

УДК 629.424.2

М. Б. Чубикало, к.т.н., доцент

(доцент кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

О. А. Логвіненко, к.т.н., доцент

(доцент кафедри «Механіка і проектування машин», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

ПЕРСПЕКТИВНІ КОМПРЕСОРИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ СУЧАСНОГО ТЯГОВОГО ТА МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Розглянуто проблеми ефективного функціонування залізничного транспорту України. Відмічено, що одним із пріоритетних напрямків його розвитку є досягнення високих техніко-економічних показників перевізного процесу, що пов'язано з рішенням задач щодо забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик і надійності систем сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу. Виділено, що важливу роль серед таких систем відіграють системи повітропостачання. Обґрунтована доцільність удосконалення цих систем за рахунок використання у їх складі нових за конструкцією компресорів роторного типу. Наведено результати науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, які спрямовані на розробку нових перспективних багатокамерних шибєрних компресорів. Зазначено можливість і доцільність їх використання в технічних засобах залізничного транспорту.

Ключові слова: залізничний транспорт, перевізний процес, техніко-економічні показники, система повітропостачання, багатокамерний шибєрний компресор.

Рассмотрены проблемы эффективного функционирования железнодорожного транспорта Украины. Отмечено, что одним из приоритетных направлений его развития является достижение высоких технико-экономических показателей перевозочного процесса, что связано с решением задач по обеспечению нужных эксплуатационных характеристик и надежности систем современного тягового и моторвагонного подвижного состава. Выделено, что главная роль среди таких систем отводится системам воздухопостачання. Обоснована целесообразность совершенствования этих систем за счет использования в их составе новых по конструкции компрессоров роторного типа. Приведены результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на разработку новых перспективных многокамерных шибєрных компрессоров.

© Чубикало М. Б., Логвіненко О. А., 2015

Отмечена возможность и целесообразность их использования в технических средствах железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, перевозочный процесс, технико-экономические показатели, система воздухообеспечения, многокамерный шибберный компрессор.

Постановка проблеми. Залізничний транспорт України є однією з базових галузей національної економіки, ефективного функціонування якої є необхідною умовою для забезпечення обороноспроможності, національної безпеки і цілісності держави, захисту її економічних інтересів, підвищення рівня життя населення. На даний час залізниці в основному задовольняють потреби національної економіки та населення у перевезеннях, проте стан виробничо-технічної бази залізниць і технологічний рівень перевезень за багатьма параметрами не відповідає зростаючим потребам суспільства та європейським стандартам якості надання транспортних послуг, що найближчим часом може стати перешкодою для подальшого соціально-економічного розвитку держави.

Відповідно до основних положень державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. № 1106)) та Транспортної стратегії України на період до 2020 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р) одним із пріоритетних напрямів розвитку залізниць є досягнення високих техніко-економічних показників перевізного процесу на залізничному транспорті України. Це пов'язано з рішенням задач щодо забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик і надійності систем сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу, які визначають безпеку руху поїздів. Серед таких систем у першу чергу слід виділити систему повітропостачання, яка функціонально пов'язана з гальмовою, електропневматичною, пісочною системами, а також відповідними допоміжними приладами. При цьому головну роль в забезпеченні зазначених систем стислим повітрям (з необхідними показниками за продуктивністю і тиском) відіграють компресори.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що в нинішній час в системах повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу в більшості застосовуються поршневі компресори (ОАО «Полтавський турбомеханічний завод» (КТ-6, КТ-6Ел, КТ-7, ПК-5,25, ПК-3,5, ПК-1,75, Э-500), Первомайського гальмівного заводу (ВАТ «Транспневматика») (ВП-3/9, ВВ-1,5/9, ПК-35, ЭК-7Б, ЭК-7В, ЭК-4, ЭК-4Б, ЭК-4В), ВАТ Бежецького заводу «АСО» (К1, К2), СКД Прага, Чехія (К-3)), які при достатній продуктивності, тиску нагнітання та задовільній експлуатаційній надійності характеризуються досить великими масо-габаритними показниками, витратами потужності на привод, а в окремих випадках потребують використання редукторів для їх приводу. Наряду з цим до негативних проявів експлуатації таких компресорів слід віднести високий рівень вібрацій, що негативно впливає на здоров'я пасажирів та локомотивних бригад, а також на надійність і довговічність як самих компресорів, так і несучих елементів рухомого складу [1-3]. Це обґрунтовує вибір одного з перспективних шляхів удосконалення систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу до яких відноситься використання у їх складі нових за конструкцією компресорів роторного типу. Результати прове-

