

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра машинобудування та технічного сервісу машин**

**ПРИНЦИПОВІ СХЕМНІ РІШЕННЯ  
ТА АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання розрахункових, контрольних і курсових робіт**

**з дисциплін**

***«ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ ТА ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНІ  
МАШИНИ»,  
«МАШИНИ ДЛЯ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН»,  
«МАШИНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ШЛЯХІВ»***

**Харків – 2024**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри машинобудування та технічного сервісу машин 17 травня 2024 р., протокол № 9.

У методичних вказівках наведено основні гідравлічні схеми та схемні рішення питань розвантаження та регулювання насосів систем гідрофікованих машин. Подано аналіз принципу роботи гідравлічних схем. Методичні вказівки призначені для практичних занять з дисциплін «Підйомно-транспортні та вантажно-розвантажувальні машини», «Машини для видобутку корисних копалин» та «Машини для будівництва шляхів» відповідно до робочих програм дисциплін та можуть бути використані при дипломному проектуванні.

Методичні вказівки рекомендуються для здобувачів вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування» усіх форм навчання.

Укладачі:

старш. викл. О. О. Суранов,  
зав. навч. лаб. О. В. Кебко

Рецензент

доц. В. О. Стефанов

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Методи зменшення тиску рідини у гідросистемі та насосі.....	5
1.1 Відключення насоса від навантаження.....	6
1.2 Зменшення навантаження на насосі та утримання тиску в гідросистемі.....	14
1.3 Зменшення навантаження на насос значної продуктивності.....	18
1.4 Зменшення навантаження на насос при повній зупинці виконавчих механізмів.....	23
Список літератури.....	29

## ВСТУП

До гідропривода будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин (БКВРМ) входить електродвигун або двигун внутрішнього згоряння, що приводить у дію насос, який подає робочу рідину у робочий циліндр виконавчого механізму; до привода входять також системи трубопроводів та клапанів керування. Гідропривод дає можливість регулювання швидкості виконавчих органів машини у широких межах, плавність пересування елементів машини, усунення динамічних навантажень, простоту запобіжних пристроїв.

Порівняно з іншими приводами гідравлічному притаманні такі переваги [1]:

- малий об'єм та вага, що приходяться на одиницю потужності;
- високий коефіцієнт корисної дії (ККД);
- висока надійність роботи;
- легкість управління та невелика вартість технічного сервісу.

До недоліків гідропривода БКВРМ слід віднести знижену економічність при роботі з вантажами, вага яких менше розрахункової тому, що подання робочої рідини не залежить від ваги вантажу. Тому розроблення гідросхем, які дають змогу підняти ККД за рахунок розвантаження насосів в паузах, є актуальним завданням.

У методичних вказівках представлено аналіз патентної, технічної літератури та гідросистем БКВРМ.

## **1 МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ТИСКУ РІДИНИ У ГІДРОСИСТЕМІ ТА НАСОСІ**

До складу гідравлічних приводів БКВРМ входять: насос, трубопроводи, виконавчі, гідророзподільчі елементи, фільтроелементи і бак, які механічно не пов'язані один з одним. Це дає можливість електродвигун із насосом, запобіжну апаратуру монтувати на ємності з робочою рідиною. Тобто є можливість розробляти автономну енергетичну станцію і встановлювати в будь-якому місці, враховуючи технічні особливості машини.

При експлуатації двигуна періодично з термінами пауз до двох хвилин не має сенсу вмикати-вимикати двигун, тому що безперервні пуски та зупинки двигуна призводить до зменшення його ресурсу, а також насосної гідроапаратури, що економічно неефективно.

Крім того, при черговому запуску гідравлічної системи спостерігаються пікові перевантаження елементів гідроапаратури – шлангів, насосів, гідророзподільників, гідроциліндрів та ін., чого бажано уникати.

Тому пропонується електродвигуни залишати у постійно увімкненому режимі, а керувати робочими процесами виконавчих механізмів систем за допомогою схемних рішень, які містять у собі поєднання різних елементів: дроселів, гідророзподільників, клапанів та ін.

Основною метою розвантаження насосів та приводних електродвигунів у паузах є зменшення тиску в гідросистемі за рахунок використання запобіжних та переливних клапанів.

У тих випадках, коли треба навпаки зберегти тиск, наприклад в аутригерах пневмоколісних кранів, і компенсувати витоки робочої рідини деякий час, необхідно використовувати гідроаккумулятори.

Використання додаткової гідравлічної апаратури для розвантаження елементів і в цілому гідравлічної схеми приводить до збільшення вартості машини. Однак враховуючи підвищення ККД системи, збільшення довговічності рухомих деталей насосів та електродвигуна, зменшення витрат на нагрівання робочої рідини, такі ускладнення швидко окупаються. І є доцільними.

### **Контрольні запитання**

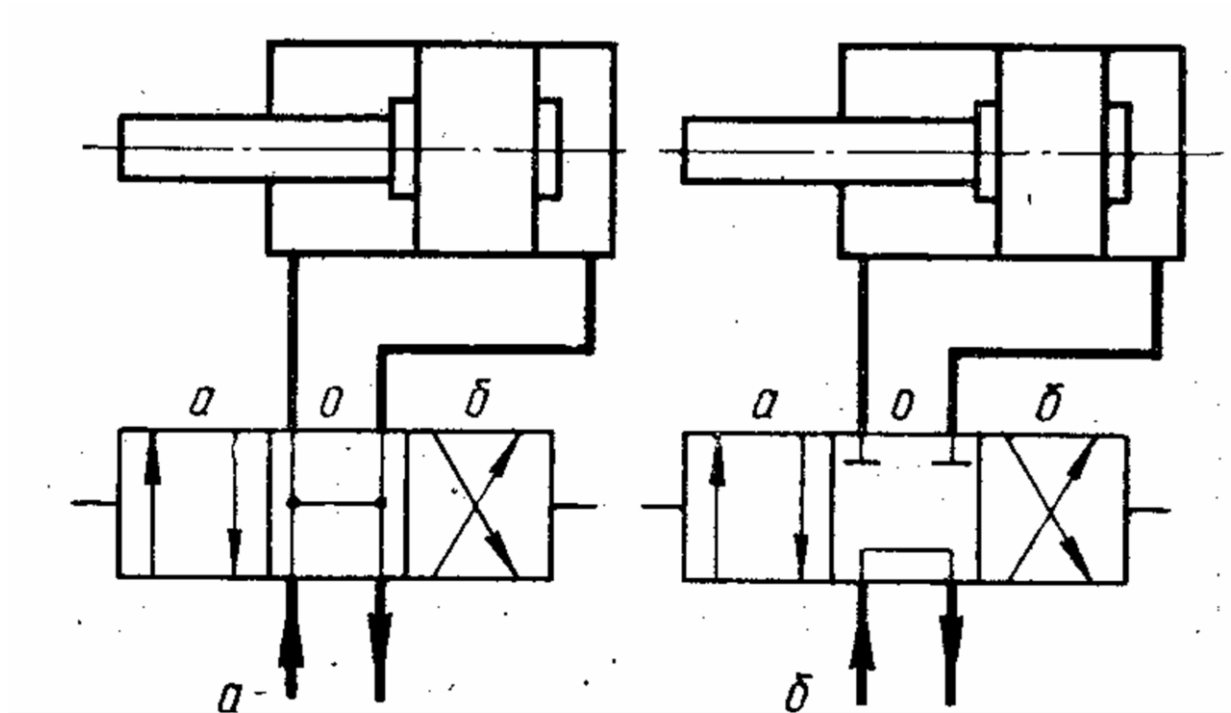
- 1 Які переваги притаманні гідравлічним приводам відносно інших типів машин?
- 2 Для чого необхідно розвантажувати насоси?
- 3 Перелічити основні способи розвантаження насосів.
- 4 Перелічити основні складові частини гідросистеми.
- 5 Які режими роботи гідропривода приводять до найбільшого зносу елементів?
- 6 Що таке розвантажувальний режим гідропривода?

