трубопроводів швидкість складає 0,5 - 1,5 м/с, а зливних – до 2,0 м/с.

У загальних випадках швидкість вибирають такою, щоб втрати в трубопроводах не перевищували 5-6% робочого тиску.

Величину швидкості рідини в трубах визначають за формулою:

$$v = \frac{Q}{S},$$

де  $S$  – площа внутрішнього діаметра трубопровода.

### РЕЖИМИ ТЕЧІЇ РІДИН

Розрізняють два режими течії рідин в трубопроводах: ламінарний і турбулентний.

При ламінарному режимі рідина рухається шарами без поперечного змішування, причому тут відсутні пульсації швидкості і тиску.

При турбулентному режимі шари перемішуються, рух рідини відбувається при пульсації швидкості і тиску.

Кожний із режимів характеризується числом Рейнольдса  $R_e$ , яке для труб круглого перерізу визначається за формулою:

$$R_e = \frac{V_{\bar{n}\bar{d}} \cdot d}{\nu} \text{ чи } R_e = \frac{Q}{0,785 \cdot d \cdot \nu},$$

де  $V_{\bar{n}\bar{d}}$  – середня швидкість потоку, м/с;

$d$  – внутрішній діаметр трубопровода, м;

$\nu$  – кінематична в'язкість, м<sup>2</sup>/с;

$Q$  – витрати рідини, м<sup>3</sup>/с.

Для кільцевих щілин ( $d_1$  і  $d_2$  – зовнішній і внутрішній діаметри щілин) число Рейнольдса складатиме:

$$R_e = \frac{V_{\bar{n}\bar{d}} \cdot (d_1 - d_2)}{\nu}.$$

Межу між ламінарним і турбулентним режимами визначає критичне число Рейнольдса  $R_{e_{\text{кр}}}$ . Якщо  $R_e < R_{e_{\text{кр}}}$ , то потік – ламінарний, якщо  $R_e > R_{e_{\text{кр}}}$ , то потік – турбулентний. Для круглих рівних труб  $R_{e_{\text{кр}}} \approx 2200 - 2300$ , для гнучких рукавів – 1550 – 1650, для рівних кільцевих щілин – 1000 – 1100, для вікон золотників – 250 – 270, для клапанів – 30 – 100, для кранів – 500 – 700.

### ГІДРАВЛІЧНИЙ УДАР В ТРУБАХ

У зв'язку із застосуванням високих швидкостей течії рідин разом із швидкісними розподільниками великого значення набувають питання, що поєднуються з гідроударом, при якому виникають тиски в декілька разів більші за номінальний. В окремих випадках ці тиски можуть руйнувати трубопроводи.

Гідравлічним ударом називають підвищення тиску рідини при швидкісному припиненні її руху (швидкому перекритті засувки). Він обумовлений стисливістю рідини і пружною деформацією трубопровода. Величину ударного тиску можна визначити за формулою:

$$P_{\text{уд}} = \frac{4 \cdot Q \cdot \rho}{\pi \cdot d^2} \cdot C,$$

де  $Q$  – витрати рідини в трубі, м<sup>3</sup>/с;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$d$  – внутрішній діаметр труби, м;

$C$  – швидкість поширення ударної хвилі в пружній рідині, м/с.

$$C = \frac{1}{\sqrt{\frac{d \cdot \rho}{\delta \cdot E_{\delta\delta}} + \frac{\rho}{E_{\delta}}}},$$

де  $\delta$  – товщина стінки труби, м;

$E_{\delta\delta}$ ,  $E_p$  – модуль пружності труби і рідини, Па.

До основних способів боротьби з гідравлічним ударом відносяться: збільшення часу перекриття заслінки чи перемикання розподільника і приєднання до труби в місці перекриття рідини компенсаторів.

Регулювання часу швидкості спрацювання розподільного чи відсічного розподільника здійснюється, зазвичай, дросельним реле, завдяки чому час перекриття трубопроводу може тривати (при необхідності) декілька секунд.

Необхідний час перекриття засувки, при якому буде створюватись допустиме підвищення тиску, визначається за формулою:

$$t = 2L \cdot \frac{1}{\sqrt{E_p / \rho}},$$

де  $L$  – довжина трубопроводу.

Компенсатори гідравлічного удару, зазвичай, являють собою з'єднану з трубопроводом ємкість із пружним елементом. Ударний тиск тут компенсується за рахунок часткового поглинання енергії пружним елементом. Найбільш ефективною буде компенсація удару у тому випадку, якщо пружний елемент буде сполучатися із силами сухого чи в'язкого тертя.

#### **4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ РОБОЧИХ РІДИН**

При виборі робочих рідин належить враховувати наступні обставини:

1. В гідросистемах машин, що призначені для роботи при стабільних температурних умовах і при тисках менше 10 МПа, використовуються масла із в'язкістю 20 – 40 мм<sup>2</sup>/с, (при 50°C), при тисках до 20 МПа – із в'язкістю 40 – 60 мм<sup>2</sup>/с, при тисках 50 – 60 МПа (гідропреси) – із в'язкістю до 110 – 150 мм<sup>2</sup>/с.
2. Мінеральні рідини придатні для роботи при температурі не вище 150°C.
3. При температурі 150°C і вище без спеціальних охолоджувальних пристроїв використовуються синтетичні рідини (полісилікоксанові, кремнійорганічні і інші). У закритих системах без доступу повітря їх можна тривало використовувати при температурі до 360 – 380 °C.

4. Температура застигання рідини повинна бути на 15 – 20°C нижче мінімальної робочої температурної гідросистеми. Синтетичні рідини допускають роботу гідросистеми при температурах до – 60°C, а деякі мінеральні, кращі в цьому відношенні (наприклад, приладні МВП і АМГ), можуть використовуватись при температурах не нижче - 50°C.

5. Не рекомендується використовувати суміші масел в гідросистемах із високим тиском.

7. Синтетичні рідини розчиняють практично всі пластифікатори синтетичних каучуків. Тому застосовувати ущільнення, що виготовлені із синтетичних каучуків, в цьому випадку не рекомендується, оскільки вони будуть мати дуже низький термін служіння через втрати еластичності.

7. В гідросистемах, що працюють в умовах підвищеної пожежобезпеки належить застосовувати негорючі робочі рідини – емульсії (водні, водно-гліколеві і синтетичні). Емульсія типу «масло у воді» (основа – вода, масло – додаток) мають більш низьку вартість, проте не задовольняють всім вимогам які пред'являються до робочих рідин (недостатня мастильна здатність, висока корозійна активність, нестабільність фізико-хімічних властивостей в процесі експлуатації). Задовільними антикорозійними і мастильними властивостями володіють емульсії типу «вода у маслі» (основа – масло, а вода – додаток), проте вони можуть працювати при тисках не вище 7-14 МПа.

Водногліколеві робочі рідини містять 30 – 69% води, гліколь – розчинний у воді загусник для отримання необхідних в'язких властивостей і різні присадки. До них відносяться рідини ПГВ і «Промгідрол». Вони сумісні майже із будь-якими матеріалами: вуглецевими і легованими сталями, чавунами, нікелем, міддю, алюмінієм, титаном і їх сплавами, пластмасами (поліетиленом, фторпластом, текстолітом, склопластом, паронітом, поліамідом, капроном і іншими), гумами (В – 14, ИРП – 1118, ИРП – 1175 і іншими).

На даний час компанія «РОСПОЛИХИМ», а саме виробнича компанія «ООО ПОЛИЭФИР» є єдиним виробником гідравлічної рідини ПГВ.

Рідина «Промгідрол» може використовуватись для всієї гідроапаратури крім дросельних золотників. В той же час мастильні властивості цієї рідини набагато гірші, ніж масел. Тому ресурс роботи насосів може знижуватись на 30 – 40% в залежності від величини тиску. Крім того, частота обертання насосів не повинна перевищувати 1000 об/хв, а установлена потужність насоса – підвищена на 15 – 25%.

Моторні масла не рекомендуються для використання в гідравлічних системах, оскільки по відношенню до інших спеціальних гідравлічних масел

вони володіють незадовільною – і повітревідокремлювальною властивістю; вузьким температурним діапазоном, а наявність в більшості сезонних моторних масел присадки для підвищення індекса в'язкості не дозволяють використовувати ці масла в гідравлічних машинах.

Одним із головних моментів при виборі гідравлічних масел є вибір масла з необхідною величиною в'язкості. Значення мінімальних і максимально допустимих величин в'язкості для різних гідромашин наведено в табл. 7.2.

Характеристики гідравлічних рідин, що використовуються в гідро-системах металургійних механізмів, машин і агрегатів, наведено в табл. 7.3.

**Таблиця 7.2**

*Величина в'язкості масел для різних типів насосів*

Тип насосів	Величина в'язкості, мм <sup>2</sup> /с		Стартова в'язкість, мм <sup>2</sup> /с
	мінімальна	максимальна	допустимий діапазон
Поршневі	8	800	200 – 800
Лопатеві	12	1000	500 – 1000
Шестерневі	15	1600	800 – 1600

**Таблиця 7.3**

*Характеристики найбільш поширених гідравлічних рідин*

Тип масел і рідин	Кінематична в'язкість, мм <sup>2</sup> /с	Температура, °С			Густина, кг/м <sup>3</sup>
		застигання	спалаху	робоча	
1	2	3	4	5	6



<u>Агринол:</u>					
1-HG-B-32	29 – 35 (40°C)	-15	200	5...80	890
1-HG-B-46	41 – 51 (40°C)	-15	210	5...80	890
1-HG-B-68	61 – 75 (40°C)	-15	220	5...80	900
1-HG-B-100	90 – 110 (40°C)	-15	225	5...80	910
1-HG-B-220	198 – 288 (40°C)	-15	225	5...80	915
<u>Азмол:</u>					
МГЕ – 10Д	14 (40°C)	-50	130	-20...+60	~900
МГЕ – 32В	29 – 35 (40°C)	-32	180	-10...+70	~900
МГЕ – 46В	41 – 51 (40°C)	-32	190	-10...+70	~900
МГЕ – 68В	61 – 75 (40°C)	-25	195	-5...+70	~900
МГЕ – 100В	90 – 100 (40°C)	-25	200	-5...+70	~900
ИГП – 72	110 – 125 (40°C)	-15	220	5...80	~900
ИГП – 91	148 – 165 (40°C)	-15	225	5...80	~900
ИГП – 114	186 -205 (40°C)	-15	230	5...80	~900
ИГП – 152	265 – 280 (40°C)	-15	230	5...80	~900
ИГП – 182	320 – 348 (40°C)	-15	240	5...80	~900
ИГС – 32	29 – 35 (40°C)	-15	185	5...70	~900
ИГС – 46	41 – 51 (40°C)	-15	200	5...80	~900
ИГС – 68	61 – 75 (40°C)	-15	210	5...80	~900
<u>Індустріальні</u>					
<u>масла:</u>					
И – 12А	10 – 14 (50°C)	-30	165	-10...+40	876-891
И – 20А	17 – 23 (50°C)	-20	170	0...+90	881-901
И – 30А	27 – 33 (50°C)	-15	180	10...+50	886-916
И – 45А	38 – 52	-10	190	10...+60	890-930
И – 50А	42 – 58	-20	200	10...+70	890-930
АМГ	10 (50°C)	-70	92	-50...+60	-
<u>Промгідрол:</u>					
П – 20	17 – 22 (50°C)	-10	-	-	1145- 1155
П – 20 М – 1	18 – 24 (50°C)	-30	-	-	1125- 1140
П – 20 М – 2	21 – 27 (50°C)	-45	-	-	1145- 1155

## 5. ОСОБЛИВОСТІ ПНЕВМАТИЧНИХ СИСТЕМ

На відміну від рідин газу характеризуються значною стисливістю і високими значеннями коефіцієнта температурного розширення.

Зв'язок між питомим об'ємом газу  $V$ , тиском  $p$  і абсолютною температурою  $T$  описується рівнянням:

$$p \cdot V = R \cdot T,$$

де  $R$  – газова стала, що визначається як робота розширення 1 кг газу при нагріванні на 1 градус, Дж/(кг·град).

