

- nical sciences*, 2017, no. 34, pp. 105-112. (Rus.)
2. Rodin P.R. *Metalorejuschie instrumentu* [Cutting tools]. Moskow, Vuschay shkola Publ., 1974. 407 p. (Rus.)
  3. Granovskiy V.I., Granovskiy V.G. *Rezanie metallov* [Metal cutting]. Moskow, Vuschay shkola Publ., 1985. 304 p. (Rus.)
  4. Samotugin S.S., Leschinskiy L.K. *Plazmenoe uprochnenie instrumentalnuh materialov* [Plasma hardening of tools material]. Donetsk, Novui mir Publ., 2003. 338 p. (Rus.)
  5. Samotugin S.S., Lavrinenko V.I., Samotugina U.V., Kudinova E.V. *Vliyanie regumov plazmenoi obrabotki na strukturu i svoistva instrumentalnuh tverduh splavov* [Effect of plasma treatment regimes on the structure and properties of tool hard alloys]. *Sverhtverdue materialu – Superhard materials*, 2011, no. 3, pp. 74-84. (Rus.)
  6. Aleksandrova L.I., Loschak M.G., Gorbacheva T.B., Varaksina A.V. *Rentgenograficheskie isledovaniya termooobrotanuh tverduh splavov WC-Co* [Radiographic studies of heat treated hard alloys WC-Co]. *Poroschkovaya metalurgiya – Powder metallurgy*, 1985, no. 5, pp. 93-98. (Rus.)
  7. Gorbacheva T.B. *Rentgenografiya tverduh splavov* [Radiography of hard alloys]. Moskow, Metalurgiya Publ., 1985. 102 p. (Rus.)

Рецензент: А.А. Андилахай  
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 11.04.2018

УДК 621. 833. 65

doi: 10.31498/2225-6733.36.2018.142537

© Савлук А.П.<sup>1</sup>, Стрілець В.М.<sup>2</sup>, Стрілець О.Р.<sup>3</sup>, Степанюк А.А.<sup>4</sup>

### ВАНТАЖОУПОРНИЙ ЗУПИННИК МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ У ВИГЛЯДІ ЗАМКНУТОЇ ГІДРОСИСТЕМИ

*Описана будова і робота зупинника вантажу, який містить шестеренчастий насос, короткі трубопроводи, регулювальний кран, зворотні клапани і ємність для рідини. Всі деталі змонтовані на корпусі насоса. За напрямком підйому вантажу шестеренчастий насос приводиться в роботу та перекачує рідину по відкритому колу гідросистеми. По закінченні підйому вантаж зупиняється і створює зворотний обертальний момент, напрямок обертання насоса міняється і стопориться, бо зворотне коло гідросистеми закрито регулювальним краном.*

**Ключові слова:** зупинник вантажу, шестеренчастий насос, регулювальний кран, замкнута гідросистема, зворотний клапан, ємність для рідини.

**Савлук А.П., Стрелец В.М., Стрелец О.Р., Степанюк А.А. Грузоупорный останов механизмов подъема в виде замкнутой гидросистемы.** *Описано строение и работа останова груза, который состоит из шестеренчатого насоса, коротких трубопроводов, регулирующего крана, обратных клапанов и емкости для жидкости. Все детали смонтированы на корпусе насоса. За направлением подъема груза шестеренчатый насос приводится в работу и перекачивает жидкость по открытому кругу гидросистемы. По окончании*

<sup>1</sup> студент, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент, професор, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, [v.m.strilets@nuwm.edu.ua](mailto:v.m.strilets@nuwm.edu.ua)

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доцент, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, [oleg@hotmail.com](mailto:oleg@hotmail.com)

<sup>4</sup> канд. техн. наук, асистент, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, [a.a.stepaniuk@nuwm.edu.ua](mailto:a.a.stepaniuk@nuwm.edu.ua)

*подъема груз останавливается и создает обратный крутящий момент, направление вращения насоса изменяется из-за того, что обратное коло гидросистемы закрыто регулирующим краном.*

**Ключевые слова:** *останов груза, шестеренчатый насос, регулировочный кран, замкнутая гидросистема, обратный клапан, емкость для жидкости.*

