

*Н. М. ФАТЄЄВА, О. М. ФАТЄЄВ, В. В. ПОЛЯКОВ, А. В. ШИЯН, Д. О. ОХРІМЕНКО*

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ МОДУЛЬНОЇ ГІДРОАПАРАТУРИ

Модульна гідроапаратура являє собою набір взаємозамінних компонентів, які можуть бути легко інтегровані в наявні системи або використані для створення нових. Гідроапаратура модульного виконання не тільки спрощує процес проєктування і монтажу гідросистем, а й значно скорочує час на обслуговування і модернізацію приводів, дає змогу знизити витрати на експлуатацію гідросистем. Метою статті є узагальнення даних щодо сучасної модульної гідроапаратури, що дасть змогу фахівцям конструювати різноманітні гідроприводи зі знаходженням найкращих компоновальних рішень для заданих конкретних умов експлуатації. Гідроапаратура модульного виконання не тільки має всі переваги звичайної гідроапаратури стикового виконання, але й дозволяє виконати гідравлічний привід легким, компактним, зручним для монтажу та експлуатації без з'єднуючих трубопроводів. Це дає змогу стикувати гідроапарати і встановлювати їх на плити, забезпечуючи зручний і компактний монтаж найчастіших типових схем гідроприводу. Найпростіша форма приєднання апарату модульного та стикового монтажу – це його встановлення на одномісній монтажній плиті та з'єднання плит між собою за допомогою трубопроводів. Багатомісні монтажні плити спільно з модульним принципом (з'єднання за висотою) забезпечують можливість компактного розміщення гідроапаратури для кількох споживачів. Тут не потрібні з'єднувальні трубопроводи і є лише кілька місць, які мають бути герметизовані, а саме стикові поверхні та отвори для вкрутних штуцерів. Багатомісні плити є базовим елементом гідросистеми для підключення до десяти елементів управління у вертикальній конструкції (монтажних «сандвіч» плит та клапанів). Використання апаратури модульного монтажу в гідроприводі є ефективним рішенням для сучасних виробничих процесів. Це забезпечує гнучкість, простоту обслуговування, економію витрат і можливість інтеграції з новими технологіями, що робить вибір модульної гідроапаратури привабливим варіантом для багатьох підприємств.

**Ключові слова:** гідравлічні системи, модульний монтаж, умовний прохід, проєктування, монтажні плити, гідроапарати модульного виконання.

*N. FATIEIEVA, O. FATYUEYEV, V. POLIAKOV, A. SHYIAN, D. OKHRIMENKO*

## FEATURES OF DESIGNING HYDRAULIC SYSTEMS BASED ON MODULAR HYDRAULIC EQUIPMENT

Modular hydraulic equipment consists of a set of interchangeable components that can be easily integrated into existing systems or used to create new ones. Modular hydraulic equipment not only simplifies the design and installation process of hydraulic systems but also significantly reduces maintenance and modernization time for drives, allowing for lower operational costs of hydraulic systems. The aim of this article is to summarize data on modern modular hydraulic equipment, enabling specialists to design various hydraulic drives while finding optimal layout solutions for specific operating conditions. Modular hydraulic equipment not only possesses all the advantages of conventional block-type hydraulic equipment but also allows for the creation of lightweight, compact, and convenient hydraulic drives for installation and operation without connecting pipelines. This facilitates the connection of hydraulic units and their installation on plates, providing convenient and compact assembly of the most common standard hydraulic drive configurations. The simplest form of connection for modular and block-mounted equipment is its installation on a single mounting plate and the connection of plates to each other using pipelines. Multi-seat mounting plates, combined with the modular principle (vertical connections), enable compact placement of hydraulic equipment for multiple consumers. In this setup, connecting pipelines is unnecessary, and only a few points need to be sealed, specifically the joint surfaces and holes for threaded fittings. Multi-seat plates serve as the basic element of the hydraulic system for connecting up to ten control elements in a vertical configuration (mounting "sandwich" plates and valves). Modular mounting equipment in hydraulic drives is an effective solution for modern manufacturing processes. It provides flexibility, ease of maintenance, cost savings, and the ability to integrate with new technologies, making modular hydraulic equipment an attractive option for many enterprises.

**Keywords:** hydraulic systems, modular mounting, nominal diameter, design, mounting plates, modular hydraulic devices.

**Вступ.** Гідропривод є одним із найдосконаліших засобів автоматизації та механізації машин у різних галузях промисловості [1; 2]. Широке впровадження гідроприводу висуває до нього дедалі вищі вимоги не тільки щодо поліпшення роботи, розширення функціональних можливостей, але також і щодо вдосконалення монтажу, підвищення компактності привода, зручності обслуговування та експлуатації [3; 4].

Поява модульної гідроапаратури стала наслідком робіт з підвищення компактності гідроприводу завдяки мініатюризації їх складових частин і застосування модульного монтажу.

Модульна гідроапаратура являє собою набір взаємозамінних компонентів, які можуть бути легко інтегровані в наявні системи або використані для створення нових. Гідроапаратура модульного виконання не тільки спрощує процес проєктування і монтажу гідросистем, а й значно скорочує час на

обслуговування і модернізацію приводів [5], дає змогу знизити витрати на експлуатацію гідросистем.

Загалом, модульний монтаж у гідроприводі надає безліч переваг, які роблять його актуальним вибором для сучасних промислових рішень.

**Аналіз стану питання.** Принцип модульного монтажу полягає в тому, що апарати різного функціонального призначення встановлюють один на інший у певній послідовності, що визначається схемою гідроприводу, утворюючи блоки. Кожен із цих апаратів-модулів має дві стикові площини, однакові за розмірами, розташуванням і кількістю каналів і кріпильних отворів із площиною розподільника, який встановлюється над усіма апаратами, замикаючи таким чином цей блок (у деяких випадках верхнім може бути інший апарат стикового приєднання, наприклад клапан тиску).

Переваги при використанні модульної гідроапаратури такі:

© Н. М. Фатєєва, О. М. Фатєєв, В. В. Поляков, А. В. Шиян, Д. О. Охріменко, 2024

- значно зменшується площа, яку гідропривод займає в машині, внаслідок чого зменшуються і габарити самої машини або ж у таких саме габаритах вдається виконати складніший гідропривод із більшими функціональними можливостями;

- також значно скорочується кількість трубопроводів та їхніх з'єднань, що дає економію в трубах і кінцевих з'єднаннях, а також дає змогу зменшити втрати тиску і шум у системі;

- значно спрощуються монтаж і демонтаж гідропаратури, що дає змогу зручно і швидко проводити ремонт приводу або заміну апаратів, які вийшли з ладу, легко, без порушення монтажною схеми, здійснювати модернізацію приводу: замінювати одні апарати іншими, видаляти апарати, які стали непотрібними, вводити раніше не передбачені схемою апарати [5].