Значення  $R$  є певним для різних газів. Для повітря, азоту і аргону, що використовуються в гідравлічних і пневматичних системах приводів, газова стала  $R$  в Дж/(кг·град) відповідно складає: 287; 297; 208.

Густина газу залежить від тиску і температури і може бути наближено встановлена за допомогою рівняння Клапейрона для ідеального газу:

$$\rho = p / (R \cdot T).$$

Значення густини в кг/м<sup>3</sup> при  $t=0^\circ\text{C}$  і при  $p=0,1\text{МПа}$  для тих же газів (повітря, азоту, аргону) відповідно складають: 1,293; 1,251; 1,782.

В'язкість газів збільшується із підвищенням температури. Це залежність достатньо точно описується формулою Сатерленда:

$$\mu = \mu_0 \cdot \left( \frac{T_0 + C}{T + C} \right) \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{3/2},$$

де  $\mu$  і  $\mu_0$  – абсолютна динамічна в'язкість при вихідній температурі  $T_0$  і даній температурі  $T$ ;

$C$  – постійний для даного газу коефіцієнт (для повітря  $C=130,5$ ).

Для більшості газів  $\mu$  практично не залежить від тиску в межах від 0 до 0,5МПа, а при подальшому підвищенні тиску викликає суттєве змінення  $\mu$ .

Значення кінематичної в'язкості для повітря, азоту і аргону наведено в табл.7.4.

#### Таблиця 7.4

Кінематична в'язкість  $\nu \cdot 10^6$ , м<sup>2</sup>/с при  $p=0,1\text{МПа}$

Газ	Температура, °C								
	-20	0	20	40	60	80	100	150	200
Повітря	11,7	13,2	15,0	17,0	18,8	20,9	23,0	30,0	34,9
Азот	11,7	13,3	15,0	16,8	18,8	20,6	22,3	28,3	34,1
Аргон	-	11,9	13,3	-	-	-	20,7	-	31,2

Тиск газу при постійній температурі пропорційний тиску молекули газу, який перебуває у даному об'ємі (тобто масі газу). Згідно із законом Бойля–

Маріота при постійній температурі добуток тиску газу, який перебуває у замкнутому просторі, на його об'єм є постійною величиною, тобто

$$p \cdot V = const,$$

Звідки виходить рівняння

$$p_1/p_2 = V_2/V_1,$$

де  $p_1, p_2$  – відповідно початковий і кінцевий тиск;

$V_1, V_2$  – відповідно початковий і кінцевий об'єм.

Гази підпорядковуються, головним чином, тим залежностям, що і рідини. Принцип дії газових систем побудований на тих же законах, що і гідравлічні. В той же час через високу стисливість течія газу не підпорядковується закону сталого руху рідин, згідно з яким швидкість руху рідини в кожній точці магістралі визначається її координатами і не залежить від часу.

При заповненні стислим газом ємкості, що перебуває під постійним тиском, газ у початковий момент, коли тиск там мінімальний, буде проходити з максимальною швидкістю, яка в міру вирівнювання тиску в підвідній магістралі і заповнення ємкості буде знижуватись і досягне при повному вирівнюванні нульового значення.


## 6. УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРО- І ПНЕВМОПРИВОДІВ

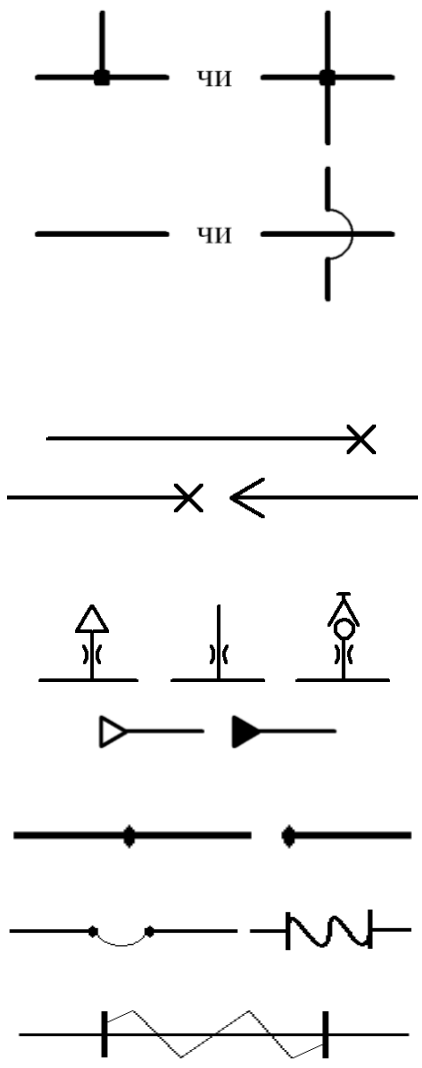
Умовні графічні позначення елементів і пристроїв однозначно показують призначення елементів і пристроїв і характер проходження в них процесів, а разом з тим характер і напрям руху елементів привода і управління, напрям руху робочої рідини і газів і т.д.

В табл. 7.5 наведено умовні графічні позначення гідравлічних і пневматичних елементів. При складанні таблиці використано міждержавні стандарти ГОСТ 2.780-96, ГОСТ 2.781-96, ГОСТ 2.783-96, ГОСТ 2.784-97.

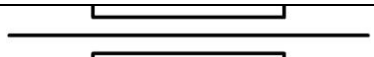

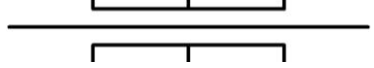
### Таблиця 7.5

*Умовні позначення окремих елементів гідро- і пневмоприводів*

Найменування	Позначення
1	2
<b>ЕЛЕМЕНТИ ТРУБОПРОВОДІВ</b>	
1. Трубопровід:	
- лінії всмоктування, напору, зливу;	
- лінії управління, дренажу,	

<p>випускання повітря, відводу конденсату</p> <p>2. З'єднання трубопроводів</p> <p>3. Пересікання трубопроводів без з'єднання</p> <p>4. Місце приєднання (для відбору енергії чи вимірювального прилада):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нез'єднане (закрите)</li> <li>- з'єднане</li> </ul> <p>5. Трубопровід з вертикальним стояком</p> <p>6. Трубопровід гнучкий, шланг</p> <p>7. Ізольована ділянка трубопроводу</p>	 <p>The diagram shows various symbols for pipe connections and components. It includes symbols for air release/condensate drainage (T-junctions), pipe-to-pipe connections (straight and with a bend), pipe crossings (with and without connection), energy measurement points (with and without connection), vertical risers, flexible pipes (zigzag lines), and insulated pipe sections (lines with hatching).</p>
--	--

**продовження таблиці 7.5**

1	2
8. Трубопровід у трубі (футлярі)	
9. Трубопровід у сальнику	
10. З'єднання трубопроводів роз'ємне:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- загальне позначення</li> </ul>	

- фланцеве
- штуцерне різьбове
- муфтове різьбове
- муфтове еластичне

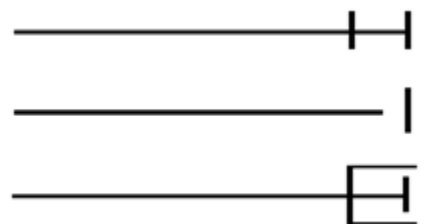
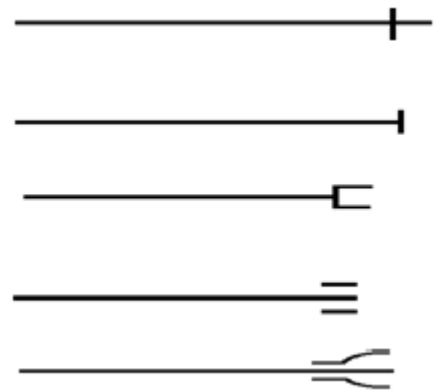
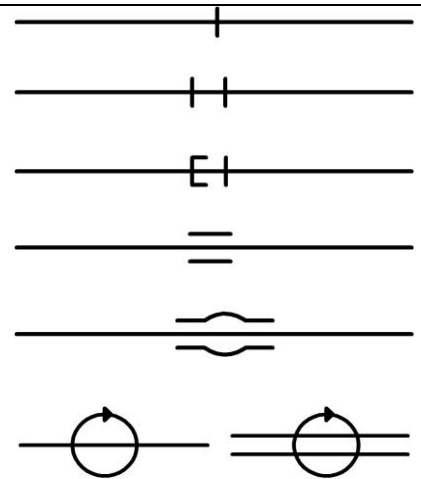
11. Поворотне з'єднання: однолінійне, дволінійне

12. Кінець трубопроводу під роз'ємне з'єднання:

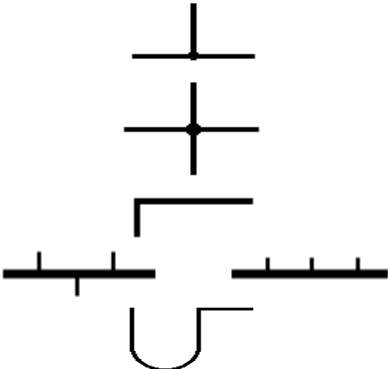
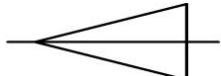
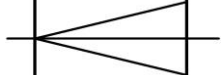

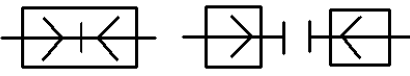
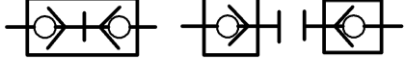
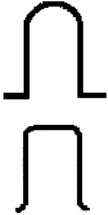


- загальне позначення
- фланцеве
- штуцерне різьбове
- муфтове різьбове
- муфтове еластичне

13. Кінець трубопроводу із заглушкою:

- загальне позначення
- фланцевий
- різьбовий

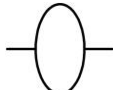

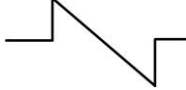

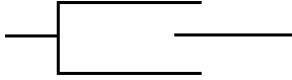

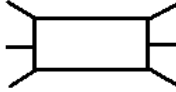


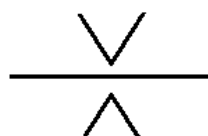


**Продовження таблиці 7.5**

1	2
<p>14. Деталі з'єднання трубопроводів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- трійник</li> <li>- хрестовина</li> <li>- відвід (коліно)</li> <li>- розгалужувальник (колектор, гребінка)</li> </ul>	
<p>15. Сифон</p>	
<p>16. Перехід, патрубок перехідний:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- загальне позначення</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- фланцевий</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- штуцерний</li> </ul>	
<p>17. Швидко роз'ємне з'єднання із запірним елементом (з'єднане чи роз'єдане)</p>	
<p>18. Швидко роз'ємне з'єднання із запірним елементом (з'єднане і роз'єдане)</p>	
<p>19. Компенсатор:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- загальне позначення</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- П – подібний</li> </ul>	

- ліроподібний	
----------------	--

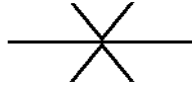

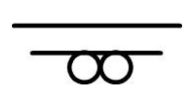

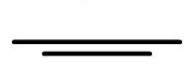


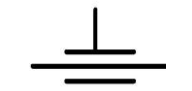
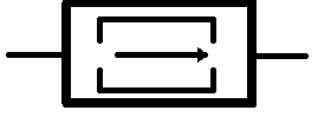

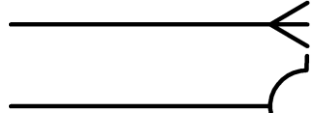
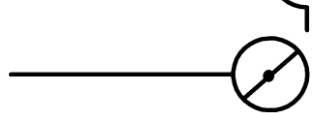
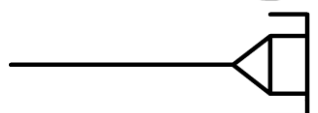
### Продовження таблиці 7.5

1	2
- лінзовий	
- хвилястий	
- Z – подібний	
- сільфонний	
- кільце	
- телескопічний	
20. Вставка:	
- амортизаційна	
- звукоізольована	
- електроізольована	
21. Місце опору із витратами:	
- залежними від в'язкості робочого середовища	
- не залежними від в'язкості робочого середовища (шайба дросельна, витратомір, діафрагма)	



