

Г. Г. ПІМОНОВ, канд. техн. наук; А. М. ЩЕРБІНА, студент
Харківський державний автомобільно – дорожній університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОПРИВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН НА БАЗІ ОБ'ЄМНОГО ПОДІЛЬНИКА ПОТОКУ

Мета дослідження. Завдяки своїм перевагам, гідравлічний привод широко застосовується в будівельно–дорожніх машинах. На частку гідроприводу, який є найбільш дорогим вузлом будівельно–дорожньої машини, доводиться, в залежності від її устрою, від тридцяти до восьмидесяти відсотків всіх відмов. Надійний гідропривод, забезпечує, в значної мірі, надійність всієї машини і ефективність роботи будівельної організації в цілому [1]. Ефективність експлуатації гідроприводу будівельних машин, і, як наслідок, самих машин, забезпечується комплексом заходів, серед яких важливіше значення мають якісні конструювання, виготовлення і експлуатація, об'єднані в єдину конструктивну систему [1, 2, 3].

Метою дослідження є забезпечення ефективності роботи екскаватора шляхом поліпшення: якості очистки робочої рідини від забруднень; живлення насосу.

Для досягнення цієї мети розглядається, розробляється і вдосконалюється бортова маслоочищувальна система і ежекторне живлення насосу, як єдина система, на основі об'ємного подільника потоку

Постановка проблеми. Гідропривід будівельних машин має наступні напрямки поліпшення конструкції і забезпечення його надійності: поліпшення технічних характеристик окремих складових гідроприводу; забезпечення нормативних параметрів робочої рідини, включаючи очистку від забруднень; поліпшення живлення насосу.

При цьому ці напрями повинно розглядати як єдину систему, об'єднану в конструкцію гідроприводу екскаватора.

Найважливішим елементом цієї системи є очищення робочої рідини від забруднень. Це очищення необхідно проводити з мінімальними втратами енергії (тиску) в гідроприводі і витратою матеріалів [1, 2, 3].

Залежно від якості очищення робочої рідини термін служби гідромашин може бути збільшений або знижений у декілька разів [1, 2, 3]. Скупчення в гідроприводі

забруднюючих речовин, твердість яких істотно вище за твердість металів, викликає швидкий знос поверхонь гідроагрегатів і термін служби швидко скорочується.

Звичайно, цей процес розтягнутий в часі, але чим брудніше рідина, тим ресурс зменшується. Важливо за який час роботи екскаватора прийдемо до цієї межі: через рік або через 10 років і відповідно скільки фінансових витрат понесемо міняючи або ремонтуючи зношені вузли за весь період експлуатації техніки аж до її списання на металобрухт.

Основними джерелами забруднення робочої рідини є:

- виготовлення, транспортування і зберігання робочої рідини;
- виготовлення і іспит гідроприводу на заводах-виробниках;
- під час експлуатації продуктами зносу гідроагрегатів та з навколишнього повітря.

Застосовують схеми фільтрування або всього потоку рідини, або частини його. Першу схему називають схемою послідовного і другу - паралельного включення фільтру, при якій фільтрується не весь потік рідини, а лише частина його.

Схема послідовного включення фільтру забезпечує фільтрацію всієї рідини, що бере участь в циркуляції; фільтр в цьому випадку має бути розрахований на повну витрату рідини.

Фільтрацію частини потоку зазвичай застосовують при вимогах особливо ретельного очищення рідини, що поступає у відповідальні гідроагрегати, а також для профілактичного тонкого очищення рідини гідросистеми. Доцільно застосовувати одночасно обидві схеми фільтрації: для фільтрації всього потоку застосовувати фільтр, що має відносно високу пористість, і для захисту особливо відповідальних агрегатів - фільтри тонкого очищення.

При виборі місця для установки фільтру всієї витрати, керуються наступними міркуваннями. Для оберігання насоса, який найбільш чутливий до забруднень рідини, фільтр бажано встановлювати на всмоктуючій лінії насоса. Досвід показує, що при установці фільтрів в лінії всмоктування підвищується термін служби насосів. Проте фільтр збільшує опір всмоктуючій лінії і тим самим погіршує умови заповнення насоса рідиною.