#### **1.1 Відключення насоса від навантаження**

Одним із найпростіших засобів розвантаження гідравлічної системи від тиску є використання гідророзподільників зі схемами 14, 64. Особливістю гідророзподільників за схемою 14 (рисунок 1, а) є розвантаження та перемикання насоса на бак, при цьому в середньому положенні весь потік рідини проходить через фільтр, забезпечуючи очищення та фільтрацію рідини від домішок і забруднень.

Недоліком схеми є плаваюче положення виконавчого гідроциліндра, що не допускається у підйомно-транспортних машинах.

Схемне рішення 1, б широко використовується в БКВРМ для роботи аутригерів пневмоколісних кранів. Особливістю їхньої роботи є необхідність стопорити гідроциліндри в заданому положенні тому, що перекриваються обидві полості гідроциліндрів. Це дає можливість створити більш безпечні умови експлуатації кранів за рахунок унеможливлення самовільного пересування поршня.



*a* – гідророзподільник за схемою 14;

*б* – гідророзподільник за схемою 64

Рисунок 1 – Використання гідророзподільників для зменшення тиску на насосній станції

До недоліків такого схемного рішення слід віднести те, що при зсуві золотника (при пуску механізму) відбувається гідравлічний удар, який супроводжується підвищенням тиску в гідросистемі більш номінального у 2-3 рази і може викликати розрив гідравлічних рукавів. Тому, якщо це

важливо, треба передбачити використання демпферів тиску рідини або амортизаторів.

Використання переливного клапана Г52 для зниження тиску робочої рідини на насосі.

Запобіжний клапан Г52 може бути використаний для зниження тиску та для розвантаження насоса. Основне призначення клапана Г52 – це запобігання гідравлічної системи від перевантаження, але якщо його вмикати за схемою (рисунок 2), то він бути розвантажувати насос.

На рисунку 2 показаний приклад зниження тиску у гідросистемі на насосі у період зупинки виконавчих органів машини, коли непотрібний тиск робочої рідини. Електромагніт керуючого золотника 2 вимкнений, а порожнина С клапана 1 з'єднана з баком (положення б). При цьому тиск робочої рідини на насосі встановлюється на рівні 0,1-0,15 МПа.

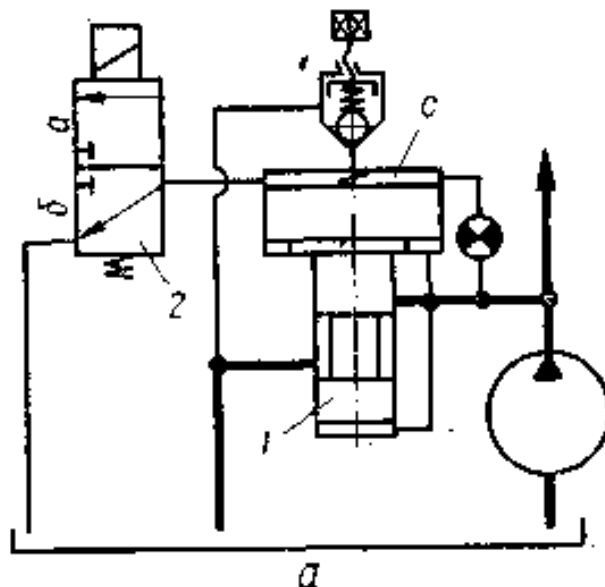


Рисунок 2 – Зниження тиску на насосі за допомогою гідроклапана Г52

Для вмикання гідросистеми в роботу (для підняття тиску до робочого рівня) вмикається електромагніт керуючого золотника 2, він вимикає від бака порожнину С. Запобіжний клапан Г52 переходить у



звичайний режим роботи і підтримує тиск у гідросистемі на заданому рівні.

Недоліком цього схемного рішення є необхідність використання дорогого обладнання у вигляді керуючого золотника 2 та встановлення додаткових органів для керування ним.

На рисунку 3 наведений варіант схеми неповного зниження тиску робочої рідини на насосі за допомогою клапана Г52.

Коли золотник 7 займає положення *a*, поршень гідроциліндра 4 робить робочий хід. Тиск на насосі встановлюється на рівні корисного навантаження, визначається силами тертя на протитиску, обумовленого дроселем 6, а також клапаном 8. Граничний тиск  $p_1$  обумовлений налаштуванням клапана 8 і може бути розрахований за формулою (1).

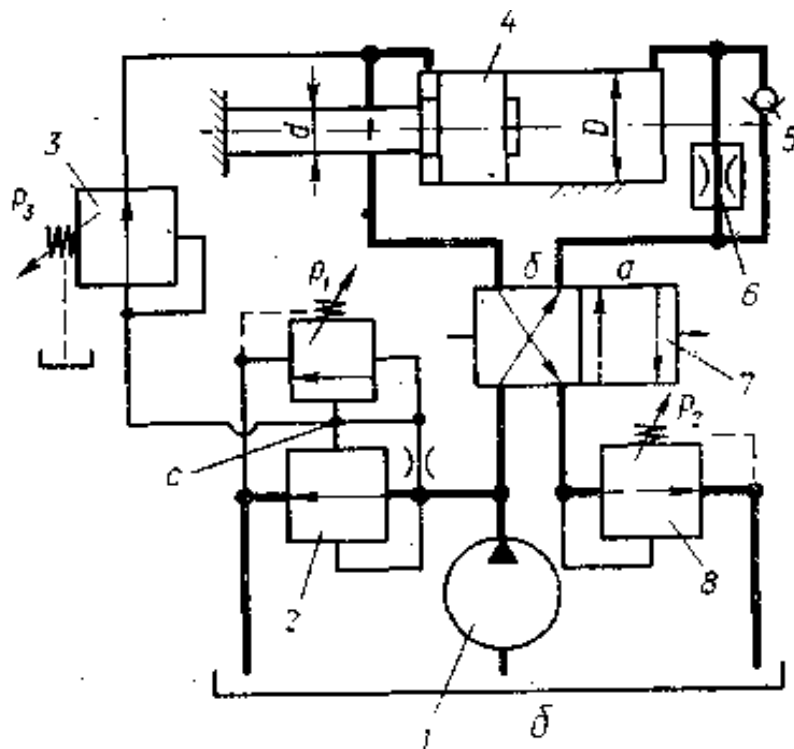


Рисунок 3 – Неповне зниження тиску робочої рідини на насосі за допомогою клапана Г52

Для реверсування напрямку переміщення поршня 4 золотник 7 перемикається у положення б, (як зображено на рисунку 3) відбувається холосте переміщення поршня вліво. Пересування поршня вліво відбувається за рахунок подання робочої рідини від насоса через зворотний клапан 5. Тиск на насосі та у гідросистемі буде визначатися силами тертя та протитиском зливній магістралі та може бути визначений за формулою

$$P_1 = p_2 0,785(D^2 - d^2) + T = p_n 0,785D^2, \quad (1)$$

де  $p_2$  — тиск у штоковій порожнині гідроциліндра, налаштовується клапаном 8;

$p_n$  — тиск у насосі;

$T$  — сила тертя.

Якщо знехтувати силами тертя, то тиск  $p_n$  буде менше  $p_2$ , тобто,

$$p_n \cong p_2 \left( 1 - \frac{d^2}{D^2} \right). \quad (2)$$

Сили тертя можуть бути достатньо великими, тому тиск на насосі  $p_n$  треба збільшити до величини  $p_3$  більше ніж  $p_2$ , налаштовуючи пружину напірного золотника 3.

