

Гірничі та піднімально-транспортні машини

УДК 621.87

В.С. Ловеїкін, д.т.н., проф. (НУБПУ, Київ);
Д.О. Міщук, аспірант (КНУБА, Київ).

ОГЛЯД ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ КРАНІВ – МАНІПУЛЯТОРІВ НА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

АННОТАЦІЯ. У статті подано огляд існуючих конструкцій і прототипів гідравлічного приводу маніпуляторів на транспортних засобах. Значну увагу приділено системам керування.

Ключові слова: гідропривід, розподільник, гідросистема, маніпулятор, система керування.

АННОТАЦИЯ. В статье дан обзор существующих конструкций и прототипов гидравлического привода манипуляторов на транспортных средствах. Значительное внимание уделено системам управления.

Ключевые слова: гидропривод, распределитель, гидросистема, манипулятор, система управления.

SUMMARY. Clause devoted to survey of existing designs and prototypes of a hydraulic drive of manipulators on vehicles. The basic attention is given to control systems.

Keywords: hydrodrive, allocator, hydrosystem, manipulator, control system.

Актуальність статті

Широкого застосування в сучасному виробництві набули крани – маніпулятори (КМ) з гідроприводом на транспортних засобах. Маніпуляторами обладнані металовози та вся лісозаготівельна техніка: харвестери, форвайдери, лісовози, скідери та ін. Маніпулятори також використовують в якості підйомників, екскаваторів, перевантажувачів за умови обладнання їх спеціальними пристроями.

Основною проблемою при модернізації існуючої та створенні нових типів машин і обладнання є відсутність широкої бази комплектуючих агрегатів і елементів гідроприводу з системами автоматичного керування. Саме гідросистема й відноситься до слабких ланок вітчизняної техніки. Тому виникає потреба в розробці високотехнічної апаратури керування гідроприводом кранів – маніпуляторів.

Проте, перш ніж розпочати розробку нових схем гідроприводу КМ для застосування їх на транспортних засобах, необхідно вивчити та проаналізувати вже існуючі.

Мета статті провести аналіз існуючих конструкцій пристроїв гідроприводу кранів–маніпуляторів на транспортних засобах

та дати рекомендації до їх застосування при розробці нових схем гідроприводу КМ.

Викладення основного матеріалу

Гідропривід КМ складається з насоса, що подає робочу рідину (РР) під тиском; розподільників, що скеровують її до виконавчих гідродвигунів (гідроциліндри або гідромотори); клапанної апаратури (призначеної для зміни тиску й потоку); фільтрів; жорстких і гнучких трубопроводів; гідробаку з необхідними аксесуарами. Окрім цього сучасний гідропривід КМ обладнується системами автоматичного чи напівавтоматичного керування. Типова схема гідроприводу подана на рис.1.

Регулювання швидкості робочих органів гідравлічних КМ здійснюється за допомогою пристроїв гідравлічної апаратури. Регулювання може бути виконане об'ємним, дросельним чи комбінованим.

Об'ємне регулювання передбачає застосування дорогокоштного регулюючого насоса чи гідродвигуна і виконується змінюванням їх робочих об'ємів. Об'ємне регулювання за допомогою насоса дозволяє змінювати швидкість робочого органа машини у співвідношенні 50:1 з малими втратами ККД, тобто з малою втратою потужності.

Дросельне регулювання значно менш економічне, ніж об'ємне, так як частина РР, пройшовши розподільник, зливається в бак, а її енергія перетворюється на теплову, проте внаслідок простоти конструкції та керування, універсальності і дешевини воно широко застосовується в гідроприводах порівняно малої потужності й у випадках короткочасного регулювання.

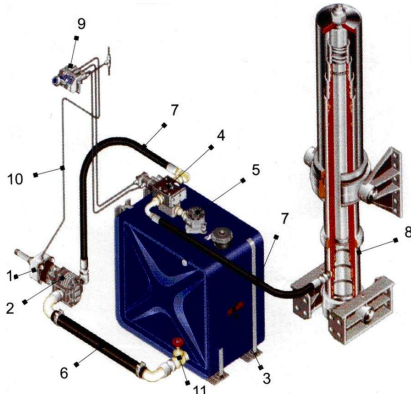


Рис.1. Схема типової гідравлічної установки КМ:

1 – механізм відбору потужності; 2 – гідравлічний насос; 3 – бак для РР; 4 – розподільник; 5 – зворотний фільтр; 6 – шланг для подачі РР від бака до насоса; 7 – шланг високого тиску; 8 – гідравлічний циліндр; 9 – пульт керування; 10 – канал живлення пульта керування; 11 – кран

Застосовують три способи дросельного регулювання (рис.2): дроселем $ДР1$, встановленим на вході до гідродвигуна; дроселем $ДР2$, ввімкненим на виході від гідродвигуна, і дроселем $ДР3$, встановленим паралельно гідродвигуна – гідроциліндра $Ц$.