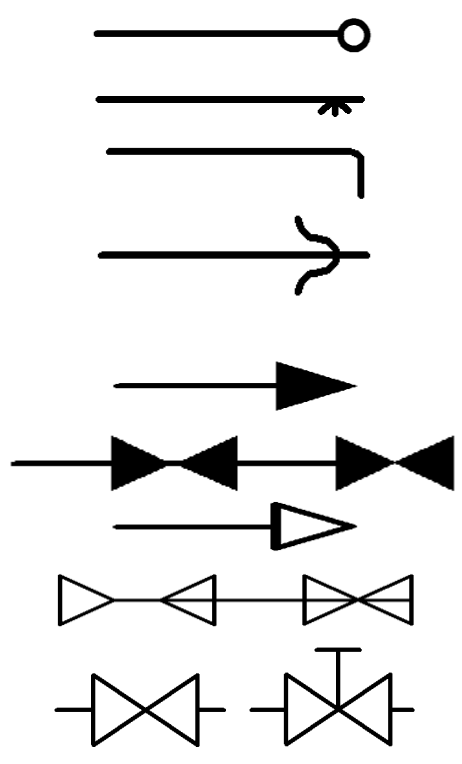
--	--

**Продовження таблиці 7.5**

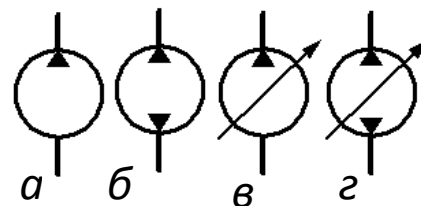
1	2
22. Опора трубопроводу:	
- нерухома	
- рухома (загальне позначення)	
- кулькова	
- напрямна	
- ковзна	
- коткова	
- пружна	
23. Підвіска:	
- нерухома	
- напрямна	
- пружна	
24. Гаситель гідравлічних ударів	
25. Мембрана проривна	
26. Форсунка	

<p>27.Забірник повітря із атмосфери</p> <p>28.Забірник повітря від двигуна</p> <p>29.Приєднувальний пристрій до інших систем</p>	
--	--

**Продовження таблиці 7.5**

1	2
<p>30.Точки змащування:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- у гідролініях</li> <li>- у гідроелементах</li> <li>- у пневмолініях</li> <li>- у пневмоелементах</li> </ul> <p>31.Напрямок дії напору:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- у гідролініях</li> <li>- у гідроелементах</li> <li>- у пневмолініях</li> <li>- у пневмоелементах</li> </ul> <p>32.Вентилі</p>	 <p>The diagram shows various hydraulic and pneumatic symbols. It includes symbols for lubrication points: a line with a circle at the end, a line with a spray-like symbol, a line with a hook-like symbol, and a line with a wavy symbol. It also shows symbols for flow direction: a line with an arrow pointing right, a line with a triangle pointing right, and a line with a triangle pointing left. Finally, it shows symbols for valves: a line with a valve symbol, a line with a valve symbol and a T-shaped symbol above it, and a line with a valve symbol and a T-shaped symbol below it.</p>
<p>Позначення ліній: S – всмоктування; P – напору; T – зливу; A, B – підвід до споживача;  P<sub>x</sub> (x), T<sub>y</sub> (y), L(дренаж) – управління</p>	
<p><b>МАШИНИ ГІДРАВЛІЧНІ І ПНЕВМАТИЧНІ</b></p>	

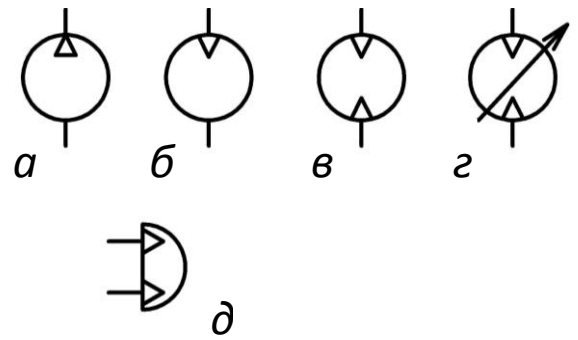
1. Узагальненні позначення гідронасосів:  
*a* – односторонньої дії, нереверсивний;  
*б* – двосторонньої дії, реверсивний;  
*в* – односторонньої дії з регулюванням потоку;  
*г* – двосторонньої дії з регулюванням потоку.



### Продовження таблиці 7.5

1	2
<p>2. Конкретні позначення гідронасосів:  <i>a</i> – шестерневий; <i>б</i> – ротаційно-лопатевий; <i>в</i> – радіально-поршневий; <i>г</i> – аксіально-поршневий; <i>д</i> – гвинтовий; <i>е</i> – кривошипний; <i>ж</i> – лопатевий відцентровий; <i>з</i> – струменевий.</p>	
<p>3. Узагальнені позначення гідромоторів і насос-моторів:  <i>a</i> – гідромотор нерегульований із нереверсивним потоком; <i>б</i> – гідромотор нерегульований із реверсивним потоком; <i>в</i> – гідромотор регульований із нереверсивним потоком; <i>г</i> – насос-мотор нерегульований; <i>д</i> – насос-мотор нерегульований із реверсивним потоком; <i>е</i> – насос-мотор нерегу-</p>	

льований з будь-яким напрямком потоку; *Ж* - насос-мотор регульований з одностороннім потоком; *З* - насос-мотор регульований із реверсивним напрямком потоку; *К* - поворотний гідродвигун.



4. Пневмодвигуни:

*а* - компресор; *б* - пневмомотор неререверсивний і нерегульований; *в* - пневмомотор нерегульований з реверсивним потоком; *г* - пневмомотор регульований з реверсивним потоком; *д* - поворотний пневмо-двигун.

Продовження таблиці 7.5

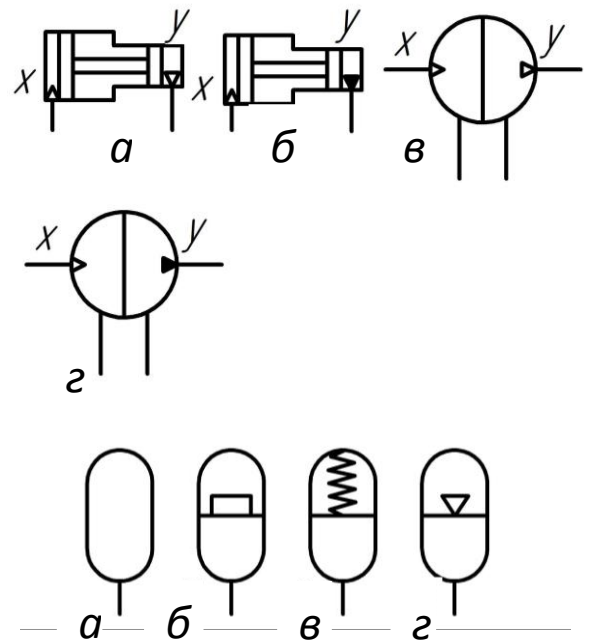
1	2
<p>5. Циліндри:</p> <p><i>а</i> - гідравлічний і пневматичний циліндри двосторонньої дії; <i>б</i> - гідравлічний і пневматичний циліндри із поверненням штока пружиною; <i>в</i> - двосторонньої дії з постійним гальмуванням в кінці ходу з боку поршня; <i>г</i> - із двостороннім гальмуванням; <i>д</i> - телескопічний; <i>е, ж</i> - мембранний одно- і двосторонній; <i>з</i> - плунжерний.</p>	

6. Перетворювачі:

*a* – поступальний з одним видом робочого середовища; *б* – поступальний із двома видами середовища; *в* – обертальний із одним видом робочого середовища; *г* – обертальний із двома видами середовища.

7. Акумулятори:

*a* – гідравлічний (без вказівки принципу дії); *б* – вантажний гідравлічний; *в* – пружинний гідравлічний; *г* – пневмогідравлічний.



**Продовження таблиці 7.5**

1	2
<b>АПАРАТИ ГІДРАВЛІЧНІ І ПНЕВМАТИЧНІ, ПРИСТРОЇ УПРАВЛІННЯ</b>	
<p>1. Розподільники:</p> <p><i>a</i> – трилінійний з управлінням від кулачка; <i>б</i> – чотирилінійний з ручним управлінням; <i>в</i> – чотирилінійний з управлінням від електромагнета і вороттям пружиною; <i>г</i> – запірний двопозиційний з ручним управлінням; <i>д</i> – трипозиційний чотирилінійний з управлінням (двобічне, електромагнетне); <i>е</i> – двокаскадний, трипозиційний, чотирилінійний з електромагнетним управлінням першого каскаду; <i>ж</i> – із серво управлінням, і електромагнетним</p>	<p>The diagram shows five hydraulic distributor symbols: <i>a</i> (a 3-way distributor with a hand lever), <i>б</i> (a 4-way distributor with a hand lever), <i>в</i> (a 4-way distributor with a solenoid and spring return), <i>г</i> (a 2-position 4-way distributor with a hand lever), and <i>д</i> (a 3-position 4-way distributor with a solenoid).</p>

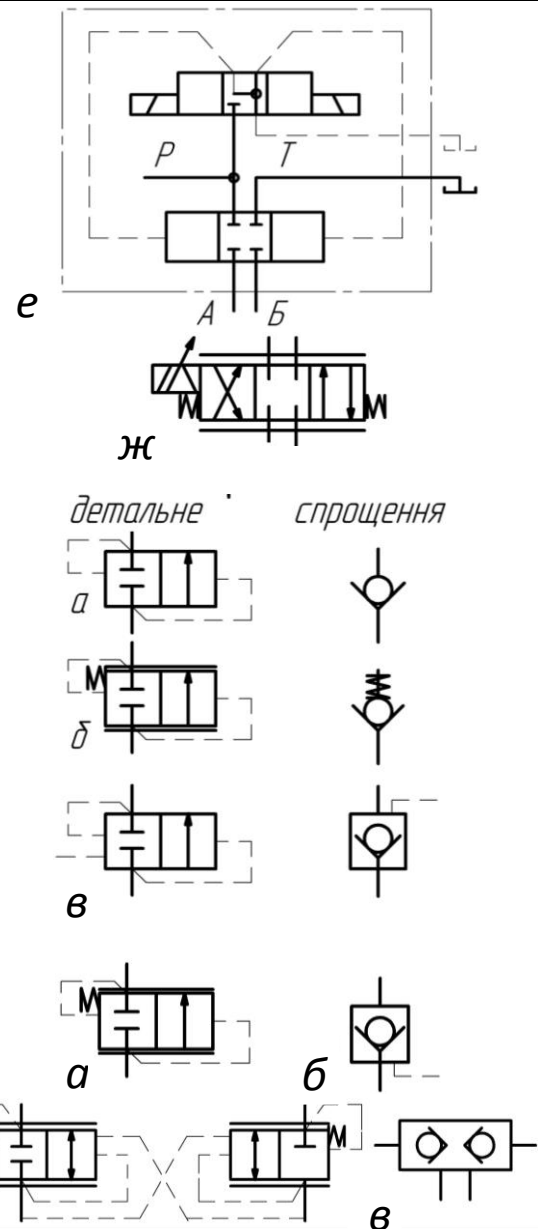
управлінням і безкінечною кількістю позицій (тобто розподільник з пропорційним регулюванням).

2. Зворотні клапани:

*a* – без пружини (відкритий, якщо тиск на вході вище тиску на виході); *б* – з пружиною (відкритий, якщо тиск на вході вище тиску на виході плюс тиск пружини); *в* – із підтиском робочим середовищем.

3. Гідрозамки:

*a* – односторонній; *б* – двосторонній.



Продовження таблиці 7.5

1	2
<p>4. Клапан «ИЛИ» :</p> <p>Вхідна лінія з'єднана з більш високим тиском, автоматично з'єднується із виходом, в той час як інша вхідна лінія закрита.</p> <p>Клапан «И» :</p> <p>Вихідна лінія перебуває під тиском тільки тоді, коли обидві лінії під тиском.</p>	<p style="text-align: center;"><i>детальне</i>      <i>спрощення</i></p> <p style="text-align: center;"><i>детальне</i>      <i>спрощення</i></p>

Клапан швидкого вихлопу:

Коли вхідна лінія розвантажена, вихідна є вільною для вихлопу.