При досягненні крайнього лівого положення поршня та зупинки поршня на упорі тиск у гідросистемі визначається за формулою (3),

$$P_2 = 0,785 [p_3 D^2 - p_2 (D^2 - d^2)] \quad (3)$$

Схема на рисунку 3 відповідає моменту, при якому шток перебуває на упорі, а насос розвантажується в бак через клапан 2, тиск в гідросистемі більше  $p_3$  на 0,1 - 0,15 МПа.

Різні зусилля притиснення штока до упору можна одержати регулюванням  $p_3$ .

До недоліків поданого схемного рішення слід віднести складність та використання великої кількості запобіжних клапанів, які треба індивідуально налаштовувати на заданий тиск. Крім того, цій схемі притаманні коливання тиску при хвилеобразному почерговому спрацьовуванні золотників 2-8, що супроводжується небажаним коливанням робочих органів машини.

У гідравлічній системі (рисунок 4) граничний тиск у насосі обмежується клапаном 5 (типу Г52), пружина якого настроєна на тиск  $p_1$ . Завдяки розподільнику 4 і золотнику керування 3 до порожнини  $c$  клапана 5 може бути підключений напірний золотник 1 або 2, або бак. Якщо  $p_1 > p_2 > p_3$ , то це означає, що в системі може бути три тиски:  $p_3$  – мінімальний,  $p_2$  – середній та  $p_1$  – максимальний. При підключенні порожнини  $c$  до бака насос переводиться на розвантажувальний режим роботи.

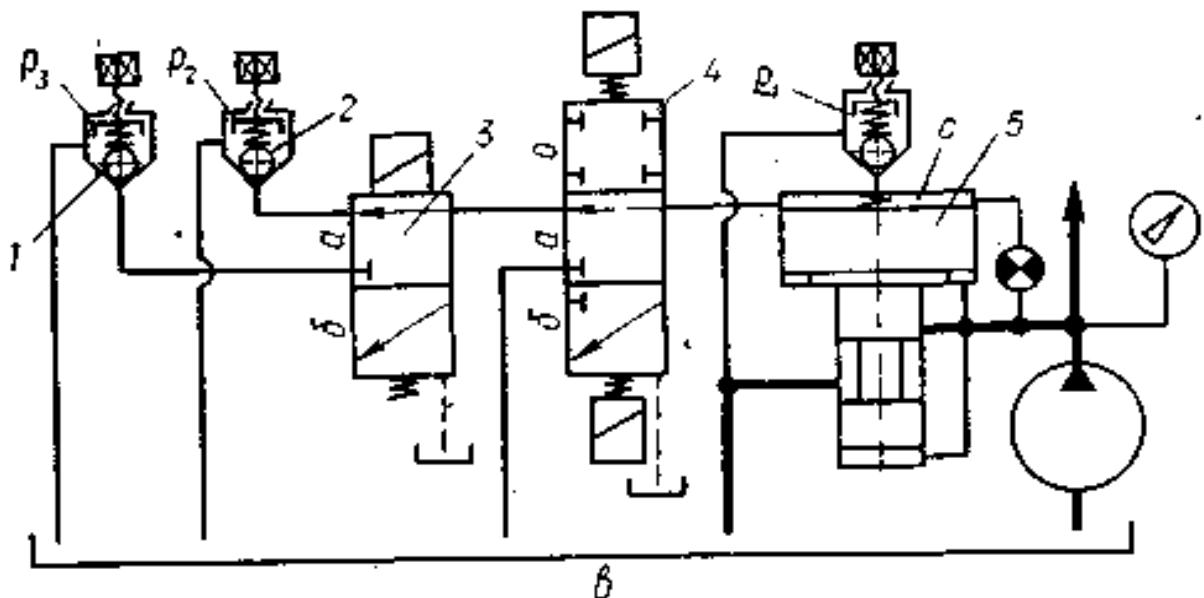


Рисунок 4 — Використання клапана типу Г52 у II виконанні для забезпечення кількох величин тисків

До недоліків слід віднести ударне перемикання тисків, що веде до виникнення гідравлічних ударів і виходу з ладу механічного устаткування.

На рисунку 5 зображено схемне рішення, метою якого є розвантаження трьох насосів за допомогою переливного запобіжного клапана Г52. Гідравлічна схема містить у собі такі елементи: основний насос 1, послідовно з яким сполучений допоміжний насос 9. Насос 1 подає робочу рідину у контур I та додатковий насос 9 через зворотній клапан 3 до контура II. Це відбувається тоді, коли тиск у контурі II стає меншим за  $p_1$ . Насос 9 призначений для подання робочої рідини тільки до контура II, тиск у контурі II контролюється переливним запобіжним клапаном 5 типу Г52. Насос 7 подає робочу рідину до контура III.

Ця схема працює у такий спосіб. При збільшенні тиску в напірній магістралі I більше  $p_1$  (більше тиску налаштування клапана 2) клапан 2 перемикає насос 1 на часткове подання робочої рідини в бак і підтримує тиск на рівні  $p_1$  у контурі I та у всмоктувальній порожнині насоса 9.

Переливний запобіжний клапан 5 зберігає насоси 1, 7, 9 від перевантаження, а при спрацьовуванні золотника керування 6 гідросистемою переводить усі насоси на холостий хід, розвантажуючи їх від тиску робочої рідини.

Розвантаження відбувається через зворотні клапани:

- насоса 1 – через клапани 3, 4;
- насоса 9 – через клапани 4, 5;
- насоса 7 – через клапани 8, 5.

До недоліків цієї схеми слід віднести ступеневе вмикання насосів за наявності навантаження, що може призвести до автоколивань тиску в гідросистемі і вібрації виконавчих органів.

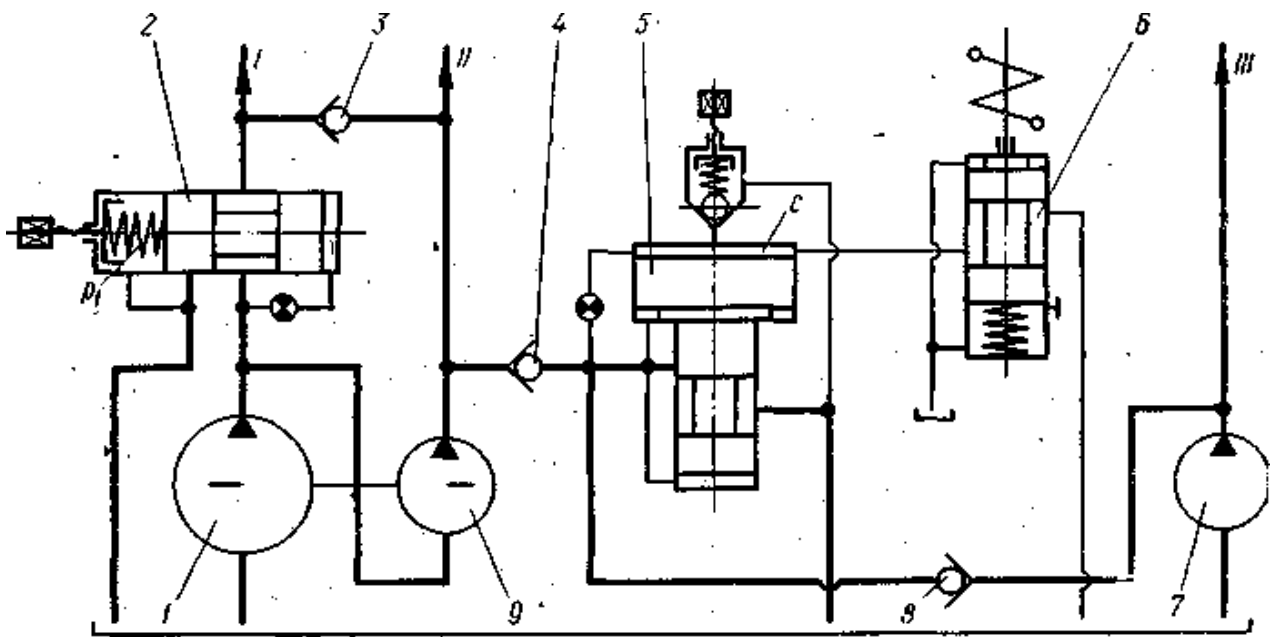


Рисунок 5 – Використання клапана типу Г52 для розвантаження трьох насосів

### Контрольні запитання

- 1 Які типи розвантаження насосів?
- 2 У чому полягає різниця схемних рішень при повному та частковому розвантаженні насосів?
- 3 Чому нагрівається робоча рідина у гідроприводах?
- 4 Що таке продуктивність насоса?
- 5 Призначення золотника в цій схемі.
- 6 Що таке зворотний клапан? Його призначення.
- 7 Під якою позицією показаний клапан Г52?
- 8 Призначення клапана Г52.