Крім того, з'являється можливість вже на стадії проектування судити про характеристику гідроприводу машини, виходячи з характеристик апаратів-модулів, що входять до нього [6].

Всі перераховані переваги модульного монтажу зумовили його відносно швидке і широке поширення.

Однак, як показали практика і проведений аналіз прогресивних методів побудови і монтажу гідроприводів, виконання гідроприводів на базі лише модульного монтажу не завжди можливе і виправдане.

Якщо простий гідропривод (наприклад, привід вузлів затиску або фіксації, механізмів звантаження і розвантаження верстатів і автоматичних ліній) являє собою закінчений модульний блок, то складніший гідропривод зазвичай містить кілька модульних блоків або являє собою комбінацію таких блоків з іншою гідроапаратурою, змонтованою іншим способом [7].

Слід відзначити, що для гідросистем з високим і надвисоким тиском і великими витратами робочої рідини, іншим напрямком у побудові гідроприводів з безтрубним способом монтажу, є створення гідросистем з використанням клапанної вбудованої в отвори гідроапаратури, яка виконується на базі зворотного клапана, керованого гідравлічним або електрогідравлічним способом [8].

Побудова сучасних гідроприводів має відбуватися із застосуванням усіх видів апаратури для того, щоб могли бути максимально використані переваги кожного виду [9]. Зокрема, як показали дуже багато розробок і промисловий досвід, спільне застосування модульної та стикової апаратури забезпечує універсальність, компактність, придатність для типових рішень, а головне – досягнення найкращих технічних параметрів.

**Мета.** Метою цієї статті є узагальнення даних щодо сучасної модульної гідроапаратури, що дасть змогу фахівцям конструювати різноманітні гідроприводи зі знаходженням найкращих компонувальних рішень для заданих конкретних умов експлуатації.

Ці дані будуть корисними для інженерно-технічних працівників, які займаються проектуванням, впровадженням та експлуатацією гідросистем у машинобудуванні та інших галузях промисловості.

Виробники гідравлічного обладнання постійно ведуть роботи з удосконалення конструкцій модульної гідроапаратури, підвищення її технічних параметрів, тому цілком зрозуміло, що можлива зміна і доповнення представлених в цій статті конструкцій, їх параметрів та інших даних.

**Основна частина. Призначення, склад і сфера застосування модульної гідроапаратури.** Модульна гідроапаратура може застосовуватися в гідросистемах метало- і деревообробних верстатів, ковальсько-пресового обладнання, виливних і ливарних машин, автоматичних ліній та іншого обладнання.

Комплекс модульної гідроапаратури містить гідроапаратуру регульовальну (клапани запобіжний і редукційний, дроселі зі зворотним клапаном) і розподільну (клапан зворотний, гідрозамок).

Модульну гідроапаратуру з умовним проходом  $DN = 6$  мм використовують переважно спільно з розподільником  $DN = 6$  мм.

Гідроапарати модульного виконання незалежно від їхнього функціонального призначення мають дві стикові площини з єдиними міжнародними габаритними і приєднувальними розмірами (рис. 1), виконаними згідно з рекомендацією ДСТУ ISO 4401:2008, та є аналогічною до інших стандартів, а саме: ISO 4401-03-02; Form A6 то DIN 24 340; NFPA N3.5.1 MR1/ANSI B93.7M-D03.

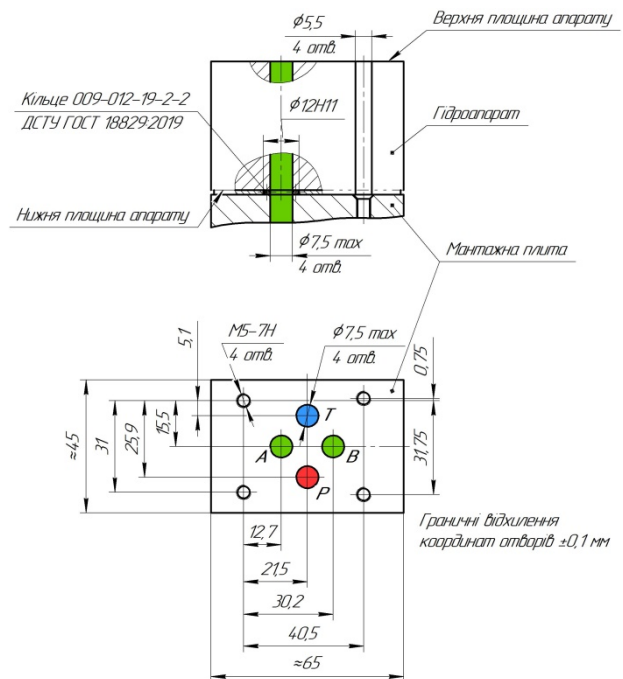


Рис. 1. Приєднувальні розміри монтажної плити та верхньої площини гідроапарата  $DN = 6$  мм:

$P$  – підведення;  $A, B$  – канали до порожнин виконавчого пристрою (гідроциліндра або гідромотора);  $T$  – злив

Гідроапаратура модульного виконання не тільки має всі переваги звичайної гідроапаратури стикового виконання, але й дозволяє виконати гідравлічний привід легким, компактним, зручним для монтажу та експлуатації без з'єднуючих трубопроводів. Це дає змогу стикувати гідроапарати і встановлювати їх на плити, забезпечуючи зручний і компактний монтаж найчастіших типових схем гідроприводу.

**Монтажні плити. Одномісні монтажні плити.**  
 Найпростіша форма приєднання апарату модульного та стикового монтажу – це його встановлення на одномісній монтажній плиті та з'єднання плит між собою за допомогою трубопроводів (рис. 2) [10; 11].

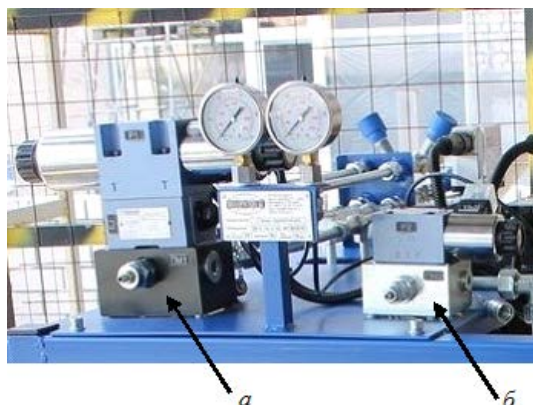


Рис. 2. Приклад використання одномісних монтажних плит за проектом групи компаній «Моторімпекс» [10]:  
 а – одномісна плита із вбудованим запобіжним клапаном,  $DN = 10$  мм; б – одномісна плита із вбудованим запобіжним клапаном,  $DN = 6$  мм

Зазвичай стикова поверхня знаходиться зверху, а відповідні нарізеві отвори – знизу і збоку (рис. 3). При

складанні гідравлічних схем і компонованні гідропанелей приводу поздовжні канали для проходження робочої рідини в монтажних плитах позначаються такими літерами: *P* – підведення потоку робочої рідини (червоний); *T* – злив робочої рідини (синій); *A*, *B* – лінії підведення робочої рідини до виконавчого пристрою (зелений).