дених в Українському державному університеті залізничного транспорту (УкрДУЗТ) науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт [4-13], які спрямовані на розробку нових перспективних засобів транспорту і в тому числі багатокамерних шибєрних компресорів, що мають у порівнянні з існуючими поршневыми компресорами переваги за вищевказаними вимогами, свідчать про можливість і доцільність їх використання в технічних засобах залізничного транспорту.

Метою статті є обґрунтування доцільності використання перспективних багатокамерних шибєрних компресорів у складі систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу.

Викладення основного матеріалу. Нижче представлено загальне описання конструкції і принципу дії розробленого в УкрДУЗТ перспективного багатокамерного шибєрного компресора (БШК) для систем повітропостачання тягового та моторвагонного рухомого складу.

На рис.1 наведена кінематична схема механічної системи багатокамерного компресора з двома шибєрами (двома робочими камерами I і II). Основу конструкції БШК нового типу складають: 1 – зовнішній корпус з впускними і нагнітальними саморегульованими клапанами, який приводиться від зовнішнього джерела механічної енергії і обертається навколо осі O_1 з кутовою швидкістю ω_1 ; 2, 3 – шибєри, встановлені в направляючих ротора 4 і поєднані з корпусом 1 (передають обертальний рух від корпусу 1 до ротора 4 і здійснюють складний рух, що обумовлений їх обертанням навколо осі O_4 і поступальним рухом в напрямних ротора); 4 – внутрішній ротор (обертається навколо осі O_4 з кутовою швидкістю $\omega_4 = \omega_1$); 5, 6 – осі обертання O_1 і O_4 , відстань між якими відповідає величині заданого ексцентриситету e .

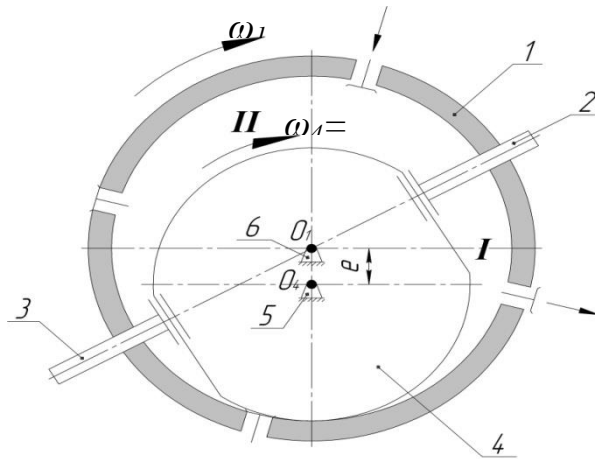


Рис.1. До розгляду особливостей конструкції БШК

Видно, що робочі камери компресора I і II обмежуються поверхнями корпусу 1, ротора 4, а також шибєрів 2,3. Зміна об'ємів робочих камер здійснюється за рахунок ексцентричного розташування осей обертання O_1 і O_4 корпусу 1 і ротора 4.

На рис.2 показано кінематичну схему механічної системи такого БШК в трьох фіксованих положеннях: а) – нагнітання стислого повітря з камери I і наповнення камери II; б) – розрідження в камері I і стискання повітря в камері II; в) – наповнення камери I і нагнітання стислого повітря з камери II.

