

Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.  
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.  
Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print  
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f9707  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 621.867.157

## Universalization of the elastic system of vibration feeders with vertical electromagnetic vibration drive

A. L. Bespalov, I. G. Svidrak✉

National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine

### Article info

Received 01.02.2022  
Received in revised form  
02.03.2022  
Accepted 03.03.2022

National University  
"Lviv Polytechnic",  
S. Bandera Str., 12, Lviv,  
79013, Ukraine.  
Tel.: +38-066-229-50-87  
E-mail: inha.h.svidrak@lpnu.ua

*Bespalov, A. L., & Svidrak, I. G. (2022). Universalization of the elastic system of vibration feeders with vertical electromagnetic vibration drive. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 24(97), 41–45. doi: 10.32718/nvlvet-f9707*

Vibrating feed bins with electromagnetic drive are widely used in the automation of production processes in mechanical engineering and instrument engineering. They are used for feeding miniature, small, or medium-sized parts to automated production equipment. This equipment is used in automatic lines, automated complexes, or any other flexible automated production facilities. These devices are most widely used for loading parts to assembly positions in automated assembly complexes. In this case, the parts fed to these positions must be located in a certain stable position. Various orientation tools are used for this purpose. They are located directly on the transport trays in the bins of these devices. Therefore, for reliable operation of orientation devices, the movement of parts on the trays should be smooth without sensitive tossing. The designs of vibrating hopper feeders with a hopper connected to a reactive plate by a directional elastic system in the form of a lattice torsion bar are considered. An electromagnetic vibration exciter is placed between the torsion flanges. The disadvantage of such vibration feeders is low productivity in operating modes, especially when there are increased requirements for the smooth movement of transported parts. An increase in the productivity of such feeders is carried out by increasing the amplitude of hopper vibrations in the direction of movement of parts, that is, the horizontal component of vibrations. However, this also leads to an increase in the vertical component, since vibrations are carried out at an angle to the feeder transport tray. When the vertical component of vibrations increases, the transportation of parts switches to the intensive tossing mode. A further increase in the oscillation amplitude leads to a violation of the normal mode of vibrational transport. Modern production involves the modernization of existing structures, as well as the creation of new models of machines with high technical and economic indicators. Therefore, the universalization of existing equipment and the development of new machine schemes is an important task for developers and manufacturers of technological equipment, since even a minimal improvement in its technological or operational indicators can lead to a significant economic effect. The paper considers a complex of additional elements used that make it possible to universalize the design of vibrating hopper feeders with electromagnetic drives having a directional elastic system. These changes make it possible to adjust the horizontal component of the device hopper vibrations at a constant vertical one. Additional structural elements are proposed that increase the range of application of such feeders.

**Key words:** vibration transport, performance, vibration feeder, working efficiency, versatility, elastic system, terminal clamp.

## Універсалізація пружної системи віброживильників з вертикальним електромагнітним вібраційним приводом

A. Л. Беспалов, І. Г. Свідрак✉

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

Широкого застосування вібраційні бункерні живильники з електромагнітним приводом набули при автоматизації виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Застосовуються вони для подавання мініатюрних, дрібних або середніх деталей