7. Клапан напірний (запобіжний чи переливний):

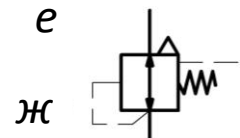
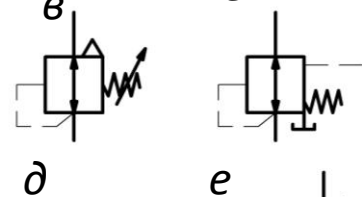
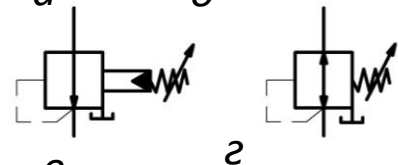
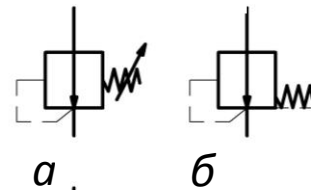
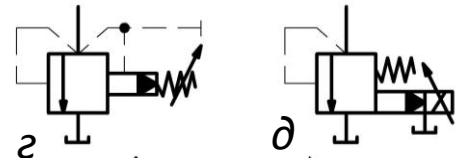
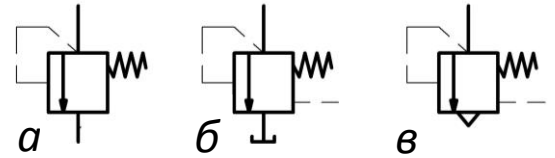
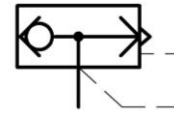
*а* – прямої дії; *б* – прямої дії з дистанційним управлінням; *в* – прямої дії з дистанційним управлінням, пневматичний; *г* – непрямої дії з дистанційним управлінням; *д* – непрямої з пропорційним електромагнетним управлінням.

8. Клапан редуційний:

*а* – одноступінчастий, навантажений пружиною; *б* – із дистанційним управлінням; *в* – двоступінчастий, гідравлічний, із зовнішнім регулюванням вертання; *г* – із скиданням тиску, гідравлічний; *д* – із скиданням тиску пневматичний; *е* – із скиданням тиску і дистанційним управлінням, гідравлічний; *ж* – із скиданням тиску і дистанційним управлінням, пневматичний.

*детальне*

*спрощення*



**Продовження таблиці 7.5**

1	2
---	---

9. Клапан різниці тисків.

10. Клапан співвідношення тисків.

11. Клапан послідовності, одноступінчастий, навантажений пружиною, на виході може підтримуватись тиск (зовнішній дренаж).

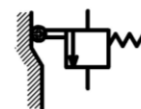
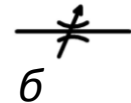
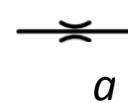
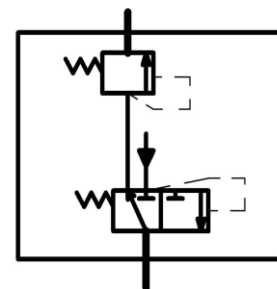
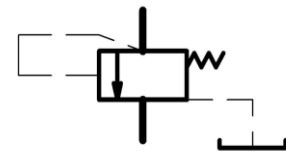
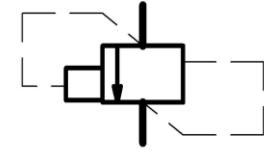
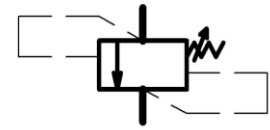
12. Клапани розвантаження мастильної системи.

13. Дросель:

*a* – нерегульований; *б* – регульований; *в* – регульований із механічним управлінням роликком; *г* – із зворотнім клапаном (із вільним проходженням потоку в одному напрямі, але дроселюванням потоку в іншому напрямі).

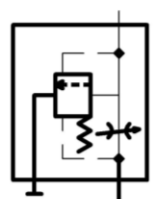
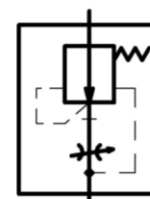
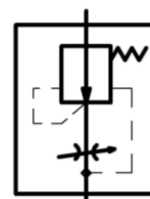
14. Регулятори витрат:

*a* – дволінійний із змінними витратами на виході; *б* - дволінійний із змінними витратами на виході і стабілізацією по температурі; *в* – трилінійний із змінними витратами на виході і зливанням збиткових витрат у бак.



*v*

*г*



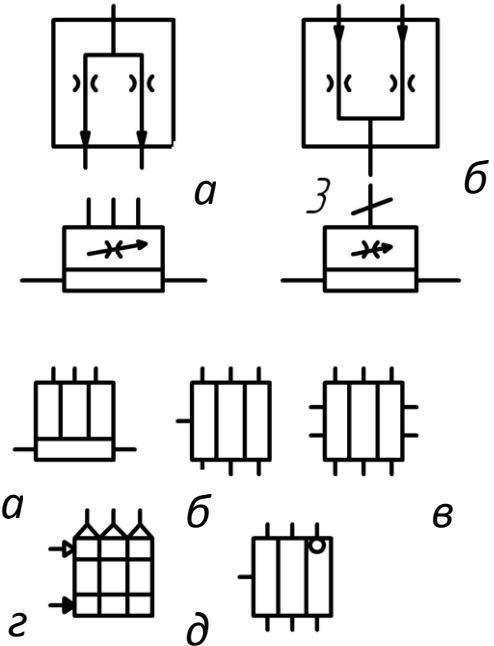
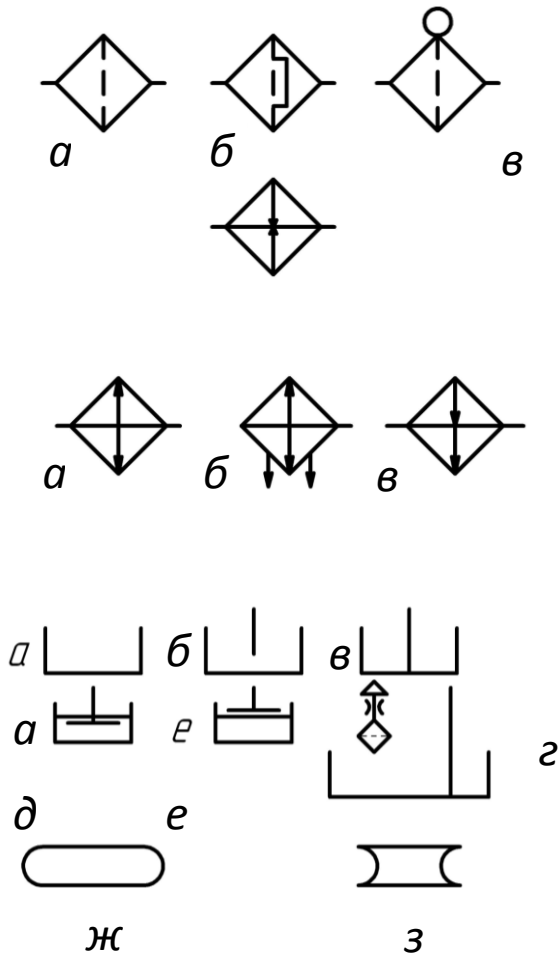
*a*

*б*

*в*

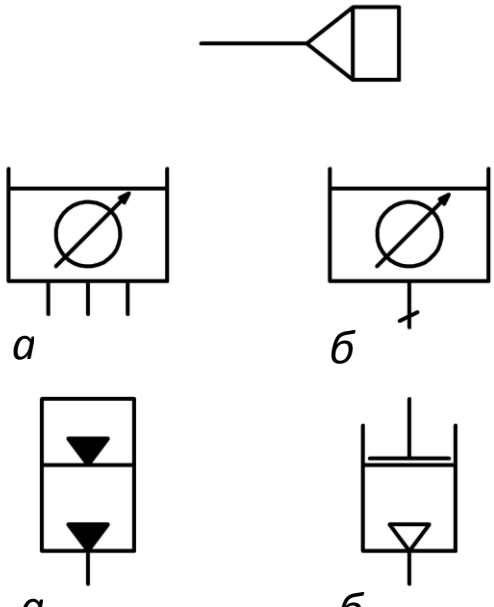
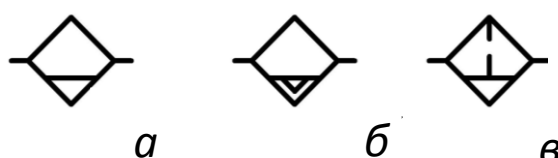


### Продовження таблиці 7.5

1	2
<p>15. Синхронізатори витрат:  <i>a</i> – ділильник потоку;  <i>б</i> – суматор потоку.</p> <p>16. Дросельний мастильний дозатор.</p> <p>17. Живильники:  <i>a</i> – імпульсний; <i>б</i> – послідовний; <i>в</i> – двомагістральний; <i>г</i> – масляноплівковий;  <i>д</i> – з індикатором спрацьовування.</p>	 <p>The diagram shows hydraulic symbols for flow synchronizers (a and б), a doser (г), and various feeders (a, б, в, г, д). Symbols a and б are flow dividers and summing junctions. Symbol г is a doser with a valve. Feeders a, б, в, г, and д have different internal structures representing pulse, sequential, two-line, oil-film, and indicator types.</p>
<h4>ІНШІ ЕЛЕМЕНТИ ГІДРОСИСТЕМ</h4>	
<p>1. Фільтри:  <i>a</i> – загальне позначення; <i>б</i> – з магнетним сепаратором; <i>в</i> – з індикатором забрудненості.</p> <p>2. Підігрівник.</p> <p>3. Охолодник:  <i>a</i> – без вказівки ліній підводу і відводу охолоджувального середовища; <i>б</i> – із вказівкою ліній підводу і відводу охолоджувального середовища; <i>в</i> – охолодник-підігрівник.</p> <p>4. Гідробаки:  <i>a</i> – загальне позначення; <i>б</i> – із зливним трубопроводом вище рівня рідини; <i>в</i> – із зливним трубопроводом нижче рівня робочої рідини; <i>г</i> – із зливним трубопроводом нижче рівня робочої рідини і повітряним фільтром; <i>д</i> – із мішалкою; <i>е</i> –</p>	 <p>The diagram shows hydraulic symbols for filters (a, б, в), heaters (г), coolers (a, б, в), and accumulators (a, б, в, г, д, е, ж, з). Filters a, б, and в are diamond-shaped with different internal features. Heaters (г) are diamonds with a vertical line. Coolers a, б, and в are diamonds with arrows indicating flow directions. Accumulators a, б, and в are U-shaped. Accumulator г has a filter. Accumulator д has a stirrer. Accumulator е has a piston. Symbols ж and з are horizontal cylinders with different internal features.</p>

з механічним притисканням; *Ж* – із тиском вище атмосферного; *З* – із тиском нижче атмосферного