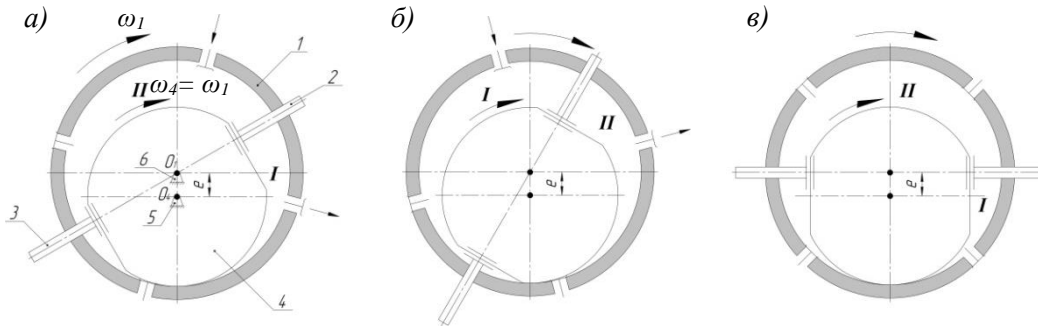


Рис.2. До розгляду особливостей конструкції та принципу дії БШК

Нижче на рис. 3 представлено запатентоване технічне рішення, яке є основою конструкції нового БШК для поліпшення експлуатаційних характеристик систем повітропостачання сучасного тягового рухомого складу [14]. Відповідно до запропонованих технічних рішень механічна система БШК містить: статорну ексцентрикову вісь I на ексцентрикові шийки якої, на опорах обертання 2, встановлено корпус 3, у внутрішньому об'ємі якого розташований ротор 4. У корпусі 3 виконані радіальні пази 5, у яких з можливістю радіального переміщення, встановлені шибери 6. У зоні контакту їх з ротором 4 на його зовнішній поверхні виконані плоскі грані 7, і паралельно їм виконані тангенціально розташовані прямокутні тангенціальні направляючі 8, у які, з можливістю тангенціального ковзання в них, встановлені тангенціальні повзуни 9. Між корпусом 3 і ротором 4 утворені робочі об'єми 10. Радіальні пази 5 корпусу 3 зовні заглушені кришками 11, і в них шибери 6 утворюють радіальні робочі об'єми 12.

Кожен з напроти лежачих герметичних робочих об'ємів 10, які утворені між ротором 4 і корпусом 3, і кожен з герметичних радіальних робочих об'ємів 12, які утворені у радіальних пазах 5 між торцями шиберів 6 і кришками 11, сполучаються між собою через канал 13 з постачально-розподільними органами (клапанами) 14 робочого тіла. Робочі об'єми 10, які утворені між ротором і корпусом являють собою першу ступінь стискання, а радіальні робочими об'єми 12, які утворені у радіальних пазах між торцями шиберів 6 і кришками 11 являють собою другу ступінь стискання.

Кожен з напроти лежачих герметичних робочих об'ємів 11, які утворені між ротором 4 і корпусом 3, і кожен з герметичних радіальних робочих об'ємів 12, які утворені у радіальних пазах 5 між торцями шиберів 6 і кришками 11, сполучаються між собою через канал 13 з постачально-розподільними органами (клапанами) 14 робочого тіла. Робочі об'єми (камери) 11, які утворені між ротором і корпусом являють собою другу ступінь стискання, а радіальні робочими об'єми 12 (камери), які утворені у радіальних пазах між торцями шиберів 6 і кришками 11 являють собою першу ступінь стискання.