Фільтри, що встановлюються на лінії нагнітання, повинні бути розраховані на вищий опір, тому що корпус фільтру в цьому випадку знаходитиметься під робочим тиском. Враховуючи, що основним джерелом внутрішнього забруднення є насос, доцільно встановлювати фільтр після насоса (на лінії нагнітання).

Фільтр, встановлений на зливній лінії, хоча безпосередньо і не оберігає агрегати від забруднюючих частинок, проте не перешкоджає всмоктуванню і не знаходиться під робочим тиском.

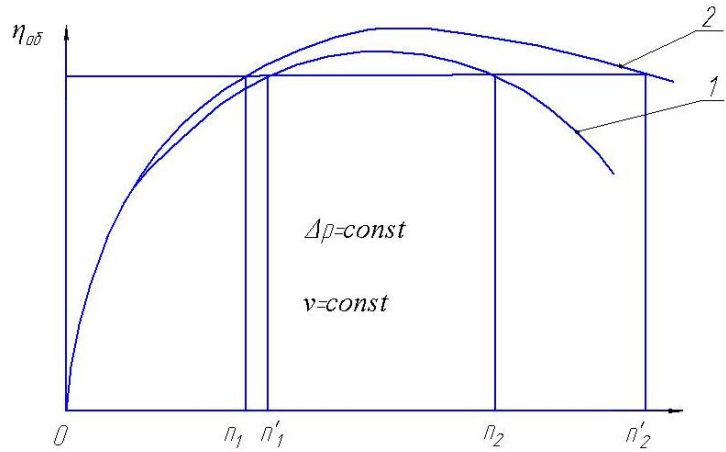


Рис.1. Залежність ККД насоса від числа його обертів: 1 - насос без ежектора; 2 - насос з ежектором.

Поліпшення живлення насоса [1]. При постійному

тиску рідини на вході в насос може бути досягнуто такого критичного числа обертів, при якому в насос не поступатиме при даному тиску на вході потрібна для заповнень робочих камер кількість рідини і при подальшому підвищенні числа обертів продуктивність насоса не підвищуватиметься або навіть знижуватиметься.

При числах обертів вище вказаного критичного значення насос працює в кавітаційному режимі (у режимі голодування).

Кавітація в насосі супроводжується пульсацією тиску рідини і шумом. Ці пульсації обумовлені зворотним потоком рідини з нагнітальної порожнини насоса, який супроводжується гідравлічними ударами і в результаті ударів, що чергуються, пульсацією тиску в нагнітальній магістралі насоса. Амплітуда цих пульсацій може за відомих умов досягати величини, що викликає руйнування насоса.

Можливість виникнення кавітації можна зменшити раціональним вибором режимів роботи гідравлічної системи і правильним конструктивним виконанням її агрегатів, проте повністю виключити це явище можна лише застосуванням допоміжних насосів підкачки, а також підвищенням тиску у всмоктуючій лінії насоса. Створення підпору у відкритих гідросистемах забезпечується:

- під'єднуванням до герметичних резервуарів низького тиску;
- верхньою подачею робочої рідини, тобто розташуванням резервуару (баку) над насосом;
- підживленням основного насоса допоміжним, в основному низьконапірним насосом відцентрового типа;
- ежекторуванням у всмоктуючий патрубок об'ємного насоса рідини, що поступає в резервуар по зливній магістралі.