## 1.2 Зменшення навантаження на насосі та утримання тиску в гідросистемі

При виготовленні залізобетонних залізничних шпал необхідно натягнути і утримувати арматуру у преднапруженому стані до повного затвердіння бетону. Для забезпечення цього запропонована схема (рисунок 6).

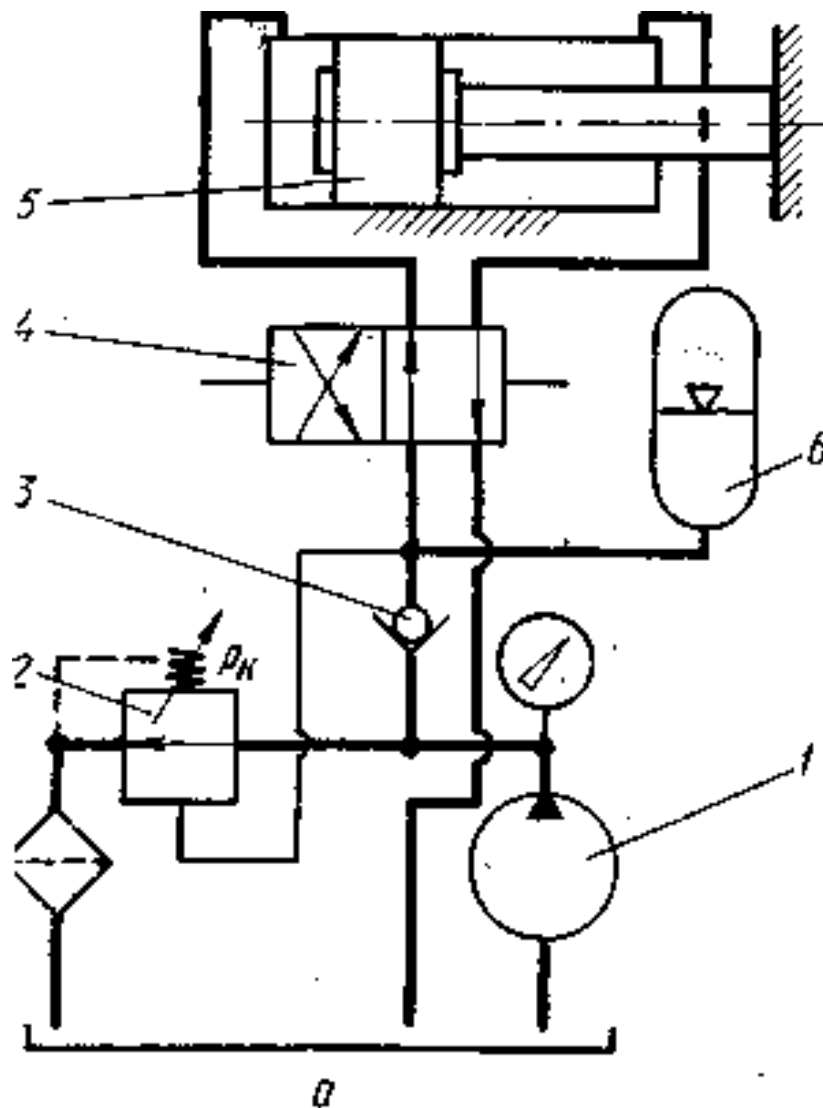


Рисунок 6 – Утримання заданого тиску в гідроциліндрі за допомогою гідроаккумулятора при розвантаженні насоса

Застосування гідропневмоакумулятора 6 дає змогу деякий час утримувати тиск робочої рідини і забезпечити постійне зусилля на штоку гідроциліндра 5, який натягує та утримає в напруженому стані пакет сталеві арматури до моменту затвердіння бетону.

Гідравлічна схема, яка забезпечує ці умови роботи (рисунок 6), містить у собі такі елементи: насос – 1, клапан типу БГ54-2, зворотний клапан 3, гідророзподільник 4, робочий гідроциліндр 5, фільтр, бак.

Працює схема у такий спосіб.

При вмиканні насоса 1 робоча рідина через зворотний клапан 3 подається до гідропневмоакумулятора 6, через гідророзподільник 4 до робочого гідроциліндра 5, а також від напірної магістралі гідроакумулятора 6 до нижнього торця клапана 2 (типу БГ54).

При підході штока до упора (при натягнутому до необхідної величини зусиллі на арматурі) в гідросистемі зростає тиск робочої рідини (в гідроциліндрі 5, гідроакумуляторі 6, насосі 1).

Коли тиск досягне величини  $p_k$ , золотник клапана 2 стискає пружину, якою регулюють  $p_k$ , і перепускає робочу рідину з напірної магістралі від насоса через клапан та фільтр у бак. З цього моменту величина тиску робочої рідини у напірної магістралі та у гідроциліндрі підтримується гідропневматичним акумулятором 6, а насос 1 майже повністю розвантажується від тиску. Напірний клапан 3 не дає змоги робочій рідині перетікати до насоса 1 від акумулятора 6 та гідроциліндра 5.

Зв деякий час при падінні тиску в напірній магістралі (це обумовлено наявністю витоків рідини у гідроакумуляторі та гідроциліндрі) нижче тиску, на який налаштований клапан 2, насос 1 автоматично підключається до напірної магістралі та заряджає гідроакумулятор до тиску  $p_k$ .

Зворотний рух гідроциліндра 5 забезпечується перемиканням гідророзподільника 4.

Отже, представлена схема забезпечує навантаження насоса 1 під максимальним тиском робочої рідини  $p_k$  тільки в моменти, які необхідні для підзарядки гідропневмоакумулятора 6. Частота підключення насоса 1 обумовлена величиною витоків робочої рідини з напірної магістралі та гідроелементів, які до неї підключені (зворотний клапан 3, гідророзподільник 4, гідроциліндр 5).

До недоліків цієї системи слід віднести необхідність використання гідроакумулятора великої ємності для компенсації витоків з гідроапаратури.

На рисунку 7 зображена схема, яка розвантажує насос та утримує тиск у гідросистемі за допомогою клапана БГ54-14. Схема є складнішою за попередню, але зручнішою в експлуатації.

