

УДК 621.833.65

Малащенко В. О., д.т.н., Стрілець О. Р., к.т.н., Стрілець В. М., к.т.н.,  
Савлук А. П., студент  
Національний університет „Львівська політехніка”

## ОБГРУНТУВАННЯ БУДОВИ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ ВАНТАЖНОГО ГАЛЬМА У ВИГЛЯДІ ЗАМКНУТОЇ ГІДРОСИСТЕМИ

**Анотація.** Обґрунтовано будову гальма, яке містить шестеренчастий гідронасос, короткі трубопроводи, регулювальний кран, зворотні клапани і ємність для рідини. Всі елементи, у вигляді замкнутої гідросистеми, змонтовані на корпусі шестеренчастого гідронасоса, вал якого з'єднаний з одним з валів редуктора приводу механізму піднімання вантажу. За напрямком підйому вантажу шестеренчастий гідронасос приводиться в роботу та перекачує рідину по відкритому колу гідросистеми. По закінченні піднімання вантаж зупиняється і своєю вагою створює зворотний обертальний момент, тобто напрямок обертання вала та насоса міняється і стопориться, бо зворотне коло гідросистеми закрито регулювальним краном.

**Аннотация.** Обоснована конструкция тормоза, которая состоит из шестеренчатого гидронасоса, трубопроводов, регулирующего крана, обратных клапанов и емкости для жидкости. Все детали, в виде замкнутой гидросистемы, смонтированы на корпусе шестеренчатого гидронасоса, вал которого соединен с одним из валов редуктора привода механизма подъема груза. В направлении подъема груза шестеренчатый гидронасос приводится в действие и перекачивает жидкость по открытому кругу гидросистемы. По окончании подъема груз останавливается и своим весом создает обратный крутящий момент, то есть направление вращения вала и насоса меняется – происходит стопорение, потому что обратный круг гидросистемы закрыт регулирующим краном.

**Abstract.** Considered structure of the brake, which contains a gearbox hydraulic pump, short pipelines, control valve, return valves and a tank for the liquid. All parts, in the form of a closed hydrosystem, are mounted on the housing of a gear hydraulic pump, whose shaft is connected to one of the shafts of the gear unit for the mechanism of lifting the load. In the direction of lifting the load, the gear-type hydraulic pump is put into operation and pumping the liquid through the open circuit of the hydrosystem. At the end of lifting the load stops and its weight creates a reversible torque, that is, the direction of rotation of the shaft and pump

---

© Малащенко В. О., Стрілець О. Р., Стрілець В. М., Савлук А. П.

---

*changes and stops, because the return circle of the hydrosystem is closed by the control cock.*

**Постановка проблеми.** Для надійної роботи вантажопідійомних, транспортуючих, транспортних та інших машин і обладнання необхідні пристрої, які забезпечують безпеку їх нормальної експлуатації. Сам процес роботи цих пристроїв називають гальмуванням, а пристрої – гальмами. Гальма у механізмах піднімання вантажів мають зупиняти ці механізми та утримувати вантаж на висоті, а також забезпечувати повільне опускання вантажу з регульованою швидкістю. У механізмах пересування та повороту, гальма використовують для зупинки візка або крана на заданому шляху. В транспортерах та елеваторах гальма служать для зупинки цих машин і запобігання їх зворотного руху. Будова та принцип роботи колодкових, стрічкових, дискових і вантажоупорних гальм описані, наприклад, у [1-5] та інших технічних літературних джерелах. Основним недоліком таких гальм є складність конструкції, використання у них фрикційних зв'язків, що приводять до інтенсивного спрацювання деталей, та не продуктивні затрати енергії на опускання вантажів. Актуальною науково-технічною задачею є розробка нових гальм, які конструктивно простіші та виключають фрикційні зв'язки. Тому пропонується нове гальмо у вигляді замкнутої гідросистеми, розроблене на рівні патентів на винаходи і корисні моделі [6-10], які усувають вказані недоліки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Гальмам вантажопідійомних, транспортуючих, транспортних та інших машин і пристроїв присвячена велика кількість робіт, з яких тут розглянуті найбільш блиски до поставленої задачі статті [11–14].