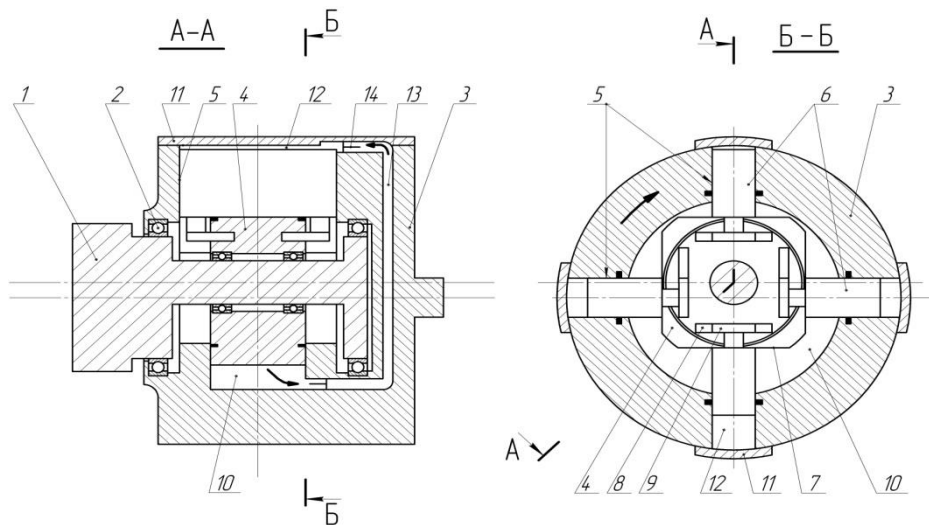


Рис.3. До розглядання особливостей устрою нового БШК

Запропонований двоступінчатий БШК працює таким чином. При обертанні корпусу 3 зовнішнім джерелом механічної енергії разом з ним обертаються шибери 6, а вони обертають за допомогою своїх тангенціальних повзунів 9 ротор 4 завдяки тангенціальним пазам 8. Об'єми робочих камер 10 і 12 змінюються. Стиснуте у робочих камерах 12 повітря через канали 13 з постачально-розподільними органами (клапанами) 14 нагнічується у напроти лежачі робочі об'єми 11 другої ступені стискування, де повітря повторно стискується до більшого тиску, і нагнітається в систему високого тиску.

З метою підтвердження працездатності механічної системи БШК була виготовлена з органічного скла її фізична модель (рис. 4). Використання такого матеріалу дало можливість наочно впевнитись в здійсненні відповідними ланками потрібних переміщень. Слід зазначити, що на всіх швидкісних режимах роботи моделі фіксувались несуттєві рівні вібрацій і забезпечувалась міцність деталей, що утворюють рухомі з'єднання. Це обґрунтовує можливість надійної експлуатації нових компресорів з високими кутовими швидкостями обертання корпусу і ротора. При цьому відпадає необхідність застосування в електроприводі передаточного зубчатого механізму.

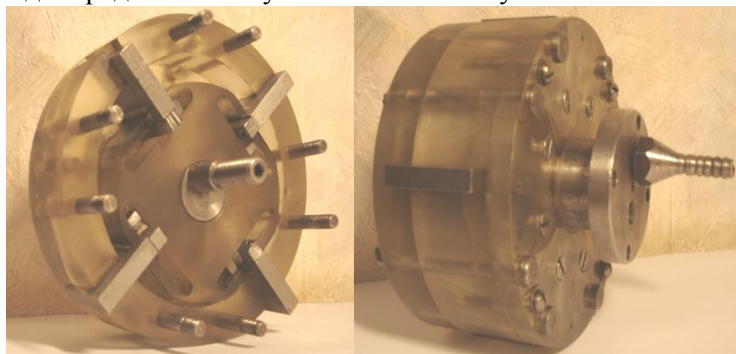


Рис.4. Фізична модель механічної системи БШК нової конструкції

Проведені науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи дають можливість визначити переваги нових БШК запропонованої конструкції відносно існуючих поршневих компресорів:

- більша надійність БШК в експлуатації, що досягається конструктивною урівноваженістю їх механічної системи і використанням електроприводу без передаточного зубчатого механізму;

- забезпечення потрібної продуктивності при суттєво менших масо-габаритних показниках БШК за рахунок використання швидкісного електроприводу;

- зменшення витрат потужності на привод БШК, що пояснюється відсутністю в конструкції їх механічних систем ланок значної маси, що здійснюють зворотно-поступальний рух.

