

DOI 10.32820/2079-1747-2019-23-6-12

УДК 621.867.82

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИВАНТАЖЕННЯ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ МАЛОГАБАРИТНИМИ КАМЕРНИМИ ЖИВИЛЬНИКАМИ

©Ковалевський С. В., Залужна Г. В.

*Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут
Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)*

Інформація про авторів:

Ковалевський Сергій Васильович: ORCID: 0000-0003-3377-3192; ems_nnppi@ukr.net; кандидат технічних наук; доцент кафедри електромеханічних та комп'ютерних систем; Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії; вул. Миру, 5, м. Бахмут, 84500, Україна.

Залужна Галина Володимирівна: ORCID: 0000-0003-4810-9737; zalartem@gmail.com; кандидат фізико-математичних наук; доцент кафедри електромеханічних та комп'ютерних систем; Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії; вул. Миру, 5, м. Бахмут, 84500, Україна.

В статті розглянуто способи підвищення продуктивності малогабаритного камерного живильника за рахунок інтенсифікації аераційних процесів при переміщенні транспортуючого матеріалу. Запропоновано технічні рішення аераторів, які здатні прискорити процес аерації транспортуючої суміші. Також розглянуто використання принципів конструкцій аераторів та їх сполучення в єдину систему аераційного пристрою. Це дозволить у подальшому дослідженні та удосконаленні транспортування сипких матеріалів вирішувати задачу щодо оптимізації об'єму та форми камери для малогабаритного камерного живильника. Запропоновані конструкції забезпечать можливість збільшення продуктивності малогабаритних камерних живильників та економію енерговитрат на транспортування сипких матеріалів.

На основі досліджень встановлено, що загальні витрати стислого повітря для живлення малогабаритного камерного живильника продуктивністю 55-60 т/г складають 30-35 м³/хв. Із загальної кількості витрат стислого повітря на живлення аераційних систем витрачається 10-12 м³/хв. Запропонована конструкція мультисоплового аераційного приладу має цілий ряд особливостей, підвищуючих його ефективність в порівнянні з іншими конструкціями аераційних пристроїв, які відомі в попередніх конструкціях в камерах живильників.

Удосконалення та поширення ефективності дії аераційних пристроїв, їх використання в камерних живильниках для інтенсифікації аераційних процесів транспортуючого сипкого матеріалу дозволяє значно підвищити продуктивність малогабаритного камерного живильника та дає можливість зниження енерговитрат на виробництво стислого повітря.

Ключові слова: пневмоклапани; приводи запираючих пневмосистем; діафрагмові диференційні приводи; конструкції; удосконалення; ремонтпридатність.

Ковалевский С. В., Залужная Г. В. «Повышение эффективности выгрузки сыпучего материала малогабаритными камерными питателями».

В статье рассмотрены способы повышения производительности малогабаритного камерного питателя за счет интенсификации аэрационных процессов при перемещении транспортирующего материала. Предложено технические решения аэраторов, которые способны ускорить процесс аэрации транспортирующей смеси. Также рассмотрено использование принципиальных конструкций аэраторов и их сочетания в единую систему аэрационного устройства. Это позволит в дальнейшем исследовании и совершенствовании транспортировки сыпучих материалов решать задачу по оптимизации объема и формы камеры для малогабаритного камерного питателя. Предложенные конструкции обеспечат возможность увеличения производительности малогабаритных камерных питателей и экономию энергозатрат на транспортировку сыпучих материалов.

На основе исследований установлено, что общие расходы сжатого воздуха для питания малогабаритного камерного питателя производительностью 55-60 т/ч составляют 30-35

м³/мин. Из общего количества расходов сжатого воздуха на питание аэрационных систем расходуется 10-12 м³/мин. Предложенная конструкция мультисоплового аэрационного прибора имеет целый ряд особенностей, повышающих его эффективность по сравнению с другими конструкциями аэрационных устройств, которые известны в предыдущих конструкциях в камерах питателей.

Совершенствование и распространение эффективности действия аэрационных устройств, их использования в камерных питателях для интенсификации аэрационных процессов транспортирующего сыпучего материала позволяет значительно повысить производительность малогабаритного камерного питателя и дает возможность снижения энергозатрат на производство сжатого воздуха.

