

**2023**

# **SCIENTIFIC**

Progress & Innovations



**Vol. 26**  
**Nº1**



# Scientific Progress & Innovations

## УДК 001

До 2022 року журнал виходив під назвою «Вісник Полтавської державної аграрної академії». У 2023 році журнал перереєстровано та перейменовано на «Scientific Progress and Innovation»

### **Засновник, редакція, видавець:**

Полтавський державний аграрний університет.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції:  
Серія ДК № 7933 від 13.09.2023 року

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:  
Серія КВ № 25459-15399 ПР від 09.03.2023 року

**Рік заснування: 1998**

### **Мова видання:**

українська, англійська

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет Вченою радою Полтавського державного аграрного університету  
(протокол № 2 від 19 вересня 2023 року)

**Науковий журнал включено до категорії Б Переліку наукових фахових видань України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та доктора філософії з сільськогосподарських, ветеринарних та технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. та № 866 від 02.07.2020 р.)**

101 – Екологія; 162 – Біотехнології та біоінженерія;  
201 – Агрономія; 202 – Захист і карантин рослин;  
204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва; 211 – Ветеринарна медицина;  
212 – Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза;  
208 – Агроінженерія

**Журнал представлено у міжнародних наукометричних базах даних, репозитаріях та пошукових системах:**

Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського, Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Fatcat, Wikidata, Crossref, Електронний репозитарій Полтавського державного аграрного університету

### **Адреса редакції:**

36003, м. Полтава, вул. Г. Сковороди, 1/3,  
Полтавський державний аграрний університет,  
редакційно-видавничий відділ  
e-mail: visnyk@pdau.edu.ua  
http://www.pdau.edu.ua  
https://doi.org/10.31210/visnyk

© Полтавський державний аграрний університет

## UDC 001

Until 2022, the journal was published under the name "Bulletin of Poltava State Agrarian Academy". In 2023, the journal was re-registered and renamed "Scientific Progress and Innovation"

### **Founder, Editorial and Publisher:**

Poltava State Agrarian University  
Certificate of making a publishing house subject to the state register of publishers, manufacturers and distributors of publishing products:  
Series DC No. 7933 of September 13, 2023

Certificate of state registration print mass media:  
Series KV No. 25459-15399 PR of March 09, 2023

**Year of foundation: 1998**

### **Language edition:**

Ukrainian, English

Recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of Poltava State Agrarian University  
(Minutes No. 2 of September 19, 2023)

**The scientific journal is included in category B of the List of scientific professional publications of Ukraine, in which the results of thesis papers for Doctor of Sciences, Candidate of Sciences, and Ph.D degrees in agricultural, veterinary, and technical sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 409 of March 17, 2020 and №886 July 02, 2020)**

101 – Ecology; 162 – Biotechnology and Bioengineering;  
201 – Agronomy; 202 – Plant Protection and Quarantine;  
204 – Technology of Production and Processing of Livestock Products; 211 – Veterinary Medicine;  
212 – Veterinary hygiene, sanitation and examination;  
208 – Agricultural Engineering

**The journal is presented international scientometric databases, repositories and scientific systems:**

Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Vernadsky National Library of Ukraine, National Scientific Agricultural Library, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Fatcat, Wikidata, Crossref, Electronic repository of Poltava State Agrarian University

### **Editorial address:**

36003, Poltava, Ukraine, 1/3, Skovorody str.,  
Poltava State Agrarian University,  
Editorial and Publishing Department  
e-mail: visnyk@pdau.edu.ua  
http://www.pdau.edu.ua  
https://doi.org/10.31210/visnyk

© Poltava State Agrarian University

## ЗМІСТ

### Сільське господарство. Рослинництво

Бакалова А. В., Титаренко В. Є. Прогнозування <i>Cecidoflopsis ribis</i> від впровадження модернізованої системи обприскування	5
Нечипоренко Н. І., Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Балім Б. В., Бузина О. С. Аналіз мікофлори насіння гібридів та сортів соняшника	11
Коркодола М. М. Рівень прояву господарських ознак кондитерського соняшнику в умовах Північного Степу України	18
Бараболя О. В., Доронін С. М. Вплив погодних умов і систем удобрення на урожайність пшениці озимої	24
Безноско І. В., Мудрак В. О., Туровнік Ю. А., Горган Т. М., Гаврилюк Л. В., Мосійчук І. І. Вплив метаболітів рослин вівса на ріст і розвиток патогеного мікроміцету <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc. in Sorokin) Shoemaker	31
Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Кулик М. І. Бавовникова совка ( <i>Helicoverpa armigera</i> Hbn.): особливості розвитку, поширення та шкідливість	37

