

О. А. БУРЛАКА

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту
Полтавський державний аграрний університет
ORCID: 0000-0002-2296-7234

О. Ю. ПРОЦЕНКО

здобувач ступеня доктора філософії
Полтавський державний аграрний університет
ORCID: 0009-0003-1582-722X

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА РОЗВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНА У ВЕРТИКАЛЬНО РОЗТАШОВАНІЙ КОВШОВІЙ НОРІЇ ЕЛЕВАТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ

Стаття присвячена пошуку та науковому обґрунтуванню шляхів удосконалення кількісних та якісних характеристик транспортування зерна різноманітних сільськогосподарських культур ковшовими вертикально змонтованими норіями з відцентровим типом розвантаження елеваторного обладнання. Такі норії набули широкого розповсюдження у складі транспортних систем елеваторного обладнання. До переваг вертикально змонтованих ковшових норій з відцентровим типом розвантаження відносять високу продуктивність транспортування зерна, (до 1000 т/година і більше) при відносно невисокій матеріалоемності, значну висоту вертикального підйому зерна (до 30 метрів і більше). Але, щодо недоліків використання таких норій: наявність прямого та зворотного сипу зерна в транспортних каналах норії; наявність механічного руйнування та компресійного пошкодження зерна робочими органами ковшевих норій; один сталій, відносно швидкості, режим транспортування зерна, що не враховує фізичні та біологічні особливості зерна, насіння різноманітних сільськогосподарських культур; збільшені витрати енергії на транспортування зерна.

Закони, закономірності та тенденції елементів технології, технологічних процесів транспортування зерна в тому числі і за допомогою ковшових норій, представлені у наукових працях багатьох вітчизняних та закордонних вчених: Погорілий Л., Адамчук В., Гуков Я., Шейченко В. та ін.

При подальших дослідженнях встановлено, що передчасне розвантаження зерна з ковшів норії під дією відцентрової сили призводить до появи прямого та зворотного сипу зерна, збільшення ступені пошкодження зерна, додаткових затрат енергії на транспортування зерна. На повноту відцентрового розвантаження ковшової вертикально розташованої норії впливають ступінь заповнення ковша зерном, швидкість транспортування, геометричні параметри ковша, сектор розвантаження верхньої частини (головки) норії. За допомогою запропонованої математичної моделі можливо визначити або перевірити обране значення сектору розвантаження на предмет повноти відцентрового розвантаження зерна в ковшових норіях при транспортуванні різноманітних сільськогосподарських культур.

Ключові слова: зернова норія, елеваторне обладнання, ківш, відцентрове розвантаження, зерно, сільськогосподарські культури, математична модель.

О. А. BURLAKA

PhD, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agricultural Engineering
and Automobile Transport
Poltava State Agrarian University
ORCID: 0000-0002-2296-7234

O. YU. PROTSENKO

Postgraduate Student
Poltava State Agrarian University
ORCID: 0009-0003-1582-722X



IMPROVING THE QUALITY OF GRAIN TRANSPORTATION AND UNLOADING IN A VERTICALLY LOCATED BUCKET CONVEYOR OF ELEVATOR EQUIPMENT

The article is devoted to the search for and scientific justification of ways to improve the quantitative and qualitative characteristics of grain transportation of various agricultural crops using vertically mounted bucket elevators with centrifugal unloading of elevator equipment. Such elevators have become widespread in the transport systems of elevator equipment. The advantages of vertically mounted bucket elevators with centrifugal unloading include high grain transportation productivity (up to 1000 t/hour and more) with relatively low material consumption, and a significant vertical grain lift height (up to 30 meters and more). However, there are some disadvantages to using such elevators: the presence of direct and reverse grain spillage in the elevator's transport channels; mechanical destruction and compression damage to the grain by the working parts of the bucket elevators; a single constant grain transport mode in terms of speed, which does not take into account the physical and biological characteristics of grain and seeds of various agricultural crops; increased energy consumption for grain transport.

The laws, patterns and trends of the elements of technology and technological processes of grain transportation, including by means of bucket elevators, are presented in the scientific works of many domestic and foreign scientists: Pogorily L., Adamchuk V., Gukov Ya., Sheychenko V. and others.