Під час регулювання за допомогою дроселів, встановлених на вході ($ДР1$) та на виході ($ДР2$) з гідродвигуна, частина робочої рідини (РР), що подається насосом, потрапляє через ці дроселі в гідродвигун, а частина зливається через запобіжний клапан, який працює як переливний.

Як відомо, швидкість переміщення стріли маніпулятора разом з вантажем залежить від швидкості руху поршня привідного гідроциліндра, що дорівнює відношенню витрат РР до площі поршня. З використанням регулюючих дроселів $ДР1$ та $ДР2$, при збільшенні навантаження, тиск після дроселя $ДР1$ збільшується, а перед дроселем $ДР2$ зменшується, тому й різниця тисків зменшується, зменшуються і пропускні ви-

трати дроселем і, як наслідок, зменшується швидкість привідного гідродвигуна КМ. Відповідно, в такому випадку, швидкість робочого органа змінна та знаходиться в залежності від навантаження.

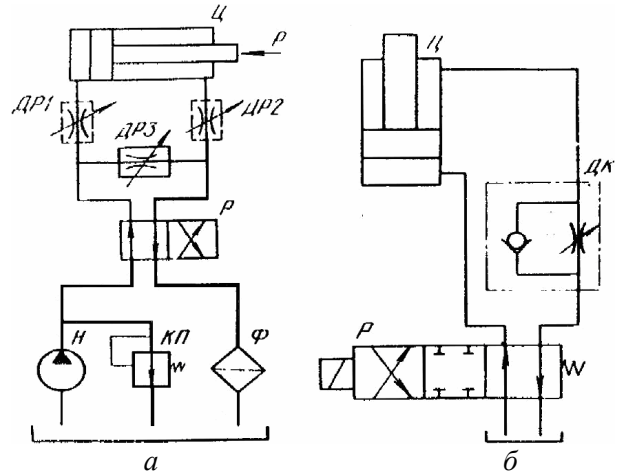


Рис.2. Дросельне регулювання швидкості робочого органа КМ:

а – схема регулювання; $ДР1$ – дросель на вході в гідродвигун; $ДР2$ – дросель на виході; $ДР3$ – дросель паралельний гідродвигуна; б – умовне графічне зображення дроселя на виході

При збільшенні навантаження на гідроциліндрі КМ з паралельно встановленим дроселем $ДР3$, збільшиться і тиск до дроселя, відповідно в гідробак буде потрапляти більше рідини, а в розподільник — менше, що зменшить швидкість. Таким чином і в цьому випадку швидкість робочого органа непостійна і залежить від навантаження [1].

Штучні втрати рідини в циліндрі зазвичай створюють шунтуванням через опір плоскості циліндра, для чого в його поршні виконують отвір діаметром $0,5 \div 2$ мм (рис.3). Цей отвір повинен бути таким, щоб забезпечити стабільний опір при зміні в'язкості рідини внаслідок змінювання її температури.

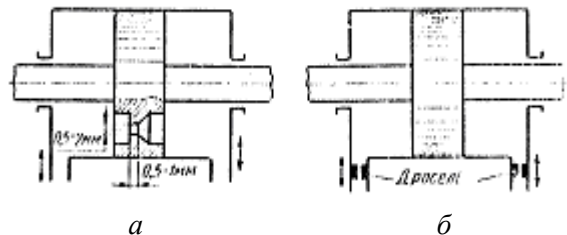
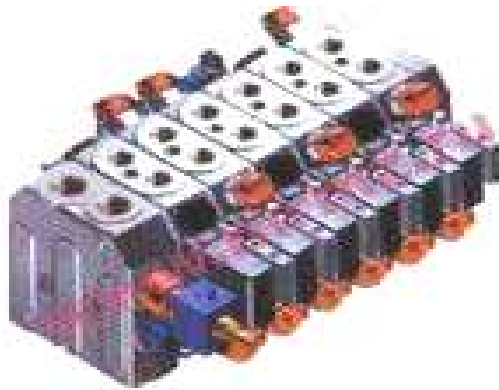