### Екологія

Дережа В. В. Стан і проблеми родючості чорноземів звичайних в Полтавській області	43
--	----

### Сільське господарство. Тваринництво

Халак В. І., Гутий Б. В., Ільченко М. О. Індекс Сазера-Фредіна – ефективний метод оцінки молодняка свиней за відгодівельними і м'ясними якістьми	49
Захаренко М. О., Хоценко А. В., Вашенко П. А., Шостя А. М., Слинько В. Г., Кузьменко Л. М., Шаферівський Б. С. Вплив підвищеної температури у корівнику на поведінку дійних корів.	55
Войтенко С. Л., Петренко, М. О., Шаферівський Б. С. Вплив методів підбору батьківських пар на мінливість селекційних ознак худоби айрширської породи	59

### Ветеринарна медицина

Маценко О. В., Маслак Ю. В., Фурда І. В., Щепетільников Ю. О., Ільїна О. В. Біохімічні показники сироватки крові у собак за гіперадренкортицизму	67
Котелевич В. А., Гуральська С. В., Гончаренко В. В. Актуальні проблеми якості та безпечності харчових продуктів в контексті забезпечення продовольчої безпеки в Україні	72
Дехнич І. С. Характер абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин та роль показників сонографічного дослідження на різних етапах хірургічного втручання	81
Чечет О. М., Коваленко В. Л., Горбатюк О. І., Гейдей О. С., Курята Н. В., Мусієць І. В., Ординська Д. О., Шалімова Л. О. Виявлення <i>in vitro</i> рівнів антагоністичної активності ізолятів <i>Enterococcus faecium</i> та відбір перспективних пробіотичних штамів	90

### Технічні науки

Арендаренко В. М., Самойленко Т. В., Іванов О. М., Рижкова Т. Ю. Результати експериментальних досліджень по розподіленню падаючого зерна з тороподібної тарілки на пласку поверхню	96
---	----

## CONTENTS

### Agriculture. Plant growing

Bakalova A., Tytarenko V. Prediction of <i>Cecidoflopsis ribis</i> from implementation of modernized spraying system	5
Nechiporenko N., Pospelova G., Kovalenko N., Balym B., Buzyna O. Analysis of mycoflora of seeds of hybrids and varieties of sunflower	11
Korkodola M. The level of manifestation of economic characteristics of confectionery sunflower in the Northern Steppe of Ukraine	18
Barabolia O., Doronin S. Influence of weather conditions and fertilizer systems on the winter wheat yield	24
Beznosko I., Mudrak V., Turonnik J., Gorgan T., Havrylyuk L., Mosiychuk I. The influence of metabolites of oat plants on the growth and development of the of pathogenic <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc. in Sorokin) Shoemaker	31
Biliavska L., Biliavskiy Yu., Kulyk M. Cotton bollworm ( <i>Helicoverpa armigera</i> Hbn.): features of development, distribution and harmfulness	37

### Ecology

Dereza V. The state and problems of common black soils' fertility in Poltava region	43
--	----

### Agriculture. Animal breeding

Khalak V., Gutyj B., Il'chenko M. Sazer-Fredin index – an effective method of assessing young pigs for feeding and meat qualities	49
Zakharenko M., Khotsenko A., Vashchenko P., Shostya A., Slynko V., Kuzmenko L., Shaferivskiy B. Influence of raised temperature in the barn on the behavior of milking cows	55
Voitenko S., Petrenko M., Shaferivskiy B. Influence of the methods of selecting parent pairs on the variability of breeding characters of the Ayrshire cattle	59

### Veterinary medicine

Matsenko O., Maslak Yu., Furda I., Shchepetilnikov Yu., Ilyina O. Biochemical indexes of blood serum of dog's with hyperadrenocorticism	67
Kotelevych V., Hural'ska S., Honcharenko V. Current food quality and safety problems in the context of ensuring food safety in Ukraine	72
Dekhnych I. Character of abdominal surgery for polycystic kidney in animals and the role of indicators of sonographic examination at different stages of surgical intervention	81
Chechet O., Kovalenko V., Gorbatyuk O., Gaidei O., Kuryata N., Musiets I., Ordynska D., Shalimova L. <i>In vitro</i> detection of antagonistic activity levels of <i>Enterococcus faecium</i> isolates and selection prospective probiotic strains	90

### Technical sciences

Arendarenko V., Samoilenko T., Ivanov O., Ryzhkova T. Results of experimental research on the distribution of a falling grain from a toro-shaped plate on a flat surface	96
---	----