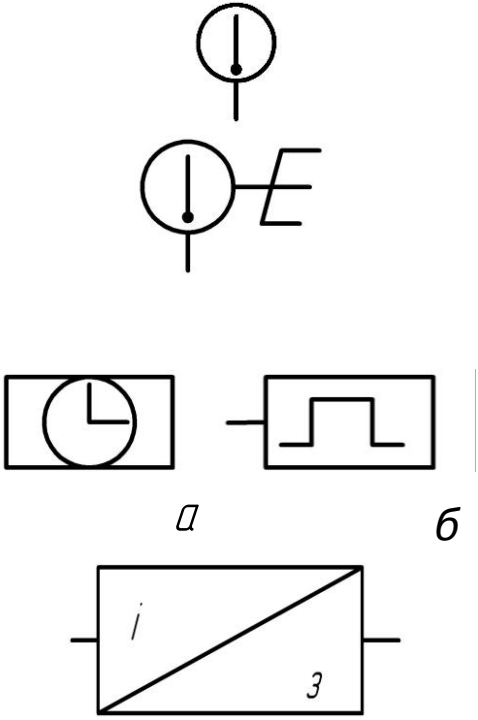
**Продовження таблиці 7.5**

1	2
<p>5. Заливна горловина, лійка, заправний штуцер і т.п.</p> <p>6. Безнапірна ємкісна маслянка (наприклад регульована тривідводна): <i>а</i> – детальне позначення; <i>б</i> – загальне позначення.</p> <p>7. Напірна ємкісна маслянка: <i>а</i> – пневматична; <i>б</i> – ковпачкова.</p>	 <p>The symbols in this cell include: a filling neck symbol (a horizontal line ending in a trapezoidal shape); two symbols for non-pressurized oil reservoirs (rectangles with a diagonal arrow and three lines at the bottom, labeled 'а' and 'б'); and two symbols for pressurized oil reservoirs (rectangles with two inverted triangles and a bottom line, labeled 'а' and 'б').</p>
<p><b>СПЕЦИФІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ПНЕВМОСИСТЕМ</b></p>	
<p>1. Віддільники вологи: <i>а</i> – із ручним відводом конденсату; <i>б</i> – з автоматичним відводом конденсату; <i>в</i> – фільтр-віддільник із ручним відводом фільтрату.</p> <p>2. Повітресушарка</p> <p>3. Маслорозпилювач</p> <p>4. Блок підготовки робочого газу: <i>а</i> – детальне позначення; <i>б</i> – загальне позначення</p> <p>5. Зволожувач</p>	 <p>The symbols in this cell include: three diamond-shaped symbols for moisture separators (labeled 'а', 'б', 'в'); and symbols for other pneumatic system components.</p>

<p>6. Ресивер</p> <p>7. Пневмоглушник</p>	
---	--

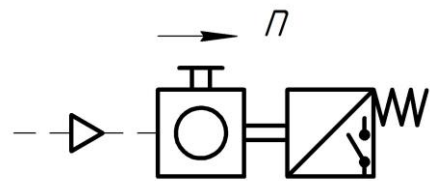
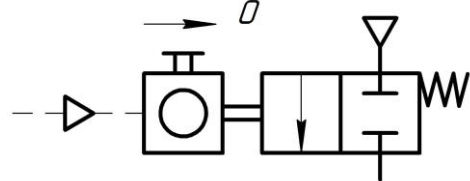
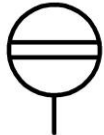






**Продовження таблиці 7.5**

1	2
<b>КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ГІДРО- І ПНЕВМОСИСТЕМ</b>	
<p>1. Показник тиску</p> <p>2. Манометри:  <i>а</i> – звичайний; <i>б</i> – електроконтактний;  <i>в</i> – диференціальний</p> <p>3. Перемикач манометра</p> <p>4. Реле тиску</p>	

<p>5. Вимикач кінцевий</p> <p>6. Аналоговий перетворювач</p> <p>7. Термометр</p> <p>8. Термометр електроконтактний</p> <p>9. Прилад управління роботою мастильної системи:  <i>a</i> – за часом; <i>б</i> – за тактами роботи об’єкта змащення</p> <p>10. Мастильний ділитель частоти  (наприклад ділитель, в якого мастильний матеріал з’являється на виході після трьох імпульсів на вході)</p>	 <p>The diagram shows five schematic symbols. At the top is a terminal switch symbol (a circle with a vertical line through its center). Below it is an analog converter symbol (a circle with a vertical line through its center and a stylized 'E' shape to its right). In the middle row, there are two rectangular boxes: the left one labeled 'a' contains a clock face, and the right one labeled 'б' contains a square wave pulse. At the bottom is a frequency divider symbol, a rectangle with a diagonal line from the bottom-left to the top-right, labeled 'i' on the left and 'з' on the right.</p>
---	--

**Продовження таблиці 7.5**

1	2
---	---

<p>11. Лічильник імпульсів із ручним установленням на нуль і електричним вихідним сигналом</p>	
<p>12. Лічильник імпульсів із ручним установленням нуля і пневматичним вихідним сигналом</p>	
<p>13. Показчик рівня рідини</p>	
<p>14. Показчик витрат</p>	
<p>15. Витратомір</p>	
<p>16. Витратомір інтегруючий</p>	
<p>17. Тахометр</p>	
<p>18. Моментомір (вимірник крутних моментів)</p>	
<p>19. Гігометр</p>	

**7. ПЕРЕВІРЕННЯ І ВИПРОБУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ**

Перелік контролюємих параметрів гідрообладнання наведено в табл. 7.6 [24].

У процесі випробування гідравлічного обладнання необхідно здійснювати контроль температури робочої рідини і слідкувати за її параметрами (в'язкістю, чистотою, наявністю повітря і т.п.)

Насоси і гідромотори перед початком випробовувань належить обкочувати на протязі 20-30хв із послідовним збільшенням навантаження чотирма ступенями до номінального. Реверсивні насоси мають обкочуватись на обох порожнинах.

Все гідравлічне обладнання необхідно перевіряти на герметичність при тисках на 25% більших за номінальні, який вказується у паспорті на кожний вид обладнання

У процесі випробовувань рекомендується виконувати налагодження на робочі параметри запобіжних і редуційних клапанів, напірних золотників і інших регульованих апаратів, а також подачі регульованих насосів.

### Таблиця 7.6

*Перелік гідрообладнання і параметрів, що підлягають перевірці*

Гідрообладнання	Параметр, що підлягає перевірці
1	2
Насоси регульовані різних типів	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Номінальний тиск</li> <li>• Подача</li> <li>• Приводна потужність</li> <li>• Об'ємний ККД</li> <li>• Робота механізму управління</li> </ul>
Гідромотори нерегульовані різних типів	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Номінальний тиск</li> <li>• Номінальна частота обертання</li> <li>• Мінімальна частота обертання</li> <li>• Номінальні витрати</li> <li>• Номінальний крутний момент</li> <li>• Об'ємний ККД</li> </ul>
Гідроциліндри	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Номінальний тиск</li> <li>• Внутрішні витоки</li> <li>• Найбільший тиск зрушення*</li> <li>• Найбільший тиск холостого ходу*</li> </ul>

### Продовження таблиці 7.6

1	2
---	---

Гідроклапани, запобіжні, гідроклапани послідовності (напірні золотники) без і із зворотнім клапаном	<p>Номінальний тиск</p> <p>Мінімальний тиск</p> <p>Перепад тисків при зміненні витрат від номінального до мінімального</p> <p>Номінальні витрати</p> <p>Перепад тиску від повного відкриття зливу до перекриття, при якому витоки не повинні перевищувати встановлену величину</p> <p>Величина витоків</p> <p>Перепад тисків на зворотньому клапані (для апаратури із зворотнім клапаном)</p>
Розподільники із ручним, електричним, гідравлічним і електрогідравлічним управлінням	<p>Відповідність циклу роботи згідно із встановленою для розподільника схемою</p> <p>Сумарні витоки через зазори розподільника</p> <p>Мінімальний тиск управління**</p> <p>Можливість регулювання часу спрацьовування**</p>
Дроселі, дроселі з регулятором, дроселі з регулятором і запобіжним клапаном, дроселі з регулятором і зворотнім клапаном	<p>Мінімальний тиск</p> <p>Відхилення витрат робочої рідини при зміненні тиску (тільки для дроселів із регулятором)</p> <p>Витоки масла через закритий дросель і із дренажного отвору при номінальному тиску</p> <p>Найменша різниця між тисками на виході і тиском налагодження (тільки для дроселів із регулятором і запобіжним клапаном)</p>
Реле тиску	<p>Нечутливість на всьому діапазоні регулювання тиску</p> <p>Витоки через дренажний отвір</p>
Редукційний клапан	<p>Межі регулювання редукованого тиску, плавність і чіткість налагодження</p> <p>Стабільність редукованого тиску при незмінному режимі і зміні витрат через клапан налагодження</p> <p>Стабільність редукованого тиску при зміненні витрат від найбільших до нульових</p> <p>Стабільність редукованого тиску при зміненні підведеного тиску</p>
Клапани зворотні, гідро замки, клапани підтримуючі	<p>Чіткість спрацьовування і відповідність установленому циклу роботи</p> <p>Величина витоків</p> <p>Відкриття клапана при номінальному робочому тиску у над-клапановій порожнині (тільки для зворотніх керованих клапанів)</p> <p>Плавність регулювання величини підпору (тільки для підтримуючих клапанів)</p>
Ділильник потоку	Похибка поділу потоку
*Перевірка здійснюється лише тоді, коли обумовлено в технічній документації	

Перевірка на герметичність має здійснюватись зовнішнім оглядом. Робоча рідина подається у підвідний канал, а відводні канали при цьому мають бути заглушеними. Час перевірки має складати 0,5-1 хв. При випробування х гідроциліндрів зовнішню герметичність перевіряють додатково при тиску холостого ходу після не менше 50-ти повних подвійних ходів. При цьому допускається утворення масляної плівки на поверхні штока без каплеутворення. Поява робочої рідини у нерухомих з'єднаннях не допускається [24].

Витоки належить визначати при найбільшій допустимій температурі робочої рідини, адже при підвищених температурах її в'язкість значно знижується і, отже, підвищується течкість.

Для випробування гідравлічного обладнання доцільно використовувати випробувальні стенди, які оснащуються установками для фільтрації і охолодження робочої рідини, крім постійних манометрів 4-го класу для безперервного контролю тиску в системі, необхідно тимчасово застосовувати манометри більш високого класу точності на час вимірювання параметрів. При необхідності можна використовувати контактні манометри і датчики тиску, що дозволить реєструвати параметри у формі запису на різних носіях інформації.

### ВИПРОБУВАННЯ НАСОСІВ

Схема випробування нерегульованого насоса показана на рис. 7.1, на якій вказані необхідні додаткові гідро- і електроелементи на пристрої.

Подачу, приводну потужність і об'ємний ККД насоса визначають при номінальному тиску і номінальній частоті обертання.

Об'ємний ККД насоса визначають за формулою [24] :

$$\eta_{ii} = \frac{Q_i}{Q_i},$$

де  $Q_i$  - подача насоса при номінальному тиску;

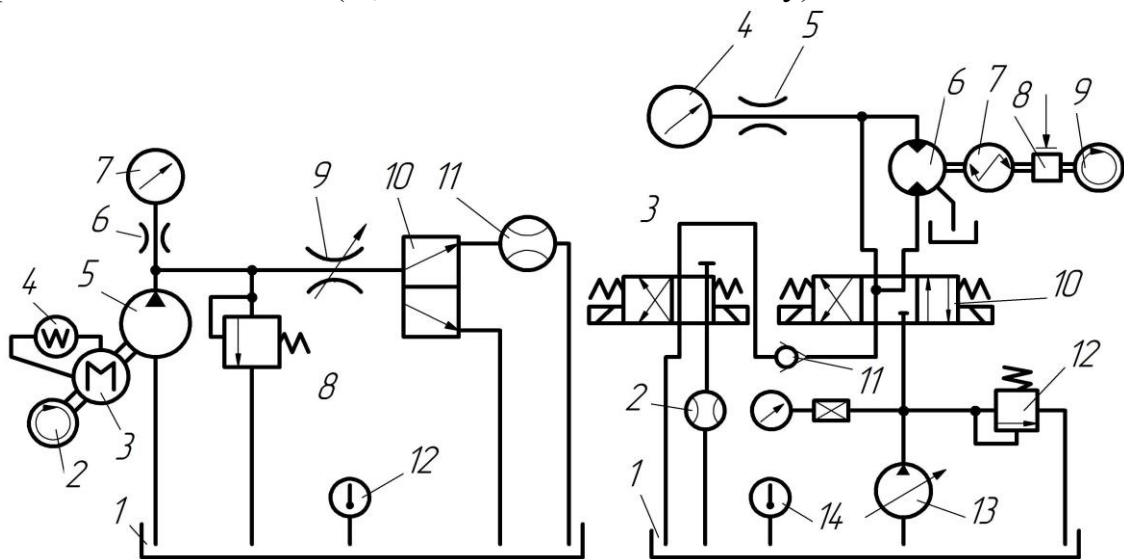
$Q_i$  - подача насоса при мінімально можливому тиску в напірній магістралі.