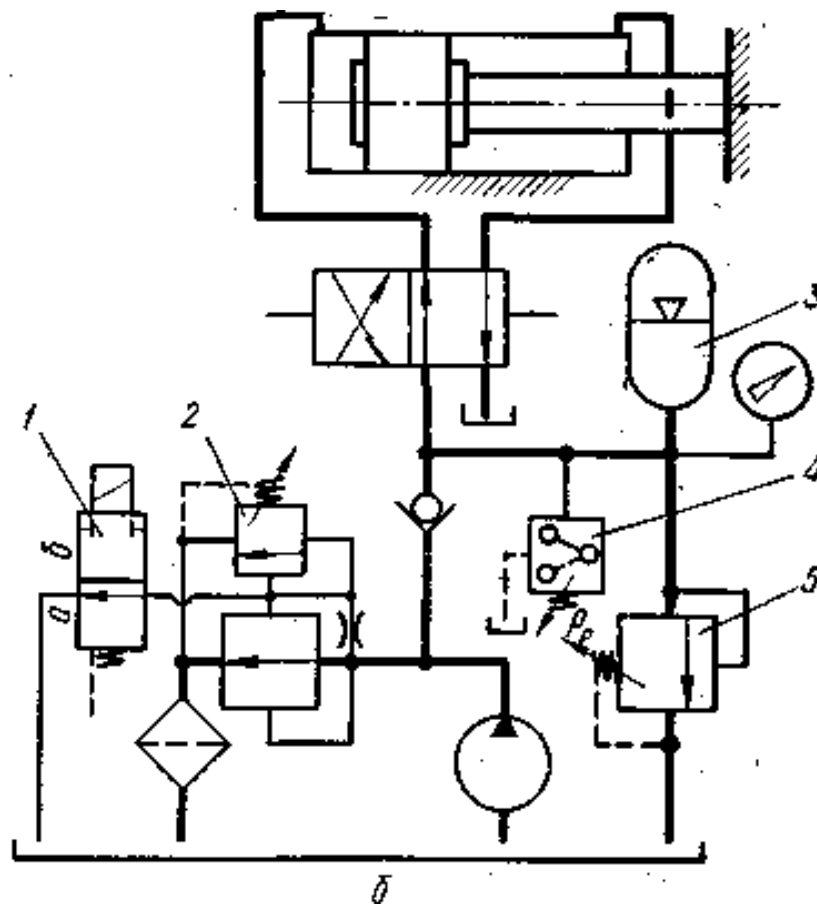


Рисунок 7 – Розвантаження насоса та утримання тиску в гідросистемі за допомогою клапана типу БГ54-14



Гідравлічна схема, яка представлена на рисунку 7, містить у собі такі елементи: золотник керування 1, запобіжний переливний клапан 2 (типу Г52), гідропневмоакумулятор 3, реле тиску 4, запобіжний клапан 5, насос, фільтр, бак, реверсивний золотник, гідроциліндр для натягування арматури при виготовленні залізничних шпал.

Працює схема у такий спосіб.

При вмиканні насоса робоча рідина подається у напірну магістраль через зворотний клапан, реверсивний золотник до гідроциліндра (натягується пакет шпальної арматури), заряджається гідропневмоакумулятор 3. У напірній магістралі підіймається тиск робочої рідини до моменту спрацьовування реле тиску 4, яке налаштовується на тиск  $p_p$ .

При досягненні тиску  $p_p$  реле тиску 4 відключає електромагніт від золотника керування 1, який встановлюється в положенні *a* (рисунок 7). При цьому насос переводиться у розвантажувальний режим через клапан 2, а у напірній магістралі за наявності гідропневмоакумулятора 3 деякий час підтримується тиск на рівні  $p_p$ . Цей час обумовлений величинами витoku робочої рідини через недостатнє ущільнення елементів гідросистеми та ємності гідроакумулятора 3.

З падінням тиску робочої рідини у напірній магістралі вдруге спрацьовує реле тиску 4, яке вмикає електромагніт золотника керування 1, що переводиться у положення *б*. При цьому переливний запобіжний клапан 2 відмикає насос від бака, який автоматично підключається до напірної магістралі. Клапан 5 виконує роль запобіжного пристрою, що налаштовується на тиск  $p_p + (0,5 - 0,7 \text{ МПа})$ .

Недоліком цієї схеми є деяке ускладнення порівняно зі схемою на рисунку 6. Однак ці ускладнення компенсуються зручностями експлуатації.

## Контрольні запитання

- 1 Навіщо необхідно утримання тиску рідини в гідроприводі?
- 2 З якою метою використовують гідроаккумулятори в схемах з утримання заданого тиску?
- 3 Призначення реле тиску.

### 1.3 Зменшення навантаження на насос значної продуктивності

На рисунку 8 зображена гідросхема, яка розвантажує насос великої продуктивності. Схема містить у собі такі основні елементи: бак, допоміжний насос 1, насос великої продуктивності 2, переливний клапан 3, зворотний клапан 4, запобіжний клапан 5, манометр, встановлений у напірній магістралі для контролю тиску в гідросистемі.

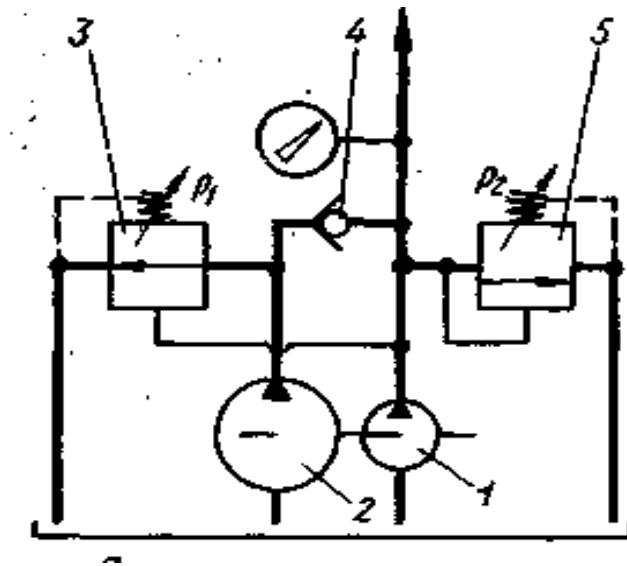


Рисунок 8 – Використання дистанційно регульованого зливного клапана типу Г54 для розвантаження насоса значної продуктивності

Ця схема працює у такий спосіб.

При холостих переміщеннях виконавчих механізмів машини, коли тиск у гідросистемі порівняно низький, обидва насоси 1 та 2 підключаються до системи, що дає змогу гідроциліндрам швидко рухатись. Коли навантаження зростає (під час робочих рухів), а тиск у системі стає вище тиску  $p_1$  налаштування клапана 3, насос великої продуктивності 2 автоматично розвантажується на бак через клапан 3. Допоміжний насос 1 продовжує роботу. Величина тиску на насосі 1 контролюється клапаном 5, який налаштовує на тиск  $p_2$  більший за  $p_1$ . Зворотний клапан 4 необхідний для запобігання падінню робочої рідини під високим тиском  $p_2$  у контур насосу 2 під час його розвантаження. Такий режим необхідний при холостому ході лопати екскаватора.

Недоліком схеми є те, що насос 1 працює постійно під високим тиском  $p_2$ , а насос великої продуктивності 2 вмикається до роботи періодично, тільки під час швидких рухів виконавчих органів машини.

Аналогічне завдання вирішує схема, яка зображена на рисунку 9. Вона забезпечує низький тиск розвантаження насоса великої продуктивності, а при робочих рухах виконавчого обладнання під великим тиском рівного до  $p_2 = 20$  МПа.

Гідравлічна схема розвантаження насоса великої продуктивності (рисунок 9) містить у собі такі основні елементи: насос 1 малої продуктивності і високого тиску (до 20 МПа), насос великої продуктивності 2, золотник зливний з електрогідравлічним керуванням 3 (типу Г63-4), зворотний клапан 4, реле тиску 5, запобіжний клапан 6, манометр, бак.

Ця схема працює у такий спосіб.

При вмиканні установки обидва насоси 1 і 2 подають робочу рідину в напірну магістраль, їхні подання об'єднуються. Тиск – невеликий, швидкість пресування робочих органів – максимальна. При збільшенні

навантаженні та підвищенні тиску у гідросистемі командою від реле тиску 5 (пружина реле 5 налаштовується на малий тиск) зливний золотник з електрогідравлічним керуванням 3 переводиться у положення *a*. При цьому насос великої продуктивності 2 розвантажується та перемикається на подання робочої рідини в бак. У напірну магістраль надходить робоча рідина тільки від насоса 1 малої продуктивності великого тиску.