Further research has shown that premature unloading of grain from bucket elevators under the action of centrifugal force leads to the appearance of direct and reverse grain spillage, an increase in the degree of grain damage, and additional energy costs for grain transportation. The completeness of centrifugal unloading of a vertically positioned bucket elevator is influenced by the degree of bucket filling with grain, the speed of transportation, the geometric parameters of the bucket, and the unloading sector of the upper part (head) of the elevator. Using the proposed mathematical model, it is possible to determine or verify the selected value of the unloading sector for the completeness of centrifugal unloading of grain in bucket elevators when transporting various agricultural crops.

Key words: grain elevator, elevator equipment, bucket, centrifugal unloading, grain, agricultural crops, mathematical model.

Постановка проблеми

Щодо сучасних технологій в рослинництві, то комплекси сільськогосподарських машин та обладнання в широкому діапазоні використовують транспортні системи зерна. До таких систем відносять скребкові елеватори – набули широкого розповсюдження на зернозбиральних комбайнах [2, 8] та ковшові норії – використовуються як частина транспортних систем елеваторного обладнання, зерноочисних, зерносушарних комплексах.

На виробництві до основних відмінностей скребкових елеваторів та ковшових норій, в тому числі відносять і тип розвантаження: гравітаційний, гравітаційно-відцентровий, відцентровий. В даному дослідженні акцентуємо увагу на ковшових норіях, що мають відцентровий тип розвантаження.

Такі норії набули широкого розповсюдження у складі транспортних систем елеваторного обладнання. До переваг вертикально змонтованих ковшових норій з відцентровим типом розвантаження відносять високу продуктивність транспортування зерна, (до 1000 т/година і більше) при відносно невисокій матеріалоемності, значну висоту вертикального підйому зерна (до 30 метрів і більше).

Але, щодо недоліків використання таких норій: наявність прямого та зворотного сипу зерна в транспортних каналах норії; наявність механічного руйнування та компресійного пошкодження зерна робочими органами ковшевих норій; один сталій, відносно швидкості, режим транспортування зерна, що не враховує фізичні та біологічні особливості зерна, насіння різноманітних сільськогосподарських культур; збільшені витрати енергії на транспортування зерна.

Відповідно, тема дослідження, що направлена на удосконалення технологічного процесу транспортування та відцентрового розвантаження зерна ковшовою норією є актуальною в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

Також, можливо зазначити, що дослідження по удосконаленню машин і обладнання в зерновому підкомплексі аграрного сектору є невід'ємною складовою загальної стратегії гармонійного розвитку сільського господарства в Україні, що направлена на підвищення енергоефективності технологій та екологічності аграрної продукції [7, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Закони, закономірності та тенденції елементів технологій, технологічних процесів транспортування зерна в тому числі і за допомогою ковшових норій, представлені у наукових працях багатьох вітчизняних та закордонних вчених: Погорілий Л., Адамчук В., Гуков Я., Шейченко В. та ін. [1, 3].

Частину теоретичних питань щодо оптимізації технологічного процесу транспортування та відцентрового розвантаження зерна скребковими норіями розглянуто ту працях [6, 8, 10].

Результати складових практичної перевірки якості транспортування зерна скребковими норіями містять публікації [4, 5, 11].

Але безупинний розвиток технологій, цифровізація сільськогосподарського виробництва, розвиток механічних та електронних засобів, які надають достовірну інформацію відносно кількісних та якісних характеристик зернових потоків при транспортуванні зерна різноманітних сільськогосподарських культур технічними транспортними

системами, стратегія аграрного бізнесу, спрямована на підвищення рівня екологічності та енергоефективності продукції [7, 9], спонукає до подальших досліджень щодо удосконалення якісних та кількісних характеристик, в тому числі і ковшових норій з відцентровим типом розвантаження.

Формулювання мети дослідження

Метою даного дослідження є удосконалення кількісних та якісних характеристик транспортування зерна різноманітних сільськогосподарських культур ковшовими вертикально змонтованими норіями з відцентровим типом розвантаження.

Завдання досліджень:

- застосувати складові математичної моделі руху зерна по площині внутрішньої поверхні ківшу норії для визначення закономірностей технологічних процесів відцентрового розвантаження зерна ковшових вертикально розташованих норій та оптимізації режимів роботи таких транспортних систем.
- надати практичні рекомендації щодо покращення режимів транспортування та відцентрового розвантаження зерна сільськогосподарських культур ковшовими норіями з відцентровим типом розвантаження.
- визначити стратегію подальшого наукового дослідження обраної тематики по удосконаленню кількісних та якісних характеристик транспортування зерна ковшовими вертикально розташованими норіями з відцентровим типом розвантаження.