На рис. 3, б представлено габаритні та приєднувальні розміри одномісної плити типу G342 фірми Rexroth, у якій: 1 – стикова площина (місце монтажу гідроапарата); 2 – технологічний виріз в плиті; 3 – отвори із нарізкою M5 для кріплення клапана до плити; 4 – гвинти для кріплення клапана; 5 – без отвору для розміщення штифта; 6 – місце для встановлення направляючого штифта діаметром 4 мм (використовується опціонально) [12].

У більшості випадків нарізеві отвори каналів *P*, *T*, *A*, *B* виконують за розмірами, які відповідають штуцерним з'єднанням згідно ДСТУ EN ISO 1179 (варіант нарізевого отвору під кінцевий штуцер із нарізкою BSPP G3/8 та еластомірним ущільненням приведено на рис. 4). Також поширені штуцерні з'єднання за стандартами DIN EN ISO 9974, DIN ISO 6149. В деяких випадках використовують конічну дюймову нарізь з кутом  $60^\circ$  (NPT/NPTF) за стандартом ANSI/ASME B 1.20.1-1983.

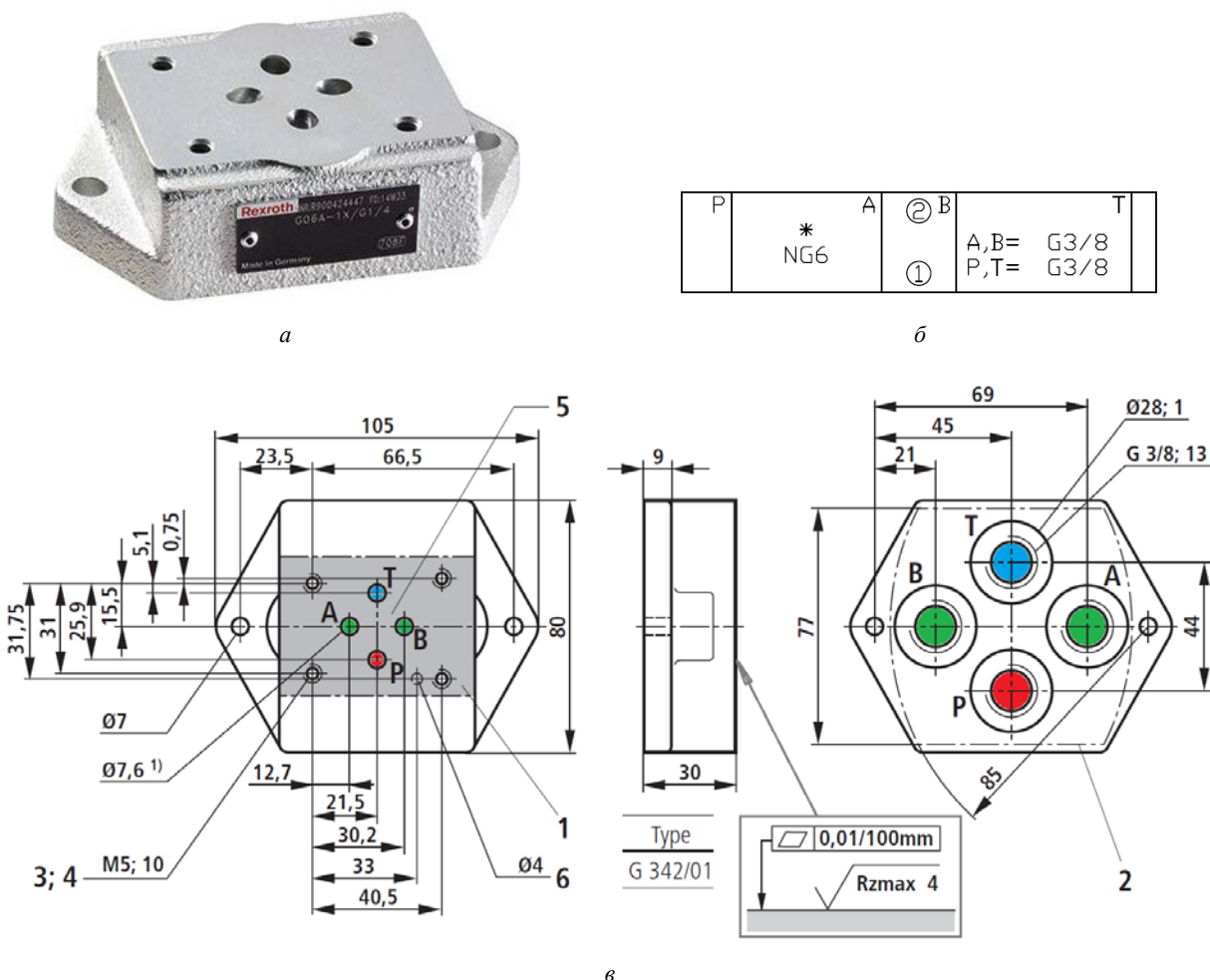


Рис. 3. Одномісна монтажна плита фірми Rexroth [12]:  
 а – загальний вигляд; б – гідравлічне позначення; в – габаритні та приєднувальні розміри плити типу G342

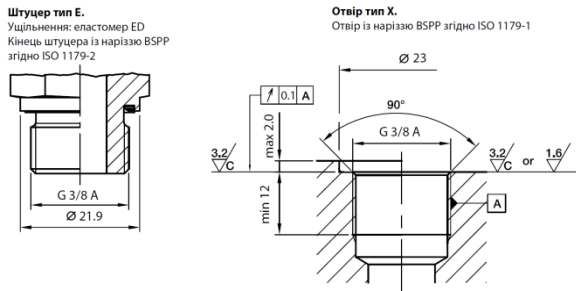


Рис. 4. Конструкція нарізкового отвору під кінцевий штуцер із нарізкою BSPP G3/8 та еластомірним ущільненням ED

Оскільки для нарізаних отворів потрібно багато місця, монтажна плита за розмірами часто перевищує розміри стикової поверхні гідроапарата. При цьому канали від стикової площини до відповідних нарізаних отворів можуть бути похилими або поперечними.