Подачі  $Q_i$  і  $Q_i$  повинні бути приведені до однакової частоти обертання.

Під час випробування тиск з боку всмоктування має забезпечувати роботу насоса на всіх режимах без кавітації. Запобіжний клапан 8 повинен



налагоджуватись на тиск ,що допускається при короткочасному перевантаженні насоса ( 1,25 від номінального тиску).



1 - бак; 2 – тахометр; 3 –  
електродвигун; 4 – ватметр;  
5- насос випробування; 6 –  
демпфер; 7 - манометр; 8 –  
запобіжний клапан; 9 –  
дросель-ний клапан  
(навантаження); 10 -  
розподільник; 11 – витра-  
томір; 12-термометр

1 - бак; 2 - витратомір; 3, 10 –  
розподільники; 4 - манометр;  
5- демпфер; 6- гідромотор  
випро-бування; 7- моментомір;  
8-пристрій навантаження; 9-  
тахометр; 11-підпірний  
клапан; 12- запобіжний клапан;  
13-регульований насос; 14-  
термо-метр

### ВИПРОБУВАННЯ ГІДРОМОТОРІВ

Схема випробовувань гідромоторів показана на рис 7.2, згідно з якою витрати робочої рідини, крутний момент і об'ємний ККД мають визначатись при номінальному тиску і номінальній частоті обертання.

Об'ємний ККД гідрометра визначають за формулою [ ].

$$\eta_{i\dot{i}} = \frac{V_{i\dot{i}} \cdot n}{Q_{\dot{a}} + Q_{\dot{\zeta\dot{a}}}}$$

де  $V_{i\dot{i}}$  - робочий об'єм гідромотора, см<sup>3</sup>/об;

$n$  - частота обертання гідромотора, об/хв.;

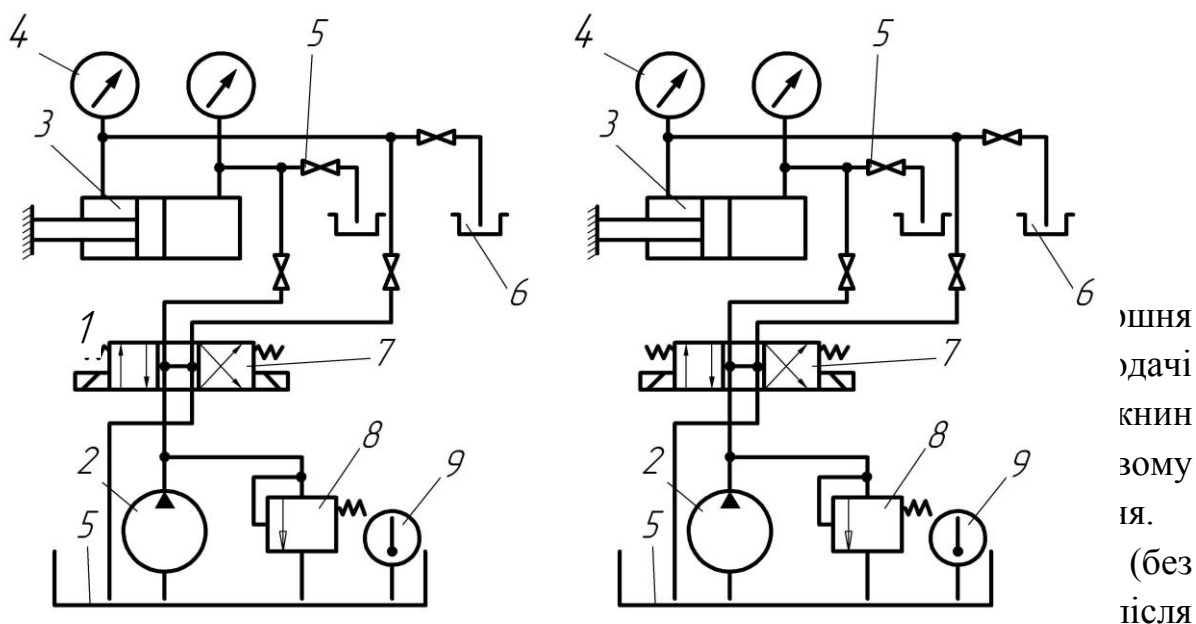
$Q_{\dot{a}}$ – номінальні витрати робочої рідини, см<sup>3</sup>/хв.

$Q_{\dot{\zeta\dot{a}}}$ - зовнішні витоки, см<sup>3</sup> /хв.

Робочий об'єм гідромоторів вказується в паспорті чи в іншій документації на гідромотор. Крім того, в роботі [24] описано два методи практичного визначення робочого об'єму: метод мірної ємкості і метод «двох частот обертання».

### ВИПРОБУВАННЯ ГІДРОЦИЛІНДРІВ

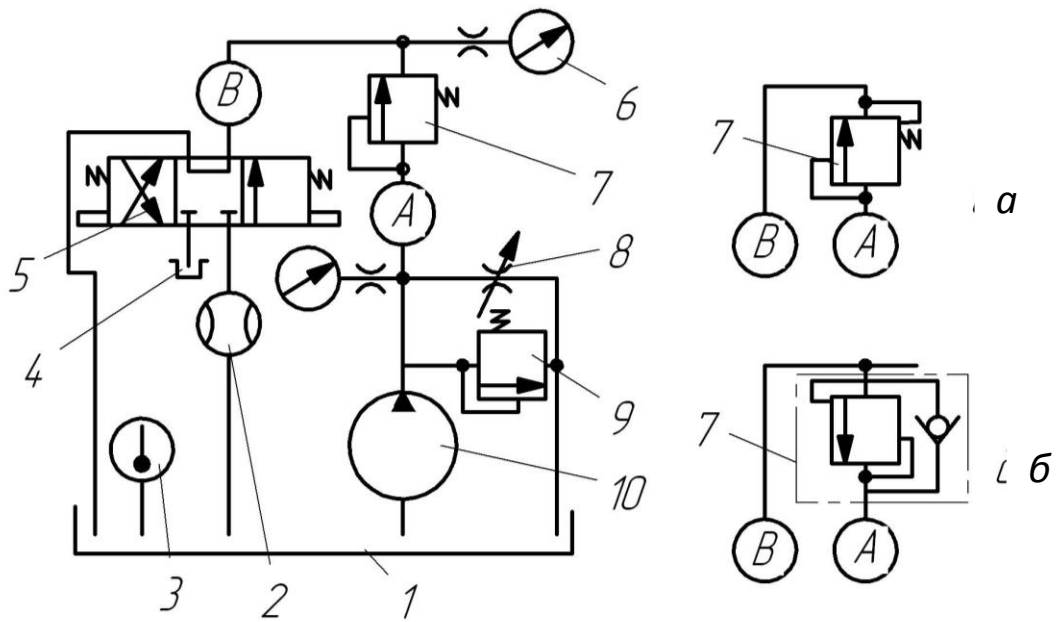
Схема випробування гідравлічних циліндрів показана на рис. 7.3. Величина внутрішніх витоків рідини визначається в кінцевих і середньому положеннях поршня при тиску не менше 1,25 від номінального на другій хвилині після зупинки поршня і стабілізації тиску. Час вимірювань витоків в кожному положенні має складати не менше 2хв.



Зрушення подають роботу рідини в одну із порожнин гідроциліндра. Рух поршня (плунжера) при цьому повинен бути плавним.

### ВИПРОБУВАННЯ ЗАПОБІЖНИХ КЛАПАНІВ І КЛАПАНІВ ПОСЛІДОВНОСТІ

Схеми випробування цих клапанів показано на рис 7.4. Змінення витрат через дослідний апарат 7 тут забезпечується переналадженням дроселя 8. Перепад тисків на дослідному апараті визначається різницею показань манометрів, які установлені на вході і виході дослідного апарата. Вимірювання здійснюється мірною ємкістю, а також витратоміром 2, які з'єднуються незалежно один від іншого з об'єктом випробування 7 за допомогою розподільника 5.



1-бак; 2-витратомір; 3-термометр; 4-мірна ємкість; 5-розподільник; 6-манометр; 7-апарат випробування; 8- дросель; 9-запобіжний клапан; 10-насос

**Рисунок 7.4**

*Схеми випробування запобіжних клапанів, гідроклапанів послідовності (а) і гідроклапанів послідовності із зворотнім клапаном (б)*

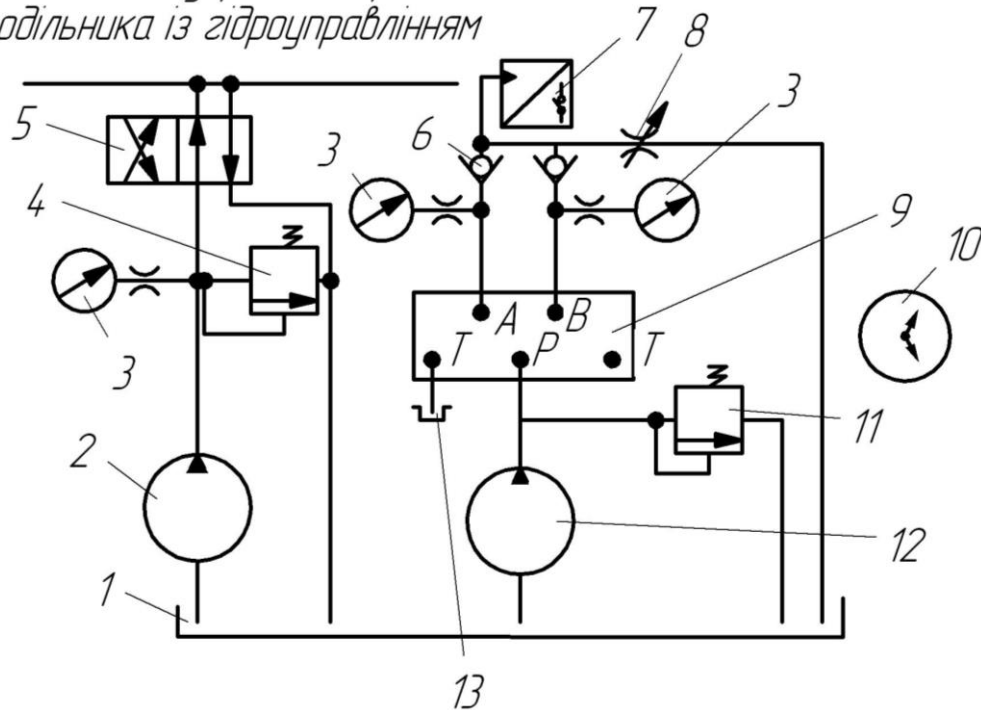
#### **ВИПРОБУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИКІВ**

Схема випробування розподільників із ручним, електричним, гідравлічним і електрогідравлічним управлінням показана на рис. 7.5.

Насос 2 використовується у тих випадках, коли випробуванню піддаються розподільники з гідравлічним і електрогідравлічним управлінням, тобто позиції 2, 3, 4, 5 відносяться до системи управління і не впливають на роботу інших елементів.

Перевірка роботи розподільників здійснюється манометрами 3, які приєднані до відводів розподільника в середньому і крайніх положеннях при номінальному (робочому) тиску. Величина тиску налаштовується запобіжним клапаном 11. Функцію навантажувача виконує дросель 8.