Викладення основного матеріалу дослідження

В сучасному аграрному виробництві більшість ковшових норій, що використовуються для транспортування зерна різноманітних сільськогосподарських культур, мають відцентровий (рис. 1, а) або гравітаційний (рис. 1, б) тип розвантаження.

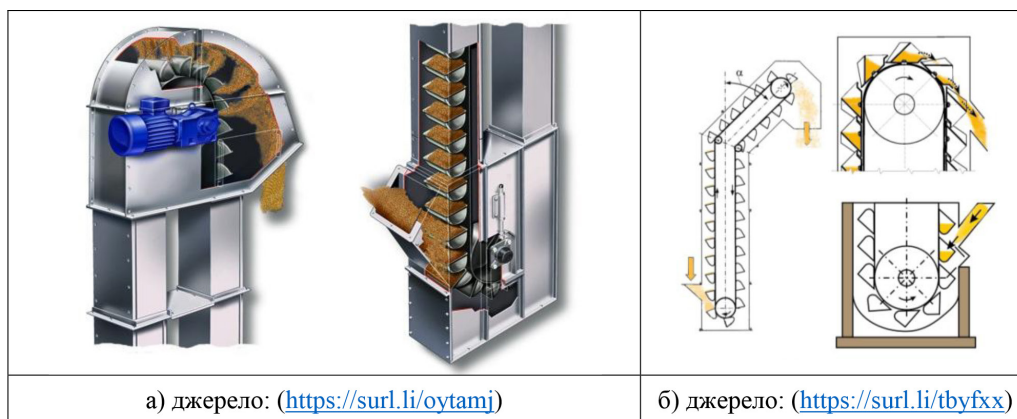


Рис. 1. Схеми ковшових норій з відцентровим (а) та гравітаційним (б) типом розвантаження зерна

В даній науковій публікації більш детально розглянемо технологічний процес розвантаження зерна в ковшовій норії типу У13-УН, що має відцентровий тип такого розвантаження.

На основі фотовідеофіксації (рис. 2) можливо чітко виокремити таке явище, як зворотний сип зерна, зумовлений специфікою сходження зернового шару з внутрішньої поверхні стінки ковша, рухом зерна під дією відцентрової сили та сили інерції від обертального руху ковша. Для віднайдення першопричин такого негативного явища розглянемо математичну модель, що описує закономірності руху зерна під час відцентрового розвантаження ковшової норії.

Передчасне розвантаження зерна з ківшів норії під дією відцентрової сили призводить до появи прямого та зворотного сипу зерна, збільшення ступені пошкодження зерна, додаткових затрат енергії на транспортування зерна (рис. 2).

Більшість сучасних норій, що використовуються для транспортування зерна, мають відцентровий тип розвантаження – так звана норія для «кидання» зерна. Такі норії є досить розповсюдженими та широко використовуються в комплексах елеваторного обладнання.

Розглянемо більш детально складові технологічного процесу транспортування та відцентрового розвантаження зерна у верхній частині норії ковшового типу з відцентровим розвантаженням.

Треба врахувати, що на повноту відцентрового розвантаження впливають ступінь заповнення ковша зерном, швидкість транспортування, геометричні параметри ковша, геометричні параметри верхньої частини (головки) норії. Продуктивність норій, наприклад виробництва «Лубнимаш» типу У13-УН може змінюватись в діапазоні від 5 до 1000 тон на годину, тому наявність навіть незначної ($\leq 1\%$) прямої чи зворотної циркуляції зерна (осипання зерна) в перерахунок на продуктивність транспортування та тривалість роботи є суттєвим недоліком в роботі такої транспортно-розвантажувальної системи.