**A.P. Savluk, V.M. Strilets, O.R. Strilets, A.A. Stepaniuk. Cargo stop-gear of the lifting mechanisms in the form of a closed circuit hydrosystem.** *Stoppers are used to hold loads at a height and prevent their uncontrolled reversal movement in manual and mechanical drives of lifting mechanisms. Recent researches have shown that scientists, designers and constructors continue to look for ways to improve the design and operation of cargo brakes and stoppers, therefore the development of the latter remains relevant scientific and technical task. The article describes the structure of new cargo stop-gear, which contains a gear pump, short pipelines, regulating throttle, reverse valves and a liquid container. All the parts are mounted on the frame of the pump. The work of the cargo stop-gear operated from the lifting mechanism has been considered. The gear pump is driven in the direction of cargo lifting, and pumps the liquid through an open circuit of the hydrosystem. Upon completion of lifting, the cargo stops and creates a reverse torque, the direction of the pump rotation changes and stops, because the reverse circuit of the hydrosystem is closed by the regulating throttle. To lower the cargo a regulating throttle is used- the return circle of the closed circuit hydrosystem opens, the gear pump is driven and it pumps the liquid in the reverse circuit of the hydrosystem. When we want to stop the movement of the cargo – the regulating throttle overlaps the reverse circuit of the closed circuit hydrosystem. The recommendations on the selection and calculation of components of the cargo stop-gear of the lifting mechanism have been given. The proposed cargo stop-gear in the form of a closed circuit hydrosystem is advisable to use in load-lifting and other equipment, as the durability of parts increases and energy costs reduce during its operation.*

**Keywords:** *cargo stop-gear, gear pump, regulating throttle, closed circuit hydrosystem, reverse valve, container for liquid.*

**Постановка проблеми.** Зупинники використовують для утримання вантажів на висоті та запобігання їх некерованого зворотного спуску в ручних і механічних приводах механізмів підйому і у похилих транспортерах, для запобігання зворотного руху. За конструкцією зупинники бувають храпові та роликові. Храповий зупинник складається з храпового колеса, закріпленого на валу, та защіпки, закріпленої на нерухомому корпусі. При підйомі вантажу храпове колесо повертається разом з валом. При опусканні вантажу защіпка входить в западини храпового колеса і припиняє зворотній хід. Роликовий зупинник складається з нерухомого корпусу, диска з клиновими вирізами на зовнішній круговій поверхні, встановленого нерухомо на валу, та роликів, встановлених в утворені між корпусом і диском клинові щілини. При підніманні вантажу ролики переміщуються силами тертя в широку частину клинової щілини, що забезпечує вільне обертання диска відносно корпусу. При зворотному обертальному моменті ролики заходять у вузьку частину клинової щілини, що приводить до заклинювання і зупинки вала. Вантажоупорні зупинники використовують у механічних механізмах піднімання вантажів кранів, особливо в електричних талях, для запобігання пришвидшеного опускання вантажу. Основним недоліком таких вантажоупорних зупинників є мала надійність у роботі, складність конструкції, використання у них фрикційних зв'язків, що приводять до інтенсивного спрацювання деталей, та непродуктивних затрат енергії при опусканні вантажів. Більш детально про будову і роботу таких пристроїв описано в літературних джерелах, наприклад, [1-3] та інших. Актуальною науково-технічною задачею є розробка нових вантажоупорних зупинників. Тому пропонуються вантажоупорні зупинники у вигляді замкнутої гідросистеми, розроблені на рівні патентів на винаходи [4-7] і корисну модель [8], які усувають вказані недоліки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вантажоупорним гальмам і зупинникам присвячені велика кількість робіт. Про деякі роботи [9-11] нами сказано у цій статті.

В літературному джерелі [9] 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 літературному джерелі [10] приводиться будова і принцип роботи магнітного 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 літературному джерелі [11] 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, проектувальники і конструктори продовжують шукати шляхи покращення конструкції і принципу роботи вантажних гальм і зупинників.

**Ціль статті.** Метою роботи є вивчення будови і принципу роботи вантажоупорних зупинників у вигляді замкнутої гідросистеми для механізмів підйому вантажів і рекомендації до вибору їх компонентів.