Рис.3. Схема демпфірування коливань штучними втратами рідини (а) та із застосуванням опорів (б)

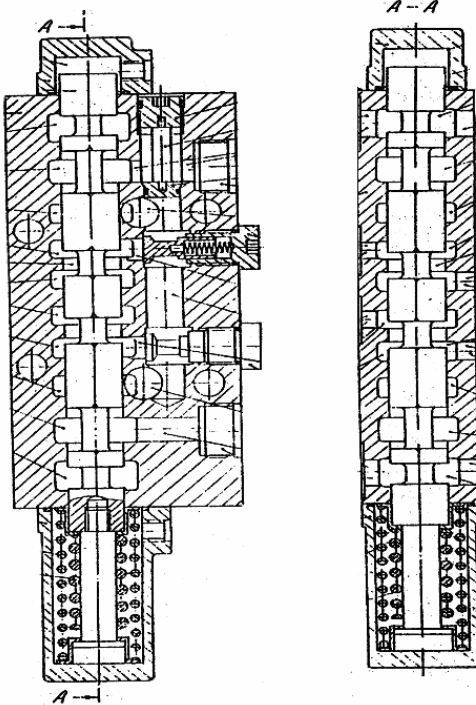
В якості розподільчих пристроїв в гідравлічних схемах керування маніпуляторів використовують золотникові розподільники РР – циліндричні або плоскі.

Недоліком використання розподільників з плоским золотником є їх недосконалість – вони застосовуються в системах з малими навантаженнями та переважно в пневматичних.

Золотникових розподільників з циліндричними золотниками (рис.4) існує велика кількість [2]. За кількістю керуючих вікон (щілин) і керування навантаженням, золотники діляться на одно-, дво- і чотирищілинні (рис. 5) [3].



а



б

Рис.4. Золотниковий розподільник: а – зовнішній вигляд; б – секція багатозолотникового розподільника з циліндричним золотником

Однощілинні золотники (рис.5.а) це – гідравлічний опір тільки в одному колі керування навантаженням. Ними можна змінювати потужність, що подається до навантаження від джерела тиску (від нуля до максимум), проте не можна міняти напрям руху навантаження. Вони знаходять своє застосування в пристроях, що регулюють перепад тиску та робочі витрати рідини.

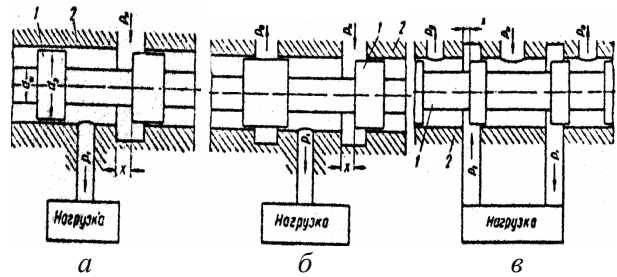


Рис.5. Схеми золотників за кількістю керуючих вікон:
1 – золотник; 2 – гільза

Двощілинні золотникові розподільники (рис.5.б) застосовують для регулювання потужності і керування потоком робочої рідини в одному колі навантаження, наприклад в одній порожнині диференціального циліндра. Для забезпечення зворотно – поступального руху такого циліндра необхідна протидіюча сила.

Чотирищілинні золотники (рис.5.в) дозволяють виконувати регулювання потужності та потоку робочої рідини в двох колах керування навантаженням.

За наявністю протоку і перекриття золотники діляться на ідеальні (рис.6.а), проточні (рис.6.б) і золотники з додатковим перекриттям (рис.6.в).

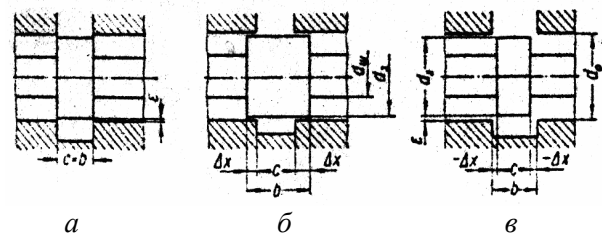


Рис.6. Схеми золотників за наявністю перекриття:
а – ідеальний; б – проточний; в – з додатковим перекриттям

Слід відмітити декілька патентів на циліндричні золотникові розподільники.