*До системи управління розподільника із гідроуправлінням*



1-бак; 2-насос системи управління; 3-манометри; 4,11-запобіжні клапани; 5-розподільник; 6-зворотні клапани; 7-реле тиску; 8-дросель; 9-розподільник-об'єкт випробування (А, В- до циліндрів, Р-підвід, Т-відвід); 10-електросекундомір; 12-насос; 13-мірна ємкість

### **Рисунок 7.5**

*Схема випробування розподільників*

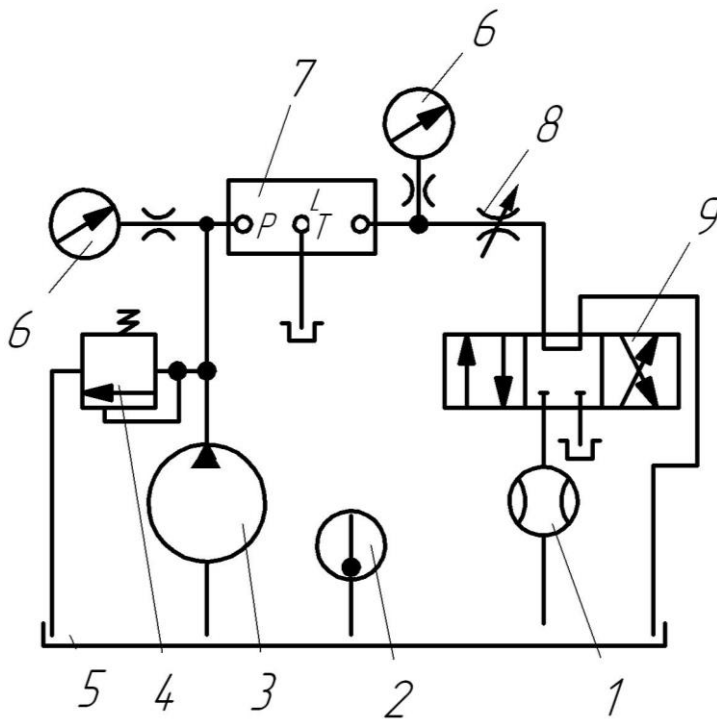
Сумарні витoki через зазори розподільника вимірюють в двох крайніх положеннях золотника за допомогою мірної ємкості 13, що з'єднана із зливним отвором розподільника Т. При випробуваннях розподільників із гідравлічним і електрогідравлічним управлінням виміри здійснюють при мінімальному тиску управління, яке установлюється шляхом відповідного налагодження запобіжного клапана 4 системи управління. При цьому розподільник повинен чутко перемикатись, а його золотник (скалка) утримуватись у крайніх положеннях.

Перевіряння можливості регулювання часу спрацьовування здійснюється за допомогою дроселів, які передбачені в окремих типах золотників.

### **ВИПРОБУВАННЯ ДРОСЕЛІЙ**

При випробуванні дроселей (рис. 7.6) виміряють відхилення витрат робочої рідини при зміні тиску, різницею між тиском на вході і на виході манометрами, витоків масла через закритий дросель із дренажного отвору L.

Величина тиску регулюється запобіжним клапаном 4. Витоки вимірюються за допомогою мірної ємкості 10, а витрати рідини, що проходить через дросель, - витратоміром 1.



1-витратомір; 2-термометр;  
3-насос; 4-запобіжний клапан;  
5-бак; 6-манометри; 7-об'єкт  
випробовування-дросель ( P-  
підвід; T-злив; Д -дренаж); 8-  
навантажувальний пристрій;  
9-розподільник; 10-мірна єм-  
кість  
Зіхідними показниками  
нормальної роботи дроселя  
мають бути: відповідність  
алі дроселя; здатність дроселя  
і тиску рідини в гідросистемі;

допустимі витоки рідини через дренажний отвір і втрати тиску (вказані в паспорті).

Витоки масла через дренажний отвір (при закритому дроселі) здійснюється при номінальному тиску на 2-й хвилині після налагодження тиску.

Різницею між тиском на вході і тиском налагодження перевіряється у діапазоні від мінімального до максимального.

### ВИПРОБУВАННЯ РЕДУКЦІЙНИХ КЛАПАНІВ

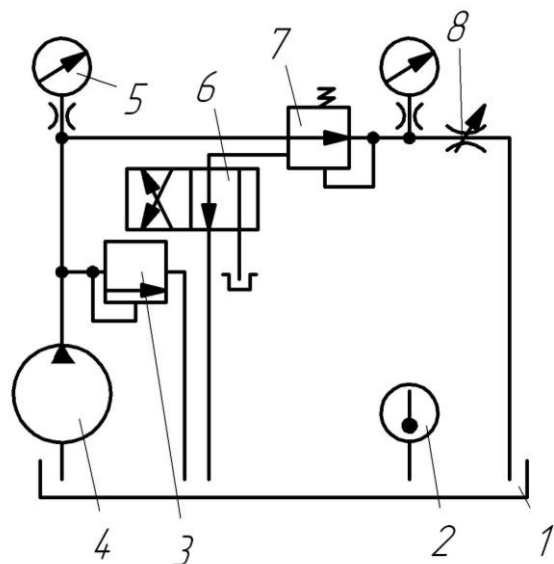
Схема випробування редукційних клапанів показана на рис. 7.7. Вихідними показниками випробовувань мають бути відповідність меж і плавності регулювання редукованого тиску та його стабільність.

Межі регулювання редукованого тиску перевіряють при номінальному тиску перед клапаном шляхом змінення редукованого тиску, що підлягає налагодженню, у всьому діапазоні тисків. Перевірку здійснюють не менше 2-3 разів.

Стабільність редукованого тиску при незмінному режимі перевіряють за допомогою манометра, що установлений за клапаном, і перекритих (за допомогою пристрою 8) витратах через клапан на протязі 5 хв. Одночасно за

допомогою мірної ємкості перевіряють витрати рідини через клапан налагодження.

Стабільність редукованого тиску при змінненні витрат від найбільших до найменших перевіряють за допомогою манометра, який установлений за клапаном, при двох-трьох значеннях витрат і найбільшій і найменшій різниці тисків перед клапаном і за ним.



1-бак; 2-термометр; 3-запобіжний клапан; 5-манометри; 6-розподільник; 7-дослідний редуційний клапан; 8-навантажувальний пристрій

**Рисунок 7.7**

Стабільність редукованого тиску при змінненні підведеного до клапана тиску перевіряють за допомогою манометра, який установлено за клапаном, при трьох-чотирьох різних діапазонах тиску перед клапаном і за ним.

Випробування інших гідроелементів досить ґрунтовно описано в роботах [8,24].

## **8. РЕСУРС ТА НАПРАЦЮВАННЯ ГІДРОПРИВОДІВ І ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ**

У практиці експлуатації промислових гідроприводів і їх елементів установлено наступні показники надійності: *показник тривкості* (90-відсотковий ресурс); *показник безвідмовності* (90-відсоткове напрацювання до відмови); *показник збереженості* (середнє значення) [24]. Цими даними користуються експлуатаційники при плануванні обслуговування гідросистем. 90-відсотковий ресурс являє собою напрацювання, на протязі якого 90% елементів не досягає граничного стану, а 90-відсотків напрацювання до відмови напрацювання на протязі якого 90% елементів не отримують першу відмову. Середній термін збереженості – це є середнє статистичне значення термінів зберігання в обумовлених умовах, після чого допускається зменшення показника безвідмовності не більше, ніж на 10%.

Граничний стан це є стан елемента, при якому його експлуатація стає неефективною чи взагалі неможливою через неусувний (при поточному ремонті) вихід заданих параметрів за встановлені межі внаслідок зносу, руйнування основних деталей, чи те й інше.

Для багатоелементних об'єктів, елементи яких в процесі експлуатації замінюються з часом через відпрацювання ресурсу, показники надійності і граничний стан встановлюються умовно по основному елементу-насосу чи по іншому елементу з найменшим значенням показника довговічності (при відсутності насоса). Показники 90% ресурсу і 90% напрацювання та характеристики граничного стану основних видів гідравлічного обладнання наведено в табл. 7.7 [24].

**Таблиця 7.7**

Найменування обладнання	90%-вий ресурс (не менше), год	90%-ве напрацювання до відмови (не менше), год	Характеристики граничного стану
1	2	3	4
Насоси пластинчасті нерегульовані на тиск 6,3МПа з робочим об'ємом, см <sup>3</sup> 8-40 63-125 160-224	7000 5000 3000	4000 3000 1500	Падіння об'ємного ККД (коефіцієнта подачі), що вказаний у НТД*, більше ніж на 15%
Насоси пластинчасті нерегульовані на тиск 12,5 МПа з робочим об'ємом, см <sup>3</sup> 6,3-32 45-80	5000 3000	3000 1500	
Насоси пластинчасті нерегульовані на тиск 6,3 МПа з робочим об'ємом, см <sup>3</sup> 6,3-20 45-80	5000 3000	3000 1500	

**Продовження таблиці 7.7**

1	2	3	4
Насоси регульовані радіально-поршневі на робочий тиск, не більше МПа: 10 20	6000 5000	3000 3000	
Насоси регульовані аксіально-поршневі із торцевим розподіленням на тиск 32 МПа	5000	3000	
Гідромотори пластинчасті на тиск 6,3 МПа з робочим об'ємом , см <sup>3</sup> : 8-36 71-100 140-200	5000 5000 3000	3000 1500 1500	Падіння повного ККД, що вказаний у НТД, більш ніж на 15%
Гідромотори радіально- поршневі високомоментні	4000	2000	
Гідромотори аксіально- поршневі на тиск 6,3 МПа з робочим об'ємом до 160 см <sup>3</sup>	5000	3000	
Насос-мотори аксіально- поршневі на тиск до 32 МПа	5000	3000	Падіння об'ємного ККД більш ніж на 15%
Комплектний кроковий електрогідравлічний привод	10000	3000	Збільшення похибки кута повороту вихідного вала в 5 разів (відносно вказаного у НТД)
Дроселюючий гідророз- подільник із електроуправлінням	5000	2000	Збільшення витрат масла при середньому положенні золотника на 15% (відносно вказаного у НТД)
Гідроциліндри на робочий тиск (не більше), МПа: 10 32	10млн. циклів 4млн.циклів	0,6млн.циклів 0,5млн.циклів	Не усувне заміною ущільнень збільшення витоків більше ніж в 2 рази (відносно вказаних у НТД)



**Продовження таблиці 7.7**

1	2	3	4
Пневмогідроаккумулятори поршневі на тиск до 32 МПа з об'ємом 40л	0,5млн. циклів	0,25 млн. циклів	Порушення герметичності поршня, що не усувається через заміну ущільнень
Гідроклапани запобіжні прямої дії на робочий тиск не більше, МПа: 10 20 32	1500 1250 1000	750 600 500	Збільшення витоків, що вказані у НТД, більше ніж у три рази.
Дроселі на робочий тиск не більше, МПа: 20 32	20000 10000	5000 3000	
Гідрозамки односторонні на робочий тиск до 32 МПа з умовним проходом, мм: до 32 40-80	6млн.циклів 3млн.циклів	1млн.циклів 1млн.циклів	Збільшення витоків, вказаних у НТД, більше ніж у 3 рази
Гідроклапани послідовності(напірні золотники) на робочий тиск не більше, МПа: 10 20	20000 14000	4000 400	Збільшення витоків, вказаних у НТД, більш ніж в 4 рази
Гідророзподільники напрямні на робочий тиск до 32 МПа	6млн. циклів	3млн.циклів	Збільшення витоків, вказаних у НТД, більш ніж у 1,5 рази
Реле тиску на робочий тиск до 32 МПа	5млн.циклів	1 млн. циклів	Збільшення витоків, вказаних у НТД, більш ніж у 2 рази
Ділильники потоку на робочий тиск до 20 МПа	10000	3000	
Гідроклапани зворотні модульні	3млн.циклів	1млн.циклів	
Гідроклапани тиску модульні	10000	3000	

Гідроклапани витримування часу	5млн.циклів	1млн. циклів	
*НТД- нормативно-технічна документація			

## 9. ХАРАКТЕРНІ НЕСПРАВНОСТІ В РОБОТІ ГІДРОСИСТЕМ ТА ЗАХОДИ ЩОДО ЇХ УСУНЕННЯ

Особливістю гідросистем є те, що тут неможливо оперативно і одно-значно визначити «слабку» ланку у гідравлічному ланцюзі. Наприклад, встановлено, що частота обертання гідромотора нижче за необхідну. Причиною цього, як вказано в роботі [24], можуть бути:

- недостатня подача насоса;
- неправильне налагодження витрат на в ході в гідромотор;
- засмічування редукційного клапана в дроселі з регулятором;
- збільшення втрат робочої рідини в гідросистемі;
- неправильне налагодження запобіжного клапана;
- навантажувальний крутний момент на валу гідромотора вищий за крутний момент, що створюється гідромотором при встановленій частоті обертання.