**Виклад основного матеріалу.** На рис. 1 показана гідравлічна схема вантажоупорного зупинника, який складається з гідронасоса 1, 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.

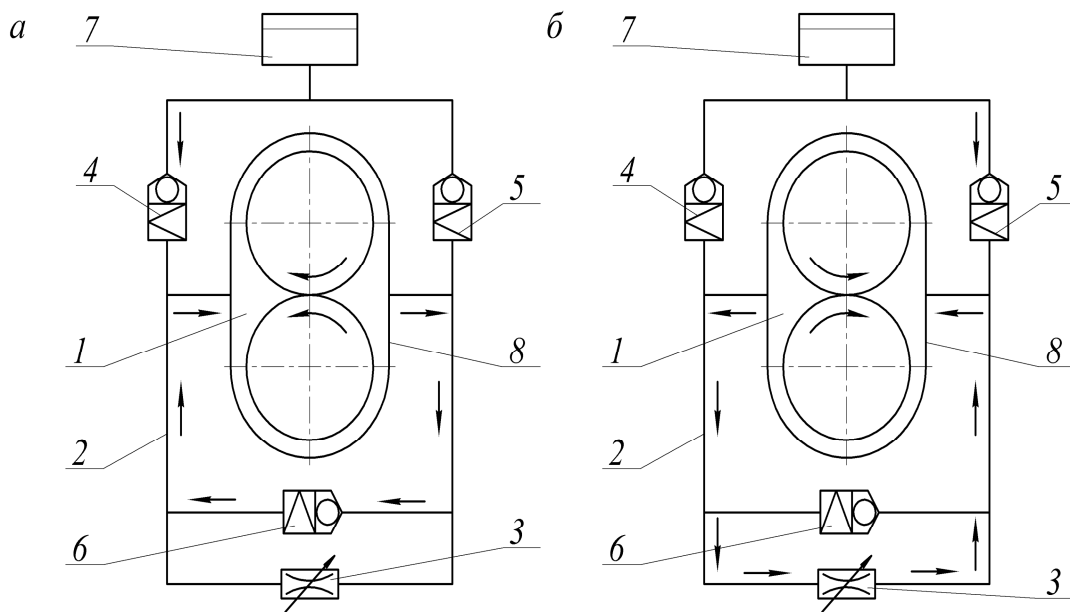


Рис. 1 – Гідравлічні схеми зупинника вантажу: а – робота при підніманні вантажу; б – робота при опусканні вантажу

Далі зупинник вантажу (рис. 2) корпусом 8 гідронасоса 1 приєднується до корпусу 9 редуктора приводу механізму підйому вантажу гвинтами 10. Потім на вал 11 гідронасоса 1 на шпонці 12 або шліцах встановлюють шестерню 13 і закріплюють гайкою 14. Шестерня 13 входить у зачеплення з зубчастим колесом 15 редуктора механізму підйому вантажу, наприклад, талі.

Вантажоупорний зупинник працює таким чином. При обертанні зубчастого колеса 15 редуктора приводу механізму підйому вантажу за напрямком підйому вантажу гідронасос 1 приводиться в роботу – перекачує рідину по першому замкнутому колу (див. рис. 1, а). У цей час регулювальний дросель або кран 3 закритий. По закінченні піднімання, вантаж зупиняється і своєю вагою створює зворотний обертальний момент, тобто напрямок обертання зубчастого колеса 15 змінюється на зворотний. При цьому змінюється напрямок обертання шестеренчастого насоса. Так як система замкнута регулювальним краном 3 і зворотними клапанами 5 і 6, здійснюється стопоріння шестеренчастого гідронасоса 1, шестерні 13 і зубчастого колеса 15 – піднятий вантаж знаходиться в підвішеному стані.

Для опускання вантажу вмикається регулювальний дросель або кран 3. Рідина рухається по другому замкнутому колу (див. рис. 1, б) – шестеренчастий гідронасос 1 і регулювальний дросель або кран 3. При цьому обертається шестеренчастий гідронасос 1, шестерня 13 і зубчасте колесо 15 – вантаж плавно опускається. При закритті регулювального дроселя або крана 3 гідросистема стопориться, припиняється рух рідини по другому замкнутому колу гідросистеми. Зупиняється рух шестеренчастого гідронасоса 1, шестерні 13 і зубчастого колеса 15 – опускання вантажу припиняється. До заповнення гідросистеми рідиною здійснюється із ємності 7 через зворотні клапани 5 і 6.

