

DOI: 10.31319/2519-2884.44.2024.11

УДК 631.5

Пономаренко Н.О.¹, к.т.н., ORCID: 0000-0001-8263-2914, e-mail: nanagieva@ukr.net

Теслюк Г.В.¹, к.т.н., ORCID: 0000-0003-4541-5720, e-mail: tesliuk_H@ukr.net

Кобець О.М.¹, к.т.н., ORCID: 0009-0009-5334-0133, e-mail: ddau-shmk@ukr.net

Лепеть Є.І.¹, асистент, ORCID: 0000-0002-0482-538X, e-mail: sadjem1990@gmail.com

Часов Д.П.², к.т.н., ORCID: 0000-0003-3830-693X, e-mail: 0969995009@ukr.net

Бейгул В.О.², к.т.н., ORCID: 0000-0003-1350-0656, e-mail: dstu.momz@gmail.com

¹Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

²Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Ponomarenko Nataliya, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Tractors and Agricultural Machines

Teslyuk Hennadii, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Tractors and Agricultural Machines

Kobets Oleksandr, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Tractors and Agricultural Machines

Lepet Yevhen, Assistant of the Department of Tractors and Agricultural Machines

Chasov Dmitro, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of mechanical engineering and transport technologies

Beihul Vsevolod, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of industrial engineering

¹Dnipro state agrarian and economic university, Dnipro

²Dniprovsky State Technical University, Kamianske

УДОСКОНАЛЕНИЙ ВІДЦЕНТРОВИЙ ДИСК З ПОДВІЙНОЮ ПОДАЧЕЮ ДОБРИВ

Запропоновано відцентровий робочий орган для внесення мінеральних добрив з подвійною подачею добрив та враховані маркетингові дослідження при його проектуванні. Наведено дослідження розташування добрив запропонованим двоярусним диском розкидача мінеральних добрив у польових умовах. Запропоновано відцентровий робочий орган, конструктивні особливості якого дозволяють покращити рівномірність розсіву мінеральних добрив.

Ключові слова: мінеральні добрива; подвійна подача добрив; двоярусний диск; відцентровий робочий орган; диск.

A centrifugal working body for the application of mineral fertilizers with a double supply of fertilizers is proposed and marketing research is taken into account during its design. Studies of the location of fertilizers by the proposed two-tiered disk spreader of mineral fertilizers in field conditions are given. A centrifugal working body is proposed, the design features of which allow to improve the uniformity of the distribution of mineral fertilizers.

Keywords: mineral fertilizers; double supply of fertilizers; two-tier disk; centrifugal working body; disk.

Постановка проблеми

Серед основних причин відносно низької ефективності застосованих мінеральних добрив (механічні втрати на шляху від заводу до поля, недотримання оптимальних агротехнічних строків внесення) нерівномірне розташування добрив по площі поля, практично, є самою головною.

Агротехнічною наукою, передовою вітчизняною і закордонною практикою доведено, що прибавка урожаю основних сільськогосподарських наук від добрив знаходиться в прямій

залежності від нерівномірності їх внесення. Іншими словами, зниження нерівномірності внесення добрив на 1 % дає прибавку урожаю також на 1 % і навпаки.

Аграрний сектор економіки формує 30 % ВВП країни, близько половини товарів, що ідуть на експорт також є продуктами аграрного виробництва. Сучасні техніка і технології аграрного сектору зарубіжних країн розвиваються, досить динамічно і конкуренція на цьому ринку дуже велика. В останні роки передові підприємства України почали впроваджувати у своїй діяльності цифрові технології землеробства, які в світі називаються DIGITAL FARMING [1, 2]. Проте, встановлено, що впровадження таких технологій потребує зміни, удосконалення та оптимізації цілого ряду концепцій виробництва: обробки ґрунту, внесення мінеральних добрив, сівби, догляду за рослинами, збирання. Тобто, всього циклу виробничого циклу.

Тому важливо і в Україні створювати і розвивати методи оптимізації і логістичного забезпечення, диференційованого використання мінеральних добрив для вирощування культур в сучасних технологіях землеробства [3].