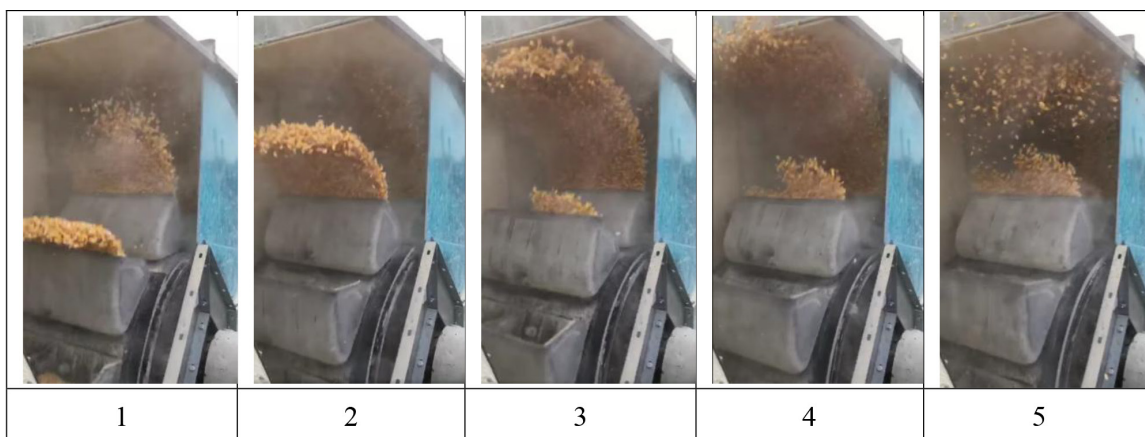


Рис. 2. Фотовідеофіксація динаміки відцентрового розвантаження ковшової норії марки У13-УН при транспортуванні зерна кукурудзи (опрацьовано авторами на основі: <https://www.facebook.com/watch/?v=727221748017015>)

Використовуючи фотовідеофіксацію технологічного процесу відцентрового розвантаження зерна у верхній частині норії, останній можливо поділити на декілька основних етапів:

- Лінійний рух виокремленої та обмеженої геометричними розмірами ковша порції зерна;
- Проходження ковшем з зерном зони відцентрового розвантаження, при цьому поступальний рух ковша змінюється на обертальний у секторі, що дорівнює 180° . Такий сектор розвантаження умовно поділимо на дві складових по 90° . Відповідно, під час відцентрового розвантаження кожен ківш послідовно проходить спочатку першу складову кругового руху – зміна кута повороту ківшів від 0° до 90° , потім, відповідно – другу складову – зміна кута повороту ківшів від 90° до 180° .
- Важливо, при проходженні першої складової кругового руху (від 0° до 90°) умови відцентрового розвантаження спричиняють, переважно удар шарів зерна по верхній частині кожуха голівки норії, і, як наслідок – пряме та зворотне осипання зерна, додаткове механічне травмування та пошкодження зерна робочими органами норії, додаткові затрати енергії на транспортування зерна (рис. 2).

На основі вивчення геометричних форм більш поширених ківшів, що використовуються в зернових вертикально розташованих норіях в складі елеваторного обладнання (рис. 3) пропонуємо з метою усунення такого недоліку більш детально розглянути процес проходження зерна з найгіршого, за умови повноти відцентрового розвантаження, місця початкового знаходження зернини – на дні ковша (рис. 3, 4).

Обираємо додатний напрямку руху, як рух зерна по внутрішній поверхні ковша, що відхилена від нормалі до кола обертання (рис. 4, а), вгору по під дією відцентрової сили.

Рух зернини по стінці ковша (рис. 3, б, рис. 4), що складається з ламаних площин, можливо описати пропонуваною математичною моделлю.



Рис. 3. Загальний вигляд ковшів, що використовуються в зернових вертикально розташованих норіях (в складі елеваторного обладнання) з криволінійною поверхнею (а) та ламаною плоскою поверхнею (б) внутрішньої нижньої стінки відносно проходження зерна при відцентровому розвантаженні (фото авторів)