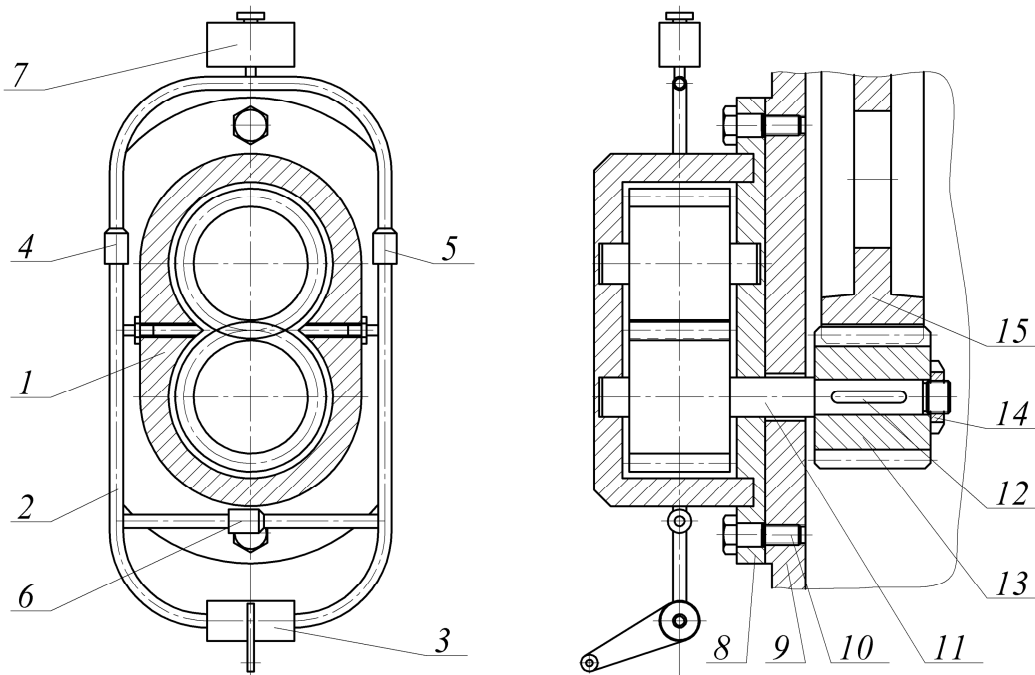


Рис. 2 – Конструктивна блок-схема установки вантажоупорного зупинника на редукторі механізму підйому вантажу

Конструктивна блок-схема установки вантажоупорного зупинника на корпус 9 редуктора приводу механізму підйому вантажу, наприклад, талі, показана на рис. 2.

Такий зупинник вантажу поліпшує експлуатаційні показники – спрощує керування опусканням вантажу, зменшує енергетичні затрати на опускання вантажу, збільшує довговічність за рахунок відсутності пар тертя.

Для розрахунку любого зупинника вантажу визначають розрахунковий гальмівний момент,  $M_G$ .

$$M_G = K_G \frac{Q_e D_0}{2i_n u_m} \eta_m, \quad (1)$$

де  $K_G$  – коефіцієнт запасу гальмування;  $Q_e$  – вантажопідйомність;  $D_0$  – діаметр барабана по осі каната;  $i_n$  – кратність поліспасту;  $u_m$  – передаточне число привода механізму підйому вантажу;  $\eta_m = 0,80 \dots 0,85$  – коефіцієнт корисної дії привода механізму підйому вантажу.

В якості насоса в замкнутій гідросистемі рекомендуються шестеренні гідронасоси зовнішнього зачеплення [12], 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 та інші, де число у марці означає робочий об'єм у  $\text{см}^3$ . Параметри таких шестеренчастих насосів можна вибрати, наприклад, з [13].