## Results of experimental research on the distribution of a falling grain from a toro-shaped plate on a flat surface

V. Arendarenko | T. Samoilenko | O. Ivanov✉ | T. Ryzhkova

### Article info

Correspondence Author

O. Ivanov

E-mail:

[oleegivanov@yahoo.com](mailto:oleegivanov@yahoo.com)

Poltava State Agrarian  
University, 1/3,  
Skovorody str., Poltava,  
36003, Ukraine

**Citation:** Arendarenko, V., Samoilenko, T., Ivanov, O., & Ryzhkova, T. (2023). Results of experimental research on the distribution of a falling grain from a toro-shaped plate on a flat surface. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 96–101. doi: 10.31210/spi2023.26.01.15

It is known that silos are loaded with grain material by gravity, a compact jet. Such loading leads to the grain hitting the concrete bottom and the side surface of the silo is injured and unevenly compacted. Uneven compaction occurs due to the stratification of grain material by size and mass. Gravitational loading of grain material in this way leads to the formation of segregation in the middle of the silo structure. Various damping devices are used to eliminate these shortcomings. At the Department of Technology and Equipment of Processing and Food Production of the Poltava State Agrarian University, a laboratory setup was developed, with the help of which research was conducted on the distribution of winter wheat grain falling from a fixed height onto a torus-shaped plate, and from it onto the concrete bottom of the installation. As a result of the research, it was established that the best distribution of grain along the bottom of a cylindrical container occurs when using a torus-shaped plate with an angle of inclination of the source to the horizon of 12°, but at the same time, the height of dumping must exceed 1.5 m. When dumping winter wheat grain using a plate with an angle of inclination of the source to the 15° and 18° horizon, a uniform grain distribution is observed on the annular planes S1, S2 and S3. Such studies enable producers to correctly install braking devices that reduce grain injury and segregation.

**Keywords:** distribution, grain, torus plate, installation, experiment, histograms.

## Результати експериментальних досліджень по розподіленню падаючого зерна з тороподібної тарілки на пласку поверхню

В. М. Арендаренко | Т. В. Самойленко | О. М. Іванов | Т. Ю. Рижкова

Полтавський державний  
аграрний університет  
м. Полтава, Україна

Відомо, що завантаження силосів зерновим матеріалом, відбувається гравітаційним способом, компактним струменем. Таке завантаження призводить до того, що зерно вдарається об бетонне дно та бокову поверхню силосу травмується і нерівномірно ущільнюється. Нерівномірне ущільнення відбувається внаслідок розшарування зернового матеріалу по величині і масі. Гравітаційне завантаження зернового матеріалу таким способом призводить до утворення в середині силосної споруди сегрегації. Для усунення цих недоліків використовуються різні демпферні пристрої. На кафедрі технології та обладнання переробних і харчових виробництв Полтавського державного аграрного університету була розроблена лабораторна установка за допомогою якої проводились дослідження по розподіленню зерна озимої пшениці, котре падаючи з фіксованої висоти на тороподібну тарілку, а з неї на бетонне дно установки. В результаті досліджень встановлено, що найкраще розподілення зерна по дну циліндричної ємності відбувається при використанні тороподібної тарілки з кутом нахилу твірної до горизонту 12°, але при цьому висота скидання повинна перевищувати 1,5 м. При скиданні зерна озимої пшениці з використанням тарілки із кутом нахилу твірної до горизонту 15° і 18°, спостерігається рівномірне розподілення зерна на кільцевих площинах S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> і S<sub>3</sub>. Такі дослідження дають можливість виробничникам правильно встановлювати гальмуючі пристрої, котрі зменшують травмування зерна та його сегрегацію.

**Ключові слова:** розподілення, зерно, тороподібна тарілка, установка, дослід, гістограми.

**Бібліографічний опис для цитування:** Арендаренко В. М., Самойленко Т. В., Іванов О. М., Рижкова Т. Ю. Результати експериментальних досліджень по розподіленню падаючого зерна з тороподібної тарілки на пласку поверхню. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 96–101.

## Вступ

Сучасні силосні споруди які використовуються на елеваторах завантажуються двома способами: струменем або самопливом [1–3]. Такі способи завантаження приводять до травмування зерна (особливо в початковому періоді, коли зерно досягає бетонного дна силосу), сегрегації яка в свою чергу сприяє значному ущільненню зернового матеріалу у його нижніх шарах.

Сегрегація в силосах виникає в результаті нерівномірного розподілення сипкого матеріалу, який відрізняється між собою по величині, формі і щільності. Сегрегація зернового матеріалу спостерігається як на стадії вільного падіння зерна, так і на поверхні зернового насипу, внаслідок скочування великих і важких зернівок до стінок силосної ємності. Це явище приводить до зниженню міцності силосного бункера [4–8].