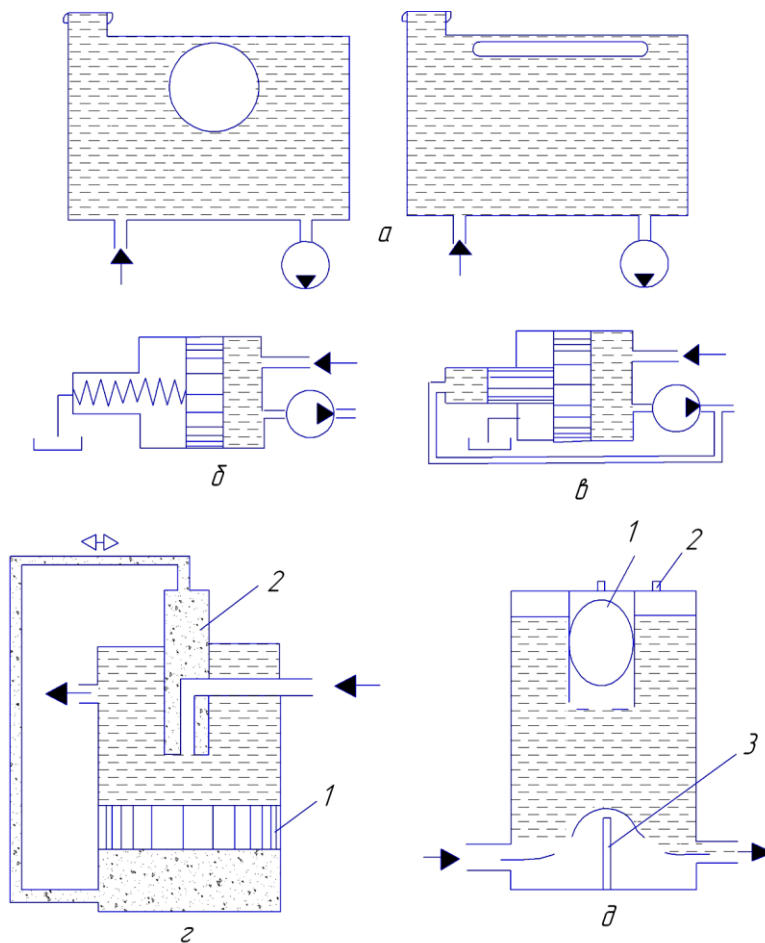


Рис. 2. Способи створення підвищеного тиску на вході у насос .

компенсації темпера-турного розширення замкнутого об'єму рідини, а також деякої кількості зовнішніх витоків.

На рисунку 2, б, в, г показані відомі [2] конструктивні схеми резервуарів з підпружиненим (рис. 2, б) і диференціальним (рис. 2, в) поршнями, а на рисунку 2, г - резервуар, в якому надмірний тиск створюється парою легкокиплячої рідини. У цій конструкції [2] використаний ефект теплової трубки. Робоча рідина, поступаючи в резервуар, нагріває теплоносії, що випаровується, наприклад ацетон, яким заповнена випарна камера 2. Пари тиснуть на поршень 1, чим і забезпечується підпір на лінії всмоктування насоса.

При переміщенні поршня вгору тиск у випарнику знижується, унаслідок чого рідина виявляється перегрітою. Це приводить до подальшого випаровування теплоносія і інтенсивного відбору тепла від робочої рідини. При переміщенні поршня вниз тиск в поршневій частині теплової трубки підвищується, викликаючи додаткову конденсацію пари. Таким чином, за рахунок відбору тепла здійснюється корисна робота.

На рисунку 2 показані деякі варіанти створення підпору за допомогою акумуляторів [2]. Зокрема, на рисунку 2, а необхідний ефект досягнутий за допомогою занурення в герметичний резервуар еластичного пневмобалону фірми August und Pfister A.3, заповненого азотом [2]. Такі елементи рекомендується застосовувати в приводах з постійним балансом витрати рідини в напірних і зливних магістралях. Місткість балона вибирається головним чином з розрахунку

В цілях створення підпору, часткового відділення від потоку нерозчиненого повітря і згладжування пульсацій тиску із сторони всмоктуючої порожнини насоса запропонований гідродемпфер (рис. 2, д) зі встановленою в ньому еластичною місткістю, заповненої газом.. При перетіканні рідини через перегородку 3 частина нерозчиненого повітря відділяється від потоку, спливає у верхню частину корпусу, звідки періодично віддаляється через клапан 2.

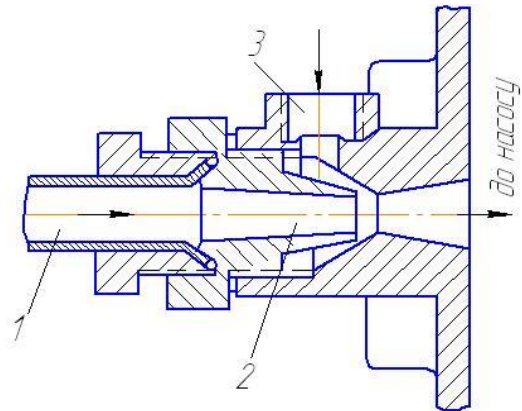


Рис. 3. Схема ежектора підвищення тиску на вході до насосу.