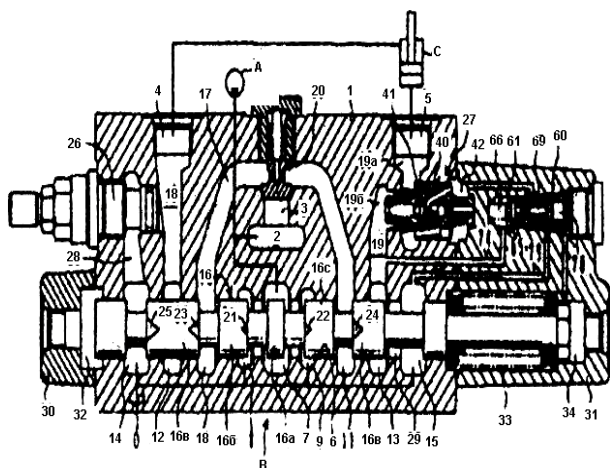


Рис.7. Гідралічний керуючий пристрій

Гідралічний керуючий пристрій (рис.7) [4] містить клапан В, що регулює тиск масла, яке подається до гідроциліндра С від гідронасоса А. Клапан містить золотник 19 встановлений в корпусі 1, а також герметичний клапан 27. Герметичний клапан містить основний блок 40, що містить клапанний гідроапарат 41, який встановлений в каналі, та модуль керуючого клапана 60, що містить тарілчастий клапан 61, оснащений на одному кінці кришкою 31. Клапанний гідроапарат керується пропорційно відкриттю тарілчастого клапана і містить запобіжний клапан 55, який запобігає перевантаженню на гідроциліндрі. Відповідно, герметичний клапан виконує функції підтримання навантаження і запобігання перевантаження. Основними недоліками такого пристрою є складність виготовлення його корпусу – необхідно застосовувати високоточне обладнання для його виготовлення, а також використання спеціальних дросельних клапанів, як окремих пристроїв в даному розподільнику, що призводить до зниження надійності цього механізму.

Розподільник, що забезпечує більш плавну роботу гідросистеми зображений на рис.8 [5]. На робочих кромках золотника за допомогою ріжучого інструмента або штампа виконані дроселюючі канавки, що дає змогу виконувати вмикання та вимикання підключеного робочого органа більш плавно так як буде відбуватися дроселювання рідини на робочих кромках золотника.

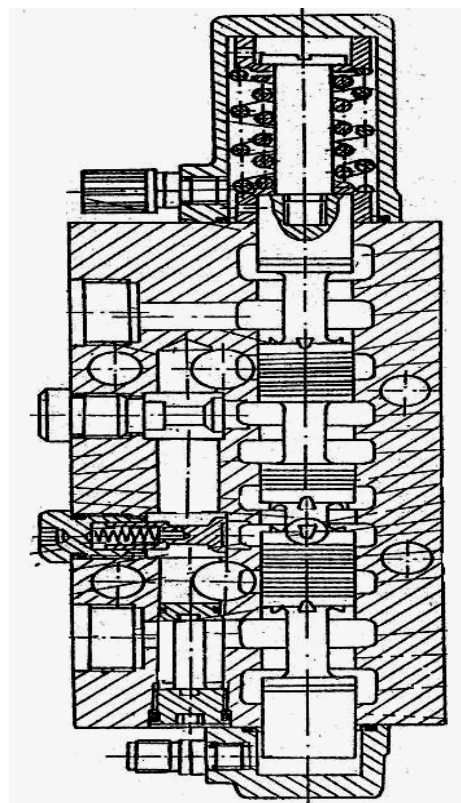


Рис.8. Гідророзподільник

Золотники циліндричних розподільників мають складну конструкцію. Схема розподільника з розбірним золотником подана на рис. 9 [6]. В даному пристарої поєднано розподільник, що керує потоком, з дроселем, який визначає його швидкість.

Не менш важливе питання при створенні розподільників займає система їх керування. Так розподільчі пристрої гідросистеми маніпулятора можуть мати безпосередньо ручне керування, гідралічне, електричне та пневматичне. Ручки керування різної довжини встановлені на хвостовику золотника й мають вертикальну або горизонтальну орієнтації. На деяких зразках розподільників встановлюють дво- і навіть трикоординатні механічні ручки – джойстики, які керують двома або трьома золотниками, дозволяючи оператору вилучати зайві рухи, зменшуючи його утомленість, що підвищує продуктивність машини.