Ключевые слова: аэрационные устройства; питающий пульсирующий клапан; малогабаритный камерный питатель; конструкции аэраторов; мультисопловый аэратор.

Kovalevsky S., Zalyshna G. «Improving the efficiency of unloading loose material with small-sized chamber feeders».

The article considers ways to increase the productivity of a small cellar feeder due to the intensification of aeration processes when moving the transporting material. Technical solutions of aerators, which are capable of accelerating the process of aeration of a transporting mixture, are offered. Also, the use of fundamental structures of aerators and their connection into a single system of aeration device is considered. This will allow further research and improvement of transportation of bulk materials to solve the problem of optimizing the volume and shape of the camera for a small cellar feeder. The proposed designs will provide the opportunity to increase the productivity of small cellular feeders and save energy costs for the transportation of bulk materials.

On the basis of researches it was established that the total costs of compressed air for feeding the small cellular feeder with the productivity of 55-60 t/h make 30-35 м³/min. Of the total amount of compressed air consumption, 10-12 м³/min is consumed for aeration systems. The proposed design of a multi-plumbing aeration device has a number of features, increasing its efficiency compared with other structures of aeration devices, which are known in previous designs in feeder chambers. The vortex aerators are the most promising for the preparation of the transporting mixture in the chamber of the feeder, but their efficiency and scope in the construction of small-cell chamber feeders are currently not sufficiently investigated in laboratory studies and industrial facilities.

Improving and extending the efficiency of aeration devices, their use in chamber feeders to intensify the aeration processes of transporting bulk material can significantly improve the productivity of a small cellular feeder and enable the reduction of energy consumption for the production of compressed air. The design of the modernized diaphragm differential drive is implemented in the control system of a small cellar feeder, which works during the transport of coal dust at the Slavyanskaya TPP. In operation at the operating company, it declared itself as a reliable structural element of the transport system, which provides reliable operation for the period of warranty resource of the chamber feeder.

Key words: aeration devices; feed pulsating valve; small-sized chamber feeder; aerators designs; multinozzle aerator.

Вступ

Пневматичний транспорт займає ведуче місце при транспортуванні сипких матеріалів на сучасних підприємствах, а також при виконанні технологічних операцій в залежності від умов виробництва. Основним технічним елементом пневмотранспортної системи є силова установка, яка виконується у вигляді струмного насосу або камерного живильника в складі трубопровідної пневмотранспортної системи. Найбільш перспективними, економічними, енергозберігаючими є транспортуючі системи, в яких складовим елементом є малогабаритний камерний живильник.

Сучасна машинобудівна промисловість випускає велику кількість моделей камерних живильників в залежності від технологічних потреб підприємств, необхідної продуктивності, особливостей експлуатації та безпеки виробництва. Пневмотранспортні установки повинні відповідати наступним вимогам: мати незначні габарити, технологічну можливість впровадження у процес транспортування при незначних матеріальних витратах. Серійні камерні живильники промислового зразку, як правило, мають великі габарити, що забезпечує їм універсальність технологічного використання. Але вони потребують удосконалень з метою зменшення габаритних розмірів зі збереженням їх універсальності.

1. Постановка проблеми

Сучасні підприємства знаходяться в постійній модернізації, підлягають постійній реконструкції в залежності від необхідної гнучкості зміни технологічного процесу, в якому не можуть бути використані серійні великогабаритні камерні живильники. Тому для підвищення ефективності дії пневмотранспортного обладнання необхідно введення в конструкцію транспортних систем додаткових технічних рішень, здатних оптимізувати процес транспортування та підвищити надійність складових конструктивних елементів [1, 2, 3].

В процесі дослідження промислового зразку малогабаритного камерного живильника встановлено ефективність дії аераційних пристроїв в камері для підвищення його продуктивності і значне зменшення часу вивантаження [4]. В процесі дослідження роботи малогабаритного камерного живильника в умовах виробництва при транспортуванні вугільного пилу топків котлів Слов'янської ТЕС виникли передумови розробки інноваційних систем аерації для малогабаритних камерних живильників [2, 5].