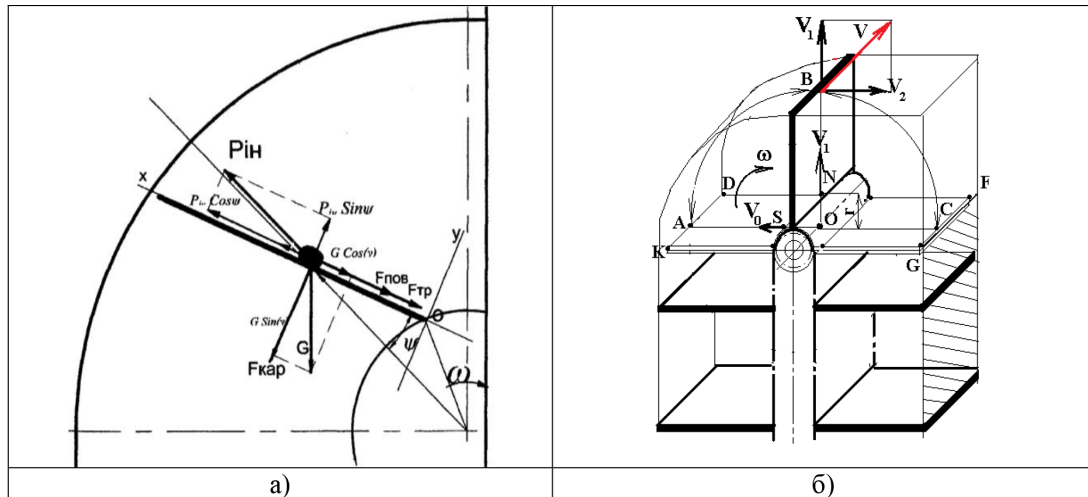


Рис. 4. Розрахункові схеми сил (а) та швидкостей (б) як модель розвантаження зерна при обертальному русі у верхній частині норії.

Джерело: удосконалено авторами як продовження власних досліджень з [6, 7, 9]

Диференційне рівняння руху у векторній формі має вигляд [6, 7, 9]:

$$m(d^2xdt^2) = P_{ин} + G + F_{кар} + F_{мп} + F_{мп1} + F_{нов}, \tag{1}$$

або:

$$m(d^2xdt^2) = m^2x - km dxdt - 2fm dxdt - [mg \cos(-t) + fmg \sin(-t)], \tag{2}$$

Загальний розв'язок диференційного рівняння набуде вигляду:

$$X_{заг} = C_1 e^{t_1} + C_2 e^{t_2} + A_1 \cos(\xi - t) + B_1 \sin(\xi - t). \tag{3}$$

Змінюючи конструктивні та технологічні характеристики зернової норії можливо обчислити розрахункові коефіцієнти C_1 та C_2 диференційного рівняння:

$$C_1 = \frac{\left((k + 2f\omega)/2 + \left(\sqrt{(k + 2f\omega)^2 + 4\omega^2} / 2 \right) \right) (-B_1 \sin \xi - A_1 \cos \xi + r)}{-\sqrt{(k + 2f\omega)^2 + 4\omega^2}} + \frac{A_1 \omega \sin \xi + B_1 \omega \cos \xi}{-\sqrt{(k + 2f\omega)^2 + 4\omega^2}}; \tag{4}$$

$$C_2 = \frac{\left((k + 2f\omega)/2 - \left(\sqrt{(k + 2f\omega)^2 + 4\omega^2} / 2 \right) \right) (-B_1 \sin \xi - A_1 \cos \xi + r)}{-\sqrt{(k + 2f\omega)^2 + 4\omega^2}} - \frac{-A_1 \omega \sin \xi + B_1 \omega \cos \xi}{-\sqrt{(k + 2f\omega)^2 + 4\omega^2}}, \tag{5}$$

де $\xi = \psi + \gamma$, $\text{tg} \frac{\xi}{f} = \frac{1}{f}$, тобто $\xi = \text{arctg} \left(\frac{1}{f} \right)$.

Необхідна та мінімально достатня умова повного розвантаження зерна під дією відцентрової сили та сили, що спричиняє обертальний рух ковшів може бути визначена балансом часу проходження скребком сектору ВОС та часу руху зерна з точки О до точки В. При цьому розглядається зерно, що знаходиться у нижній частині внутрішньої поверхні ковша відносно центру обертання барабана зернової норії.

При визначенні початкових умов згідно виразів (4), (5) з урахуванням технічних та конструкційних характеристик ковшових норії і з можливістю варіацією швидкістю руху ковшів, отримуємо сукупність діаграм руху зерна по внутрішній стінці ковша під час відцентрового розвантаження за рівнянням (3) при зміні швидкості транспортування. При цьому, запропонована нами математична модель описує закономірності руху як для відцентрового, відцентрово-гравітаційного, так і для гравітаційного типу розвантаження зернової норії. Але, враховуючи діапазон швидкості транспортування зерна в сучасному елеваторному обладнанні, нижню частину діаграм можливо виокремити обмежувальними чинниками процесу транспортування та розвантаження зерна ковшовими норіями.