До заходів, направлених на підвищення тиску у всмоктуючих порожнинах об'ємних насосів, можна віднести застосування струміневих насосів. Конструкція цих пристроїв проста, не містить деталей, що труться і рухомих, і для її живлення використовується головним чином рідина з низьким натиском (рис. 3, [1]). Зокрема, підвищення тиску у всмоктуючій лінії насоса часто досягається шляхом застосування ежектора (рис. 2.5), встановлюваного на зливній лінії системи, за допомогою якого можна підвищити тиск на вході в насос, використовуючи швидкісний натиск рідини, що виходить з сопла 2 ежектора. Зливна магістраль 1 гідросистеми в цьому випадку з'єднується з ежекторним пристроєм, за допомогою якого у всмоктуючий канал насоса може додатково поступити під надмірним тиском деяка кількість рідини через канал 3, сполучений з бачком.

Подача робочої рідини до струменевого насоса при установці його на лінії всмоктування об'ємного насоса може здійснюватися : із зливної магістралі гідросистеми; від частини подачі основного насоса; від допоміжного насоса.

На основі аналізу перспективних напрямків вдосконалення гідроприводу екскаватора розроблена наступна поліпшена його схема (рис. 4). Гідропривод складається з двосекційного насосу (Н1 і Н2, з регулятором потужності), секції якого подають робочу рідину в гідравлічну систему екскаватора. На зливній магістралі гідроприводу розташовані послідовно самоочисний фільтр Ф1 магістральний магнітний фільтр Ф2. Робоча рідина, що використовується для сомоочистки фільтру Ф1 прямує через подільник потоку ПП та відцентровий очищувач Ф3 в бак. Основний потік робочої рідини, що пройшов двоступеневу очистку фільтрами Ф1 і Ф2, розподіляється наступним чином. Більша частина робочої рідини потрапляє в бак через праву секцію подільника потоку ПП. Через

середню секцію невелика кількість робочої під тиском, який створює подільник потоку, йде на живлення ежекторів Е8 двосекційного насосу Н1, які подають робочу рідину безпосередньо на вхід насосу, поліпшуючи їх живлення і, як наслідок, - технічну характеристику.

Керування поворотом самоочисного фільтру здійснюється за допомогою редукційного клапану КР7, який, незалежно від тиску в гідросистемі екскаватора, забезпечує подачу до механізму керування поворотом самоочисного фільтру тиск 1 – 2 МПа. Розподільник Р6 керує рухом гідроциліндру ГЦ 14, який і здійснює безпосередньо поворот фільтру.

