

Дворник А.В.,
Комаров А.С.
Національний університет
біоресурсів і
природокористування
України,
м. Київ, Україна
а

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА
ПРИ ЗБИРАННІ СОНЯШНИКА

УДК 631.362

Дворник А.В., Комаров А.С. Експериментальні дослідження параметрів роботи зернозбирального комбайна при збиранні соняшника.

Анотація. У статті представлено результати експериментальних досліджень агроінженерної технології комбайнового збирання соняшника. Розкриті залежності впливу технологічних параметрів зернозбирального комбайна на зміну завантаження двигуна, витрату палива, втрати насіння та якості обмолоту, які економічно доцільно використовувати під час збирання соняшника. Запропоновано ефективні параметри та показники зернозбирального комбайна. В польових експериментальних дослідженнях впливу на якість обмолоту та паливну економічну ефективність визначено раціональні межі швидкості обертання молотильного барабану, швидкості вентилятора та технологічного зазору у підбарабанні зернозбирального комбайна. Авторами було встановлено, що базовими показниками агроінженерної технології комбайнового збирання соняшника є втрати за зернозбиральним комбайном 72 кг/га при завантаженні двигуна 43 % та витратою палива 12 л/га. Показники, які можуть бути унормованими: втрати – 82 кг/га при завантаженні двигуна 67 % та витратою палива 15,3 л/га. Авторами встановлено, що показники втрати при яких були мінімальні 24 кг/га при навантаженні двигуна 63 % та витраті палива 14,5 л/га. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для роботи зернозбирального комбайна при збиранні соняшника необхідна швидкість обертання молотильного барабана 450-460 об/хв, швидкість обертання вентилятора 1000 об/хв та зазор між підбарабанням 27 мм. Авторами встановлено, що ефективність при базових показниках становить 878 євро/га, а при показниках де втрати були мінімальні 809 євро/га. Отже, доцільно молотити із втратами, в нашому випадку 82,3 кг/га, але з більш якісним обмолотом тому що, при подальшій реалізації соняшника не буде зниження ціни.

Ключові слова: комбайн, соняшник, витрати зерна, засміченість, агроінженерія.

D

v

o A

b **Key words:** combine, sunflower, grain consumption, clogging, agroengineering.

s

ƒ **Постановка проблеми**

k

d Ціни на паливо-мастильні матеріали значно зросли, тому необхідно дослідити фактори та параметри зернозбирального комбайна [1], які впливають на завантаження *В., Komarov A.S. Experimental studies of the parameters of the combine harvester during*

s

u

n

f

l

двигуна, витрату палива, втрати насіння та якості обмолоту [2], які економічно доцільно використовувати під час збирання соняшника [3]. Виникає проблема підбору параметрів зернозбирального комбайна для збирання соняшника, при яких забезпечиться висока продуктивність та якість обмолоту [4].

Правильний підбір техніки для збирання соняшника дозволить зменшити втрати під час збирання [5]. Параметри комбайна можуть бути абсолютно різні і під відповідні умови їх потрібно підбирати індивідуально. При збиранні соняшника нам потрібно більш ретельно налаштувати зернозбиральний комбайн та жатку, щоб забезпечити мінімальні втрати та максимальну продуктивність [6]. При правильному налагоджуванні зернозбирального комбайна можна зберегти біологічну врожайність соняшника, зменшити навантаження на двигун, що в свою чергу зменшить зношування деталей та витрат пов'язаних із ремонтом [7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Завершальним технологічним процесом виробництва продукції соняшнику є збирання врожаю від організації якої залежить, наскільки фактична врожайність культури буде менше біологічної [8]. Автори [9, 10] представили результати експериментальних досліджень роботи зернозбирального комбайна, що оснащений GPS-пристроями та давачами керування, які підвищують ефективність його роботи та дозволили зменшити втрати насіння.