Також, за даною аналітикою, з урахуванням технологічної та конструкційної доцільності щодо виготовлення верхньої частини зернової ковшової норії можливо відтворити необхідну та достатню умову повного відцентрового розвантаження графічно (рис. 6). Тобто, аналітично, з використанням запропонованої математичної моделі, можливо визначити або перевірити обране значення сектору розвантаження на предмет повноти відцентрового розвантаження зерна в ковшових норіях при транспортуванні різноманітних сільськогосподарських культур.

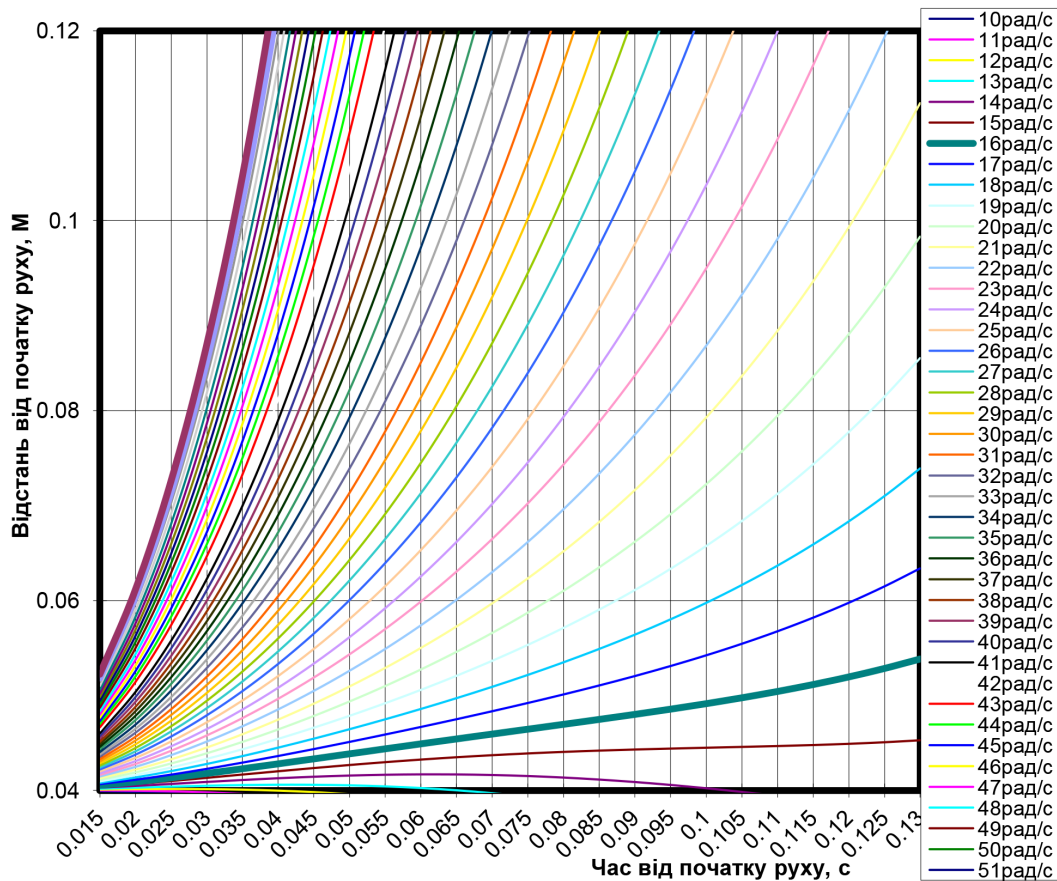


Рис. 5. Діаграма руху зерна по внутрішній стінці ковша під час відцентрового розвантаження при зміні швидкості транспортування