Розвиток електроніки та мікропроцесорної техніки дозволив створити високоефективні системи керування із зворотнім зв'язком.

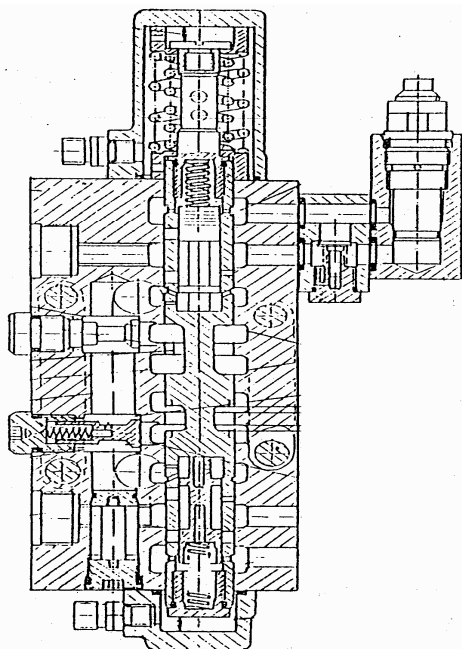


Рис.9. Двопотоковий універсальний розподільник з розбірним золотником

В системах керування маніпуляторів закордонного виробництва досить широкого вжитку набула електронна система керування гідравлічним приводом крана, яка дозволяє за допомогою створених керуючих сигналів на розподільчо-керуючих пристроях отримати необхідні закони руху виконавчих механізмів. Робота таких систем базується на використанні аналого – цифрових перетворювачах (АЦП), зокрема лідером серед таких пристроїв є компанія AVR (USA) більш відома під торговельною маркою Atmel. Зручність таких пристроїв полягає в тому, що керуючу програму для них можна написати мовою програмування високого рівня (Delphi, СИ).

В світовій практиці широкого вжитку набули пропорційні електрогідравлічні розподільники, які дозволяють керувати потоком за допомогою електричних сигналів пропорційно вхідному параметру. Плавна зміна швидкостей виконавчих механізмів, висока точність позиціонування робочих органів, легкість керування дозволили завоювати високу популярність в експлуатації.

На рис.10 [7] представлений гідророзподільник HC-MV 99 з пропорційними електромагнітами (фірма "hydrocontrol", Італія), розрахованим на експлуатацію як в

помірному, так й в холодному кліматі. Втрати робочої рідини на вході складають 130 л/хв, а в робочих відводах - 90 л/хв. Номінальний тиск - 42,0 МПа. Доволі часто такі розподільники використовують в якості регульованих дроселів (клапанів).



а.

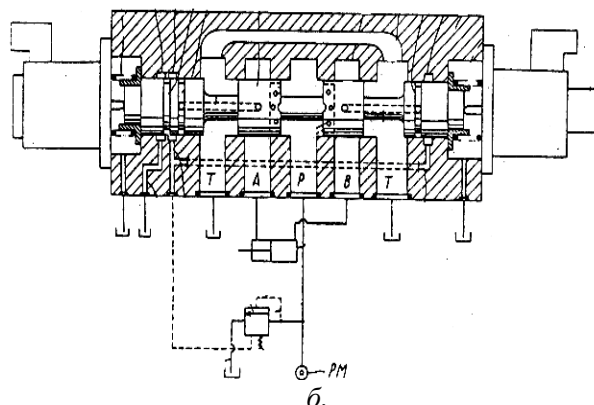


Рис.10. Золотниковий розподільник HC – MV 99

а – зовнішній вигляд; б – конструктивна схема

При підключенні такого розподільника до АЦП можливе програмування робочого положення вихідної ланки. Головним центром таких систем є мікропроцесор АЦП, який, отримуючи сигнали від датчиків, розташованих на ланках маніпулятора, порівнює їх з заданими й формує пропорційний сигнал, який подається на керуючі електромагніти.

Використання електроніки на кранах – маніпуляторах не обмежується. Відома система XP/SR (extra power) фірми Fassi, що встановлюється на гідравлічних кранах – маніпуляторах, дозволяє підвищити вантажопідйомність крана під час роботи з граничними навантаженнями. Це досягається за рахунок того, що швидкість переміщення вантажу зменшується зі збільшенням ван-

тажопідйомності, при цьому також зменшуються динамічні навантаження.