до автоматизованого виробничого обладнання, яке застосовується в автоматичних лініях, автоматизованих комплексах або у будь-яких інших гнучких автоматизованих виробництвах. Найбільше розповсюдження ці пристрої набули для завантаження деталей на позиції складання у складальних автоматизованих комплексах. В цьому випадку деталі, що подаються на ці позиції, мають бути розташовані у певному стійкому положенні. Для цього застосовуються різні засоби орієнтування, що розташовані безпосередньо на транспортувальних лотках у бункерах цих пристроїв. Тому, для надійної роботи орієнтувальних пристроїв, рух деталей на лотках має бути плавним без чутливого підкидання. Розглянуто конструкції вібраційних бункерних живильників, що мають бункер, який пов'язаний з реактивною плитою, спрямованою пружною системою у вигляді гратчастого торсіону, між фланцями якого розміщено електромагнітний вібробуджувач. Недоліком таких віброживильників є низька продуктивність на робочих режимах, особливо, коли висуваються підвищені вимоги до плавності переміщення деталей, що транспортуються. Збільшення продуктивності таких живильників здійснюється збільшенням амплітуди коливань бункера у напрямку руху деталей, тобто горизонтальної складової коливань. Однак це призводить до збільшення і вертикальної складової, оскільки коливання здійснюються під кутом до транспортуючого лотка живильника. При збільшенні вертикальної складової коливань транспортування деталей переходить до режиму інтенсивного підкидання, а подальше збільшення амплітуди коливань призводить до порушення нормального режиму вібротранспортування. Сучасне виробництво передбачає модернізацію існуючих конструкцій а також створення нових зразків машин з високими техніко-економічними показниками, тому універсалізація існуючого обладнання і розробка нових схем машин є важливим завданням для розробників та виробників технологічного обладнання, оскільки навіть мінімальне поліпшення його технологічних або експлуатаційних показників може привести до суттєвого економічного ефекту. В роботі розглянуто комплекс застосованих додаткових елементів, що дають можливість універсалізувати конструкцію вібраційних бункерних живильників з електромагнітними приводами, що мають направлену пружну систему. Ці зміни дають можливість регулювати горизонтальну складову коливань бункера пристрою при постійній вертикальній. Запропоновано додаткові конструкційні елементи, що збільшують діапазон застосування таких живильників.

**Ключові слова:** вібраційне транспортування, продуктивність, віброживильник, ефективність роботи, універсальність, пружна система, клемовий затискач.

## Вступ

Широкого застосування вібраційні бункерні живильники з електромагнітним приводом набули при автоматизації виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні (Lanets, 2008; Kusyi & Kuk, 2015; Bespalov et al., 2019). Застосовуються вони для подавання мініатюрних, дрібних або середніх деталей до автоматизованого виробничого обладнання, яке застосовується в автоматичних лініях, автоматизованих комплексах або в будь-яких інших гнучких автоматизованих виробництвах. Найбільшого розповсюдження ці пристрої набули для завантаження деталей на позиції складання у складальних автоматизованих комплексах. Для цього деталі, що подаються на ці позиції, мають бути розташовані у певному стійкому положенні. В цьому випадку застосовуються різні засоби орієнтування, що розташовані безпосередньо на транспортувальних лотках у бункерах цих пристроїв. Тому, для надійної роботи орієнтувальних пристроїв, рух деталей на лотках віброживильника має бути плавним без чутливого підкидання.

В роботах (Nykyforov et al., 2019; Shevchuk et al., 2019; Aftanaziv et al., 2019a) розглянуто конструкції вібраційних бункерних живильників, що мають бункер, який пов'язаний з реактивною плитою, спрямованою пружною системою у вигляді гратчастого гіперболічного торсіону, між фланцями якого розміщено електромагнітний вібробуджувач. Недоліком таких віброживильників є низька продуктивність на робочих режимах, особливо, коли висуваються підвищені вимоги до плавності переміщення деталей, що транспортуються.

Збільшення продуктивності таких живильників здійснюється збільшенням амплітуди коливань бункера у напрямку руху деталей, тобто горизонтальної складової коливань. Однак це призводить до збільшення і вертикальної складової, оскільки коливання здійснюються під кутом до транспортуючого лотка живильника. При збільшенні вертикальної складової

коливань транспортування деталей переходить до режиму інтенсивного підкидання, а подальше збільшення амплітуди коливань призводить до порушення нормального режиму вібротранспортування (Shevchuk et al., 2019; Bespalov et al., 2020).

Існують конструкції віброживильників з незалежною системою коливань, у яких вертикальна та горизонтальна складові коливань регулюються незалежно одна від одної, і тому можна отримувати при постійній вертикальній складовій коливань будь-яку горизонтальну складову у певному діапазоні, що дає можливість здійснювати плавне переміщення виробів, що транспортуються на різних швидкостях (Aftanaziv et al., 2019b). Ці віброживильники мають окремі електромагнітні вібробуджувачі кутових та осьових коливань та окремі пружні системи кутових та осьових коливань. Недоліками цих віброживильників є складність конструкції, велика вартість і необхідність спеціальної системи керування, яка має синхронізувати роботу кутових та осьових вібробуджувачів. Для універсалізації простіших вібраційних бункерних живильників з вертикальним віброприводом і розширення сфери їхнього використання необхідно розробити віброживильники з можливістю регулювання горизонтальної амплітуди коливань в певному діапазоні при незмінній вертикальній.