Дослідженню процесу збирання соняшника зернозбиральним комбайном присвячена значна кількість робіт. Правильний підбір зернозбирального комбайна [11] та жатки [12] є досить важливим фактором, адже на теперішній час багато різних варіацій молотильних установок які використовують виробники зернозбиральних комбайнів [13].

Автори провели дослідження втрат насіння соняшнику при використанні ліфтерів [14]. У своїй науковій роботі визначив оптимальну вологість стебла та швидкість руху при якій кошик відривається з найменшими втратами насіння.

Проаналізувавши наукові праці можна зрозуміти, що одним із важливих показників які впливають на якість обмолоту є підбір відповідних параметрів зернозбирального комбайну [15].

Автори визначили, як параметри комбайна, його потужність та функціонал впливають на ціни комбайна та визначили, що завищенні габарити зернозбиральних комбайнів впливають на продуктивність комбайна [16]. У своїй науковій роботі визначив економічну ефективність використання різних типів комбайнів з різними потужностями двигунів та визначив оптимально ефективну потужність двигуна для використання [17].

Автори провели діагностування двигунів зернозбирального комбайна різними методами та дослідив закономірність зміни технічного стану комбайна за певний термін роботи. У своїй роботі, визначив, як стан двигуна зернозбирального комбайна впливає на його продуктивність та якість обмолоту [18].

Для покращення продуктивності зернозбирального комбайна, зменшення навантаження та витрати пального та показник енергоспоживання подрібнювача [19] запропонували встановити подрібнювальний апарат під жаткою зернозбирального комбайна.

Отже, показниками, що характеризують якість збирального процесу соняшнику відповідно до технічних умов являються втрати насіння за жнивваркою [20], пошкодження насіння, вміст бур'янів у відсотковому відношенні до маси вороху [21].

Формулювання мети досліджень

Підбір оптимальних параметрів зернозбирального комбайна під час збирання соняшника із врахуванням факторів впливу на якість насіння та економічної доцільності обраних параметрів.

Результати досліджень

Агротехнічні параметри перед початком збирання соняшника (рис. 1): товщина стебла 2-3 см, вологість стебла 55 %, розташування кошика на висоті 154 см. Середній розмір шляпок 16 см × 10 см. Об'ємна натуральна вага насіння 492 грами. Вологість зерна, визначена вологоміром ВСП-100, становить 8 %.



Рис. 1. Агротехнічні параметри перед початком збирання соняшника

Дрібна незернова частина розподіляється по всій ширині жатки, оскільки на жатці немає протягуючого валика, то висота зрізаного стебла в середньому становила 100-120 см (рис. 2).



Рис. 2. Висота зрізаного стебла жаткою ЖСН-9,1 Атрія.

Головними показниками роботи зернозбирального комбайна є якість обмолоту зерна та втрати за зернозбиральним комбайном. Витрати після зернозбирального комбайна перевіряємо за допомогою 5 лотків розміром 75×65 із заглушеним дном та дрібним решетом на 17 (рис. 3) за загально відомою методикою. Для проведення експерименту лотки розмістили на ділянці перед комбайном, який рівномірно пройшов над ним. Після проходження зернозбирального комбайна забрали та очистили від незернового вороху, зважили насіння та підрахувати за загально відомою формулою. Вага

зібраного соняшника становила 8,23 грам при вологості 8 % і відповідно при врожайності 42 ц/га втрати від врожаю становили 3,4 %.



Рис. 3. Лоток із ворохом для підрахунку втрат після зернозбирального комбайна

Бортовий комп'ютер та пульт керування зернозбирального комбайна (рис. 4) дозволяють змінювати параметри під час роботи, що забезпечує якість зерна та зменшення витрат. Задавши ширину жатки для правильного ведення картограми поля, підрахунку продуктивності зернозбирального комбайна та кількості зібраного врожаю контролюємо основні параметри роботи комбайна (навантаження двигуна, витрату палива, оберти молотильного барабану, оберти вентилятора, зазор підбарабання, завантаження бункера та інші).