2. Викладення основного матеріалу

Однією з основних задач удосконалення технологічного процесу транспортування сипких матеріалів є необхідність зменшення енерговитрат на їх переміщення. Для цього підприємства повинні оптимізувати процес транспортування і переробки сипких матеріалів та вирішувати питання надійності конструктивних елементів транспортної установки. Це пов'язано з необхідністю самостійної розробки високоефективних малогабаритних камерних живильників, які потребують впровадження в конструкцію інноваційних технічних рішень, здатних забезпечити зменшення енерговитрат на технологічний процес і можливість впровадження в обмежені промислові площі. При цьому такі конструкції камерних живильників повинні мати прискорений цикл транспортування сипкого матеріалу, в якому основним процесом є скорочення циклу підготовки сипкого матеріалу до вивантаження при забезпеченні підвищеної надійності технічних складових елементів конструкції.

У зв'язку з циклічною роботою сучасних камерних живильників процес підготовки суміші у камері значного розміру протікає декілька хвилин. А в малогабаритних камерних живильниках для збільшення продуктивності необхідно скоротити процес підготовки транспортуючої суміші для вивантаження, який здійснюється за допомогою швидкодіючих аераційних систем.

В процесі підготовки транспортуючого матеріалу в камері живильника основним є процес аерації завантажуючої суміші та її транспортування.

Аналіз технічних рішень, приведених в спеціальній технічній літературі та патентних матеріалах, визначають відсутність конструктивних рішень, які здатні посилити процес аерації [6]. На основі даних дослідження малогабаритного камерного живильника в умовах виробництва [1], аналізу експериментальних лабораторних результатів, показана ефективність дії технічних рішень аераційних пристроїв [4].

Для визначення ефективності аерації було розроблено наступні конструктивні технічні рішення:

- одноступінчатий аераційний пристрій безперервної дії;
- одноступінчатий аераційний пристрій періодичної дії в складі спеціального пульсуючого клапану;
- двохступінчатий аераційний пристрій, причому одна ступінь постійної дії, а друга періодичної дії;
- трьохступінчатий аераційний пристрій, в якому центральна ступінь працює безперервно, а дві інші працюють в протифазі одна одній періодично.

Крім того, були використані технічні рішення мультисоплового аератора, який складається з двох частин, встановлених в центрі камерного живильника, і працюючих в протифазі.

Дослідження і перевірка ефективності дії аераційних пристроїв здійснювалась в лабораторії пневмотранспорту ДонНТУ з проведенням наступних ефективних дій на промислового зразку малогабаритного камерного живильника в умовах підприємства Слов'янської ТЕС. Найбільш технологічним та простим у виготовленні, надійним в експлуатації зарекомендував себе одноступінчатий аераційний пристрій, який без додаткових конструктивних змін встановлюється в нижній частині камерного живильника [4, 7] соосно клапану вивантаження транспортного трубопроводу.

Ефект аерації посилюється при впровадженні одноступінчатого аераційного пристрою періодичної дії в складі спеціального пульсуючого клапану (рис. 1). Для посилення ефекту аерації запропонована конструкція двохступінчатого аераційного пристрою, в якому одна ступінь постійної дії, а друга періодичної дії.

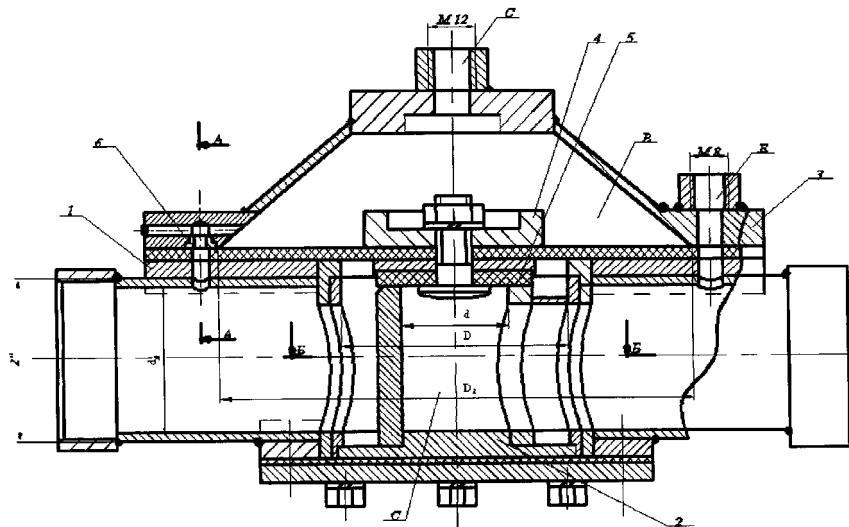


Рис. 1 – Пульсуючий клапан аераційного мультисоплового пристрою.
1 – корпус; 2 – сідло клапану; 3 – кришка пневмокамери;
4, 5 – елементи закріплення діафрагми; 6 – діафрагма; 7 – подушка;
8 – прокладка; 9 – фланець.