Датська фірма HMF розробила системи SLM (Superior Load Monitoring – моніторинг перевантажень) та EVS (Electronic Vehicle Stability – електронна стійкість базової машини).

В системі SLM використовують комплект електронних датчиків, реле і соленоїдних клапанів для контролю вантажопідйомності КМ за різних положеннях стріли і вантажу. Під час підйому, як тільки кран наближається до нестійкого положення, система SLM вираховує перерозподіл вантажу у той час так, щоб можна було продовжувати роботу, попереджуючи при цьому оператора.

Система EVS також забезпечує безпечні роботи – перешкоджаючи перекиданню машини під час роботи. Крім того, система EVS дозволяє збільшити максимальну вантажопідйомність завдяки врахуванню маси вантажу, що знаходиться в кузові машини.

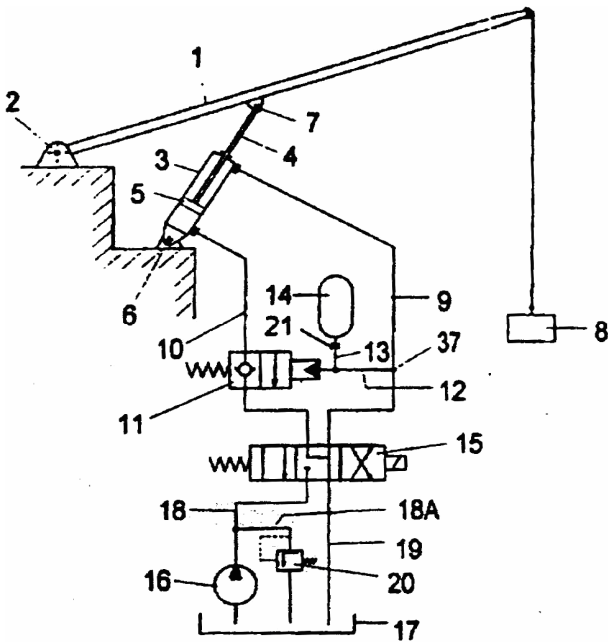


Рис.11 Гасник коливань в гідросхемі крана:
1 - стріла; 2 - вісь повороту стріли; 3 - гідроциліндр;
4 - шток; 5 - поршень; 6, 7 - кріплення гідроциліндра;
8 - вантаж; 9, 10 - лінії керування гідроциліндра;
11 - розвантажувальний клапан; 12, 13 - лінії керуючого тиску; 14 - акумулятор тиску; 15 - гідророзподільник;
16 - гідронасос; 17 - гідробак; 18 - нагнітальна лінія;
19 - зливна лінія; 20 - запобіжний клапан; 21 - дросель

Розглядаючи коливання тиску в гідравлічних системах, що призводить до нерівномірної та не плавної роботи виконавчих механізмів кранів – маніпуляторів, слід відмітити патент [8] (рис.11), який поданий на пристрій, що призначений для гасіння коливань тиску в системі гідроприводу за допомогою розвантажувального клапана 11. Дросель 21 і акумулятор тиску 14 цього пристрою розташовані на ділянці 13 лінії керуючого тиску 12, забезпечуючи відкриття розвантажувального клапана 11. Акумулятор тиску 14 містить одну чи декілька камер в яких знаходиться заповнювач або спінений еластомер.

Відзначимо також декілька винаходів на привід повороту маніпулятора в плані.

Механізм повороту колони стрілового маніпулятора (рис.12) [9]. Мета винаходу – підвищити ефективність демпфірування в проміжних положеннях поршнів.