Перед проведенням досліджень проаналізували параметри минулих років, які зберігаються на карті пам'яті зернозбирального комбайна при збиранні соняшника на різних сортах і визначили основні параметри, що впливають на навантаження двигуна та якість обмолоту, а саме, відстань між подаючим шнеком і лотком жатки 15 мм, положення 3 для подаючих пальців отворів знизу, швидкість обертання транспортера похилої камери 420 об/хв, швидкість обертання січкарні 3387 об/хв, сопло вентилятора в положенні 6, отвори в верхньому решеті 14 мм, отвори в нижньому решеті 11 мм, Швидкість обертання роторів 470 об/хв.

Перед проведенням досліджень визначили як впливає завантаження бункера на навантаження двигуна, і, що при заповненні бункера на 75-100 % навантаження на двигун зменшувалося на 5-8 %, а саме навантаження двигуна при пустому бункері 0, при завантаженні бункера на 75 % навантаження двигуна становить 26 % при завантаженні бункера на 100 % навантаження двигуна становить 16 %. Базовим навантаженням двигуна при збиранні соняшника згідно інструкції з експлуатації CLAAS Lexion 480 EVO є значення у 70 %, більше якого не рекомендовано використовувати комбайн і може призвести до зниження ресурсу зернозбирального комбайна.



Рис. 4. Пульти керування зернозбирального комбайна CLAAS Lexion 480 EVO

Таблиця 1

Планування експерименту дослідження зернозбирального комбайну при збиранні соняшника

№	Швидкість барабану n , об/хв	Швидкість вентилятора N , об/хв	Зазор під барабанні h , мм	Навантаження двигуна P , %
1	450	1300	27	67
2	350	1000	27	69
3	450	1000	27	58
4	350	1300	27	70
5	450	1150	29	67
6	350	1150	25	72
7	450	1150	25	62
8	350	1150	29	72
9	400	1300	29	69
10	400	1000	25	63
11	400	1300	25	76
12	400	1000	29	64
13	400	1150	27	72
14	400	1150	27	72
15	400	1150	27	70

Для проведення досліджень параметрів роботи зернозбирального комбайна при збиранні соняшника використали план Бокса-Бенкіна (табл.1) із параметрами: швидкість обертання молотильного барабана $n = 350, 400, 450$ об/хв, швидкість обертання вентилятора $N = 1000, 1150, 1300$ об/хв та зазор між підбарабанням $h = 25, 27, 29$ мм.

Після обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії, яке описує результати досліджень:

$$P$$

де P – навантаження двигуна, %; n – швидкість обертання молотильного барабану, об/хв; N – швидкість обертання вентилятора, об/хв; h – зазор під барабанні, мм.

4

–

n

N

h

–

n

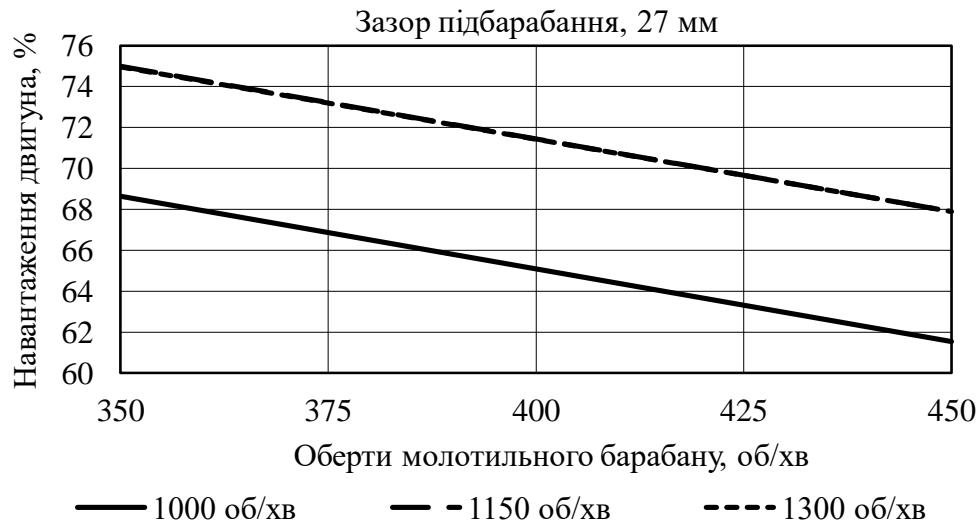


Рис. 5. Графік залежності навантаження двигуна від обертів молотильного барабану при зазорі підбарабання 27 мм