Для зручності використання монтажних плит деякі виробники пропонують плити з вмонтованим запобіжним клапаном прямої дії (рис. 5) [13]. Цей запобіжний клапан може виконувати функцію аварійного клапана тиску і відповідно налаштовуватися на значення аварійного (максимального робочого) тиску в гідравлічній

системі.

При проектуванні монтажних плит слід звернути увагу на наступні обов'язкові вимоги:

- монтажна площа (місце монтажу гідроапарата) повинна мати якість обробки поверхні  $R_{zmax} \leq 4$  мкм та вимогу до площинності  $\leq 0,01$  мм на 100 мм довжини;
- кріпильні болти повинні відповідати зазначеним у технічному паспорті розмірам, класу міцності і затягуватися заданим обертовим моментом.

**Багатомісні монтажні плити.** Часто живлення кількох споживачів здійснюється від одного загального трубопроводу. Якщо діаметри умовних проходів управляючих гідроапаратів дорівнюють або відрізняються не більше ніж на один ступінь (наприклад,  $DN = 6$  мм і  $DN = 10$  мм), рекомендується їх установка на багатомісних монтажних плитах (рис. 6).

Багатомісні монтажні плити спільно з модульним принципом (з'єднання за висотою) забезпечують можливість компактного розміщення гідроапаратури для кількох споживачів. Тут не потрібні з'єднувальні трубопроводи і є лише кілька місць, які мають бути герметизовані, а саме – стикові поверхні та отвори для вкрутних штуцерів.

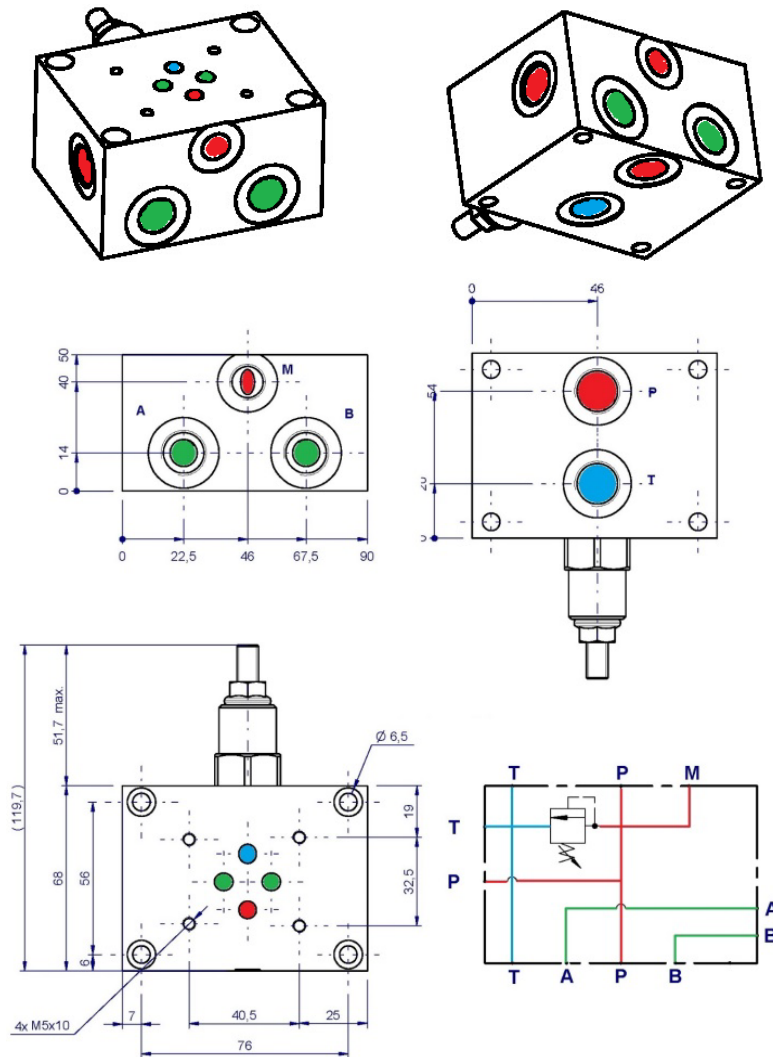


Рис. 5. Одномісна плита із вбудованим запобіжним клапаном типу BS030 фірми Oleodinamica Marchesini [13]

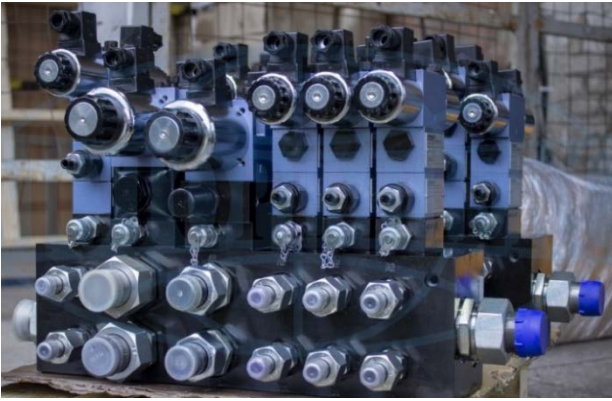


Рис. 6. Багатомісна монтажна плита з гідроапаратурою  $DN = 6$  мм та  $DN = 10$  мм за проектом групи компаній «Моторімпекс» [10]

Багатомісні плити є базовим елементом гідросистеми для підключення до десяти елементів управління у вертикальній конструкції (монтажних «сендвіч» плит та клапанів). У плиті виконано загальну лінію живлення (лінія  $P$ ) та загальну лінію

зливу (лінія  $T$ ), які проходять через дві передні сторони плити, а також окремі порти до виконавчих пристроїв (лінії  $A$  та  $B$ ). Порти  $A$  та  $B$  опціонально можуть бути розташовані внизу або збоку плити. Кожний порт маркується відповідним позначенням. Для зручності діагностування роботи гідросистеми, плити можуть бути виконані із вимірювальними портами (отвори  $MA$  та  $MB$ ). Наявність контрольних точок вимірювання тиску у виконавчих лініях полегшує налаштування, діагностику і введення в експлуатацію гідросистеми.

На рис. 7 наведено одну із основних типів багатомісних плит – плита  $DN = 6$  мм типу HSR 06 фірми Rexroth на шість позицій із вимірювальними портами  $MA$ ,  $MB$  [14].

Для компоновки гідроплити до загального обладнання гідросистеми, на верхній поверхні плити передбачено монтажні наскрізні гладкі отвори діаметром 6,8 мм, а також три нарізеві отвори  $M8-14$  на задній поверхні.

Принципова схема плити на три позиції із вимірювальними портами зображено на рис. 8.