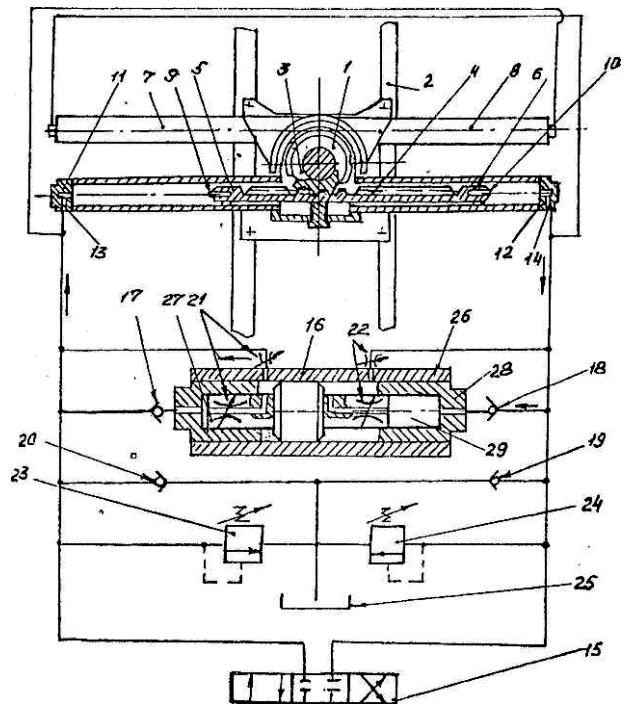


Рис.12. Механізм повороту колони стрілового маніпулятора

1 - поворотна колона; 2 - рама крана; 3 - шестерня механізму повороту; 4 - зубчаста рейка; 5 - 8 - гідроциліндри; 9, 10 - демпфіруючі пристрої; 11, 12 - кришки гідроциліндрів; 13, 14 - нагнітальні і зливні гідролінії; 15 - гідророзподільник; 16 - додатковий демпфер; 17-20 - зворотні клапани; 21, 22 - дроселі; 23, 24 - запобіжні клапани; 25 - гідробак.; 26 - корпус демпфера; 27 - ступінчатий плунжер

Поставлена задача досягається тим, що в торцевих стінках ізольованих порожнин корпусу демпфера встановлені пробки, виконані у вигляді гільзи зі ступінчастими плунжерами, що розміщені в їх всередині. В канали ступінчатого плунжера встановлені змінні дроселі з каліброваними отворами, при цьому поршневі полости гідроциліндрів з'єднані з гідробаком через додатково встановлені зворотні та запобіжні клапани.

Поворотний пристрій маніпулятора (рис.13) [10]. Мета винаходу – підвищити надійність і точність позиціонування поворотного пристрою маніпулятора.

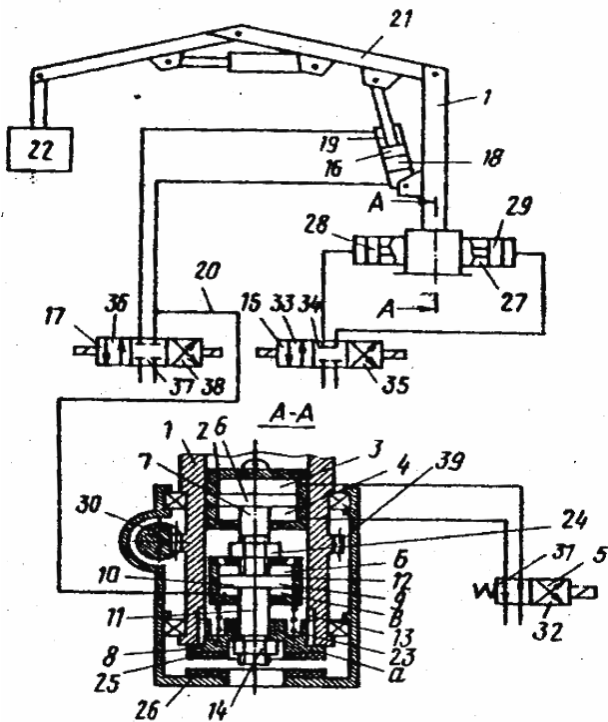


Рис.13. Поворотний пристрій маніпулятора: 1 – стоек; 2 – гідроциліндр гальмівного пристрою; 3, 4 – поршнева і штокова порожнини; 5 – розподільник; 6, 7 – поршень і шток гідроциліндра гальмівного пристрою; 8 – повзун; 9, 10, 11, 12 – складові частини додаткового гідроциліндра; 13 – шліцевий паз; 14, 24 – різьбові гайки; 15, 33, 35 – розподільник поворотного гідроциліндра; 16, 18, 19 – гідроциліндр підйому стріли; 17, 36, 37, 38 – розподільник гідроциліндра підйому; 20 – гідролінія; 21 – стріла; 22 – вантаж; 23 – пружина; 25, 26 – фрикційні диски; 30 – зубчаста рейка; 31, 32 – розподільник; 39 – зубчастий вінець

Наведений пристрій містить порожнисту колону 1 з вертикальними напрямними, в нижній частині її внутрішньої порожнини,

яка встановлена з можливістю повороту навколо своєї осі в корпусі. В нижній частині колони розміщені, з можливістю взаємодії один з одним, нерухомий 26 та рухомий 25 фрикційні диски. Рухомий диск встановлено під повзуном 8 та притиснений пружиною 23 до рухомої частини колони й безпосередньо з'єднаний з гальмівним поршнем 6 та додатковим циліндром 10, що виконує роль датчика зусилля. Датчик 10 пов'язаний з гідроциліндром підйому 16 через гідролінію 20.