Сучасне виробництво передбачає модернізацію існуючих конструкцій, а також створення нових зразків машин з високими техніко-економічними показниками, тому універсалізація існуючого обладнання і розробка нових схем машин є важливим завданням для розробників та виробників технологічного обладнання, оскільки навіть мінімальне поліпшення його технологічних або експлуатаційних показників може привести до суттєвого економічного ефекту.

**Мета і завдання дослідження.** Для створення більш універсального вібраційного бункерного живильника з направленою пружною системою і простим вертикальним електромагнітним віброприводом, у якому можна налагоджувати різні горизонтальні

складові коливань при постійній вертикальній, що дає змогу отримати плавне переміщення деталей по лотку для різних швидкостей транспортування деталей, необхідно створити нову конструкцію віброживильника або модернізувати існуючу.

### Матеріал і методи досліджень

Для отримання нового виробу можна модернізувати відому конструкцію віброживильника методом додавання деякої кількості нових елементів, які утворюють додаткову пружну систему і змінюють спосіб закріплення пружин цієї системи, що дасть змогу налаштувати різну величину горизонтальної складової коливань в певному діапазоні при постійній величині вертикальної складової, але з використанням одного вертикального віброприводу. Це дасть можливість універсалізувати конструкцію і розширити сферу застосування такого вібраційного бункерного живильника. Також доцільно дослідити геометричну схему і принцип дії нової комбінованої пружної системи віброживильника.

### Результати та їх обговорення

Для досягнення поставленої мети авторами запропонована нова конструкція вібраційного бункерного живильника, що являє собою модернізацію існуючих конструкцій віброживильників зі спрямованою пружною системою і вертикальним електромагнітним віброприводом, що описані у технічній літературі (Aftanaziv et al., 2018; 2019a; Nykyforov et al., 2019; Shevchuk et al., 2019). Швидкість вібротранспортування у таких віброживильників залежить від величини горизонтальної складової коливань бункера, а вона залежить від кута нахилу пружин торсіону –  $\phi$  (рис. 4). Отже, для збільшення горизонтальної складової амплітуди коливань при незмінній вертикальній можна зменшувати кут нахилу цих пружин, але при суттєвому зменшенні цього кута різко зростає потрібне зусилля віброприводу, що призводить до збільшення його габаритів і відповідно до неможливості розміщення його в середині торсіону. Крім того, при дуже малому куті нахилу пружин, вони починають втрачати поздовжню стійкість і порушується кінематична залежність у пружній системі віброживильника. Експериментальні дослідження показали, що оптимальний кут нахилу пружин торсіону лежить у межах 15...20 градусів (Shevchuk et al., 2019a).

У варіанті, який запропоновано авторами розробки, робочий елемент – бункер закріплено не безпосередньо на верхньому фланці торсіону, а через додаткову пружну систему, що складається з плоских радіально направлених пружин, розташованих під кутом до напрямку коливань верхнього фланця і закріплені за допомогою клемових затискачів. В цьому випадку коливальна система з двомасовою перетворюється на тримасову і верхній фланець торсіону перетворюється на проміжний елемент. Завдяки цьому робочий бункер здійснює складний рух, який складається з коливань проміжного елемента з амплітудою, що здійснюється за рахунок дії електромагнітного

віброприводу і з коливань робочого бункера з певною амплітудою щодо проміжного елемента за рахунок кінетичного збудження і деформації плоских додаткових пружин. В результаті складання цих коливань, що відбуваються під різними кутами, результуюче коливання робочого бункера щодо нерухомої опори буде відбуватись під меншим кутом до транспортуючого лотка, ніж кут коливань у випадку закріплення бункера безпосередньо до верхнього фланця торсіону. Тому горизонтальна складова коливань бункера буде збільшена при постійній вертикальній складовій.

Конструктивна схема представленого віброживильника зображена на рисунках 1 і 2.