В [11] приводиться оцінка теплового балансу складених шківів стрічково-колодкових гальм бурової лебідки при їх повітряно-рідинному охолодженні.

В [12] розглядаються статично збалансовані гальма (SBBs) у яких привод менш енергоємний. Вони не вимагають будь-якої сили приведення, щоб підтримувати гальмівний момент, а лише необхідно перемістити невелику масу, щоб його змінювати.

В [13] приводиться будова і принцип роботи магнітореологічного гальма – пристрою, який передає обертальний момент через зсувну силу рідини MR. Рідина розміщується між обертальними і фіксованими дисками, а на рідину накладається магнітне поле.

В [14] досліджуються електромагнітні гальма з застосуванням вихрових струмів, вказується ряд переваг, наприклад, безконтактна робота, швидка реакція, зменшення кількості деталей. Основний недолік – гальмівний момент обмежений низькими швидкостями.

Із аналізу останніх публікацій видно, що науковці та проектувальники і конструктори продовжують шукати шляхи покращення конструкції і принципу роботи гальма.

**Метою роботи** є опис будови і принцип роботи нового гальма у вигляді замкнутої гідросистеми, отримати аналітичні вирази для його розрахунків у залежності від умов роботи та зробити висновки про можливість і доцільність застосування у вантажопідйомній та іншій техніці

**Виклад основного матеріалу.** На рис. 1 показана гідравлічна схема гальма, яка складається з шестерінчастого гідронасоса 1, [15], коротких трубопроводів 2, регулювального крана 3, зворотних клапанів 4, 5, 6 і ємності для рідини 7. Всі складові деталі монтуються на корпусі 8 гідронасоса 1. Далі вантажоупорний зупинник корпусом 8 приєднується до корпуса 9 (рис.2) редуктора приводу механізму підйому вантажу гвинтами 10, а вал 11 приводу гідронасоса 1 з'єднується з валом 12 редуктора приводу механізму піднімання вантажу з'єднанням [16].

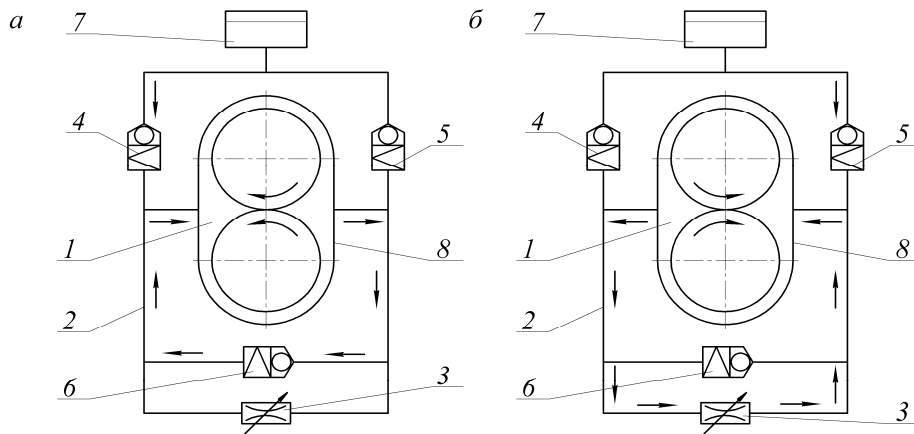


Рисунок 1 – Гідравлічні схеми гальма:

*а* – робота при підніманні вантажу; *б* – робота при опусканні вантажу.