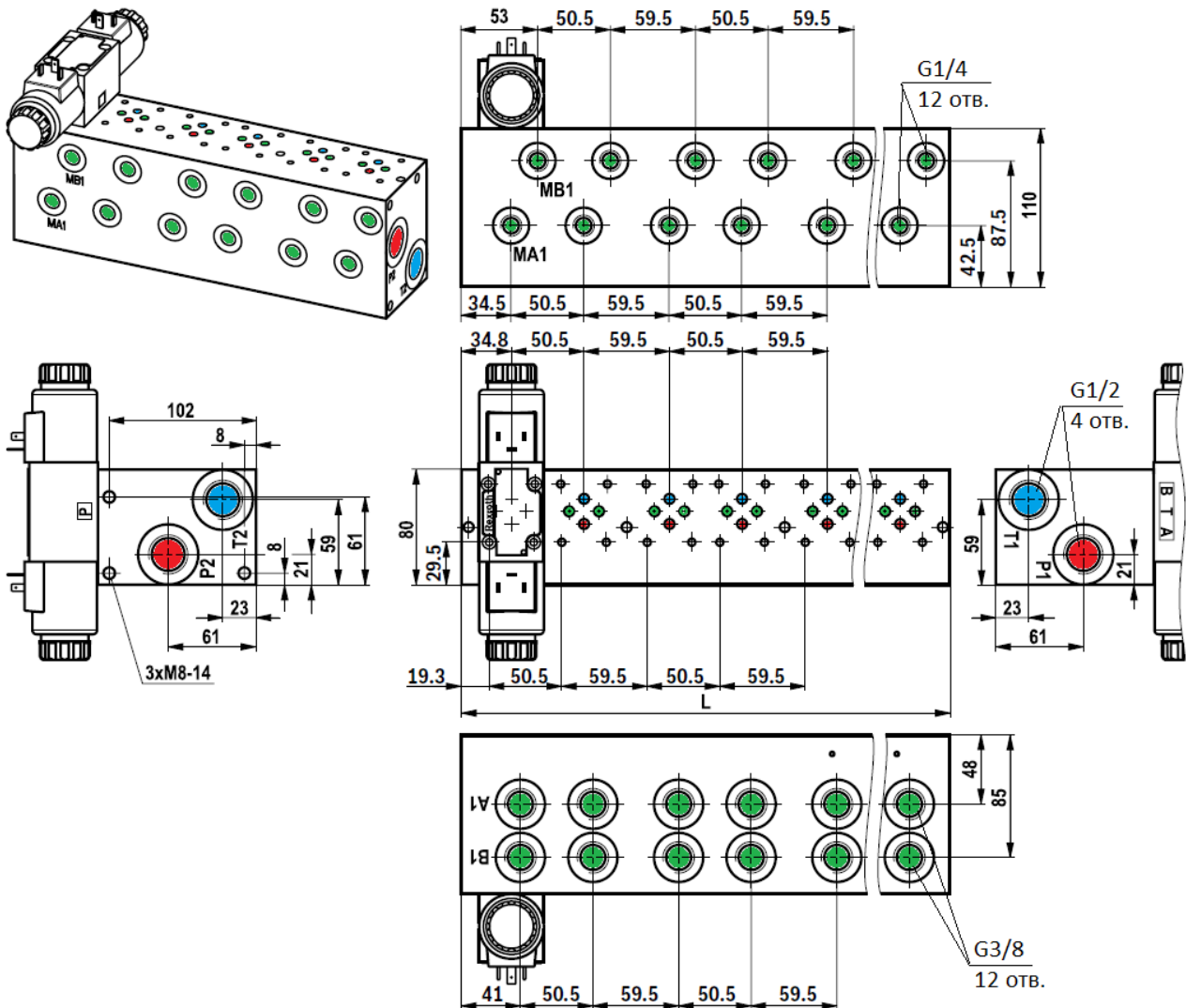


Рис. 7. Загальний вигляд та габаритні і приєднувальні розміри багатомісної плити для гідроапаратів  $DN = 6$  мм типу HSR 06 фірми Rexroth [14]

Як правило, монтажні плити виготовляють зі сталі та алюмінієвого сплаву. Максимальний робочий тиск у плитах із алюмінієвого сплаву становить 250 бар. Для плит, виготовлених зі сталі, максимальний робочий тиск становить 350 бар. Для захисту від атмосферного впливу на поверхню плит зі сталі наносять цинкове або фосфатне покриття (DIN EN ISO 9717).

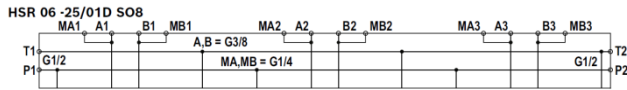


Рис. 8. Принципова схема плити на три позиції із вимірвальними портами

Як для одномісних плит, так і для багатомісних плит є виконання із вбудованим у лінію  $P$  запобіжним клапаном, який може виконувати функцію аварійного клапана.

Комплекс модульної гідроапаратури з умовним проходом  $DN = 6$  мм.

**Апаратура регулююча.** Розглянемо клапан запобіжний в модульному виконанні. Клапан запобіжний призначено для запобігання гідросистеми від перевантаження, а також для підтримання постійного тиску. В залежності від гідросхеми клапани запобіжні розташовуються між лініями  $P \rightarrow T$ ,  $A \rightarrow T$ ,  $B \rightarrow T$ ,  $A$  та  $B \rightarrow T$  або  $A \rightarrow B$  та  $B \rightarrow A$ .

Клапани тиску типу ZDB і Z2DB фірми Rexroth є запобіжними клапанами непрямої дії в модульному (секційному) виконанні [15]. Клапан непрямої дії типу ZDB 6 VA2 (рис. 9) захищає від перевантаження лінію  $A$  (схема:  $A \rightarrow T$ ).

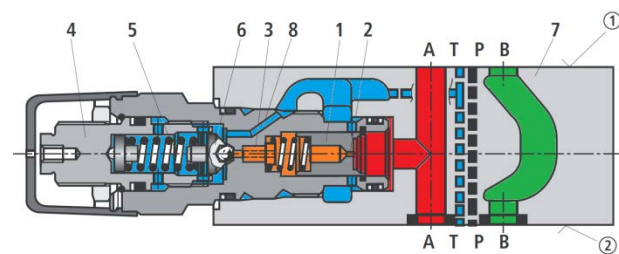


Рис. 9. Клапан запобіжний непрямої дії (схема  $A \rightarrow T$ ) типу ZDB 6 VA2 фірми Rexroth [15]

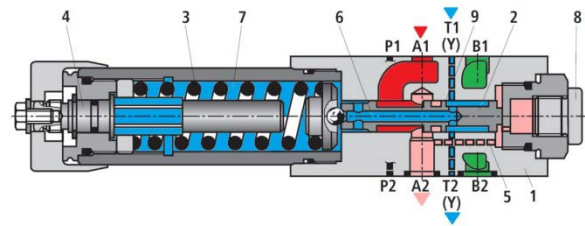
Клапани складаються з корпусу 7 і одного або двох клапанів тиску. Тиск у системі регулюється за допомогою регулювального елемента 4. У вихідному положенні клапани закриті. Тиск у каналі діє на поршень 1. Одночасно діє тиск через сопло 2 на стороні навантаження на пружину поршня 1 і сопло 3 на конусному запірному елементі 6 пілотного клапана. Коли тиск у каналі  $A$  перевищує тиск, встановлений на пружині 5, конусний запірний елемент 6 пілотного клапана відкривається.