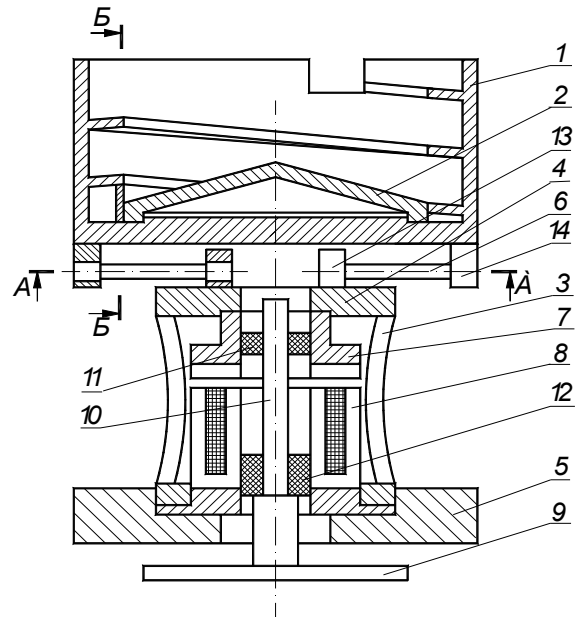


Рис. 1. Конструктивна схема вібраційного живильника

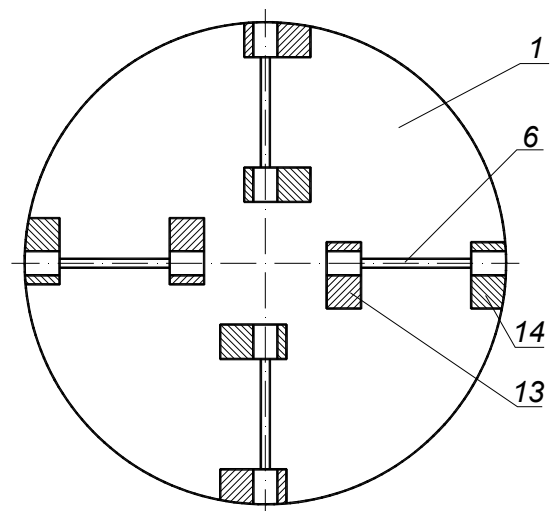


Рис. 2. Вид знизу, -- розріз по А-А

Він складається з робочого органа – бункера 1 з конусом 2, основної пружної системи 3 у вигляді гратчастого гіперболоїдного торсіону з проміжним елементом – верхнім фланцем 4 і нижнім фланцем,

що закріплені до реактивного елемента 6, додаткової пружної системи у вигляді плоских радіально розташованих пружин 6, до зовнішніх кінців яких закріплено бункер 1, електромагнітного віброприводу, якір якого закріплено на проміжному елементі 4, а електромагніт 8 – на реактивному елементі 5, нерухокої основи 9 і стояка 10, на який опирається віброживильник через еластичні амортизатори 11 і 12. Плоскі пружини мають циліндричні кінцівки, через які вони закріплені на елементах віброживильника за допомо-

гою клемових затискачів 13 і 14, що дозволяє змінювати кут нахилу пружин у межах  $\pm 180^\circ$ .

Клемові затискачі 13 і 14 закріплені за допомогою болтів 15 на проміжному елементі 4 і нижній частині бункера 1 відповідно. Один з варіантів закріплення пружини 6 з можливістю змінювати кут нахилу її щодо напрямку коливань проміжного елемента 4 зображено на рис. 3.

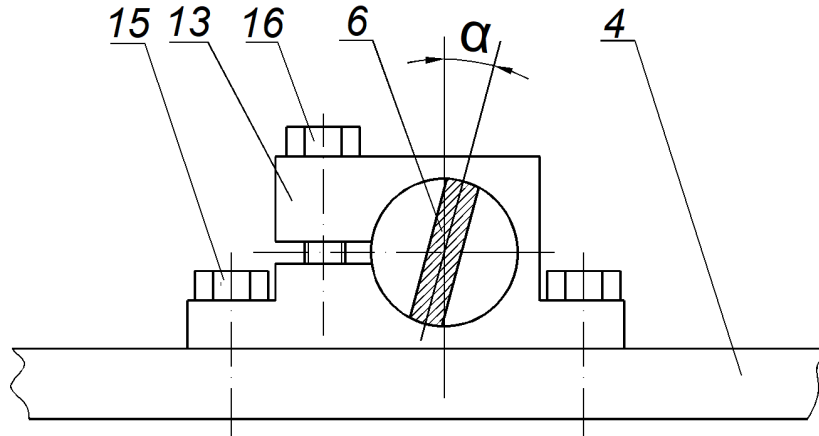


Рис. 3. Варіант закріплення кінцівки пружини, -- розріз по Б-Б

Кінці пружин 6 вставлені в отвори клеми 13 і 14 і затиснені болтами 16. При ослабленні затиску можна змінити кут  $\alpha$  нахилу пружини 6. Після регулювання болтами 16 затискають кінці пружин у новому положенні.