На рівень сегрегації зернового матеріалу в силосних спорудах основний вплив має дальність польоту їх зернівок, яка в свою чергу залежить від фізико-механічних властивостей завантажувального зерна. На результати робочого процесу завантаження, особливо на першому етапі, мають вплив такі фізико-механічні властивості зерна як об'ємна маса, парусність, сипучість, вологість щільність, питома вага, пружність. Але головними чинниками, котрі впливають на рівномірність заповнення циліндричних ємностей зерновим матеріалом є об'ємна маса, парусність та пружність зерна. Пояснюється це тим, що при падінні зернового матеріалу на дно силосної споруди різні за розмірами та щільністю зернівки отримують однакову скидальну швидкість, але різні значення кінетичної енергії, а в стадії гравітаційного польоту – різний опір повітря. Кінетична енергія зернівок з яких складається завантажувальний матеріал, та їх дальність польоту в основному залежить від розмірів та маси частинок ніж опору повітря [9–12].

Негативні наслідки нерівномірного розподілення зернового матеріалу по всій площі ємності

проявляється як в процесі завантаження так і при розвантаженні силосних бункерів. Крім того розшарування зернового матеріалу в середині бункера приводить до утворення склепін, які суттєво впливають на вивантаження зерна із ємності. Підвищена неоднорідність сипкого зернового матеріалу внаслідок сегрегації знижує технологічну придатність і споживчу вартість зерна [13–17].

Під час вільного падіння у середині силосної споруди зерновий матеріал розділяється на пилову і зернову частини. Пилова частина стає джерелом забруднення повітря, що являється згубним явищем для здоров'я людей які працюють на елеваторних підприємствах.

Виходячи із вище сказаного рівномірне та обережне завантаження силосів зерновим матеріалом є актуальною задачею.

## Мета дослідження

Метою дослідження є вивчення характеру розподілення зерна озимої пшениці котре падає з фіксованої висоти спочатку на демпферну тороподібну тарілку, а з неї на пласку тверду поверхню.

*Завдання дослідження.* Дослідити як буде змінюватись характер розподілення зерна озимої пшениці, що падає з певної висоти на пласку тверду поверхню бетонного дна із тороподібною тарілки, кут бокової поверхні якої має три різні значення.

## Матеріали і методи

Авторами даної статті була розроблена лабораторна установка за допомогою якої проводились дослідження по характеру розподілення падаючого із заданої висоти зернового матеріалу на пласке дно циліндричної ємності (рис.1). Вихідним зерновим матеріалом слугувало зерно озимої пшениці.

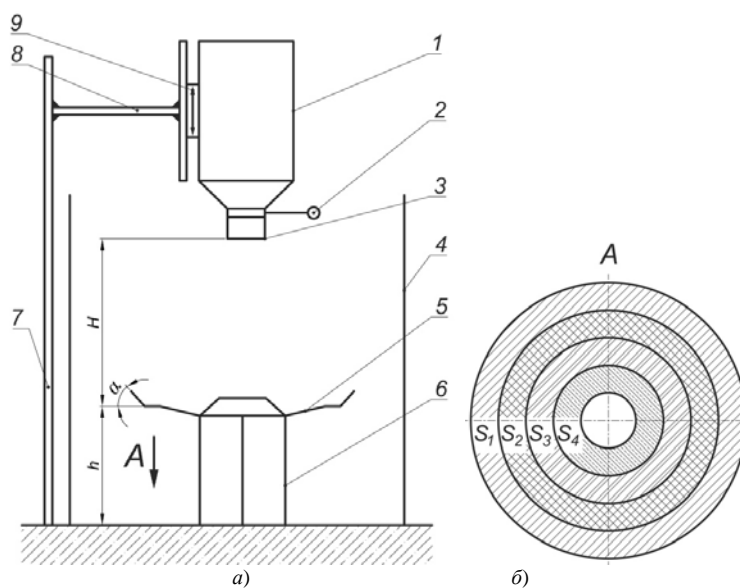


Рис. 1 Лабораторна установка: а) дослідна установка; б) кільцеві області на бетонному дні установки