Робоча рідина витікає з боку навантаження на пружину поршня 1 через сопло 3, канал 8 в канал  $T$ . Перепад тисків, що виникає внаслідок цього, переміщує поршень 1 і тим самим відкриває порт  $A$  до  $T$ , підтримуючи тиск, встановлений на пружині 5. Дренаж обох пружинних порожнин здійснюється через канал  $T$ .

Розглянемо редукційний клапан прямої дії типу ZDR фірми Rexroth в модульному (секційному) виконанні із захистом від перевищення тиску у вторинному контурі (рис. 10) [16]. Він використовується для зменшення тиску в системі.

Здебільшого редукційний клапан складається з корпусу 1, золотника, що управляє 2, пружини стиснення 3, виконавчого елемента 4 і зворотного клапана, на вибір.

Налаштування тиску вторинного контуру здійснюється за допомогою регулювального елемента 4.



Типу ZDR 6 DA1-4X/...YM...

Рис. 10. Редукційний клапан прямої дії типу ZDR фірми Rexroth [16]

Виконання «А». У вихідному положенні клапан відкритий. Робоча рідина може безперешкодно перетікати з каналу  $A1$  у канал  $A2$ . Тиск у каналі  $A2$  утворюється одночасно через канал управління 5 на поверхні золотника проти пружини стиснення 3. Щойно тиск у каналі  $A2$  піднімається вище за значення, встановлене на пружині стиснення 3, управляючий золотник 2 переміщується в положення регулювання проти пружини стиснення 3 і утримує на постійному рівні встановлений тиск у каналі  $A2$ .

Управляючий сигнал і мастило контуру управління надходять зсередини через канал управління 5 з каналу  $A2$ .

Якщо тиск у каналі  $A2$  продовжує зростати внаслідок зовнішнього силового впливу на споживача, то управляючий золотник 2 переміщується ще далі проти пружини стиснення 3.

За рахунок цього канал  $A2$  через дроселюючу кромку 9 на управляючому золотнику 2 і корпус 1 з'єднується з баком. До бака тече така кількість робочої рідини, що тиск далі не зростає. Відведення витоків із порожнини пружини 7 виконується завжди зовні через отвір 6 і канал  $T(Y)$ . Приєднаний манометр 8 забезпечує контроль тиску вторинного контуру на клапані.

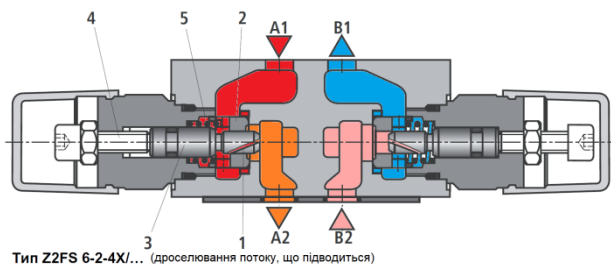
У виконанні «А» для вільного проходу робочої рідини від каналу  $A2$  у канал  $A1$  можна встановлювати зворотний клапан.

Виконання «Р» і «В». Для виконання «Р» редуктування тиску виконується в каналі  $P1$ . Управляючий сигнал і мастило контуру управління надходять зсередини з каналу  $P1$ . У виконанні «В» зменшується тиск у каналі  $P1$ , мастило контуру управління, однак, відбирається з каналу  $B$ .

Розглянемо дроселі зі зворотним клапаном в модульному (секційному) виконанні. Клапани типу Z2FS 6 фірми Rexroth являють собою здвоєні дроселі зі зворотним клапаном у вигляді проміжних

плит (рис. 11) [17].

Вони призначені для обмеження основної об'ємної витрати і об'ємної витрати управління у одного або двох портів споживача.



Тип Z2FS 6-2-4X/... (дроселювання потоку, що підводиться)

Рис. 11. Дросель зі зворотним клапаном типу Z2FS 6 фірми Rexroth [17]

Два дроселі зі зворотним клапаном, розташовані симетрично один до одного, обмежують потік в одному напрямку і забезпечують у зворотному напрямку вільний зворотний потік.

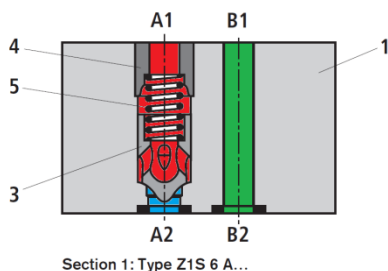
Під час дроселювання потоку, що підводиться, робоча рідина надходить каналом A1 через дросельний елемент 1, що складається із сідла 2 клапана і золотника 3 з дроселем, до споживача A2.

Осьове регулювання золотника 3 з дроселем виконує регулювальний гвинт 4, чим забезпечується можливість регулювання дросельного елемента 1.

Робоча рідина, що тече назад від споживача A2, переміщує сідло 2 клапана до пружини 5 у напрямку до золотника 3 з дроселем, виступаючи таким чином як зворотний клапан для вільного потоку. Залежно від положення під час монтажу може виникнути ефект дроселювання потоку, що підводиться або відводиться.

**Апаратура направляюча.** Розглянемо зворотний клапан в модульному (секційному) виконанні. Клапан типу Z1S фірми Rexroth являє собою зворотний клапан прямої дії у вигляді проміжних плит (рис. 12) [18].

Він призначений для герметичного замикання в одному напрямку і забезпечує вільну об'ємну витрату у зворотному напрямку.



Section 1: Type Z1S 6 A...

Рис. 12. Зворотний клапан типу Z1S фірми Rexroth [18]

Обмеження ходу конічного затвора 3 здійснюється за допомогою ущільнювальної втулки 4. Вбудована пружина 5 забезпечує рух закриття. Пружина 5 утримує конічний затвор 3 у положенні закриття.