Вибір гідронасоса для зупинників у вигляді замкнутої гідросистеми виконують за діаметром вихідного вала, який визначається

$$d = \sqrt{\frac{M_T}{0,2[\tau_k]}} \quad (2)$$

де  $M_T$  – гальмівний момент;  $[\tau_k] = 15 \dots 30$  МПа – 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 [14]. Небезпечним для труб є розрив по твірній. Тоді товщина стінки:

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

де  $p_{\max}$  – максимальний тиск рідини в трубах, який може створити гідронасос;  $[\sigma_p]$  – допустимі напруження на розтяг для матеріалу труб;  $c = 1 \dots 2$  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 параметрів гідронасосів, або більш широко [13].

### Висновки

Описана конструкція та принцип роботи нового вантажоупорного зупинника у вигляді замкнутої гідросистеми, що може бути використана в різних засобах техніки.

Запропоновані аналітичні вирази, які на основі умов роботи дозволяють вибирати та розраховувати елементи зупинника вантажу, що переміщається механізмом підйому.

Зупинник вантажу у вигляді замкнутої гідросистеми доцільно застосовувати і в іншій техніці, так як підвищується надійність і довговічність деталей через відсутність ударних навантажень, фрикційних зв'язків і зменшується матеріаломісткість та енергетичні затрати при експлуатації.

### Список використаних джерел:

1. Гончарук О.М. Вантажопідйомна, транспортуюча і транспортна техніка / О.М. Гончарук, В.М. Стрілець. – Рівне : НУВГП, 2008. – 345 с.
2. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання / В.О. Малащенко, В.М. Стрілець, Я.М. Новіцький, О.Р. Стрілець. – Рівне : НУВГП, 2017. – 325 с.
3. НПАОП 0.00-1.01-07. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів. Державний нормативний акт про охорону праці. – Взамен НПАОП 0.00-1.03-02 (ДНАОП 0.00-1.03-02); введ. 2007-07-18. – К. : МІОУ, 2007. – 156 с.
4. Пат. 2211796 РФ, МПК F 16 D 57/06. Останов для груза перемещаемого механизмом подъема / Н.М. Куденко, В.Н. Стрелец. – № 2001107699; заявл. 21.03.2001; опубл. 10.09.03, Бюл. № 25.
5. Пат. 2211797 РФ, МПК F 16 D 57/06. Останов для груза перемещаемого механизмом подъема / Н.М. Куденко, В.Н. Стрелец. – № 2001113324/28; заявл. 14.05.2001; опубл. 10.09.03, Бюл. № 25.
6. Пат. 41191 Україна, МПК F 16 D 71/00. Вантажоупорний зупинник / М.М. Куденко, В.М. Стрілець. – № 2001032016; заявл. 27.03.01; опубл. 15.07.03, Бюл. № 7.
7. Пат. 44135 Україна, МПК В 66 D 5/32. Вантажоупорний зупинник / М.М. Куденко, В.М. Стрілець. – № 2001053400; заявл. 21.05.01; опубл. 15.03.05, Бюл. №3.
8. Пат. 28463 Україна, МПК F 16 D 71/00. Вантажоупорний зупинник / О.Р. Стрілець, В.М. Стрілець. – № u200708884; заявл. 01.08.07; опубл. 10.12.07, Бюл. № 12.
9. Plooij Michiel. Statically balanced brakes / Michiel Plooij, Tom van der Hoeven, Gerard Dunning, Martijn Wisse // Original Research Article Precision Engineering. – January, 2016. – Vol. 43. – Pp. 468-478.
10. Theoretical and experimental study of magneto-rheological fluid brake / E.M. Attia, N.M. Elso-dany, H.A. El-Gamal, M.A. Elgohari // Original Research Article Alexandria Engineering Journal. – June 2017. – Vol. 56. – Issue 2. – Pp. 189-200.

11. Karakoc Kerem. Analytical modeling of eddy current brakes with the application of time varyieng magnetic fields / Kerem Karakoc, Afzal Suleman, Edvard J. Park // Original Research Article Applied Mathematical Modelling. – January 2016. – Vol. 40. – Issue 2. – Pp. 1168-1179.
12. Стрілець О. Огляд і аналіз гідронасосів для замкнутих гідросистем у пристроях для керування змінами швидкості / О. Стрілець // Матеріали 13-го Міжнародного симпозиуму українських інженерів-механіків у Львові. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД. – 2017. – С. 150-151.
13. Насосы шестеренные [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронные данные. – Режим доступа: [www.hydrasila.com/products/gear-pumps](http://www.hydrasila.com/products/gear-pumps). – Название с экрана.
14. Стрілець В.М. Основи конструювання. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / В.М. Стрілець. – Рівне : НУВГП, 2008. – 258 с.