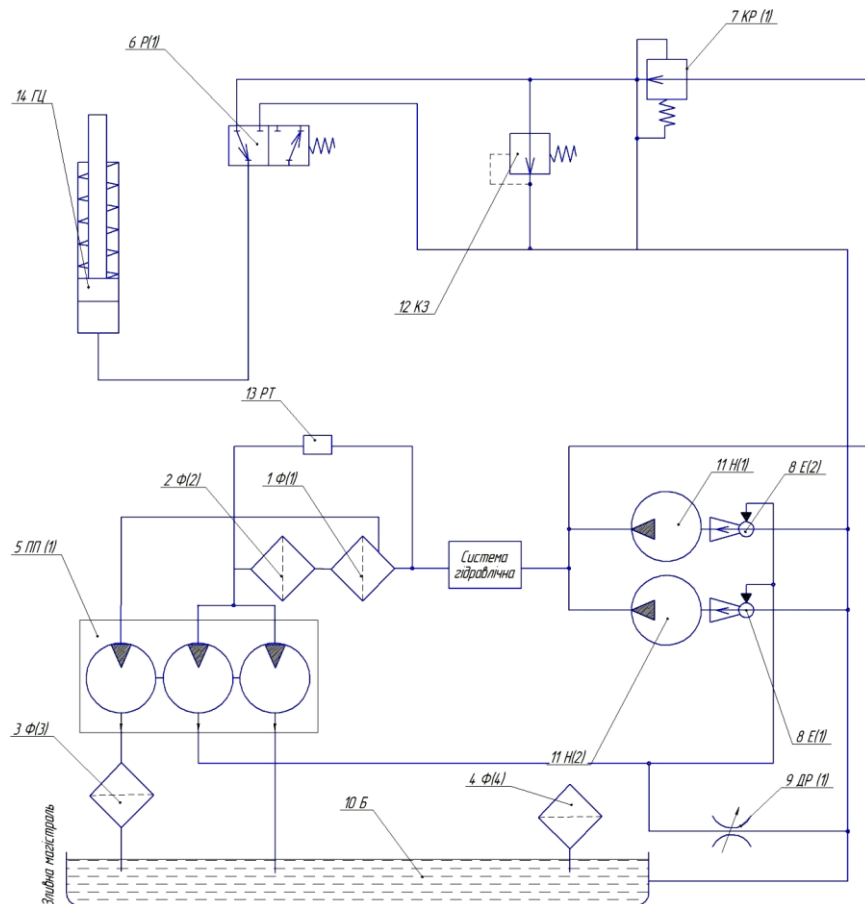


Рис. 4. Схема модернізованого гідроприводу екскаватора.

Застосування подільника потоку ПП1 дає можливість використати для очистки робочої рідини конструктивно об'єднану комбіновану систему, в складі якої використовуються:

- самоочищуючийся фільтр і сучасні магістральний фільтри з невеликою втратою тиску для основного потоку робочої рідини;
- відцентровий фільтр тонкої очистки для меншої частки робочої рідини, що дає можливість не витратити додаткової потужності на роботу цих пристроїв;

- ежекторне живлення основного насосу.

Така комбінована система забезпечує підвищення ефективності роботи насоса, якість очистки робочої рідини і суттєво зменшує витрати матеріалу на фільтрування.

Подільник потоку в цій схемі використовується як джерело гідравлічної потужності для ежектора, який встановлюється на вході в насос екскаватора і поліпшує його технічну характеристику. Подільник потоку в цій системі є найважливішою складовою частиною. Поділення потоку робочої рідини відбувається

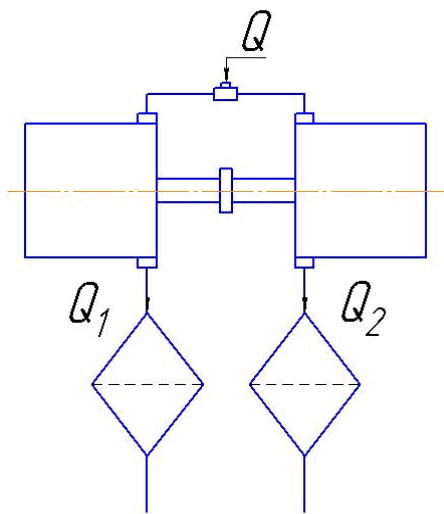


Рис. 5. Схема об'ємного подільника потоку.

за допомогою дросельних подільників або об'ємного типів. Дросельні подільники при своїй роботі втрачають тиск. Цей недолік відсутній в об'ємному подільнику, де втратами тиску, в певних межах, можна навіть нехтувати. Тому в гідроприводі доцільно використовувати об'ємні подільники потоку [1]. Зазвичай подільники потоку використовуються для синхронізації швидкості або співвідношення швидкості декількох гідродвигунів, які харчуються від загального насоса.

При зміні зовнішнього навантаження гідродвигунів рівність тиску на виході секцій подільника потоку буде порушена. В результаті в лінії недовантаженою гідродвигуна з'явиться надлишок потужності. Секція подільника потоку (гідравлічний мотор), що живить його, вступить в роботу як привід другої секції подільника (гідромотора) в лінії переобтяженого гідродвигуна. Недовантажена секція в цьому випадку працюватиме в режимі насоса, який підвищує тиск понад тиск живлення (на вході в подільника потоку) на величину, необхідну для подолання опору в лінії переобтяженого гідродвигуна [1].

Розрахунок параметрів подільника потоку проводиться таким чином. Загальна витрата робочої рідини з параметрами подільника потоку пов'язана залежністю

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = n(V_1 + V_2 + V_3), \quad (1)$$

де Q, Q_1, Q_2, Q_3 - відповідно загальна кількість робочої рідини, що поступає з гідроприводу в бак для очищення і що проходить через лівий, середній і правий

секції подільника потоку; n - частота обертання подільника потоку; V_1, V_2, V_3 - відповідно робочий об'єм всіх секцій подільника.