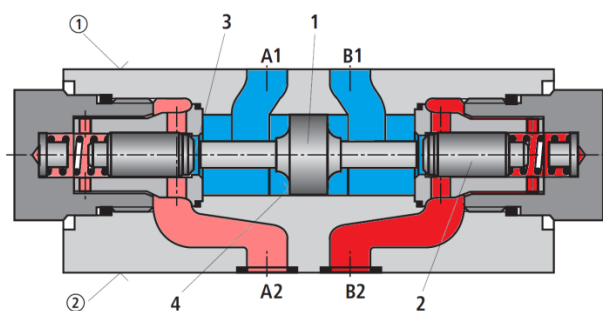
Розглянемо гідрозамок в модульному (секційному) виконанні. Запірний клапан типу Z2S фірми Rexroth являє собою зворотний клапан секційного виконання, що деблокується (рис. 13) [19].

Він призначений для герметичного замикання одного або двох приєднань споживача навіть під час довгих простоїв.

У напрямку A1 до A2 або B1 до B2 – вільна об'ємна витрата, у зворотному напрямку об'ємна витрата замикається.

Якщо рідина тече по клапану в напрямку від A1 до A2, то управляючий золотник 1 переміщується в напрямку сторони B і штовхає плунжер 2 із сідла. Після цього рідина може текти в напрямку від B2 до B1.

Щоб забезпечити надійне закриття плунжера 2, потрібно зняти гідравлічне навантаження з управляючого золотника 1 (див. приклад схеми – рис. 14). 3 – робоча площа плунжера, 4 – робоча площа золотника. Стандартне співвідношення робочої площі плунжера до робочої площі золотника – 1/3,5.



Тип Z2S 6 -...

Рис. 13. Зворотний клапан типу Z1S фірми Rexroth [19]

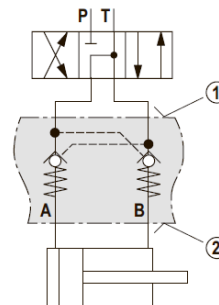


Рис. 14. Приклад схеми

Загалом, розглянута гідроапаратура модульного монтажу при використанні в гідроприводі є ефективним рішенням для сучасних виробничих процесів. Це забезпечує гнучкість, простоту обслуговування, економію витрат і можливість інтеграції з новими технологіями [20], що робить вибір модульної гідроапаратури привабливим варіантом для багатьох підприємств.

**Висновки.** Таким чином, використання гідроапаратури модульного монтажу в гідроприводі є сучасним підходом до проектування і реалізації гідравлічних систем, які використовуються в різних верстатах і обладнанні, і має кілька ключових аспектів і переваг:

1. Гнучкість і адаптивність: використання модульної гідроапаратури дає змогу легко змінювати конфігурацію гідросистеми залежно від потреб виробництва або зміни умов експлуатації. Це

особливо важливо в сучасних умовах, коли вимоги до продуктивності та функціональності можуть змінюватися.

2. Спрощення обслуговування: модульна гідроапаратура може бути легко замінена або відремонтована без необхідності розбирання всієї гідросистеми. Це скорочує час простою обладнання і знижує витрати на обслуговування.

3. Швидкість монтажу: модульний монтаж дає змогу значно прискорити процес монтажу гідроприводу, оскільки вузли з модульної гідроапаратури можуть бути заздалегідь зібрані та протестовані. Це особливо важливо в проектах із жорсткими термінами.

4. Економія витрат: використання стандартних монтажних плит дає можливість знизити витрати на виробництво і закупівлю компонентів. Крім того, завдяки зменшенню часу на встановлення та обслуговування знижуються загальні експлуатаційні витрати.

5. Інтеграція сучасних технологій: гідросистеми з модульними гідроапаратами можуть легко інтегруватися з сучасними технологіями, такими як системи моніторингу стану (ІоТ), що дає змогу здійснювати віддалений контроль і діагностику роботи обладнання.

#### Список літератури

- Сидоренко В. П., Яхно О. М. *Гідравліка і гідроприводи*. Київ: Університет «Україна», 2008. 163 с.
- Роговий А. С., Панамар'ова О. Б., Тиньянова І. І., Рєзва К. С. *Проектування гідравлічних приводів: навч.-метод. посіб.* Харків: НТУ «ХПІ», 2023. 156 с.
- Панченко В. О., Гусак О. Г., Папченко А. А., Хованський С. О. *Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів: навч. посіб.* Суми: Сумський державний університет, 2015. 151 с.
- Фінкельштейн З. Л., Андренко П. М., Дмитрієнко О. В. *Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів: навч. посіб.* Харків: НТУ «ХПІ», 2014. 308 с.
- Fatyejev O., Fatieieva N., Ponomarov V. Advantages of using hydraulic equipment of modular mounting in the modernization of machine hydrosystems. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units.* Kharkiv: NTU "KhPI". 2022. No. 1. P. 33–41. doi: 10.20998/2411-3441.2022.1.05
- Fatyejev O., Fatieieva N., Poliakov V., Shyian A., Radchenko O. Design Specifics of a Built-in Diagnostic System for Hydraulic Machines. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units.* Kharkiv: NTU "KhPI". 2023. No. 2. P. 78–84. doi: 10.20998/2411-3441.2023.2.12
- Аврун Г. А., Кириченко І. Г., Самородов В. Б. *Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин*. Харків: ХНАДУ, 2016. 438 с.
- Савченко О. Я., Слізаров С. П., Кишківський В. О. Про нові напрямки в технологіях виготовлення гідроапаратури. *Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наук. пр.* Одеса, 2012. Вип. 63: Технічні науки. С. 81–86.
- Exner H., Kempf H., Freitag R., Geis H. *Hydraulics – basic principles and components. The hydraulic trainer. Vol. 1.* Würzburg: Bosch Rexroth, Drive & Control Acad, 2011. 326 p.
- Фотогалерея проєктів*. URL: <https://motorimpex.ua/ua/photos> (дата звернення: 02.12.2024).
- Монтажні плити для гідравлічної апаратури*. URL: <https://motorimpex.ua/ua/catalog/montazhnye-plity-dlya-gidravlicheskoj-aparatury> (дата звернення: 02.12.2024).
- Subplate size 6 with porting pattern according to DIN 24340 form A and ISO 4401 and CETOP-RP 121 H: RE 45052.* Bosch Rexroth AG, 2011. 4 p.
- Гідравлічні монтажні плити*. URL: <https://hydro-gid.com.ua/uk/gidravlicheskie-montazhnye-plity> (дата звернення: 02.12.2024).
- Manifolds, Type HSR 06: RE 48107.* Bosch Rexroth AG Publ., 2011. 4 p.
- Гідравлічні монтажні плити*. URL: <https://hydro-gid.com.ua/uk/gidravlicheskie-montazhnye-plity> (дата звернення: 02.12.2024).
- Manifolds, Type HSR 06: RE 48107.* Bosch Rexroth AG, 2022. 20 p.
- Pressure relief valve, pilot-operated, Type ZDB and Z2DB: RE 25751.* Bosch Rexroth AG, 2022. 12 p.
- Pressure reducing valve, direct operated, Type ZDR: RE 26570.* Bosch Rexroth AG, 2018. 10 p.
- Throttle check valve, Type Z2FS: RE 27506.* Bosch Rexroth AG, 2020. 8 p.
- Check valve, Type ZIS: RE 21534.* Bosch Rexroth AG, 2015. 12 p.
- Check valve, pilot operated, Type Z2S: RE 21548.* Bosch Rexroth AG, 2020. 12 p.
- Фатєєв О. М., Фатєєва Н. М., Красильник А. В., Шиян А. В., Поляков В. В. Технології гідростатичних випробувань у металургійній промисловості. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units.* Kharkiv: NTU "KhPI". 2024. No. 1. P. 71–75. doi: 10.20998/2411-3441.2024.1.10