Лабораторна установка (рис. 1, а) складається із бункера 1, засува 2, вихідного патрубку 3, циліндричної ємності 4, тороподібної тарілки 5, установочної платформи 6, стояка вертикального 7, квадратної труби 8, механізму підйому та опускання бункера 9. Циліндрична ємність 4 в масштабі імітує силос для зберігання зерна висотою 24 м і діаметром 16 м. Лабораторна установка має висоту 1,2 м, а її діаметр рівний 0,8 м. На бетонному дні циліндричної ємності кольоровою крейдою нанесені чотири концентричні кола (рис 1, б) відповідно діаметрами: 0,7 м, 0,6 м, 0,5 м і 0,4 м. Ці кола утворили чотири кільцеві області S1, S2, S3 і S4. Край тороподібної тарілки, яка має діаметр 0,16 м, вигнутий під кутом  $\alpha$  до горизонту. В дослідях використовували три різні тарілки з кутами:  $\alpha = 18024'$ ;  $\alpha = 15023'$ ;  $\alpha = 12051'$ . Тороподібна тарілка встановлюється по центру бетонного дна установки на установочній платформі 5. Висота від бетонного дна до тороподібної тарілки  $h$  не змінна і дорівнює 300 мм. На пристрій для обережного завантаження зерна в силос був отриманий патент на корисну модель за номером UA 15628 U [18].

Працює лабораторна установка так, в бункер 1 завантажуються попередньо зважений на електронних вагах зерновий матеріал. За допомогою механізму підйому та опускання встановлюється висота  $H$  з якої зерновий матеріал під дією гравітаційної сили падає на тороподібну тарілку, а з неї на бетонне дно ємності. Падаючи на тороподібну тарілку зерно торкаючись її вигнутої поверхні і за рахунок своєї інерції, ковзаючи по ній, вилітає з тарілки в гору, гасячи таким чином зайву кінетичну енергію. В залежності від отриманої швидкості і маси зернівок, відбувається розподілення зернового матеріалу по круговій поверхні бетонного дна лабораторної установки. Зернівки які мають найменшу швидкість падають на кругову поверхню ближче до центра, а зернівки які мають більшу швидкість падають даліше центра ємності. Після

завершення дослідів, на встановленій висоті  $H$ , вміст зерна на чотирьох кругових поверхнях збирався в окремі чашки. Вміст зерна в чашках по черзі зважується і визначається функція щільності розподілення зернового матеріалу.

Кількість необхідного числа повторності дослідів при вибраному куту  $\alpha$  і висоті  $H$  визначали за формулою [19 - 20]:

$$n = \frac{t^2 \cdot G^2}{(\Delta_{\text{від}} \cdot \bar{x})^2}, \quad (1)$$

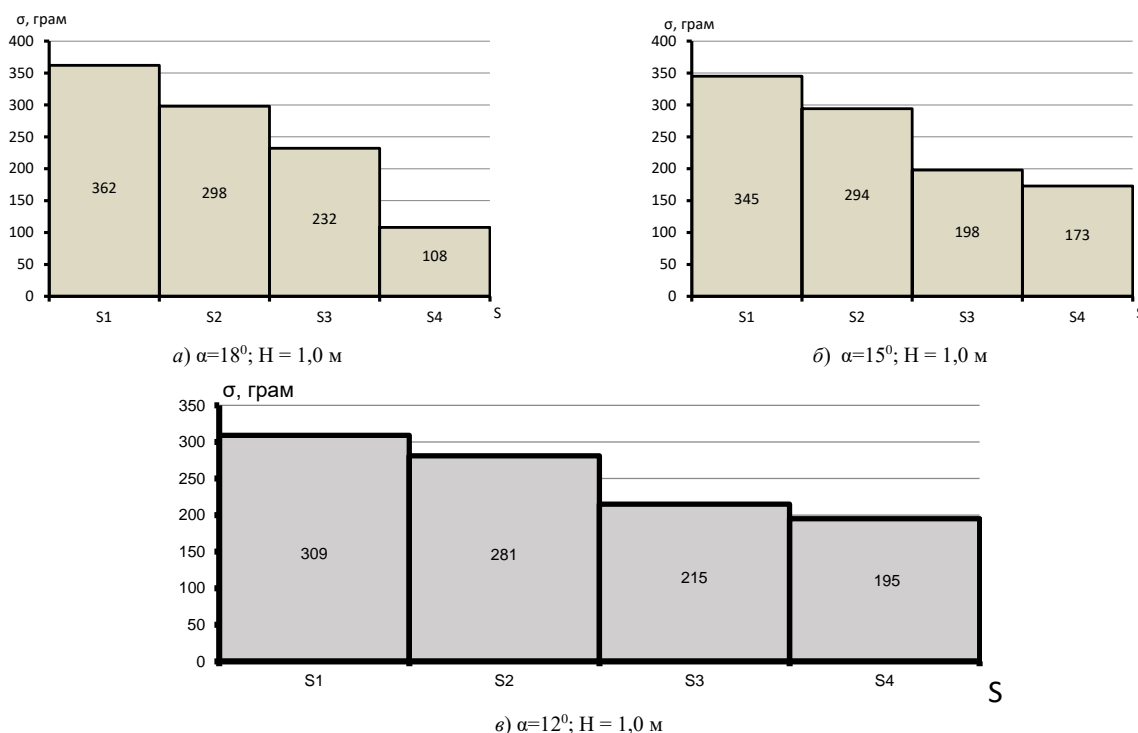
де  $t$  – критерій Стьюдента;  $G^2$  – дисперсія генеральної сукупності величини часу витікання зерна із бункера;  $\Delta_{\text{від}}$  задана відносна похибка;  $\bar{x}$  середня арифметична величина часу витікання сипкого зернового матеріалу по результатам пробних дослідів.