Звідки

$$n = \frac{Q}{V_1 + V_2 + V_3}. \quad (2)$$

Гідравлічна потужність робочої рідини, що доводиться на кожну секцію подільника потоку, визначається по наступних залежностях

$$\begin{aligned} N_1 &= p_1 \cdot Q_1 = n \cdot V_1 \cdot p_1, \\ N_2 &= p_2 \cdot Q_2 = n \cdot V_2 \cdot p_2, \\ N_3 &= p_3 \cdot Q_3 = n \cdot V_3 \cdot p_3, \end{aligned} \quad (3)$$

де N_1, N_2, N_3 – гідравлічна потужність на лівій, середній і правій секціях подільника потоку; p_1, p_2, p_3 – перепад тиску на виході лівій, середній і правій секціях подільника потоку, викликаний відповідними навантаженнями на ці секції; Q_1, Q_2, Q_3 - витрати на лівій, середній і правій секціях подільника потоку.

Припустимо, що $p_1 \geq p_2 \geq p_3$, а $Q_1 < Q_2 < Q_3$. Гідравлічна потужність, що витрачається на роботу подільника потоку, визначається по наступній формулі

$$N_{\text{а}} = p_0 \cdot Q_3 = p_3 \cdot Q_3 + \Delta N = p_3 \cdot Q_3 + n(V_1 \cdot p_1 + V_2 \cdot p_2), \quad (4)$$

де ΔN - додаткова гідравлічна потужність, яку споживає секція подільника потоку, що працює в режимі гідромотора; p_0 - тиск на вході подільника потоку; $p_0 \cdot Q_3$ - гідравлічна потужність, що витрачається на роботу комбінованої системи очищення робочої рідини і підживлення насосів. Звідки

$$p_0 = \frac{p_3 \cdot Q_3 + p_1 \cdot Q_1 + p_2 \cdot Q_2}{Q_3} = \frac{n(V_3 \cdot p_3 + V_1 \cdot p_1 + V_2 \cdot p_2)}{n \cdot V_3}. \quad (5)$$

Зазвичай в подільниках потоку можуть бути застосовані лише гідромотори з високим коефіцієнтом подачі [1]. Але в нашому випадку необхідно, щоб пристрій мав, насамперед, невеликі механічні втрати і невелику вартість, а точність ділення робочої рідини, яка слідує на фільтри, може бути невеликою.

В об'ємному подільнику потоку, застосовують гідромотори: шестерневі, поршневі, лопатні, гвинтові, роликові.

Найбільш простими подільниками об'ємного типу є спарені (зв'язані валами) гідромотори пластинчатого (лопастного) і роликових типів. Гідромотори в даній схемі

є витратомірними пристроями (дозаторами), які подають за один оборот об'єм рідини, рівний без урахування витоків в гідромоторі, його робочому об'єму.

Подільник робочої рідини (рис. 6) уявляє собою трисекційний гідромотор, в який з лівої сторони зі зливної магістралі потрапляє робоча рідина і ділиться на три потоки пропорційно об'ємам секцій подільника незалежно від навантаження.