#### References (transliterated)

- Sydorenko V. P., Yakhno O. M. *Hidravlika i hidropriyvody* [Hydraulics and hydraulic drives]. Kyiv, Universytet "Ukrayina" Publ., 2008. 163 p.
- Rogovyi A. S., Panamar'ova O. B., Tyn'yanova I. I., Ryezva K. S. *Proyektuvannya hidravlichnykh pryvodyv* [Design of hydraulic drives]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2023. 156 p.
- Panchenko V. O., Husak O. H., Papchenko A. A., Khovans'kyi S. O. *Montazh, ekspluatatsiya ta remont hidromashyn i hidropnevmoptyvodyv* [Mounting, operation and repair of hydraulic machines and hydropneumatic drives]. Sumy, Sums'kyi derzhavnyi universytet Publ., 2015. 151 p.
- Finkel'shteyn Z. L., Andrenko P. M., Dmytriienko O. V. *Ekspluatatsiya, obsluhovuvannya ta nadiynist' hidravlichnykh mashyn i hidropriyvodyv* [Operation, maintenance and reliability of hydraulic machines and hydraulic drives]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2014. 308 p.
- Fatyejev O., Fatieieva N., Ponomarov V. Advantages of using hydraulic equipment of modular mounting in the modernization of machine hydrosystems. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units.* Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2022, no. 1, pp. 33–41. doi: 10.20998/2411-3441.2022.1.05
- Fatyejev O., Fatieieva N., Poliakov V., Shyian A., Radchenko O. Design Specifics of a Built-in Diagnostic System for Hydraulic Machines. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units.* Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2023, no. 2, pp. 78–84. doi: 10.20998/2411-3441.2023.2.12
- Avrunin H. A., Kyrychenko I. H., Samorodov V. B. *Hidravlichne obladnannya budivelnnykh ta dorozhnikh mashyn* [Hydraulic equipment for construction and road vehicles]. Kharkiv, KhNADU Publ., 2016. 438 p.
- Savchenko O. Ya., Yelizarov S. P., Kyshkovs'kyi V. O. Pro novi napryamky v tekhnolohiyakh vyhotovlennya hidroaparatury [About tendencies in technological solutions when manufacturing details]. *Ahramyy visnyk Prychornomor'ya: zb. nauk. pr.* [Agrarian Bulletin of the Black Sea Region: a collection of scientific papers]. Odessa, 2012, issue 63: Tekhnichni nauky [Technical sciences], pp. 81–86.
- Exner H., Kempf H., Freitag R., Geis H. *Hydraulics – basic principles and components. The hydraulic trainer. Vol. 1.* Würzburg, Bosch Rexroth, Drive & Control Acad Publ., 2011. 326 p.
- Fotohalereya proektiv* [Photo gallery of projects]. Available at: <https://motorimpex.ua/ua/photos> (accessed 02.12.2024).
- Montazhni plyty dlya hidravlichnoyi aparatury* [Mounting plates for hydraulic equipment]. Available at: <https://motorimpex.ua/ua/catalog/montazhnye-plity-dlya-gidravlicheskoj-aparatury> (accessed 02.12.2024).
- Subplate size 6 with porting pattern according to DIN 24340 form A and ISO 4401 and CETOP-RP 121 H: RE 45052.* Bosch Rexroth AG Publ., 2011. 4 p.
- Hidravlichni montazhni plyty* [Hydraulic mounting plates]. Available at: <https://hydro-gid.com.ua/uk/gidravlicheskie-montazhnye-plity> (accessed 02.12.2024).
- Manifolds, Type HSR 06: RE 48107.* Bosch Rexroth AG Publ., 2011. 4 p.



2022. 20 p.
15. *Pressure relief valve, pilot-operated, Type ZDB and Z2DB: RE 25751*. Bosch Rexroth AG Publ., 2022. 12 p.
16. *Pressure reducing valve, direct operated, Type ZDR: RE 26570*. Bosch Rexroth AG Publ., 2018. 10 p.
17. *Throttle check valve, Type Z2FS: RE 27506*. Bosch Rexroth AG Publ., 2020. 8 p.
18. *Check valve, Type Z1S: RE 21534*. Bosch Rexroth AG Publ., 2015. 12 p.
19. *Check valve, pilot operated, Type Z2S: RE 21548*. Bosch Rexroth AG Publ., 2020. 12 p.
20. Fatyeyev O. M., Fatieieva N. M., Krasyl'nyk A. V., Shyian A. V., Poliakov V. V. Tekhnolohiyi hidrostatychnykh vyprobuvan' u metalurhiyniy promyslovosti [Hydrostatic testing technologies in the metallurgical industry]. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2024, no. 1, pp. 71–75. doi: 10.20998/2411-3441.2024.1.10

Надійшла (received) 06.12.2024

*Відомості про авторів / About the Authors*

**Фатєєва Надія Миколаївна (Fatieieva Nadiia)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6955-5301>; e-mail: [nadiia.fatieieva@khpi.edu.ua](mailto:nadiia.fatieieva@khpi.edu.ua)

**Фатєєв Олександр Миколайович (Fatyeyev Oleksandr)** – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9212-4507>; e-mail: [oleksandr.fatyeyev@khpi.edu.ua](mailto:oleksandr.fatyeyev@khpi.edu.ua)

**Поляков Валерій Валерійович (Poliakov Valerii)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5868-9898>; e-mail: [valerii.poliakov@mit.khpi.edu.ua](mailto:valerii.poliakov@mit.khpi.edu.ua)

**Шиян Анатолій Вадимович (Shyian Anatolii)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6744-085X>; e-mail: [anatolii.shyian@mit.khpi.edu.ua](mailto:anatolii.shyian@mit.khpi.edu.ua)

**Охріменко Данійл Олександрович (Okhrimenko Daniil)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; e-mail: [daniil.okhrimenko@mit.khpi.edu.ua](mailto:daniil.okhrimenko@mit.khpi.edu.ua)