## References:

1. Honcharuk O.M., Strilets V.M. *Vantazhopidyomna, transportuyucha i transportna tekhnika* [Hoisting, transporting and transport equipment]. Rivne, NUWEE Publ., 2008. 345 p. (Ukr.)
2. Malashchenko V.O., Strilets V.M., Novitskyi Y.M., Strilets O.R. *Detali mashyn i pidyomno-transportne obladnannya* [Machines elements and lifting and transport equipment]. Rivne, NUWEE Publ., 2017. 325 p. (Ukr.)
3. *Derzhavnyy normatyvnyy akt pro okhoronu pratsi NPAOP № 0.00-1.01-07. Pravyla budovy i bezpechnoyi ekspluatatsiyi vantazhopidyomnykh kraniv* [State normative document on labor protection NPALP № 0.00-1.01-07. Rules of structure and safe operation of load-lifting cranes]. Kyiv, MJU Publ., 2007. 156 p.
4. Kudenko M.M., Strilets V.M. *Ostanov dlya gruzha peremeshchayemogo mekhanizmom pod'yema* [Stop-gear for a load moving by a lifting mechanism]. Patent RU, no. 2211796, 2003. (Rus.)
5. Kudenko M.M., Strilets V.M. *Ostanov dlya gruzha peremeshchayemogo mekhanizmom pod'yema* [Stop-gear for a load moving by a lifting mechanism]. Patent RU, no. 2211797, 2003. (Rus.)
6. Kudenko M.M., Strilets V.M. *Vantazhoupornyiy zupynnyk* [Load stop-gear]. Patent UA, no. 41191, 2003. (Ukr.)
7. Kudenko M.M., Strilets V.M. *Vantazhoupornyiy zupynnyk* [Load stop-gear]. Patent UA, no. 41135, 2005. (Ukr.)
8. Strilets O.R., Strilets V.M. *Vantazhoupornyiy zupynnyk* [Load stop-gear]. Patent UA, no. 28463, 2007. (Ukr.)
9. Michiel Plooi, Tom van der Hoeven, Gerard Dunning, Martijn Wisse *Statically balanced brakes*. Precision Engineering. Vol. 43. January 2016. pp. 468-478.
10. Attia E.M., Elsodany N.M., El-Gamal H.A., Elgohari M.A. Theoretical and experimental study of magneto-rheological fluid brake. Alexandria Engineering Journal, June 2017, vol. 56, iss. 2, pp. 189-200.
11. Kerem Karakoc, Afzal Suleman, Edvard J. Park. Analytical modeling of eddy current brakes with the application of time varying magnetic fields. Applied Mathematical Modelling, January 2016, vol. 40, iss. 2, pp. 1168-1179.
12. Strilets O. *Ohlyad i analiz hidronasosiv dlya zamknutykh hidrosistem u prystroyakh dlya keruvannya zminamy shvydkosti. Materialy dopovidej 13-j Mizhnarodnyj symposium ukrai'ns'kyh inzheneriv-mehaniiv u L'vovi «MSUIML-13»* [Review and analysis of hydropumps for closed circuit hydrosystems in devices for speed change control. Proceedings of the XIII International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv «ISUMEL-13»]. Lviv, KINPATRI LTD, 2017, pp. 150-151. (Ukr.)
13. *Nasosy shesterennye* (Gear pumps) Available at: [www.hydrasila.com/products/gear-pumps/](http://www.hydrasila.com/products/gear-pumps/) (accessed 15 August 2017).
14. Strilets V.M. *Osnovy konstruyuvannya* [Fundamentals of constructing]. Rivne, NUWEE Publ., 2008. 258 p. (Ukr.)

Рецензент: С.В. Кравець

д-р техн. наук, проф., Національний університет  
водного господарства та природокористування

Стаття надійшла 20.03.2018