### Результати та їх обговорення

В дослідях використовувались три тороподібні тарілки, вершини яких спрямовані вниз. На рис. 2 і 3 приведені гістограми, які вказують на характер розподілення зернового матеріалу по дну лабораторної установки з використанням демпферних тороподібних тарілок, які мають три різних кута нахилу твірної до горизонту. Скидання зерна для даних тарілок проводились із двох висот 1,0 м, 1,4 м відповідно.

Під час взаємодії падаючого зернового матеріалу з робочою поверхнею тороподібної тарілки відбувається зміна лінійної швидкості зерна по величині і напрямку при його падіння на бетонне дно лабораторної установки.

На рис. 2а, б, в представлені гістограми розподілення зернового матеріалу по дну ємності в залежності від трьох кутів нахилу твірної тарілки до горизонту. Зерновий матеріал скидався з висоти 1,0 м.



**Рис. 2.** Гістограми розподілення зернового матеріалу по дну циліндричної ємності при скиданні його з висоти 1 м:

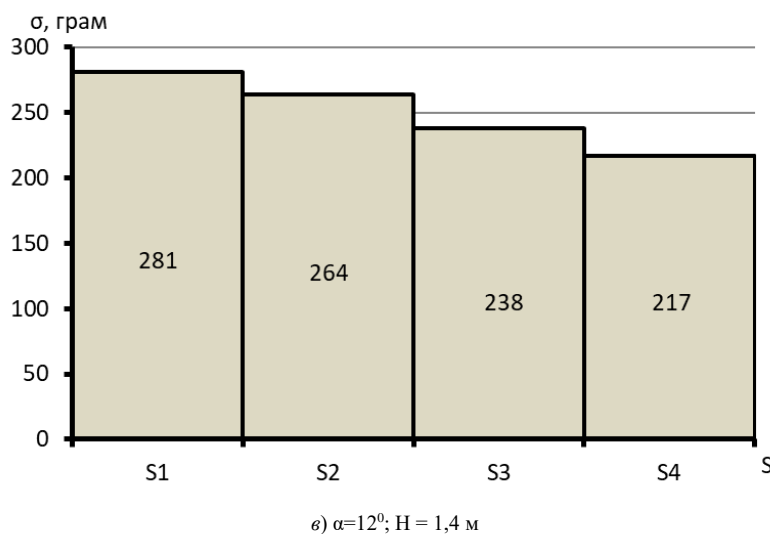
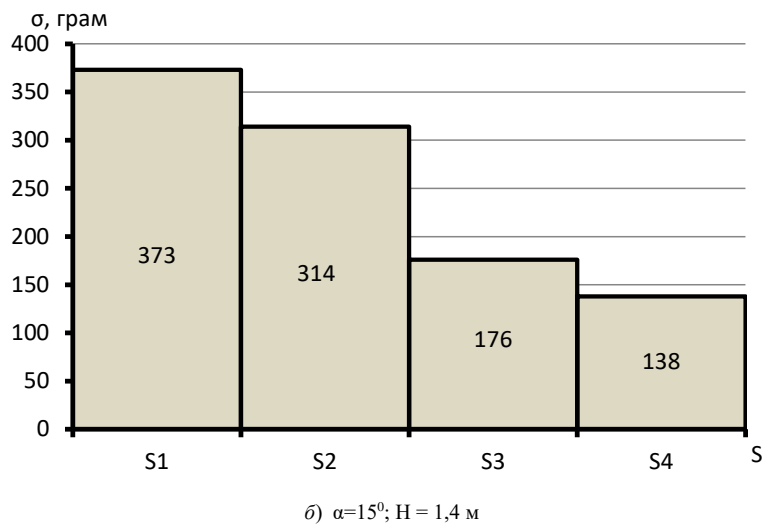
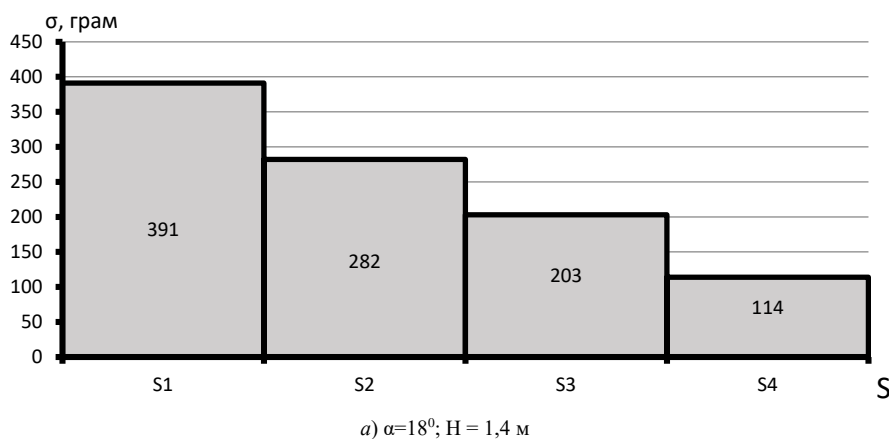
а – кут нахилу твірної до горизонту 18°; б - кут нахилу твірної до горизонту 15°; в - кут нахилу твірної до горизонту 12°