Найбільший ефект аерації досягнутий при впровадженні в аераційну систему малогабаритного камерного живильника трьохступінчатого аераційного пристрою, в якому центральна ступінь працює безперервно, а дві інші працюють в протифазі одна одній періодично. При цьому в процесі промислових випробувань виконувались операції перемикання пульсуючого аераційного потоку з одного сопла на інше. Однак таке перемикання дало незначне підвищення ефекту пульсації (рис. 2).

Для транспортування сипких матеріалів з більш складними фізико-механічними властивостями (наприклад, вапно) посилення ефекту аерації здійснює аераційний пристрій, який

виконаний у вигляді мультисоплового блоку (рис. 3) і розміщений в центральній частині камерного живильника.

Аератори значно впливають на інтенсифікацію процесу вивантаження сипучого матеріалу із камери живильника, особливо їх ефективність проявляється при транспортуванні вугільного пилу та матеріалів з високим коефіцієнтом порізності. Фізико-механічні властивості сипкого матеріалу впливають на процес продуктивності та інтенсивності роботи камерного живильника, тому удосконаленню конструкції приділяється значна увага. У сучасних пневмотранспортних системах для переміщення і транспортування сипких матеріалів з низькою порізністю широко використовуються вихрові аератори, які унеможливають залягання сипучої маси у камері живильника, але досвіду їх використання в даний період недостатньо.

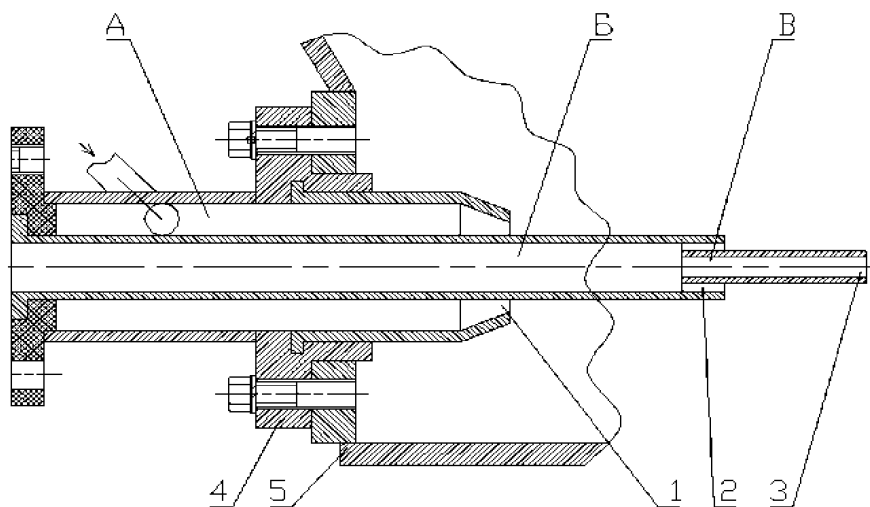


Рис. 2 – Ступінчатий аератор.

1 – сопло ступені А; 2 – сопло ступені Б;
3 – сопло ступені В; 4, 5 – корпус.

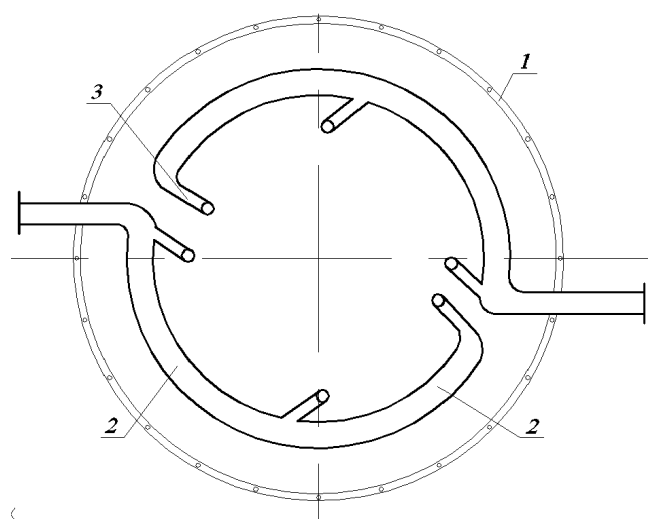


Рис. 3 – Аераційний мультисопловий пристрій.