Гальмо працює за таким принципом. При обертанні вала 12 (рис.2) редуктора приводу механізму за напрямком підйому вантажу шестеренчастий гідронасос приводиться в роботу, а саме перекачує рідину по першому замкнутому колу (див. рис. 1,а). У цей час регулювальний кран 3 закритий. По закінченні піднімання вантаж зупиняється і своєю вагою створює зворотний обертальний момент, тобто напрямок обертання вала 12 міняється на зворотний. При цьому міняється напрямок обертання шестеренчастого насоса.

Так як система замкнута регулювальним краном 3 і зворотними клапанами 5 і 6 здійснюється стопоріння шестеренчастого гідронасоса і вала 12, тепер піднятий вантаж знаходиться в підвішеному стані.

Для опускання вантажу відкривається регулювальний кран 3. Рідина рухається по другому замкнутому колу (див. рис. 1, б), а саме через шестеренчастий гідронасос і регулювальний кран 3. При цьому обертається шестеренчастий гідронасос, вал 12 і вантаж плавно опускається. При закритті регулювального крана 3 гідросистема стопориться, припиняється рух рідини по другому замкнутому колу гідросистеми. Зупиняється рух шестеренчастого гідронасоса, вала 12 і опускання вантажу припиняється. Дозаповнення гідросистеми рідиною здійснюється із ємності 7 через зворотні клапани 5 і 6.

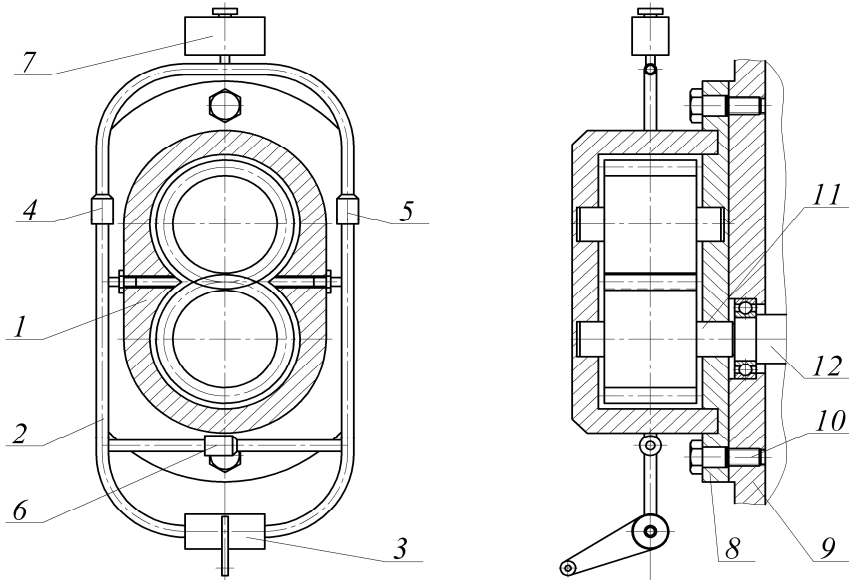


Рисунок 2 – Конструктивна блок - схема установки гальма на редукторі механізму підйому вантажу

Таке гальмо поліпшує експлуатаційні показники внаслідок спрощення керування опусканням вантажу, зменшення енергетичних затрат на опускання вантажу, збільшення довговічність пристрою за рахунок відсутності пар тертя.

Для розрахунку будь-якого гальма визначають розрахунковий гальмівний момент,  $M_{\Gamma}$

$$M_{\Gamma} = K_{\Gamma} \frac{Q_6 D_0}{2i_n u_m} \eta_m, \quad (1)$$

де  $K_{\Gamma}$  – коефіцієнт запасу гальмування;  $Q_6$  – вантажопідйомність;  $D_0$  – діаметр барабана по осі каната;  $i_n$  – кратність поліспасти;  $u_m$  – передаточне число механізму підйому вантажу, від вала барабана до вала установки гальма;  $\eta_m = 0,80 \dots 0,85$  – коефіцієнт корисної дії механізму підйому вантажу.