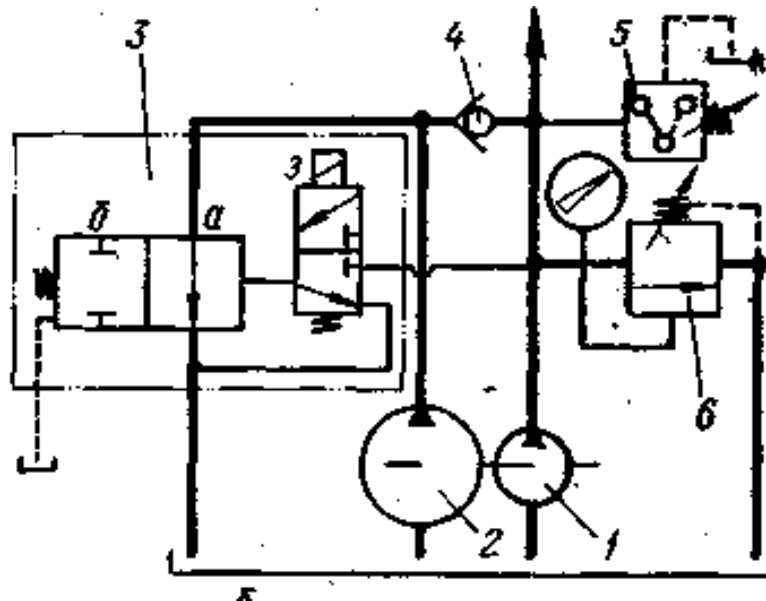


Рисунок 9 – Використання золотника для розвантаження насоса значної продуктивності

Зі зростанням тиску на виконавчих органах машини здійснюється робочий цикл з малою швидкістю та великим зусиллям. Величина максимального тиску на насосі 1 обмежена налаштуванням клапана 6. По завершенні робочого циклу виконавчих органів машини тиск у напірній магістралі зменшується, що призводить до вторинного перемикання (спрацьовування) реле тиску 5 і надходження вторинної команди на відмикання електромагніту золотника керування 3. Основний золотник апарата 3 перемикається в положення *б*, а насос великої продуктивності 2 відмикається від бака та перемикається до напірної магістралі. Сумарний потік робочої рідини від двох насосів 1 та 2 спрямовується до виконавчих

органів машини. Цикл роботи повторюється. Такий режим роботи необхідний для екскаваторів, скреперів і фронтальних навантажувачів.

Повне розвантаження обох насосів у положенні "stop" виконавчих органів машини забезпечує схемне рішення, зображене на рисунку 10.

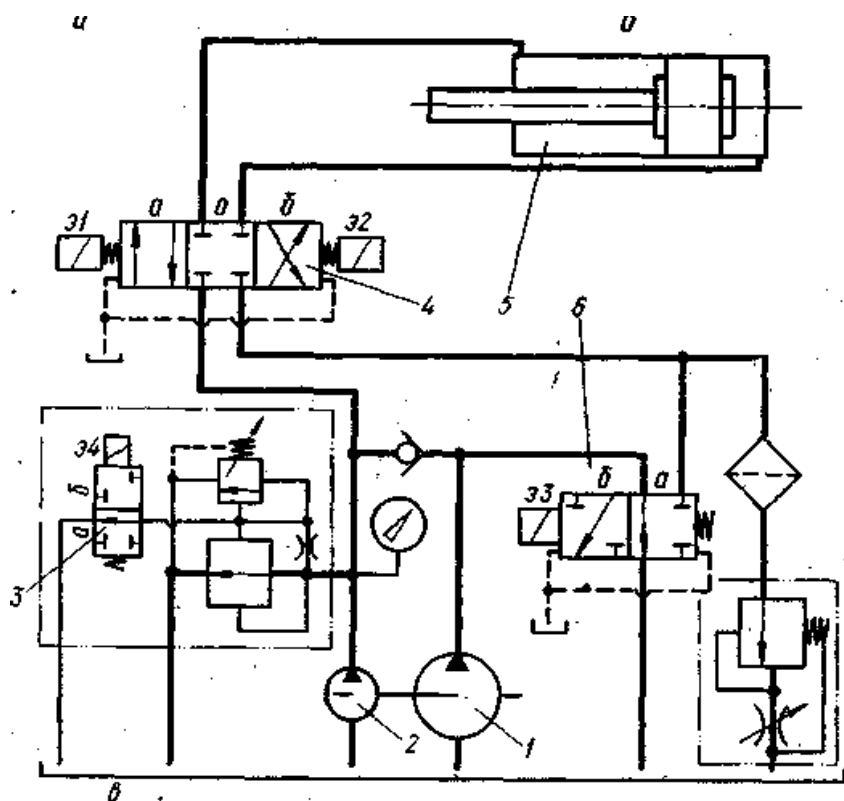


Рисунок 10 – Використання розподільника з електричним керуванням для розвантаження насосів

Схема містить у собі такі основні елементи: насос великої продуктивності і низького тиску 1, насос малої продуктивності великого тиску 2, золотник переливний з електро-гідро-керуванням 3, реверсивний гідророзподільник 4, виконавчий гідроциліндр 5, гідророзподільник 6, фільтр, бак з робочою рідиною.

Ця схема працює у такий спосіб.

Положення золотників, як зображено на рисунку 10, відповідають повному розвантаженню обох насосів 1 та 2 від тиску робочої рідини у стані "stop" виконавчого гідроциліндра.

При цьому гідронасос 1 великої продуктивності подає без перешкод увесь потік робочої рідини в бак через гідророзподільник 6. Гідронасос малої продуктивності 2 подає без перешкод увесь свій потік робочої рідини в бак через переливний золотник 3.

При поданні команди від джойстика на електромагніт  $\epsilon 1$  реверсивного гідророзподільника 4 він перемикається у положення *a*, електромагніт  $\epsilon 4$  перемикає переливний золотник у положення *б*, тим самим перекриває злив робочої рідини з насосу 2 в бак і направляє його до гідроциліндра 5. Електромагніт  $\epsilon 3$  перемикається у положення *б*, перекриваючи злив робочої рідини з насоса 1 у бак. Потік робочої рідини з насоса великої продуктивності 1 через зворотний клапан подається до гідроциліндра 5. При цьому потоки рідини з двох насосів 1 та 2 складаються. Відбувається швидкий рух виконавчого гідроциліндра 5 при відносно невеликому тиску в гідросистемі. Злив рідини з гідроциліндра 5 відбувається через фільтр у бак.

При зростанні зусилля на гідроциліндрі 5, зростає і тиск робочої рідини у напірній магістралі. Зворотний клапан відсікає насос 1 великої продуктивності та низького тиску від напірної магістралі та направляє в бак через гідророзподільник 6, який перемикається у положення *a*.

Насос малої продуктивності великого тиску 2 продовжує подавати робочу рідину до гідроциліндра 5 до моменту спрацьовування обмеження тиску на переливному золотнику 3, який перемикається в положення *a*.

Перевагами цієї схеми порівняно зі схемою, зображеною на рисунку 9, є зручність роботи, те, що керування відбувається за допомогою електроджойстика, а також повне розвантаження від тиску обох насосів 1 і 2 у положенні "stop" робочих органів машини.

До недоліків схеми (рисунок 10) слід віднести складність конструкції та більшу вартість.

## **Контрольні запитання**

- 1 У чому полягає принципова відмінність схем розвантаження насосів малої та великої продуктивності?
- 2 Для чого використовують клапан, що дистанційно регулюється?
- 3 Як працює схема розвантаження насоса зі зливним золотником?