1 – камера; 2 – корпус; 3 – сопла аератора.

Для вирішення задач зменшення витрат стислого повітря на підготовку транспортуючої суміші розроблено конструкцію аераційного мультисоплового пристрою. Введення цього

аераційного пристрою в конструкцію камерного живильника забезпечить значну витрату стислого повітря на аераційні процеси, що вплине на зменшення витрат електроенергії, тобто зниження собівартості транспортування сипких матеріалів [7].

Запропонована конструкція мультисоплового аераційного пристрою має ряд особливостей, які підвищують ефективність його використання для посилення ефекту аерації в камері живильника в порівнянні з іншими конструкціями подібної системи. Одним із шляхів підвищення ефективності аерації є введення у мультисоплову систему завихрувача стислого повітря, що суттєво скорочує час підготовки суміші до вивантаження. В залежності від потреб і продуктивності камерного живильника в конструкцію може бути введене парне число мультисоплових пристроїв і розміщених рівномірно по периметру камери та маючих мінімальну кількість поворотів і загибів патрубків. В результаті використання мультисоплового пристрою і раціонального розміщення його по периметру камери виникає можливість зменшення об'єму камери та впровадження її раціональної форми, що повністю виключає можливість появи зон залягання сипкого матеріалу в камері та поліпшує аеродинамічність і швидкість вивантаження сипкого матеріалу.

Запропонована конструкція мультисоплового аераційного приладу має цілий ряд особливостей, підвищуючих його ефективність в порівнянні з іншими конструкціями аераційних пристроїв, які відомі в попередніх конструкціях в камерах живильників. Суттєве збільшення аераційних завихрувачів, рівномірно розміщених по поперечній площі в середній частині камери живильника, встановлених під кутом 15° , значно підвищить ефективність аерації.

Симетричне розміщення сопел аераційного мультисоплового пристрою поліпшує псевдозбудження транспортуємого матеріалу, створює однорідний потік при відсутності пустих зон, що забезпечує зменшення витрат стислого повітря на аераційний процес, і, внаслідок цього, підвищення продуктивності транспортування пневмокамерного живильника на 15%.

За рахунок впровадження в конструкцію малогабаритного камерного живильника допоміжного аераційного мультизавихрувача вирішується задача підвищення продуктивності процесу транспортування сипких матеріалів при зменшенні витрат стислого повітря на підготовку суміші [8].

Найбільш перспективними для підготовки транспортуємої суміші в камері живильника є вихрові аератори, але їх ефективність дії та сфера застосування у конструкції малогабаритних камерних живильників в даний момент недостатньо досліджена при лабораторних дослідженнях та на промислових об'єктах.

Для додаткового підсилення ефекту аерації аераційна система малогабаритного камерного живильника сполучена з одноступінчатим або двохступінчатим аератором. Аераційна система у вигляді промислового зразка впроваджена в конструкцію малогабаритного камерного живильника на Єнакіївському металургійному комбінаті.

Розрахунок аераційних пристроїв виконується за відомими методиками [8]. Витрати повітря Q_n на здійснення операцій вивантаження складається з витрат на аерацію, закриття завантажувального клапану і збільшення тиску в камері.

$$Q_n = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

де Q_n – загальні витрати стислого повітря на транспортування сипкого матеріалу;

Q_1 – витрати стислого повітря на живлення аераційних пристроїв;

Q_2 – витрати стислого повітря на закриття завантажувального клапану та здійснення тиску в камері для вивантаження керованої суміші;

Q_3 – витрати стислого повітря на живлення мультисоплових пристроїв.

На основі досліджень встановлено, що загальні витрати стислого повітря для живлення малогабаритного камерного живильника продуктивністю 55-60 т/г складають 30-35 м³/хв.

Із загальної кількості витрат стислого повітря на живлення аераційних систем витрачається 10-12 м³/хв.

Удосконалення аераційних систем та обґрунтування оптимального об'єму і форми камери живильника здатні забезпечити зменшення витрат стислого повітря до 10%.