В якості насоса в замкнутій гідросистемі рекомендуються шестеренні гідронасоси зовнішнього зачеплення [15], як такі, що відрізняються простотою конструкції, компактністю, надійністю у роботі, довговічністю, нечутливістю до перевантажень, малою вартістю. Вітчизняною промисловістю випускаються шестеренні гідронасоси з прямозубим зовнішнім зачепленням НШ-4, НШ-6, НШ-10, НШ-32, НШ-50, НШ-71, НШ-100, НШ-125, НШ-150, де число у марці означає робочий об'єм у  $см^3$ . Деякі параметри шестеренчастих насосів (за даними [18],) вибрані та подані у вигляді табл. 1

Таблица 1

Деякі дані для шестеренчастих насосів

Марка насоса	Габаритні розміри ( $l \times b \times h$ ), мм	Діаметр вихідного вала, $d$ , мм	Діаметр напірного отвору, $d_y$ , мм	Піковий тиск, $p_{max}$ , МПа
НШ-4	133x93x115	16	12	25
НШ-6	138x93x115	16	12	25
НШ-10	93x93x115	16	14	28
НШ-32	126x124x155	25	16	28
НШ-50	149x148x159	30	25	28
НШ-71	198x210x202	32	27	28
НШ-100	180x184x206	34	40	28
НШ-125	189x184x206	34	50	28
НШ-150	218x184x206	34	60	28

Вибір гідронасоса для гальма, у вигляді замкнутої гідросистеми рекомендуємо виконують за діаметром вихідного вала, який визначається за таким виразом

$$d = \sqrt{M_G / (0,2[\tau_k])} \tag{2}$$

де  $M_G$  – гальмівний момент;  $[\tau_k] = 15...30$  МПа – занижені допустимі напруження кручення для матеріалу вала.

В замкнутій гідросистемі розрахунку підлягають трубопроводи, по яких рухається рідина і вони є найбільш вразливими. Внутрішній діаметр трубопроводів вибираємо рівним напірному отвору гідронасоса. Товщина стінок труб  $s$ , як і всі види їх з'єднань розраховуються за максимальним тиском [17]. Небезпечним для труб є розрив по твірній. Тоді товщина стінки дорівнює

$$s = \frac{p_{max} d_y}{2[\sigma_p]} + c, \tag{3}$$

де  $p_{max}$  – максимальний тиск рідини в трубах, який може створити гідронасос;  $[\sigma_p]$  – допустимі напруження на розтяг для матеріалу труб;  $c = 1...2$  мм – збільшення товщини стінки труби з урахуванням

спрацювання;  $d_y$  – умовний прохід труби, приймається рівним діаметру отворів гідронасоса.

Піковий максимальний тиск  $p_{\max}$  рідини в трубах, який може створити гідронасос в замкнутій гідросистемі вибираємо із табл. 1 параметрів гідронасосів, або з каталогу [18].

**Висновки:**

1. Описана конструкція та принцип роботи нового вантажного гальма у вигляді замкнутої гідросистеми може бути використана різних засобах підйомно-транспортної техніки.

2. Запропоновані аналітичні вирази для розрахунків компонентів вантажного гальма у вигляді замкнутої гідросистеми можуть бути використані під час його проектування та експлуатації.

3. Встановлено, що розглянуте вантажне гальмо у вигляді замкнутої гідросистеми доцільно застосовувати у вантажопідйомній та іншій техніці, так як підвищується довговічність деталей і зменшуються енергетичні експлуатаційні затрати.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин [Текст] / М.П. Александров. – М.: Машиностроение, 1984. – 552 с.

2. Гончарук О.М. Вантажопідйомна, транспортуюча і транспортна техніка [Текст] / О.М. Гончарук, В.М. Стрілець. Рівне: НУВГП, 2008. – 345 с.

3. Іванченко Ф.К. Розрахунки вантажопідйомних і транспортуючих машин [Текст] / Ф.К. Іванченко, В.С. Бондарев, Н.П. Колесник, В.Я. Барабашов. – К.: Вища школа, 1978. – 578 с.