Глобалізація світового суспільства створює жорстку конкуренцію у сфері аграрного виробництва. У той же час Україна знаходиться в ТОП 5 країн, які активно впроваджують технології цифрового виробництва. Для утримання та нарощення високого темпу розвитку аграрного сектору необхідно створювати наукові засади диференційованого використання мінеральних добрив, нових технічних засобів і обладнання, програмного забезпечення та надання економічного обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Попередні дослідження були зосереджені на розробці математичної моделі робочого органу розкидача добрив відцентрового типу, який використовувався б за диференційованого внесення добрив. Зокрема, авторами [4] запропоновано програми для лабораторних досліджень, завдяки яким можна покращити рівномірність диференційованого розкидання мінеральних добрив відцентровими розкидачами. Останнє десятиліття дослідники наукових установ приділяють особливу увагу створенню робочих органів із запозиченням принципів будови тіла морських істот виконанню агротехнічних вимог [5]. Все це пояснюється як з економічної, так і з екологічної точки зору. Ціна мінеральних добрив досить висока, а норми несення на гектар в середньому становлять 200—300 кг. За умов перевитрати матеріалу збільшуються затрати на одиницю вирощеної продукції. За умов перевищення внесення доз мінеральних добрив погіршується якість продукції — відбувається накопичення нітратів, які негативно впливають на здоров'я людини [6].

Таблиця. Вплив факторів на якість роботи розкидачів

Якість роботи			
Розсіювальний пристрій: 1) виконання доз внесення; 2) розподіл МД.	Якість мінеральних добрив: 1) спеціальна маса; 2) спектр розмірів гранул; 3) форма гранул; 4) сипучість.	Умови використання розкидачів: 1) рельєф поля (місцевості); 2) стан ґрунту; 3) вітер; 4) вологість повітря	Механізатор: 1) кваліфікація; 2) робоча швидкість; 3) відстань між коліями.

При внесенні добрив дисковими відцентровими розкидачами суттєве значення мають такі параметри:

- частота обертання дисків, їх діаметр, кут нахилу;
- кількість, форма, розташування лопаток на диску;
- висота диск над поверхнею поля та рослинами;
- механізм транспортування і подачі жуків до відцентрового диску;
- гравітаційне або вимушене розвантаження з бункера;
- місце попадання добрив на диск (пляма подачі).

Дисковий відцентровий розкидач характеризується тим, що ширина розкидання набагато перевищує ширину машини.

Фактори, які спричиняють нерівномірне внесення добрив:

1. Фактори, обумовлені технічним станом машини та умовами експлуатації (залежать від кваліфікації механізатора і тим самим усуваються):

- справність гідросистеми енергетичного засобу, що приводить до обертання дисків і забезпечує постійну частоту їх обертання;
- правильне регулювання туконаправлювача і дозуючої заслінки;
- рух машини із заданою швидкістю;
- збереження відстані між суміжними проходами;
- врахування швидкості і напрямку вітру.

2. Фактори, які внаслідок недосконалості конструкції машин нерівномірно вносять мінеральні добрива:

- подача мінеральних добрив;
- форма диску;
- частота обертання диску;
- кількість та форма лопаток;
- розташування над полем робочого диску.

Внесення добрив машинами з відцентровими робочими органами допускається при швидкості вітру не більше 4 м/с.

Формулювання мети дослідження

Машини, які випускаються для внесення гранульованих мінеральних добрив не відповідають агротехнічним вимогам по виконанню операцій, які ставлять сільськогосподарські виробники. Головний недолік — нерівномірний розподіл добрив по ширині захвату, зауважимо, що цей показник значно перевищує нерівномірність, яку регламентовано ДСТУ [7].

Якісне внесення добрив з обґрунтованими дозами позитивно впливає на збільшення врожаю, покращення його якісних показників (збільшується цукровість цукрових буряків; підвищуються пивоварні властивості ячменю, клейковина у пшениці та крохмалистість картоплі) [8]. Саме тому створення машини з покращеними якісними показниками є важливою науково-технічною задачею.

Виклад основного матеріалу

Було розроблено триярусний відцентровий робочий орган (рис. 1), який складається з нижнього диску (1) діаметром 400 мм, який кріпиться болтами до фланця. Фланець закріплений шпонкою на вертикальному валі, приводимо у рух від електродвигуна. До нижнього плоского диска болтами кріпиться лопаті (2).