Висновки

Конструкція модернізованого діафрагмового диференціального приводу впроваджена в систему керування малогабаритним камерним живильником, який працює при транспортуванні вугільного пилу на Слов'янській ТЕС. В експлуатації на діючому підприємстві зарекомендував себе як надійний конструктивний елемент транспортної системи, який забезпечує безвідмовну роботу на період гарантійного ресурсу камерного живильника.

Список використаних джерел:

1. Чальцев М. Н. Исследование и разработка малогабаритных камерных питателей / М. Н. Чальцев // Проблемы создания новых машин и технологий : сб. науч. тр. –Кременчуг : КГПИ, 2000. – Вып. 8. – С. 327-329.
2. Chaltzev M. Design technique of the pneumotransport critical regime at minor differential pressure / M. Chaltzev // TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. – OL PAN, 2011, 11A. – Pp. 29-37.
3. Klinzing G. E. Silids flow behavior in bends: assessing fine solids buildup / G. E. Klinzing // Powder technology. – 2000. – No.113 – Pp. 124-131.
4. Чальцев М. Н. Зменшення витрат енергії при транспортуванні сипких матеріалів / М. Н. Чальцев // Міжнародна науково-технічна конференція : зб. наук. пр. – Одеса, 2004. – С. 213-217.
5. Пат. Україна, МПК(2013.01). Камерний живильник пневмотранспортної установки / Ковалевський С. В., Романуша В. О.; заявник і власник патенту Укр. інж.-пед. акад. – № 85565; заявл. 18.05.2013; опубл. 25.11.2013; Бюл. № 22. – 5 с.
6. Герц Е. В. Пневматические приводы / Е. В. Герц. – М. : Машиностроение, 1969. – 359 с.
7. Чальцев М. Н. О гидравлическом расчете трубопроводов для пневмотранспортных систем / М. Н. Чальцев // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Сер. Машиностроение. – 2000. – Т. 1, № 38. – С. 50-54.
8. Успенский Ф. А. Пневматический транспорт / Ф. А. Успенский. – М. : Машиностроение, 1987. – 367 с.
9. Герц Е. В. Расчет пневмоприводов / Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. – М. : Машиностроение, 1975. – 272 с.

References

1. Chalcev, MN 2000, 'Issledovanie i razrabotka malogabaritnyh kamernyh pitatelej', [Research and development of small chamber feeders], Problemy sozdaniya novyh mashin i tehnologij, Kremenchugskij gosudarstvennyj politehnicheskij universitet, Kremenchug, no. 8, pp. 327-329.
2. Chaltzev, M 2011, 'Design technique of the pneumotransport critical regime at minor differential pressure', TEKA: Commission of motorisation and power industry in agriculture, Lublin university of technology Volodymyr Dal East-ukrainian national university of Lugansk, Lublin, pp. 29-38.
3. Klinzing, GE 2000, 'Silids flow behavior in bends: assessing fine solids buildup', Powder technology, no.113, pp. 124-131.
4. Chaltsev, MN 2004, 'Zmenshennia vytrat enerhii pry transportuvanni sypykh materialiv' [Reduced energy consumption when transporting bulk materials], Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia, Odesa, pp. 213-217.
5. Kovalevskiy, SV & Romanusha, VO 2013, Kamernyi zhyvylnyk pnevmotransportnoi ustanovky, UA Patent 85565, zaiavnyk i vlasnyk patentu Ukrainka inzhenerno-pedahohichna akademiia..
6. Gerc, EV 1969, Pnevmaticheskie privody, [Pneumatic actuators], Mashinostroenie, Moskva.
7. Chalcev, MN 2000, 'O gidravlicheskom raschete truboprovodov dlja pnevmotransportnyh sistem', [About hydraulic calculation of pipelines for pneumatic conveying systems], Vestnik Nacionalnogo tehniceskogo universiteta Ukrainy Kievskij politehnicheskij institut, Serija Mashinostroenie, vol. 1, no. 38, pp. 50-54.
8. Uspenskij, FA 1987, Pnevmaticheskij transport, [Pneumatic transport], Mashinostroenie, Moskva.
9. Gerc, EV & Krejnin, GV 1975, Raschet pnevmoprivodov, [Calculation of pneumatic drives], Mashinostroenie, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 17 квітня 2019 р.