Джерело: розраховано авторами

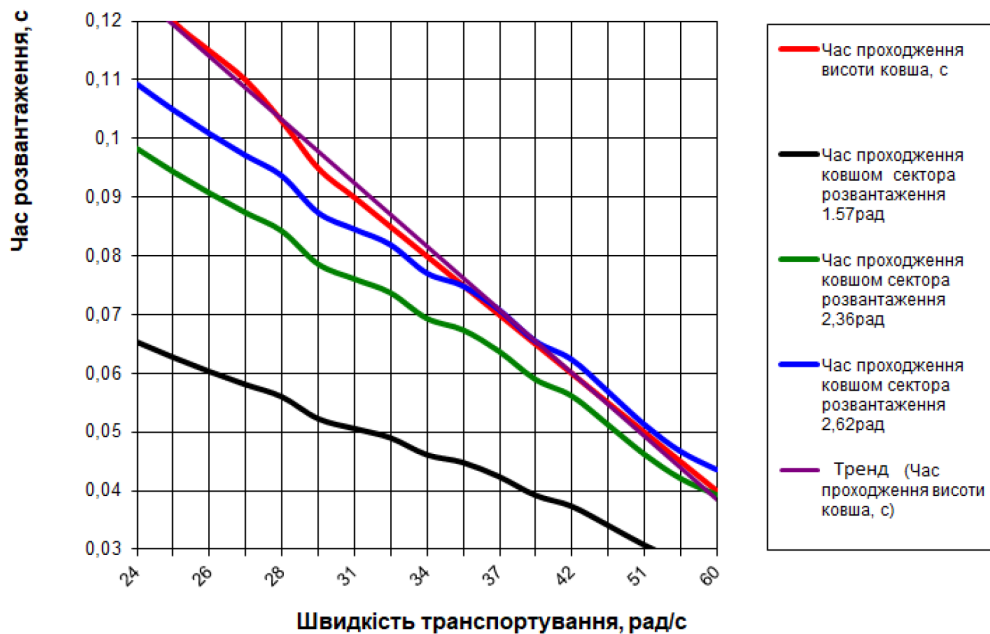


Рис. 6. Графічне відображення необхідної та достатньої умови повного відцентрового розвантаження зерна в ковшовій норії при дискретній варіації значеннями сектора розвантаження за конструкційною доцільністю (розраховано авторами)

Висновки

Передчасне розвантаження зерна з ківшів норії під дією відцентрової сили призводить до появи прямого та зворотного сипу зерна, збільшення ступені пошкодження зерна, додаткових затрат енергії на транспортування зерна.

На повноту відцентрового розвантаження ковшової вертикально розташованої норії впливають ступінь заповнення ковша зерном, швидкість транспортування, геометричні параметри ковша, сектор розвантаження верхньої частини (голівки) норії. Продуктивність норій, наприклад виробництва «Лубнимаш» типу У13-УН може змінюватись в діапазоні від 5 до 1000 тон на годину, тому наявність навіть незначної ($\leq 1\%$) прямої чи зворотної циркуляції зерна (осипання зерна) в перерахунку на продуктивність транспортування та тривалість роботи є суттєвим недоліком в роботі такої транспортно-розвантажувальної системи.

За допомогою запропонованої математичної моделі можливо визначити або перевірити обране значення сектору розвантаження на предмет повноти відцентрового розвантаження зерна в ковшових норіях при транспортуванні різноманітних сільськогосподарських культур.

Список використаної літератури

1. Артёмов М. П. та ін. Технологічна блочно-варіантна система машиновикористання в землеробстві України. Частина 2. : монографія. Харків : ТОВ «Планета-Прінт», 2022. 192 с.
2. Установа для дослідження технологічних процесів елеватора комбайна: Пат. 41504 Україна : МПК (2009) A01D 41/00 № u 2008 14677; заявл. 22.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10.
3. Погорілий Л., Івасюк В., Соломаха О. До практичної реалізації моніторингу ґрунтів у системі точного землеробства. *Техніка АПК*. 2002. № 10–11. С. 8–9.
4. Спосіб дослідження технологічних процесів Пат. 41557, Україна: МПК (2009) A01D 41/00 № u 2008 15248; заявл. 29.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10.
5. Установа для дослідження технологічних процесів елеватора комбайна Пат. 91783 Україна: МПК(2009) A01D 61/00, A01D 93/00 №: а 2009 01515; заявл. 23.02.2009; опубл. 25.08.2010, Бюл. № 16.
6. Bilovod O., Kelemesh A., Burlaka O., Tarasenko D. Study of the features of grain transportation of various agricultural crops by scraper elevators of combine harvesters. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2025. № 2 (129). С. 98–105. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2025-2-12>
7. Бурлака О. А., Яхін С. В. Теоретичні аспекти процесу відцентрового розвантаження зерна у елеваторі зернозбирального комбайну. *Вісник Полтавської державної академії*. 2017. № 1–2 (84–85). С. 139–143.
8. Krajewski S., Żukovskis J., Gozdowski D., Cieśliński M., Wójcik-Gront E. Evaluating the Path to the European Commission's Organic Agriculture Goal: A Multivariate Analysis of Changes in EU Countries (2004–2021) and Socio-Economic Relationships. *Agriculture*. 2024. 14, 477. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030477>
9. Бурлака О. А., Яхін С. В. Підвищення ефективності роботи скребкових елеваторів з відцентровим типом розвантаження. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 195–200. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.31>
10. Imelda, Hidayat R. Climate change impacts, adaptation and mitigation in the agricultural sector. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2024. Vol. 10, Issue 3. P. 1457–1476. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.03.30>
11. Бурлака О., Яхін С., Падалка В., Бурлака А. 100 тон за годину, а що далі? Порівнюємо та аналізуємо характеристики флагманських моделей високопродуктивних зернозбиральних комбайнів. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. (3), 274–288. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.34>