Висновки і перспективи подальшого використання. Наведені в статті матеріали, а також результати пошукових досліджень показали, що багатокамерні шибєрні компресори мають суттєві переваги перед поршневими компресорами за надійністю в експлуатації, масо-габаритними показниками та витратами потужності на привод. Це дозволяє виділити перспективний напрямок удосконалення систем повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного складу, який полягає в заміні існуючих поршневих компресорів запропонованими новими роторного типу. Стаття має безумовний інтерес для фахівців в галузі створення та модернізації компресорів для тягового рухомого складу залізниць та вагонів метрополітену.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Киселев, В. В.* Компрессоры локомотивов. / В. В. Киселев, С. П. Меренцев, П. А. Шелест. – М. : Машиностроение, 1965. – 335 с.
2. *Меренцев, С. П.* Компрессоры локомотивов. / С. П. Меренцев. – М. : Транспорт, 1974. – 80 с.
3. *Френкель, М. И.* Поршневые компрессоры / М. И. Френкель. – Л. : Машиностроение, 1969. – 743с.
4. *Фомін, О.В.* Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів: монографія/ О. В. Фомін. – Київ: ДЕТУТ, 2014. – 299 с..
5. *Фомін, О.В.* Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організації їх виробництва: монографія/ О.В.Фомін. – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013. – 251с.
6. *Пат. 81264 С2* Україна, МПК (2006) F04C18/00, F04C18/34, F04C18/356. Роторний компресор (варіанти) / Мороз В.І., Чубикало М.Б., Братченко О.В. (Україна); заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. – №а200503571; заявл.15.04.2005; опубл. 25.12.2007, Бюл. №12. – 5 с.
7. *Мороз, В.І.* Методика розрахунку продуктивності багатокамерного біроторного компресору / В.І. Мороз, М.Б. Чубикало, О.А. Логвіненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2005. – Вип. 33. – С. 91-94.
8. *Мороз, В.І.* Уточнена методика розрахунку робочого об'єму багатокамерного біроторного компресора / В.І. Мороз, М.Б. Чубикало, О.А. Логвіненко // Міжвузівський збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Х., 2005. – Вип. 70. – С. 108-112.
9. *Мороз, В.І.* Методика розрахунку поточних об'ємів роторного компресора / В.І. Мороз, М.Б. Чубикало, О.А. Логвіненко // Довговічність, надійність, працездатність деталей рухомого складу залізниць та спеціальної залізничної техніки // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Х., 2005. – Вип. 69. – С. 80-90.
10. *Фомін, О. В.* Аналіз доцільності застосування шестигранних порожнистих профілів в якості складових елементів несучих систем напіввагонів [Текст] / О. В. Фомін // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. Наука та прогрес транспорту. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2014. – Вип. 6 (54). – С. 146–153.

11. Чубикало, М.Б. Динамічне дослідження двокамерного шибєрного компресора / М.Б. Чубикало, О.А. Логвіненко // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Д., 2014. – Вип. 37. – С. 93-99.

12. Fomin, O. V. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars [Text] / O. V. Fomin // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2014. – № 5. – P. 31–40.

13. Чубикало, М.Б. Експериментальне дослідження транспортних біроторних компресорів нового типу / М.Б. Чубикало, О.А. Логвіненко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» у 2 частинах – Ч.1. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2009. – С. 254.

14. Пат. 43282 Україна, 7 F02B53/00, F01C1/00, F04C2/00, F04C18/00. Роторна машина Чубикало М.Б. (варіанти) / Чубикало М. Б. (Україна); заявник та патентовласник Чубикало Михайло Борисович. – №2001064078; заявл. 14.06.2001; опубл. 15.04.2004, Бюл. №6. – 19 с.

*Michael Chubykalo, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Associate Professor of «Heat engineering and heat engines», Ukrainian State University of Railway Transport)*

*Alexander Logvinenko, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Associate Professor of «Mechanics and designing machines» Ukrainian State University of Railway Transport)*

PROSPECTIVE COMPRESSORS FOR AIR SUPPLY SYSTEMS OF MODERN TRACTION AND MULTIPLE UNITS

The problems of effective functioning of Railway Transport of Ukraine. It is noted that one of the priorities of its development is to achieve a high technical and economic indicators of the transportation process, which is associated with problem solving to meet the needs of performance and reliability of modern systems of traction and multiple units. It stressed that an important role among these systems is given air supply system. The expediency of improving these systems through the use of their structure on the construction of new rotary compressors. The results of research and development activities aimed at developing promising new multi-vane compressors. The possibility and expediency of their use in the technical means of rail transport.