До верхніх граней цих лопатей приєднаний диск (3), діаметром 500 мм. Верхній диск виконаний з напаюванням обичайки шириною 50 мм під кутом 10° (4) та направляючих лопатей (5).

Добрива на нижній диск будуть потрапляти через круглий отвір на нижньому диску, діаметр якого 50 мм (6) і розташований на 20 мм далі від центру диска.

Задаючись діаметром обох дисків, числом обертів та використовуючи методики О.О. Кукібно [9—11], попередньо до виготовлення робочого органу були визначені наступні показники: місце подачі добрив на верхній та нижній дисків; швидкість сходу частинки з дисків; час знаходження часточки у повітрі; максимальна дальність польоту часточки.

На основі розрахунків була поставлена задача: подачу добрив на диски здійснювати таким чином, щоб кут сектора розкидання у нижнього диска дорівнював $120\text{—}158$ і був розташований симетрично відносно осьової лінії машини; подачу добрив на верхній диск здійснювати так, щоб отримувати два сектори розкидання, розташовані відповідно зліва та справа від сектора, який утворюється нижнім диском. Кут кожного сектора з верхнього диска повинна бути рівним $60\text{—}75^\circ$.

Графік розташування добрив, скинутого з нижнього диска буде мати вигляд кривої з максимумом поблизу лінії проходу машини, а з верхнього — двох кривих з максимумами, розташованими приблизно на рівній відстані по обидві сторони проходу розкидача.

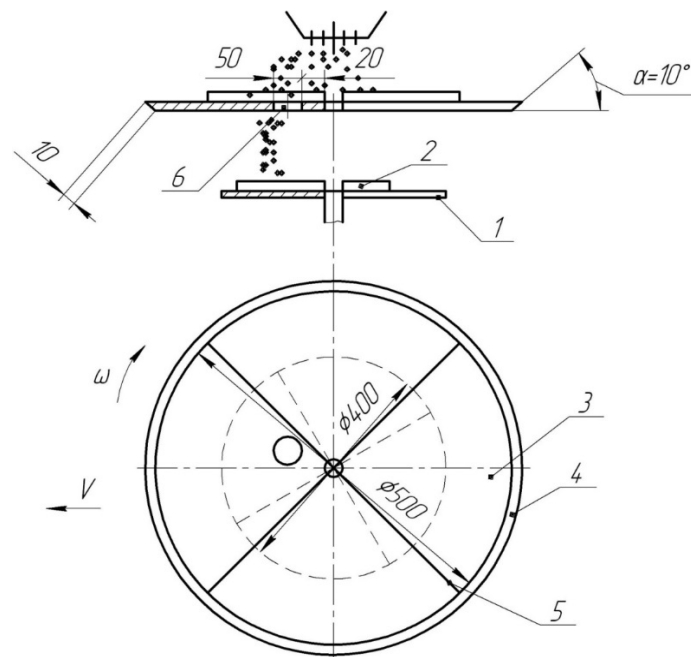


Рис. 1. Конструкція двоярусного відцентрового диска з подвійною подачею добрив

Незважаючи на те, що кожний диск окремо дає нерівномірний розподіл гранул по полю, комбінація їх у вигляді двоярусного робочого органу дозволяє покращити характер розподілу по ширині захвату та отримати покращений сумарний графік, який з урахуванням перекриття при сусідніх проходах буде мати вигляд пологої кривої, витягнутої вздовж осі абсцис.

Подача добрив в дослідній установці проводилась по тукопроводу 6 (рис.1) на нижній диск. Уловлювачі в кількості 16 штук розставляли навколо диска, кожний з них охоплював сектор 15 градусів.

Так, бункер установки був розділений перетинками на три частини і над кожним з цих трьох тукоспрямовувачів існувала самостійна регульована заслінка, то було конструктивно можливим подавати добрива тільки на верхній диск, не подаючи їх на нижній, або навпаки, тільки на нижній диск без подачі на верхній. Це дозволило при експериментальному дослідженні чітко розмежити функції, які виконуються кожним диском.