В свою чергу кожний з цих факторів залежить від інших обставин. Наприклад, недостатня подача насоса може спричинятись великими витоками робочої рідини, несправністю самого насоса та інших елементів гідросистеми. В зв'язку з цим виникає необхідність у перевірненні стану цілої низки елементів і побічних факторів гідросистеми.

Для певної орієнтації у визначенні несправності гідросистем можна скористатись табл. 7.8 [24].

**Таблиця 7.8**

*Характерні несправності в роботі гідросистем*

Несправність	Причина несправності	Спосіб усунення несправності
1	2	3
Насос не подає робочу рідину	1. Недостатній рівень робочої рідини у баку. 2. Підсмоктується повітря. 3. Занадто висока в'язкість робочої рідини.	1.Долити робочу рідину. 2.Усунути місця підсмоктування повітря. 3.Замінити робочу рідину чи нагріти її до 45-50°С.

**Продовження таблиці 7.8**

1	2	3
<p>Насос працює з підвищеним шумом, гідробак заповнюється піною, тиск у системі різко коливається. Нерівномірний рух робочих органів</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наявність повітря в гідросистемі.</li> <li>2. Понижений рівень робочої рідини в гідробаку.</li> <li>3. Несправна манжета.</li> <li>4. Руйнування деталей нагнітального клапана насоса.</li> <li>5. Нечітка робота запобіжного клапана внаслідок зносу робочої поверхні сідла чи забруднення робочої рідини.</li> <li>6. Заїдання робочих елементів насоса(пластина, поршень, плунжер).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Перевірити герметичність місць з'єднань всмоктуючих і зливних трубопроводів. Випустити повітря із гідросистеми.</li> <li>2.Заповнити гідробак до нормального рівня.</li> <li>3.Замінити манжету.</li> <li>4.Замінити зруйновані деталі чи насос.</li> <li>5.Усунути риски і подряпини на робочій поверхню сідла клапана. Промити клапан, замінити робочу рідину.</li> <li>6.Усунути причини заїдання., промити насос.</li> </ol>
<p>Підвищений шум, внутрішні удари, перегрів корпусу насоса</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Відмовили підшипники насоса.</li> <li>2. Руйнування вала насоса.</li> <li>3. Обривання підп'ятника насоса.</li> <li>4. Заклинили хитні елементи насоса.</li> <li>5. Засмічення всмоктувальної труби чи фільтра.</li> <li>6. Засмічення повітря по всмоктувальній трубі чи по валу насоса.</li> <li>7. Надмірно висока в'язкість робочої рідини.</li> <li>8. Робоча рідина насичена повітрям(наявність бульбашок повітря в маслі)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Замінити підшипники.</li> <li>2.Відремонтувати насос.</li> <li>3.Ремонт насоса.</li> <li>4.Ремонт насоса.</li> <li>5.Прочистити всмоктувальну трубу і промити фільтр чи замінити фільтроелементи.</li> <li>6.Збільшити занурення трубопроводу і замінити ущільнення носика вала насоса.</li> <li>7.Нагріти робочу рідину до 45-50С.</li> <li>8.Встановити в баку додаткові перегородки, що збільшують шлях проходження робочої рідини від зливу до всмоктування.</li> </ol>
<p>Нестабільний тиск гідросистеми</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заїдання чи руйнування пластин або поршня насоса, що спричиняє</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Замінити насос чи розібрати його і притерти пластини або поршні до усунення заїдання.</li> </ol>

	<p>підвищений шум.</p> <p>2. Засмічений демпферний отвір запобіжного клапана чи клапан заклинено у відкритому положенні.</p> <p>3. Підвищені витоки у гідросистемі</p>	<p>2.Розібрати клапан ,промити і притерти.</p> <p>3.Усунути витоки.</p>
Нерівномірний рух вихідних ланок гідродвигунів	<p>1. Наявність повітря у гідросистемі.</p>	<p>1.Віддалити повітря.</p>

### Продовження таблиці 7.8

1	2	3
Нерівномірний рух вихідних ланок гідродвигунів	<p>2. Робота на тисках, що близькі до тиску, на який відрегульовано запобіжний клапан.</p> <p>3. Нерівномірна подача внаслідок руйнування чи заїдання однієї чи декількох пластин або поршней.</p> <p>4.Перетягнені ущільнення штока циліндра.</p> <p>5.Недостатній противотиск у зливній порожнині гідроциліндра чи гідромотора.</p>	<p>2.Зменшити робочий тиск чи збільшити тиск налагодження запобіжного клапана.</p> <p>3.Відремонтувати чи замінити насос.</p> <p>4.Відрегулювати затягнення ущільнень.</p> <p>5.Підвищити противотиск на зливній магістралі.</p>
Відсутність робочого тиску у поршневій порожнині циліндра, повільний рух штока, потьоки масла по штоку(плунжеру)	<p>1.Знос ущільнень.</p>	<p>1.Замінити ущільнення.</p>
Надмірне нагрівання робочої рідини	<p>1.Підвищення тиску в напорній магістралі.</p> <p>2.Відсутнє розвантаження насоса.</p> <p>3.Несправність терморегулюючих пристроїв.</p> <p>4.Утворення накипу у водяній</p>	<p>1.Зменшити тиск.</p> <p>2.Передбачити розвантаження.</p> <p>3.Відремонтувати чи замінити терморегулюючу апаратуру.</p> <p>4.Протравити і промити</p>

	порожнині чи відкладання смоли у масляній порожнині водяного маслоохолодника. 5. Витрати робочої рідини не відповідають технічній характеристиці маслоохолодника.	масло- охолодник.  5. Установити більший чи додатковий маслоохолодник.
При вмиканні електромагнітів розподільника не рухається золотник	1. Несправність електромагніта. 2. Підвищений вміст механічних домішок у робочій рідині.	1. Відремонтувати чи замінити електромагніт. 2. Промити деталі гідророзподільника, а також перевірити надійність фільтрувальних елементів.
Підвищений нагрів котушки електромагніта чи підвищений шум при його спрацьовуванні	1. Попадання забруднення на поверхню контакту між ярмом і якорем. 2. Руйнування демпферного короткозамкненого витка.	1. Усунути забруднення. 2. Замінити електромагніт.

## 10. КОНТРОЛЬ СТАНУ І ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ГІДРОСИСТЕМ

Періодичність і порядок проведення технічного обслуговування гідро-систем регламентуються технічною документацією з їх експлуатації. Загалом же щоденно перед початком роботи належить перевіряти наступне: рівень робочої рідини у гідробаку; робочий тиск у гідросистемі; швидкість переміщення вихідних ланок гідродвигунів; стан фільтрів; герметичність з'єднань і ущільнень [24].

При наявності у гідроприводі відповідних гідравлічних елементів слід щоденно перед початком роботи перевірити: настроювання реле тиску, робочий тиск у системі охолодження; тиск у газовій порожнині пневмогідроакумулятора; тиск у рідинній порожнині пневмогідроакумулятора; стан манометрів в обох порожнинах пневмогідроакумулятора та інше.

Рівень робочої рідини рекомендовано перевіряти при непрацюючому гідроприводі в такому положенні його робочих органів, коли гідросистема має мінімальний об'єм [24].

Робочий тиск за показаннями манометрів не повинен перевищувати найбільшого значення, яке вказано в технічній документації (інструкціях, інших керівних матеріалах) на експлуатацію. При налагодженні гідросистеми можуть використовуватись додаткові манометри, які після закінчення налагодження належить відключати від гідросистеми. Не допускається

використання пошкоджених манометрів, які можуть призвести до втрати контролю над гідросистемою.

Міру забрудненості фільтрелементів, при якій необхідна їх заміна, визначають за допомогою індикаторів. Щілинні фільтри очищують двома-трьома поворотами рукоятки.

При пониженому тиску у гідросистемі, перш за все, належить звернути увагу на стан запобіжного клапана з переливним золотником, оскільки через попадання у допоміжний клапан (сідло+кулька) бруду порушиться герметичність останнього і, як наслідок, утворення суттєвих витоків робочої рідини. Очищення можна здійснити декількома двобічними поворотами гвинта налагодження тиску. Якщо ж ця дія не вирішує задачу, то належить шукати інші причини. Ними можуть бути несправність насосу чи надмірні витoki рідини через інші елементи гідросистеми.

Причиною зниження швидкості руху гідродвигунів (гідроциліндрів і гідромоторів) може бути засмічення дроселей та облітерація їх каналів. Особливо облітерація (зарощування каналів твердими частками і окислами, що, як правило, перебувають у робочій рідині) має суттєвий вплив при малих витратах рідини. Очистити дросель можна поворотом рукоятки від нульового до максимального положення декілька разів.

Всі перевірки рекомендується проводити у налагоджувальному режимі. При підтіканнях робочої рідини належить підтягнути з'єднання і ущільнення, що має здійснюватись лише при непрацюючих гідроприводах.

Через кожні три місяці експлуатації гідросистем необхідно відбирати проби робочої рідини для фізико-хімічного аналізу стосовно визначення кінематичної в'язкості при 50°C, вмісту води, класу чистоти і кислотного числа. Робочу рідину слід замінити у випадках, коли в'язкість змінилась на  $\pm 30\%$  по відношенню до вихідної в'язкості, вміст води складає біля 0,2%, клас чистоти не відповідає вказаному в інструкції з експлуатації, кислотне число збільшилось більше ніж на 30% у порівнянні з кислотним числом робочої рідини при поставці.

При цьому слід мати на увазі те, що зменшення в'язкості приводить до погіршення мастильних властивостей робочої рідини і, як наслідок, до підвищення зносу гідрообладнання, збільшуються витoki робочої рідини. Із збільшенням кислотного числа утворюється плівка на деталях, що може призводити до заклинювання клапанів, золотників (особливо при високих тисках через малі зазори у рухомих з'єднаннях гідроапаратури). Збільшення вмісту води у робочій рідині призводить до корозійних явищ в елементах гідросистеми, зниження мастильних властивостей, зменшення в'язкості

робочої рідини, утворення хімічних сполук, що покривають тонким шаром робочі поверхні гідроапаратури.

Рекомендується також контролювати і густину робочої рідини [24]. Адже підвищення густини робочої рідини спричиняє до кавітаційних явищ у гідросистемі, зменшує об'ємний ККД насосів, а зменшення густини зменшує мастильну властивість рідини і жорсткість гідропривода, підвищує окисну здатність масла, сприяє піноутворенню. Змінення густини робочої рідини допускається в межах  $\pm 10\%$  початкового значення.

Таким чином виходить, що особливу увагу належить приділяти стану робочої рідини, який в значній мірі залежить від ефективності її фільтрування при надходженні в бак як при циркуляції в гідросистемі, так і заправці.

Інші несправності виявлені під час контролю, можна усувати за допомогою заходів, що вказані в таблиці 7.8.

Контроль параметрів гідросистем металургійних агрегатів дуже важливий, оскільки несвоєчасне виявлення і усунення порушень у роботі гідросистем призводить до аварії агрегатів і зупинки всієї технологічної лінії з великими матеріальними затратами.

Тому в останні роки для контролю стану насичених гідросистем застосовуються як переносні засоби технічного діагностування, так і постійно діючі діагностичні системи. Переносні засоби описано у п'ятому розділі даного посібника. Зокрема розглянуто датчики, перетворювачі і реле тиску, витратоміри, засоби контролю і виміру температури, а також універсальні засоби моніторингу гідросистем у вигляді гідротестерів, що відносяться до складу механічних і електронних.

Проте велика насиченість гідроприводом багатьох агрегатів, численних насосно-акумуляторних станцій на всіх ділянках цехів робить неможливим за допомогою переносних засобів забезпечення своєчасного контролю, обслуговування і запобігання аварій. Тому вкрай доцільно використовувати постійно діючі діагностичні системи, що подають на централізований пульт вичерпну інформацію про технічний стан системи.

Вони складаються із таких же первинних елементів (датчиків), що і в переносних засобах, але установлюються стаціонарно і поєднані загальною електронною системою, яка оснащена комп'ютерною технікою і ґрунтовним програмним забезпеченням, що дозволяє в цілому не тільки оперативно оцінювати поточний стан агрегату, а й прогнозувати його подальшу працездатність [12].