Вібраційний бункерний живильник працює таким чином. При вмиканні віброприводу проміжний 4 і реактивний 5 елементи здійснюють гвинтові коливання у протифазі один щодо іншого під кутом вібрації  $\beta$  (рис. 4).

Цей кут задається кутом нахилу  $\phi$  пружин торсіону 3. Коливання проміжного елемента 4 збуджують коливання робочого бункера 1 щодо проміжного елемента 4 за рахунок деформації радіальних пружин 6, на якому він закріплений. Це відбувається завдяки близько резонансній власній частоті коливань додаткової пружної системи, яка складається з пружин 6.

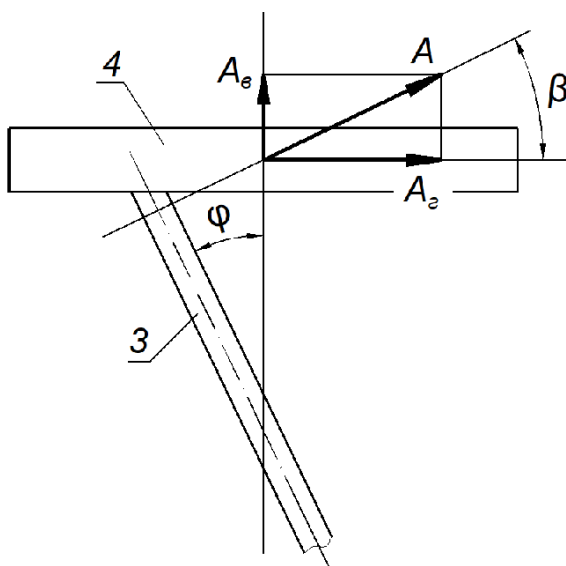


Рис. 4. Схема утворення напрямку вектору вібрації

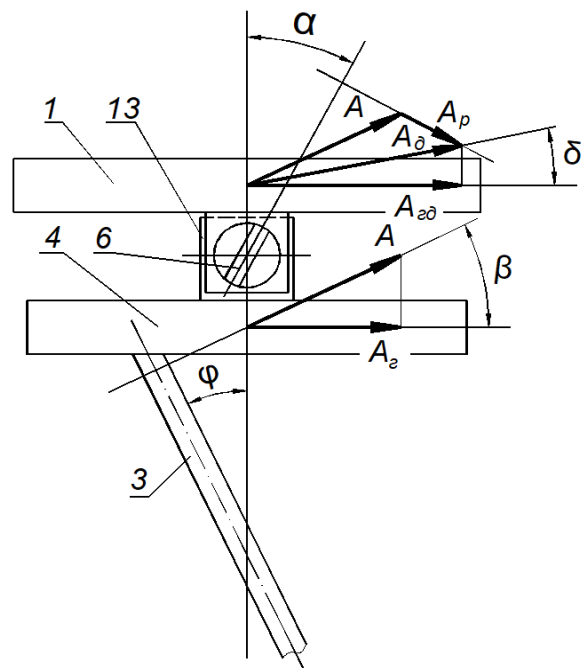


Рис. 5. Схема зменшення кута нахилу вектору вібрації



Таким чином, бункер 1 здійснює складний рух, що складається з сумісних коливань разом з елементом 4 із амплітудою  $A$  і додаткових коливань щодо елемента 4 з амплітудою  $A_p$  (рис 5). Завдяки нахилу пружин 6 під кутом  $\alpha$  вектор амплітуди додаткових коливань направлений під кутом до вектору основних коливань. Складання цих векторів дозволяє отримати вектор напрямку і результуючу амплітуду коливань  $A_d$  робочого бункера 1 в просторі. Ці коливання здійснюються під кутом вібрації  $\delta$ , меншим за попередній кут вібрації  $\beta$ , який був би при безпосередньому закріпленні бункера 1 до проміжного елемента 4. Завдяки цьому горизонтальна складова коливань бункера збільшилась до амплітуди  $A_{гд}$ , що своєю чергою призводить до збільшення швидкості вібротранспортування деталей при режимі плавного переміщення.