З рисунку видно, що кут нахилу твірної суттєво впливає на характер розподілення зернового матеріалу по дну ємності. При куту  $\alpha = 12^\circ$  спостерігається найбільш рівномірне розподілення зернового матеріалу по всій площі ємності.

На рис. 3 а, б, в приведені гістограми розподілення зернового матеріалу при його скиданні з висоти 1,4 м. Падаючи з цієї висоти на тарілки з трьома різними

кутами нахилу твірної тарілки до горизонту, встановлено, що найкраще розподілення зернового матеріалу по всій площі ємності при куту  $\alpha = 12^\circ$ . Крім того виявлено, що при збільшенні кута  $\alpha$  росте і сегрегація зернового матеріалу у досліджує мій ємності.

Результати розподілення зернового матеріалу по дну лабораторної установки наведені на рис. 4–6.



**Рис. 3.** Гістограми розподілення зернового матеріалу по дну циліндричної ємності при скиданні його з висоти 1,4 м:

а – кут нахилу твірної до горизонту  $18^\circ$ ; б - кут нахилу твірної до горизонту  $15^\circ$ ; в - кут нахилу твірної до горизонту  $12^\circ$

## Висновок

З проведених досліджень видно, що розподілення зернового матеріалу по дну циліндричної ємності з використанням тороподібної тарілки залежить в першу чергу від висоти скидання зерна і від кута нахилу твірної тороподібної тарілки до горизонту. Найкраще розподілення зерна по дну циліндричної ємності відбувається при використанні тороподібної тарілки з кутом нахилу твірної до горизонту  $12^\circ$ , але при цьому висота скидання повинна перевищувати 1,5 м. При скиданні зерна озимої пшениці з використанням тарілки із кутом нахилу твірної до горизонту  $15^\circ$  і  $18^\circ$ , спостерігається рівномірне розподілення зерна на кільцевих площинах  $S_1$ ,  $S_2$  і  $S_3$ . Такі дослідження дають можливість виробникам правильно встановлювати гальмуючі пристрої, котрі зменшують травмування зерна і його сегрегацію.

*Перспективи подальших досліджень.* Подальші дослідження будуть направлені на розробленні теорії руху зернового матеріалу по трьом ділянкам його руху. Вільне падіння з бункера до тороподібної тарілки, рух по самій тарілці і вільне падіння зерна на бетонне дно лабораторної установки.

## Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

## References

1. Bakalova, A. V. (2011). Stiiikist smorodyny chornoj. Vplyv mikroelementiv na stiiikist proty sysnykh. *Quarantine and Plant Protection*, 7, 19–22. [in Ukrainian]
1. Melnyk, V. I., & Samoilenko, T. V. (2018). Analiz napriamiv udoskonalennia konstruktсии prystroiv dlia zavantazhennia sylosiv. *Inzheneriia Pryrodokorystuvannia*, 1, 83–91. [in Ukrainian]
2. Arendarenko, V. M., & Samoilenko, T. V. (2020). Sposoby zavantazhennia sylosiv zernovym materialom. *Tekhnologii i Zasoby Mekhanizatsii Silskohospodarskoho Vyrobnystva*, (52-54). Poltava [in Ukrainian]
3. Boumans, P. (1991). *E'ffektivnaya obrabotka i xraneniya zerna*. Moskva [in Russian]
4. Gyachev, A. V. (1986). *Osnovy` teorii bunkerov i silosov*. Barnaul [in Russian]
5. Vinokurov, C. M., & Nikonov, S. N. (2008). *E`levatory`, sklady`, zernosusharki*. Saratov [in Russian]
6. Goryushinskij, I. V., & Mosina, N. N. (2003). Povy`shenie kachestva funkcionirovaniya bunkerny`x xranilishh uluchsheniem ix zagruzki. *Puti povy`sheniya e'ffektivnosti APK v usloviyax vstupleniya Rossii v VTO*, (343-345). Ufa [in Russian]
7. Arendarenko, V. M., Antonets, A. V., Savchenko, N. K., Samoilenko, T. V., & Ivanov, O. M. (2020). Rozrakhunkova model` hravitatsiynoho rukhu zernovoho materialu v pokhylomu kanali z dyskretno zminnym kutom nakhylyu. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahraranoi Akademiyi*, 4, 273–282. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.35> [in Ukrainian]
8. Dashevskij, M. I., & Zakladnogo, G. A. (1978). *Xranenie zerna i zernovy`x produktov*. Moskva: Kolos [in Russian]
9. Sevidzh, S. (1985). Gravitacionnoe techenie nesvyazannyx granulirovannyx materialov v lotkax i kanalax. *Mexanika granulirovannyx sred: Teoriya bystryx dvizhenij*, (86-146). [in Russian]
10. Samoilenko, T. V., Arendarenko, V. M., & Antonets, A. V. (2020). Kinematyka rukhu zerna za spiral'ny'm prystroym zi zminnym kutovym spuskom. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahraranoi Akademiyi*, 1, 267–274. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.31> [in Ukrainian]
11. Arendarenko, V., Antonets, A., Ivanov, O., Dudnikov, I., & Samoilenko, T. (2021). Building an analytical model of the gravitational grain movement in an open screw channel with variable inclination angles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (111)), 100–112. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235451>
12. Dolgunin, V. N., & Borshhev, V. Ya. (2005). *By`stry'e gravitacionny`e techeniya zernisty`x materialov: texnika izmereniya, zakonomernosti, texnologicheskoe primenenie*. Moskva: Mashinostroenie [in Russian]
13. Derev'ianko, D., Sukmaniuk, O., Sarana, V., & Derev'ianko, O. (2020). Justification of influence of the working bodies of combine harvesters on damage and quality of seed. *Visnyk Agraranoi Nauky*, 98 (2), 64–71. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-10>
14. Negi, S. C., Lu, Z., & Jofriet, J. C. (1997). A Numerical Model for Flow of Granular Materials in Silos. Part 2: Model Validation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 68 (3), 231–236. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0197>
15. Komchenko, E. V., & Basyuk, S. P. (2003). Vliyanie materiala stenok bunkera na istechenie razlichny`x sy`puchix materialov. *E`Nergosberezhenie i e`Nergosberegayushhie Texnologii v APK*, 1, 145–149 [in Russian]
16. Goryushinskij, I. V., & Mosina, N. N. (2001). K voprosu ocenki processa zagruzki emkostej sy`puchimi materialami. *Molody`e ucheny`e*, (83-84). Samara [in Russian]
17. Arendarenko, V. M., Samoilenko, T. V., & Ivanov, O. M. (2022). Patent Ukrayiny №151157. *Sposib zavantazhennya zerna u sylos*. Natsional'nyy orhani intelektual'noyi vlasnosti [in Ukrainian].
18. Samoilenko, T. V., Ivanov, O. M., & Arendarenko, V. M. (2018). Patent Ukrayiny №125628. *Prystriy dlya oberezhnoho zavantazhennya zerna v sylos*. Natsional'nyy orhani intelektual'noyi vlasnosti [in Ukrainian].
19. Lezhenkin, O., Golovlev, V., Mikhailenko, O., Rubtsov, M. (2019). Mathematical model of the movement of the combed grain heap after stripper harvesting module in the air flow. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University*, 19 (3), 14–21. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-14-21>
21. Dosphehov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opy`ta*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].

## ORCID

- V. Arendarenko  <https://orcid.org/0000-0003-0701-7983>  
T. Samoilenko  <https://orcid.org/0000-0003-4756-6223>  
O. Ivanov  <https://orcid.org/0000-0002-1761-9913>  
T. Ryzhkova  <https://orcid.org/0000-0002-2403-6396>



© 2023 Arendarenko V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.