Вказана мета, що ставиться перед винаходом досягається ти, що під час роботи КМ рухомий та нерухомий фрикціони взаємодіючи один з одним регулюють обертання колони КМ та позиціонують її у визначеному положенні з мінімальним навантаженням на гідросистему КМ.

Аналогічне технічне рішення має і пристрій зображений на рис. 14 [11]

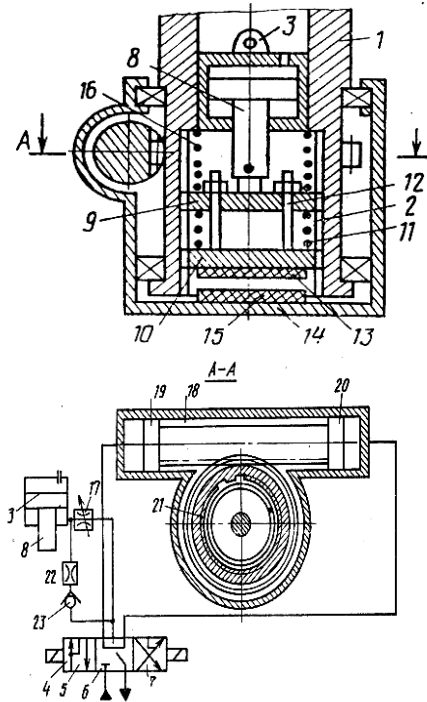


Рис.14. Пристрій повороту колони стріли маніпулятора:

1 – стоек; 2 – шліци стаяка; 3 – гідроциліндр привода; 4, 5, 6, 7 – розподільник; 8 – шток гідроциліндра гальмівного пристрою; 9 – повзун; 10 – механізм підтискання пружини; 11, 16 – пружини; 12 – стяжка; 13, 15 – фрикційні диски; 14 – корпус; 17 - дросель; 18, 19, 20, 21 – механізм повороту колони; 22 – додатковий дросель; 23 – зворотній клапан

Основним приводним гідродвигуном в кранах – маніпуляторах залишається гідроциліндр, хоча використання гідромоторів не виключається, проте гідроциліндри простіші в своїй конструкції й там де це можливо намагаються замінити гідромотори поворотними гідравлічними циліндрами. На рис. 15 представлено вид силового гідроциліндра.



Рис.15. Гідравлічний циліндр

Висновок

В статті розглянуто основні пристрої які набули найбільшого розповсюдження в системах гідроприводів кранів – маніпуляторів, а також основні схеми їх підключення.

Було проведено огляд існуючих пристроїв закордонних аналогів, а також описані деякі сучасні системи керування гідравлічними кранами.

Проведено патентний пошук корисних моделей і винаходів по вітчизняним і закордонним аналогам.

Отриманий аналіз може бути у подальшому використаний в рекомендаціях до розробки нових схем гідроприводу кранів – маніпуляторів.

Література:

1. К. Л. Навроцкий «Теория проектирования гидро- и пневмоприводов» М.: Машиностроение. 1988.
2. *Опис до патенту України №16776*, кл. F01 L5/00 публ. 2006р.
3. З В.В. Юшкин Основы расчета объемного гидропривода Л.: Машиностроение. 1983.
4. *Реферат до патенту WO №9806949 A1* публ. 1998р. публ. 1998р..
5. *Опис до патенту. UA 10637 A* кл. E02F9/22; публ. 1996р.
6. *Опис до патенту. UA 14606 A* кл. E02F9/22; F15B13/00 публ. 1997р.
7. www.parker.com; www.atmel.com;
8. *Реферат до патенту WO №9713072 A2* публ. 1997р.
9. *Опис до а.с. SU 1792910 A1* публ. 1993р.
10. *Опис до патенту RU 2010767 C1* публ. 1994р.
11. *Опис до а.с. SU 1728124 A1* публ. 1993р.

Рецензент: Л.С. Пелевін к.т.н., проф.
(КНУБА)

Отримано: 20.05.2009р.