### Висновки

Наявність у запропонованій конструкції віброживильника додаткової пружної системи у вигляді радіально направлених плоских пружин, кут яких  $\alpha$  щодо напрямку коливань робочого бункера можна змінювати, дозволяє отримувати різні величини результуючої амплітуди його коливань в певних межах. Зміною величини кута  $\alpha$  в діапазоні  $\pm 180^\circ$  можна отримати будь-яке значення результуючого кута  $\delta$  вібрації робочого органу – бункера. Така конструкція віброживильника дозволяє використовувати стандартний вібропривід з постійним оптимальним, з точки зору к. к. д. вібробуджувача, кутом  $\phi$  нахилу пружин торсіону, а отримання різної робочої швидкості вібротранспортування з плавним переміщенням здійснювати шляхом зміни кута  $\alpha$  нахилу пружин додаткової пружної системи.

*Перспективи подальших досліджень.* Після виготовлення дослідного взірця вібраційного бункерного живильника за представленою в роботі конструкцією необхідно провести експериментальні дослідження з метою дослідження частотних характеристик окремих пружних систем при роботі вібраційного бункерного живильника загалом.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

### References

Aftanaziv, I. S., Shevchuk, L. I., Strohan, O. I., & Strutynska, L. R. (2018). Increasing durability and robustness of plane wheel hubs by strengthening treatment. *Aerospace technic and technology*, 5, 47–

57. DOI: 10.32620/aktt.2018.5.08.
- Aftanaziv, I., Shevchuk, L., Koval, I., Strutynska, L., Strogan, O., Smolarz A., Ormanbekova A., & Begaliyeva, K. (2019a). Electromagnetic vibratory cavitator. *Przegląd elektrotechniczny*, 4, 24–29. DOI: 10.15199/48.2019.04.05.
- Aftanaziv, I., Shevchuk, L., Samsin, I., Strutynska, L., & Strogan, O. (2019b). Development of a technology for the surface strengthening of barrel channels in the large-caliber artillery guns. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(1(99)), 11–18. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.167134.
- Bespalov, A., Svidrak, I., & Boiko, O. (2020). Improving the performance of vibration feeders with an electromagnetic vibration drive and a combined vibration system. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 22(93), 26–30. DOI: 10.32718/nvlvet-f9305.
- Bespalov, A., Svidrak, I., & Stotsko, R. (2019). Optimization of the structure of the vibratory feeders with electromagnetic vibrating drive and a combined oscillating system. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(91), 95–99. DOI: 10.32718/nvlvet-f9116.
- Kusyi, Ya. M., & Kuk, A. M. (2015). Rozroblennia metodu vibratsiino-vidtsentrovoho zmitsnennia dlia tekhnich-noho zabezpechennia bezvidmovnosti detalei mashyn. *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*, 1/7(73), 41–51. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.36336 (in Ukrainian).
- Lanets, O. C. (2008). Rozvytok mizhrezonansnykh mashyn z elektromahnitnym pryvodom. *Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni*, 42, 3–18. URL: [http://vlp.com.ua/files/01\\_60.pdf](http://vlp.com.ua/files/01_60.pdf) (in Ukrainian).
- Lanets, O. C., Kachmar, R. Ya., & Borovets, V. M. (2016). Obgruntuvannia parametriv vibratsiinoho bunkernoho zhyvylnyka z elektromahnitnym pryvodom. *Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni*, 50, 54–76. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Avtomatyzac\\_2016\\_50\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Avtomatyzac_2016_50_9) (in Ukrainian).
- Nykyforov, V., Malovanyy, M., Aftanaziv, I., Shevchuk, L., & Strutynska, L. (2019). Developing a technology for treating blue-green algae biomass using vibroresonance cavitators. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, 6, 181–188. DOI: 10.29202/nvngu/2019-6/27.
- Shevchuk, L., Aftanaziv, I., Strutynska, L., Strogan, O., & Samsin, I. (2019). Identification of special features in the electrolysis-cavitation water treatment in pools. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(10(98)), 6–15. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.162229.