4. Малащенко В.О. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання [Текст] / В.О. Малащенко, В.М. Стрілець, Я.М. Новіцький, О.Р. Стрілець. – Рівне: НУВГП, 2017. – 347с.

5. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів. Державний нормативний акт про охорону праці ДНАОП № 0.00-1.03.02. – К.: МПСПУ, 2002. – 196 с.

6. Пат. 2211796 РФ, МПК F 16 D 57/06. Останов для груза перемещаемого механизмом подъема [Текст] / Куденко Н.М., Стрелец В.Н.; заявитель і обладатель патента Украинский государственный университет водного хазяйства и природопользования. - №2001107699; заявл. 21.03.2001; опубл. 10.09.03, Бюл. № 25.

7. Пат. 2211797 РФ, МПК F 16 D 57/06. Останов для груза перемещаемого механизмом подъема [Текст] /Куденко Н.М., Стрелец В.Н.; заявитель і обладатель патента Украинский государственный университет водного хазяйства и природопользования. - №2001113324/28; заявл. 14.05.2001; опубл. 10.09.03, Бюл. № 25.

8. Пат. 41191 Україна, МПК F 16 D 71/00. Вантажопорний зупинник [Текст] / Куденко М.М., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Рівненський державний технічний університет. - №2001032016; заявл. 27.03.01; опубл. 15.07.03, Бюл. № 7.

9. Пат. 44135 Україна, МПК В 66 D 5/32. Вантажопорний зупинник [Текст] / Куденко М.М., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Український державний університет водного господарства та природокористування. - №2001053400; заявл. 21.05.01; опубл. 15.03.05, Бюл. № 3.

10. Пат. 28463 Україна, МПК F 16 D 71/00. Вантажопорний зупинник [Текст] / Стрілець О.Р., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. - № u200708884; заявл. 01.08.07; опубл. 10.12.07, Бюл. № 12.

11. Чуфус В.М. К вопросу оценки теплового баланса составляющих шкивов ленточно-колодочного тормоза буровой лебёдки при их воздушно-жидкостным охлаждением [Текст] / В.М. Чуфус // Подъемно-транспортная техника. – Одесса: ОНПИ, 2017. – № 2 (54). – С. 73-84.

12. Plooij Michiel. Statically balanced brakes [Text] / Michiel Plooij, Tom van der Hoeven, Gerard Dunning, Martijn Wisse // Original Research Article Precision Engineering. Vol. 43. January 2016. Pages 468-478.

13. Attia E.M. Teoretical and experimental study of magneto-rheological fluid brake [Text] / E.M. Attia, N.M. Elsodany, H.A. El-Gamal, M.A. Elgohari // Original Research Article Alexandria Engineering Journal. Vol. 56. Iss. 2. June 2017. Pages 189-200.

14. Karakoc Kerem. Analytical modeling of eddy current brakes with the application of time varying magnetic fields [Text] / Kerem Karakoc, Afzal Suleman, Edvard J. Park // Original Research Article Applied Mathematical Modelling. Vol. 40. Iss. 2. 15 January 2016. Pages 1168-1179.

15. Стрілець О. Огляд і аналіз гідронасосів для замкнутих гідросистем у пристроях для керування змінами швидкості [Текст] / О. Стрілець / Матеріали 13-го міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – 2017. – С. 150-151.

16. Пружне з'єднання валів на опорі [Текст] / Стрілець О.Р., Малащенко В.О., Стрілець В.М., Савлук А.П.; Заявка на патент України на корисну модель № u 2018 00076 від 02. 01. 2018

17. Стрілець В.М. Основи конструювання. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення [Текст] / В.М. Стрілець. – Рівне: НУВГП, 2008. – 258с.

18. Насосы шестеренные. Каталог – <https://www.hydrosila.com>.