References

1. Artomov, M. P. ta in. (2022). *Tekhnolohichna blochno-variantna systema mashynovykorystannia v zemlerobstvi Ukrainy* [Technological block-variant system of machine use in agriculture in Ukraine]. Part 2.: monograph. Kharkiv : TOV “Planeta-Print” [in Ukrainian].
2. Burlaka, O. (2009). Ustanovka dlia doslidzhennia tekhnolohichnykh protsesiv elevatora kombaina [Installation for researching technological processes of a combine elevator] (Ukraine Patent No. 41504). State Department of Intellectual Property of Ukraine.
3. Pohorilyi, L., Ivasiuk, V., & Solomakha, O. (2002). Do praktychnoi realizatsii monitorynhu gruntiv u systemi tochnoho zemlerobstva [Towards the practical implementation of soil monitoring in the precision agriculture system]. *Tekhnika APK, 10–11*, 8–9 [in Ukrainian].
4. Burlaka, O. (2009). Sposib doslidzhennia tekhnolohichnykh protsesiv [Method of researching technological processes] (Ukraine Patent No. 41557). State Department of Intellectual Property of Ukraine.
5. Burlaka, O. (2010). Ustanovka dlia doslidzhennia tekhnolohichnykh protsesiv elevatora kombaina [Installation for researching technological processes of a combine elevator] (Ukraine Patent No. 91783). State Department of Intellectual Property of Ukraine.

6. Bilovod, O., Kelemesh, A., Burlaka, O., & Tarasenko, D. (2025). Study of the features of grain transportation of various agricultural crops by scraper elevators of combine harvesters. *Engineering, Energy, Transport AIC*, 2(129), 98–105. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2025-2-12>
7. Burlaka, O., & Yakhin, S. (2017). Teoretychni aspekty protsesu vidtsentrovoho rozvantazhennia zerna u elevatori zernozbyralnoho kombainu [Theoretical aspects of the process of centrifugal unloading of grain in the elevator of a combine harvester]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii*, 1–2(84–85), 139–143 [in Ukrainian].
8. Krajewski, S., Żukovskis, J., Gozdowski, D., Cieśliński, M., & Wójcik-Gront, E. (2024). Evaluating the Path to the European Commission's Organic Agriculture Goal: A Multivariate Analysis of Changes in EU Countries (2004–2021) and Socio-Economic Relationships. *Agriculture*, 14, 477. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030477>
9. Burlaka, O., & Yakhin, S. (2018). Pidvyshchennia efektyvnosti roboty skrebkovykh elevatoriv z vidtsentrovym typom rozvantazhennia [Increasing the efficiency of scraper elevators with centrifugal unloading type]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii*, 4, 195–200. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.31> [in Ukrainian].
10. Imelda, Hidayat, R. (2024). Climate change impacts, adaptation and mitigation in the agricultural sector. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(3), 1457–1476. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.03.30>
11. Burlaka, O., Yakhin, S., Padalka, V., & Burlaka, A. (2021). 100 ton za hodynu, a shcho dali? Porivniuiemo ta analizuiemo kharakterystyky flahmanskykh modelei vysokoproduktyvnykh zernozbyralnykh kombainiv [100 tons per hour, what is next? Let us compares and analyzes characteristics of the latest models of highly productive combine harvesters]. *Scientific Progress & Innovations*, (3), 274–288. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.34> [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 20.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.04.2026