На рис. 2 зображений характер розподілу гранульованого суперфосфату в секторах розсіювання.

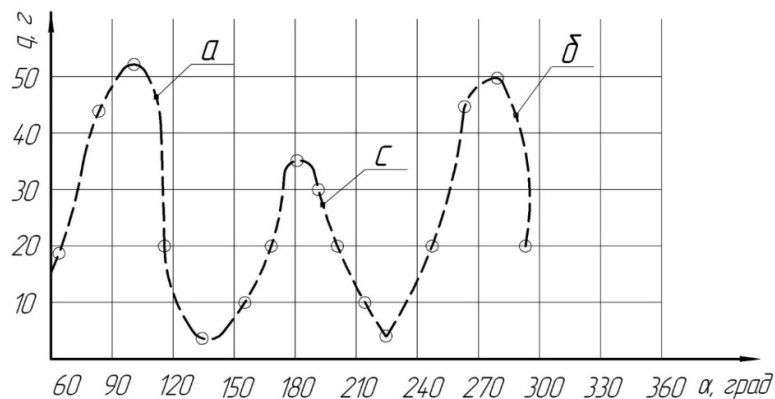


Рис. 2. Розподіл добрив в секторах розсію двоярусним відцентровим диском (за 1 с): а, б) — сектори розсію з верхнього диска; с) — сектор розсію з нижнього диска

Число обертів диска 1000 об/хв. Добрива подавались з подачею 450 г/сек.

Для визначення ширини захвату і рівномірності розташування добрив по ширині поля були проведені лабораторні дослідження на рівній відкритій площі. Досліди виконувались у безвітряну погоду. Для збирання добрив використовували лотки, розміром $0,5 \times 0,5 \times 0,05$, які були розташовані в один ряд, перпендикулярно руху машини (рис. 3).



Рис. 3. Лотки, розташовані на дослідній ділянці, при проведенні експерименту

На рис. 4 зображено графік розташування гранульованого суперфосфату по ширині захвату при його розсіві двоюрисним відцентровим диском з подвійною подачею добрив. Швидкість руху машинно-тракторного агрегату становила 7,2 км/год. Інші режими роботи (секундна подача добрив, число обертів) були такі ж самі, як і в попередньому досліді.

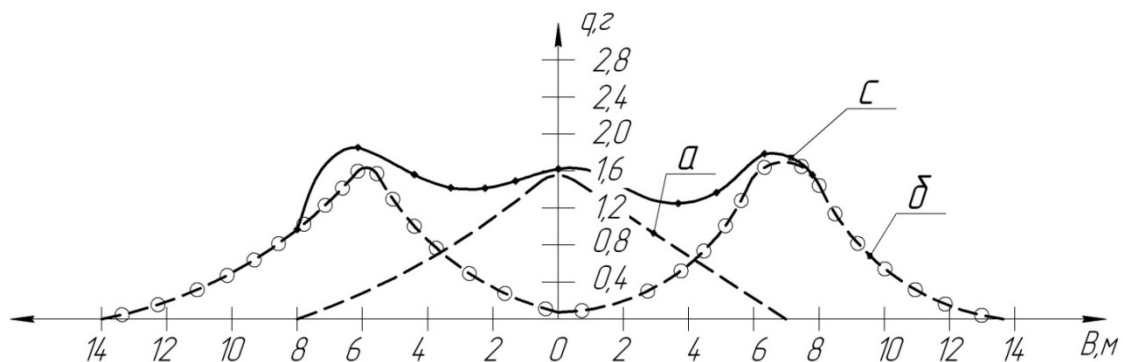


Рис. 4. Графік розташування добрив запропонованим двоюрисним диском: а) — нижнім диском; б) — верхнім диском; с) — з урахуванням перекриття

Як видно з рис. 4, загальна ширина захвату розкидача дорівнює 20 м. Ефективна ширина захвату (ширина захвату, на якій нерівномірність не перевищує 25 %) — 16 м.