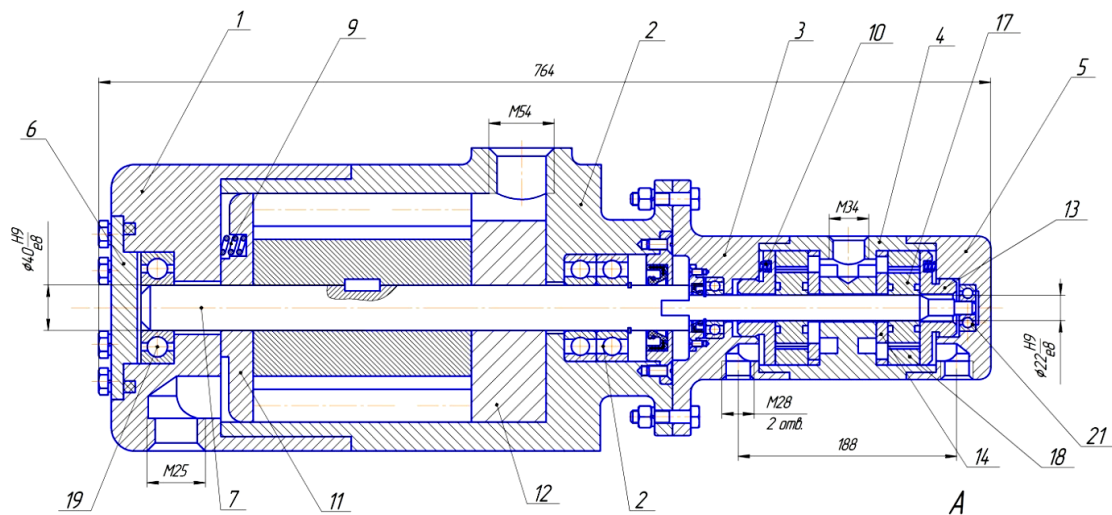


Рис. 6. Подільник потоку.

Подільник робочої рідини складається з корпусу 1, фланцевого корпусу 2, з'єднального корпусу 3, середнього корпусу 4, кришки правої 5, кришки лівої 7, основного валу 7, з'єднального валу 8, трьох пружин 9, малих пружин 10, піджимної втулки 11, дистанційної втулки 12, малих піджимних втулок 13, малих дистанційних втулок 14, ротора 15, роликів 16, малих роторів 17, лопастів 18, а також впускного і випускного колектора. По краях і посередині вала встановлюються підшипники. На загальному валу послідовно встановлюються три ротори з довжиною, відповідної витратам секції. Між секціями встановлюються дистанційні вставки. Вал обертається на трьох підшипниках. Лопасті розташовані в пазах роторів. Зверху і знизу подільника його підшипники прикриваються кришками.

Внаслідок ексцентриситету роторів відносно корпусів подільника відбувається подача робочої рідини при роботі пристрою в режимі насосу.

При роботі пристрою в режимі мотора навпаки, потік робочої рідини обертає насос.

Відмінністю подільника потоку є застосування в двох крайніх секціях гідромоторів двократної дії з двома нерухомими пластинами розташованих в пазах нерухомого статора (корпусу середнього 4).

Фігурний ротор 17 виготовлено так, що дві діаметрально протилежні сторони мають форми дуг кола, описаного із центра ротора 17 радіусом, рівним радіусу r_2 розточки корпусу середнього 4. Дві другі сторони описані дугами меншої кривизни ($r_1 > r_2$). При обертанні ротор, що контактує одночасно зі статором і двома пластинами, буде засмоктувати рідину з двох протилежних камер і нагнітати її.

Максимальна розрахункова продуктивність, яку потребує двуроторний гідромотор визначається з виразу [1].

$$Q = 2bn \left[\pi (r_2^2 - r_1^2) - (r_2 - r_1) 2s \right], \quad (6)$$

де r_1, r_2 - велика і мала полувісі ротора; b, s - ширина ротору і товщина пластинки (лопаті).

Висновки. 1. Використання подільника потоку, як джерела гідравлічної енергії, дає змогу вдосконалити гідропривод за рахунок об'єднання в єдиній системі очистку робочої рідини та ежекторне підживлення насосу.

2. Найбільш перспективними, по критерію вартості, для використання в гідроприводі будівельної машини, є подільники потоку на основі лопасних і роторних гідромоторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Башта Т.М. /Машиностроительная гидравлика: Справочное пособие. / - М.: Машиностроение, 1971.- 672 с.
2. Коновалов В.М. Очистка рабочих жидкостей в гидроприводах станков. / Коновалов В.М., Скрицкий В.Я., Рокшевский В.А. // М., Машиностроение, 1976, 288 с
3. Буренин В. В. Фильтры для рабочих жидкостей гидросистем // Строительные и дорожные машины. 2003. №10. С. 25-29.

УДК 625.7.08.002.5; 616-07

И. Г. ПИМОНОВ, канд. техн. наук.

Харьковский национальный автомобильно – дорожный университет

УСТАНОВЛЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ СОВЕРШЕНСТВУЕМЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГИДРОПРИВОДОВ

Постановка проблемы. Диагностирование гидроприводов, особенно бортовое, позволяет повысить эффективность эксплуатации строительных машин. Однако эта