Keywords: railway transport, the transportation process, technical and economic parameters, the air supply system, multi-chamber sliding vane compressor.

REFERENCES

1. Kiselev V.V., Merentsev S.P., Shelest P.A. *Kompressory lokomotivov* [Compressors locomotives]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1965. – 335 p.

2. Merentsev S.P. *Kompressory lokomotivov* [Compressors locomotives]. Moscow, Transport Publ., 1974. – 80 p.

3. Frenkel M.I. *Porhsnevye kompressory* [Reciprocating compressors]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1969. – 743 p.

4. Fomin O. V. (2014) Doslidgenja defektiv ta poskodgen nesuchykh system zaliznychnykh napivvagoniv [Research Of Defects And Damages The Supporting Systems Railway Freight Gondolas]: monograph ISBN 978-966-2197-76-1 // DETUT, Kyiv, Ukraine
5. Fomin, O. V. (2013). Optyimizatsiine proektuvannia elementiv kuzoviv zaliznychnykh napivvagoniv ta orhanizatsiia yikh vyrobnytstva. Donetsk: DonIZT UkrDAZT, 251.
6. Moroz V.I., Chubykalo M.B., Bratchenko O.V. *Rotorni kompresor (varianty)* [The rotary compressor (options)]. Patent UA, no. a200503571, 2005.
7. Moroz V.I., Chubykalo M.B., Logvinenko O.A. Metodyka rozrakhunku produktyvnosti bagatokamernogo birotornogo kompresora [The methodology for calculating performance for multi-rotary compressor]. *Visnyk Kharkivskogo natsionalnogo tekhnichnogo universytetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka* [Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named after Peter Vasilenko]. Kharkiv, 2005, issue 33, pp. 91-94.
8. Moroz V.I., Chubykalo M.B., Logvinenko O.A. Utochnena metodyka rozrakhunku robochogo obiemu bagatokamernogo birotornogo kompresora [A refined method of calculating the working volume for multi-rotary compressor]. *Mizhvuzivskiy zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnogo transportu* [Interuniversity collection of scientific works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport]. Kharkiv, 2005, issue 70, pp. 108-112.
9. Moroz V.I., Chubykalo M.B., Logvinenko O.A. Metodyka rozrakhunku potochnykh obiemiv rotornogo kompresora [Methods for calculating the current volume of the rotary compressor]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnogo transportu* [Collection of scientific works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport]. Kharkiv, 2005, issue 69, pp. 80-90.
10. Fomin, O. V. (2014). Analiz dotsilnosti zastosuvannia shestyhrannykh porozhnistykh profiliv v yakosti skladovykh elementiv nesuchykh system napivvagoniv. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnogo universytetu zaliznychnoho transportu im. ak. V. Lazariana. Nauka ta prohres transportu*, 6 (54), 146–153.
11. Chubykalo M.B., Logvinenko O.A. Dynamichne doslidzhennia dvokamernogo shybernego kompresora [Dynamic study of the two-chamber vane compressor]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskogo instytutu zaliznychnogo transportu* [Collection of scientific works of the Donetsk Institute of Railway Transport]. Donetsk, 2014, issue 37, pp. 93-99.
12. Fomin, O. V. (2014). Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars. *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry»*, 5, 31–40.
13. Chubykalo M.B., Logvinenko O.A. Eksperymentalne doslidzhennia transportnykh birotornykh kompresoriv novogo typu [Experimental study of the transport of a new type of rotary compressors]. *Materialy XVII mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferencii Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut» u 2 chastynakh* [Proceedings of the XVII International scientific-practical conference of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» in 2 parts]. Kharkiv, 2009, part 1, p. 254.
14. Chubykalo M.B. *Rotorna mashina Chubykala M.B. (varianty)* [The rotary machine Chubykala M.B. (options)]. Patent UA, no. 2001064078, 2001.