При збільшенні перекриття до 3,25 м з кожного боку можна отримати нерівномірність висіву, яка становить 6 %, але ширина захвату буде при цьому дещо менш ефективна (13,0 м). Подальше збільшення перекриття недоцільне, так як поруч із зменшенням ширини захвату, продуктивності машинно-тракторного агрегату і рівномірність починає знижуватись.

Багато відцентрових розкидачів добрив мають наступне співвідношення загальної та ефективної ширини захвату:

$$B_{\text{ef}} = (0,6 + 0,7) \cdot B_{\text{заг}}, \text{ м}$$

Як видно з експериментальних даних, для дослідного зразку це відношення дорівнює:

$$B_{\text{ef}} = 0,85 \cdot B_{\text{заг}}, \text{ м}$$

Висновки

Експерименти, які були проведені з двоярусним відцентровим робочим органом, які мають подвійну подачу добрив, дозволяють зробити наступні висновки.

1. Двоярусний відцентровий диск простий за конструкцією.
2. Даний робочий орган покращує рівномірність розташування добрив по ширині захвату.
3. Завдяки покращеному розподілу, ефективна ширина захвату близько за своїм значенням до загальної ширини захвату.
4. Здійснюючи подачу на верхній диск, можна розсіювати добрива в одну або обидві сторони від лінії руху розкидача, що зручно при роботі в саду та при обробці граничних полос поля.

Список використаної літератури

1. Baseca, C.C., Sendra, S. Lloret, J., Tomas, J. A smart decision system for digital farming. *Agronomy*. Volume 9, Issue 5, 27 May 2019, 216 p.
2. Sarangi, S., Vinayak N., Swagatam B. Prachin J. Vinay K., Rahul S. Prakruti B., P. Srinivasu, An Affordable IoT Edge Platform for Digital Farming in Developing Regions. 2019 11th International Conference on Communication Systems and Networks, COMSNETS 2019, P. 556–558.
3. Dong, X., Song, J., Zhang, J., Kang, X., Wang, J. Working performance and experiment on granular fertilizer spreader with cone disk. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29. 2019, P. 33–40.
4. Ponomarenko N. Construction of centrifugal working device for mineral fertilizers spreading.// Kobez A., Haritonov N.// *INMATEH-Agricultural Engineering*. Volume 51, No 1. 2017 Romania. - Pag. 5–15.
5. Tesliuk H., Volik B., Sokol S., Ponomarenko N. «Design of working bodies for tillage tools using the methods of bionics. *Journal of Enterprise Technologies* 3/1 (99) 2019, P.49–54.
6. Ning S., Taosheng X., Liangtu S., Rujing W., & Yuanyuan, W, (2015), Variable rate fertilization system with adjustable active feed-roll length. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Vol. 8, Issue 4: P.19–26.
7. Сечовина (карбамід) (ГОСТ 2081–95 та ДСТУ 7312:2013).
8. Волик Б.А., Рибкін А.П. Модельні дослідження відцентрового робочого органа для внесення мінеральних добрив. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. (Серія: Технічні науки)*. Луганськ : Вид-во ЛНАУ, 2006. № 68(91). С. 58–61.
9. Chasov, D. (2016). Determining the equation of surface of additional blade of a screw conveyor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems)*, (5/1 (83)), P. 4–9.
10. Chasov, D., Sorokina, L., Havrylin, S. (2017). Aspects of distance learning fo engineering sciences. *Effective Development of Teachers Skills in the Area of ICT and E-learning*, P. 319–331.
11. Beihul, O., Grischenko, D., Beihul, V., Chasov, D., Lepetova, A., Kolyada, B. (2020). Devising a procedure for calculating the designed strength of a kingpin-type load-carrying system for an articulated tractor container carrier. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems)*, (5/7 (107)), P. 22–29.