### **1.4 Зменшення навантаження на насос при повній зупинці виконавчих механізмів**

Одним із важливих пристроїв для забезпечення безпеки та стійкості машин під час роботи є використання додаткових висувних опор, які називаються аутригерами. Аутригери використовують для підвищення вантажного моменту мобільних кранів, а також для збільшення стійкості екскаваторів під час роботи. Особливістю їхньої роботи є плавне висування опор та фіксація гідроциліндрів у заданому положенні. А потім після завершення робіт – швидке втягування опор назад. Бажано за весь час роботи машини забезпечити часткове розвантажування роботи гідросистеми.

Таким умовам відповідає одне із можливих схемних рішень, що подано на рисунку 11. Представлена гідравлічна схема містить у собі такі основні елементи: клапан запобіжний 1 (типу БГ54 або Г52), електрогідророзподільник 2, зворотний клапан 3, регульований дросель 4, напірний клапан 5, насос, виконавчий гідроциліндр, бак з робочою рідиною.

Ця схема працює у такий спосіб.

При вмиканні насоса робоча рідина подається до напірної магістралі електрогідророзподільником 2 (положення б) через зворотний клапан 3 у штокову порожнину гідроциліндра. При цьому здійснюється підйом

аутригера. Злив у бак робочої рідини з поршневої порожнини гідроциліндра вільний, без перешкод через розподільник 2. По завершенні підйому аутригера тиск у системі підвищується до величини  $p_2$  налаштування напірного клапана 2. Цього тиску достатньо для надійного утримання гідроциліндра у піднятому положенні.

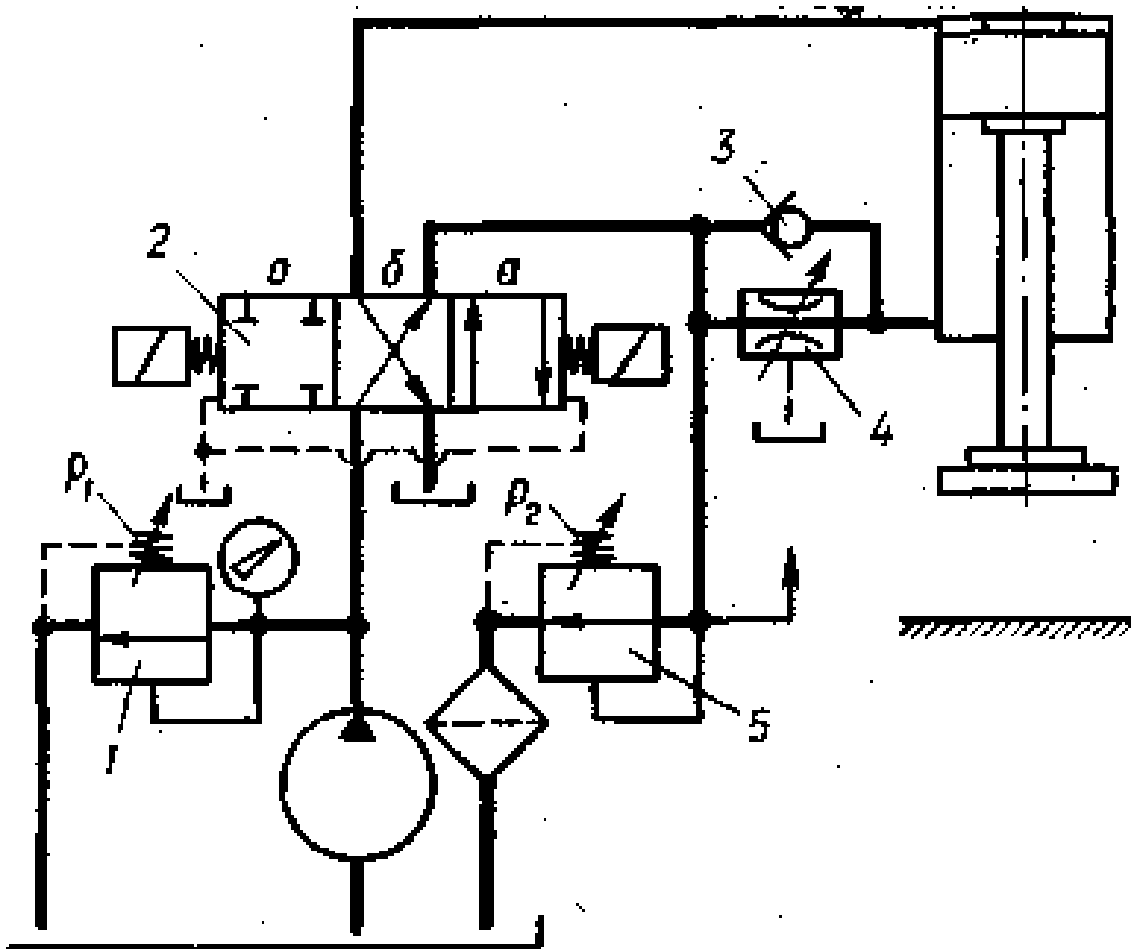


Рисунок 11 – Гідравлічна схема висування аутригерів екскаватора або автомобільного крана з частковим розвантаженням насоса

При реверсі гідроциліндра і необхідності опустити аутригери подається команда на перемикання гідророзподільника 2 у положенні *a*. При цьому робоча рідина від насоса подається до поршневої порожнини гідроциліндра аутригера. Він починає рух униз. Злив робочої рідини зі



штокової порожнини відбувається через регульований дросель 4, яким регулюють швидкість висування опори, через гідророзподільник у бак. При досягненні гідроциліндра нижнього (або заданого) положення тиск у напірній магістралі збільшується, що призводить до відкриття запобіжного клапана 1, що налаштовується на тиск  $p_1$ , який контролюється манометром.

При перемиканні електрогідророзподільника 2 в положення 0 насос блокується і надлишок робочої рідини через клапан 1 спрямовується в бак. Гідроциліндр також блокується, оскільки перекриваються обидві його порожнини: штокова та поршнева. При цьому зсунути опору аутригера неможливо. Так забезпечується надійна фіксація машини на ґрунті.

Такі схеми використовують також для встановлення пневмоколісних кранів на ґрунт для забезпечення додаткової стійкості за рахунок збільшення площі опори.

До недоліків цієї схеми слід віднести складність конструкції.

Однією з проблем створення екскаваторів на базі тракторів з неповнообертливими лопатами є забезпечення повороту стріли з ківшем. Наприклад, механізм повороту лопати ківша на тракторі Т-150К, який обладнаний під екскаватор. Особливістю вимог до поворотного механізму є необхідність створення гідромотора, який забезпечує великий обертальний момент та плавність ходу. З історії розвитку інженерної думки відомо, як відбувалося створення такого механізму. Спочатку було розроблено коромисло, яке за допомогою двох гідроциліндрів забезпечувало поворот стріли екскаватора. Однак з часом відмовились від такої конструкції тому, що кут повороту стріли був недостатній. Черговою конструкцією стала шестерня на обертальному валу стріли, що охоплена ціпком Галля, яка оберталася за допомогою двох гідроциліндрів, що її розтягували. Недоліком такого рішення стала дуже складна схема керування, а при роботі цепок часто спадав з шестерні через великий момент інерції стріли, але кут обертання стріли був вже достатній.

Сучасна, найбільш поширена конструкція та система керування високомоментного гідромотора подана на рисунку 12.

На рисунку 12 показана гідравлічна схема керування неповноповоротним механізмом обертання стріли екскаватора. До складу схеми входять такі елементи: електрогідророзподільник 1, поршні 5, що поєднані зубчастою рейкою, шестерня 6 вихідного вала, що обертає стрілу екскаватора, зворотний клапан 7, 8, 9, 11, напірний клапан 10, регульований дросель 14, запобіжний клапан 15, фільтр, насос, бак з робочою рідиною.