IMPROVED CENTRAL DISC WITH DOUBLE FERTILIZER SUPPLY

Abstract

Agrotechnical science, advanced domestic and foreign practice have proven that the increase in the yield of basic agricultural sciences from fertilizers is directly dependent on the unevenness of their application. In other words, a 1 % decrease in the unevenness of fertilizer application gives a 1 % increase in yield, and vice versa. Application of fertilizers by machines with centrifugal working bodies is allowed at a wind speed of no more than 4 m/s. High-quality application of fertilizers with justified doses has a positive effect on increasing the yield, improving its quality indicators (the sugar content of sugar beets increases; the brewing properties of barley, gluten in wheat and starchiness of potatoes increase). A three-tier centrifugal working body was developed, which consists of a lower disk bolted to the flange. On the basis of the calculations, the task was set: feed the fertilizers to the disks in such a way that the angle of the spreading sector at the lower disk was equal to 120—158 and was located symmetrically relative to the axis of the machine; Fertilizer supply to the upper disk should be carried out in such a way as to obtain two sectors of spreading, located respectively to the left and to the right of the sector formed by the lower disk. The angle of each sector from the upper disk should be equal to 60—75°.

The supply of fertilizers in the experimental installation was carried out through the grease pipe to the lower disc. Catchers in the amount of 16 pieces were placed around the disk, each of them covered a sector of 15 degrees.

The experiments that were carried out with two-tier centrifugal working bodies, which have a double supply of fertilizers, allow us to draw the following conclusions:

1. The two-tier centrifugal disk is simple in design;
2. This working body improves the uniformity of fertilizer placement along the width of the grip;
3. Due to the improved distribution, the effective width of capture is close in value to the total width of capture;
4. By feeding to the upper disk, you can scatter fertilizers to one or both sides of the line of movement of the spreader, which is convenient when working in the garden and when processing the border strips of the field.

References

- [1] Baseca, C.C., Sendra, S., Lloret, J., Tomas, J. *A smart decision system for digital farming*. Agronomy. Volume 9, Issue 5, 27 May 2019, 216. [in English].
- [2] Sarangi, S., Vinayak N., Swagatam B. Prachin J. Vinay K., Rahul S. Prakruti B., P. Srinivasu, *An Affordable IoT Edge Platform for Digital Farming in Developing Regions*. 2019 11th International Conference on Communication Systems and Networks, COMSNETS 2019, P. 556–558. [in English].
- [3] Dong, X., Song, J., Zhang, J., Kang, X., Wang, J. *Working performance and experiment on granular fertilizer spreader with cone disk*. *Nongye Gongcheng Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29. 2019. P. 33–40. [in English].
- [4] Ponomarenko N. Construction of centrifugal working device for mineral fertilizers spreading.// Kobez A., Haritonov N.// *INMATEH-Agricultural Engineering*. Volume 51, No 1. 2017 Romania. Pag. 5–15. [in English].
- [5] Tesliuk H., Volik B., Sokol S., Ponomarenko N. *Design of working bodies for tillage tools using the methods of bionics*. *Journal of Enterprise Technologies* 3/1 (99) 2019, P.49–54. [in English].
- [6] Ning S., Taosheng X., Liangtu S., Rujing W., & Yuanyuan, W, (2015), *Variable rate fertilization system with adjustable active feed-roll length*. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Vol. 8, Issue 4: PP.19–26. [in English].
- [7] Sechovina (karbamid) (ГОСТ 2081–95 та ДСТУ 7312:2013). [in Ukraine].
- [8] Volik B.A. (2006) *Modelni doslidschennya vidcentrovoho robochoho orhana dlya vnesennya mineralnih dobriv [Model studies of a centrifugal working body for applying mineral fertilizers]* / B.A. Volik, A.P. Ribkin. Collection of scientific papers of the Luhansk National Agrarian University. Luhansk, LNAU, №68(91). P. 58–61 (Tehnichni nayki). [in Ukraine].

- [9] Chasov, D. (2016). *Determining the equation of surface of additional blade of a screw conveyor*. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems), (5/1 (83)), P. 4–9. [in English].
- [10] Chasov, D., Sorokina, L., Havrylin, S. (2017). *Aspects of distance learning fo engineering sciences. Effective Development of Teachers Skills in the Area of ICT and E-learning*, P. 319–331. [in English].
- [11] Beihul, O., Grischenko, D., Beihul, V., Chasov, D., Lepetova, A., Kolyada, B. (2020). *Devising a procedure for calculating the designed strength of a kingpin-type load-carrying system for an articulated tractor container carrier*. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems), (5/7 (107)), P. 22–29. [in English].

Надійшла до редколегії 04.03.2024