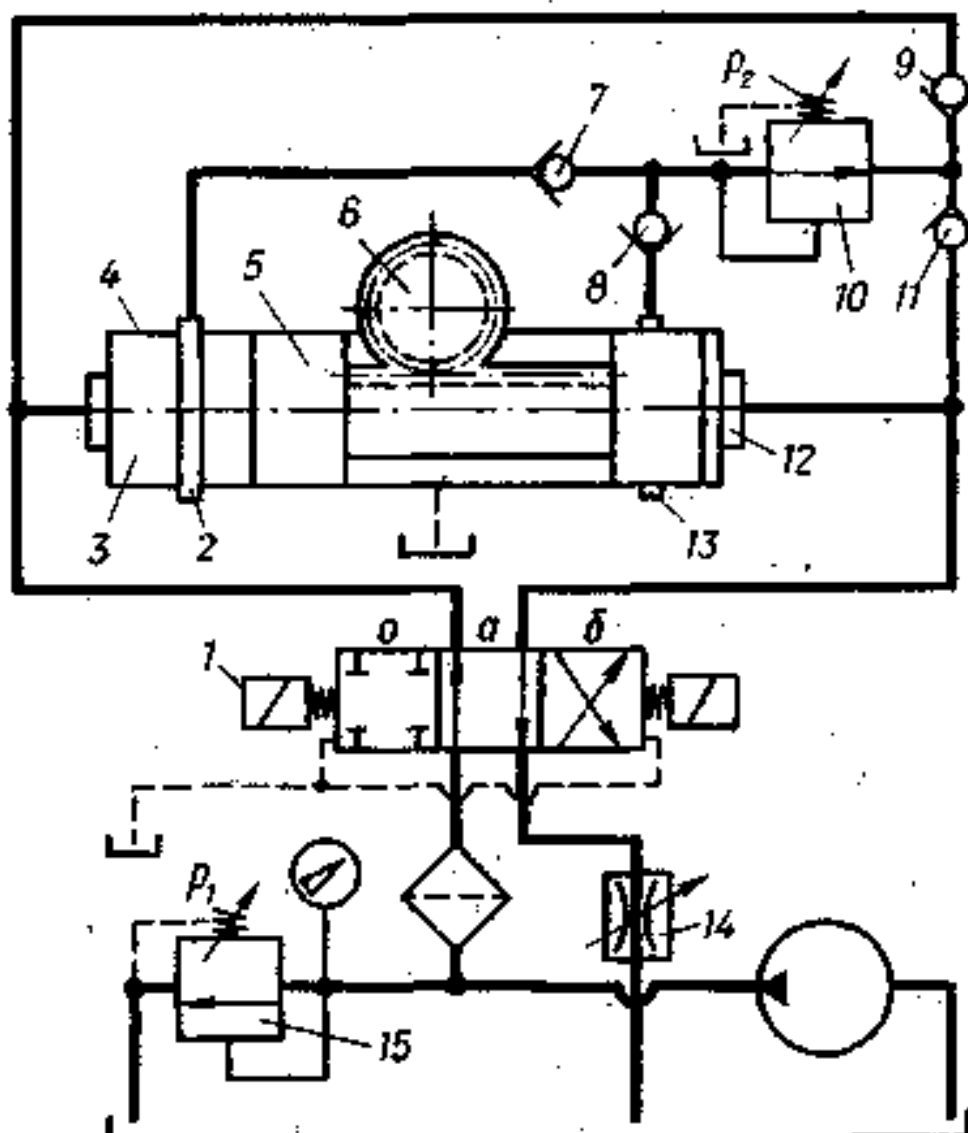


Рисунок 12 – Гідравлічна схема неповноповоротного високомоментного гідромотора для обертання стріли екскаватора

Ця схема працює у такий спосіб.

При роботі насоса робоча рідина забирається з бака та подається насосом до фільтра, далі через електрогіддорозподільник 1 до лівого (за схемою) торця поршня 5. Тиск у цій полості підвищується, поршень 5 починає рухатися та за допомогою зубчастої рейки обертає шестерню 6, яка приводить до повороту стріли екскаватора. З правої порожнини 12 правого поршня робоча рідина витискається через електрогіддорозподільник 1, регульований дросель 14 та в бак. Дросель 14 регулює швидкість обертання стріли.

Зворотнє обертання стріли екскаватора здійснюється при перемиканні електрогіддорозподільника 1 у положення б. Робоча рідина від насоса через фільтр подається під тиском до правої порожнини 12 правого поршня. Поршень починає переміщувати зубчасту рейку і в той же час обертає шестерню 6 зі стрілою, вона обертається у зворотний бік.

Оскільки стріла з лопатою (ківшем) та вантажом (набраним у ківш ґрунтом) має великий обертальний момент, то необхідно передбачити пристрій, який би зміг створити великий крутний момент на початку рушіння вала 6 і великий тиск у гідроциліндрі 3.

Це досягається за допомогою пасків 2 та 13, зроблених на внутрішній поверхні гідроциліндрів.

На початку рушіння робоча рідина подається до торця циліндра під високим тиском, забезпечуючи великий крутний момент на валу 6. З пересуванням поршнів відкирваються паски 2 або 13 і робоча рідина через зворотні клапани 7 та 11, через клапан 10, який налаштований на менший тиск  $p_2$  попадає в бак.

Зворотний рух відбувається аналогічно.

Перевагою схеми є плавне перемикання тиску на гідроциліндрі 5 під час вільного руху.

До недоліків цієї гідравлічної схеми слід віднести ударне включення гідроциліндра в роботу, що може привести до гідравлічних ударів в гідросистемі і появу автоколивань механічних виконавчих частин машини.

### **Контрольні запитання**

1 Для чого необхідно автоматичне розвантаження насоса в положенні «стоп»?

2 Які принципові схемні рішення для розвантаження насосів Вам відомі?

3 Як працює схема часткового розвантаження насоса при підході штока гідроциліндра до упора?

4 У яких машинах використовують неповноповоротні гідромотори у БКВРМ?

5 Призначення гідроаккумуляторів в гідросхемах з розвантаженням насоса.

6 За допомогою яких елементів гідросхеми здійснюється постійний притиск гідроциліндра до упора?

7 Принцип дії гідросхеми аутригерів пневмоколісних кранів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Ремарчук М. П. Проектування мобільних гідрофікованих кранів з телескопічною стрілою. Ч. 1. Розрахунок механізмів, стійкість, прилади безпеки : навч. посіб. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 183 с.
- 2 Омельченко О. В., Цвіркун Л. О. Гідравлічні машини : метод. рук. до вивч. дисц. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2019. 52 с.
- 3 Панченко В. О., Панченко А. А. Гідравлічні машини і обладнання нафтових та газових комплексів. Суми: СумДУ, 2018. 227 с.
- 4 Гідравліка і гідропривод: довідник / В. Г. Федоров, Н. С. Мамелюк, О. І. Кепко, О. С. Пушка; за ред. В. Г. Федорова. Умань: Видавничополіграфічний центр «Візаві», 2017. 135 с.
- 5 Соколов В. І., Кроль О. С., Єпіфанова О. В. Гідравліка. Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2017. 160 с.
- 6 Буренніков Ю. А., Дерібо О. В., Козлов Л. Г. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи, гідропневмоавтоматика. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2016. 100 с.
- 7 Буренніков Ю. А., Немировський І. А., Козлов Л. Г. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Вінниця : ВНТУ, 2014. 273 с.
- 8 Чесноков О. В., Калайдо О. В., Колесніков В. О. Гідравліка і гідравлічні машини. Луганськ: ЛНУ ім. Тараса Шевченка, 2014. 146 с.

ПРИНЦИПОВІ СХЕМНІ РІШЕННЯ  
ТА АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахункових, контрольних і курсових робіт

з дисциплін

*«ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ ТА ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНІ  
МАШИНИ»,*

*«МАШИНИ ДЛЯ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН»,*

*«МАШИНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ШЛЯХІВ»*

Відповідальний за випуск Суранов О. О.

---

Підписано до друку 24.06.2024 р.

Умовн. друк. арк. 1,75. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного  
транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.