Аналізуючи дослідження сформовано графіки залежностей навантаження двигуна від встановлених параметрів. Графік залежності навантаження двигуна від обертів молотильного барабану при зазорі підбарабання 27 мм (рис. 5) показують, що при збільшенні обертів молотильного барабану навантаження на двигун зменшується. Штрихова лінія (1300 об/хв швидкість обертання вентилятора) та пунктирна лінія (1150 об/хв) до 425 об/хв молотильного барабану, знаходиться вище 70 % завантаження двигуна. Суцільна лінія 1000 об/хв швидкості обертання вентилятора знаходиться в оптимальних межах, і є спадаючою при збільшенні обертів молотильного барабана. Отже, 1000 об/хв швидкості обертання вентилятора, може застосовуватися у діапазоні обертання молотильного барабану 350-450 об/хв, а 1300 об/хв та 1150 об/хв, лише вище 425 об/хв швидкості обертання молотильного барабану.

На графіку (рис. 6) залежності обертів вентилятора від зазору під барабанні 27 мм можна визначити, що для обертів барабану 350 об/хв оптимальна швидкість обертання вентилятора становитиме в межах 1000 об/хв. При обертах барабану 400 об/хв оптимальною швидкістю обертання вентилятора буде 1000-1100 об/хв. При обертах барабану 450 об/хв швидкість вентилятора буде оптимальною в усьому діапазоні.

На рисунку 7 зображена поверхню відгуку, яка характеризує залежність навантаження двигуна від обертів вентилятора та обертів молотильного барабана при зазорі підбарабання 27 мм. Дана поверхня характеризує задовільну роботу зернозбирального комбайну при зміні обертів вентилятора в межах 350-450 об/хв, що забезпечує безпосередньо втрати за комбайном.

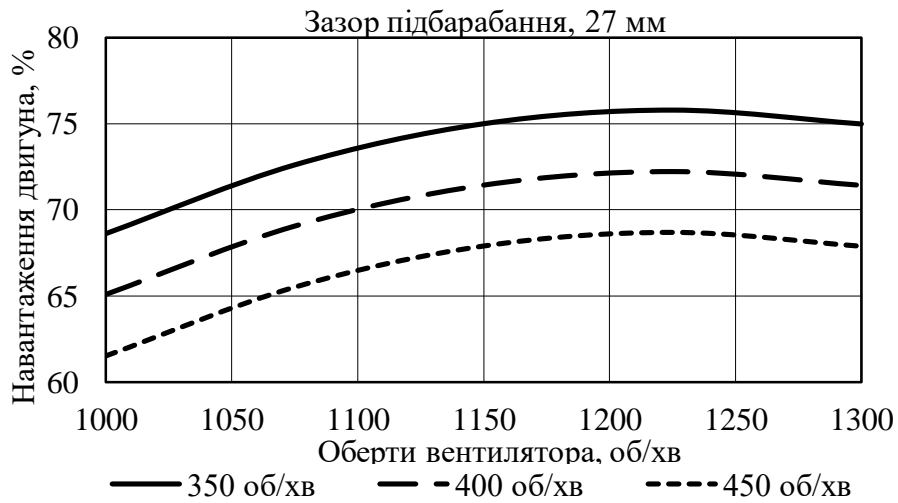


Рис. 6. Графік залежності обертів вентилятора від зазору під барабанні 27 мм

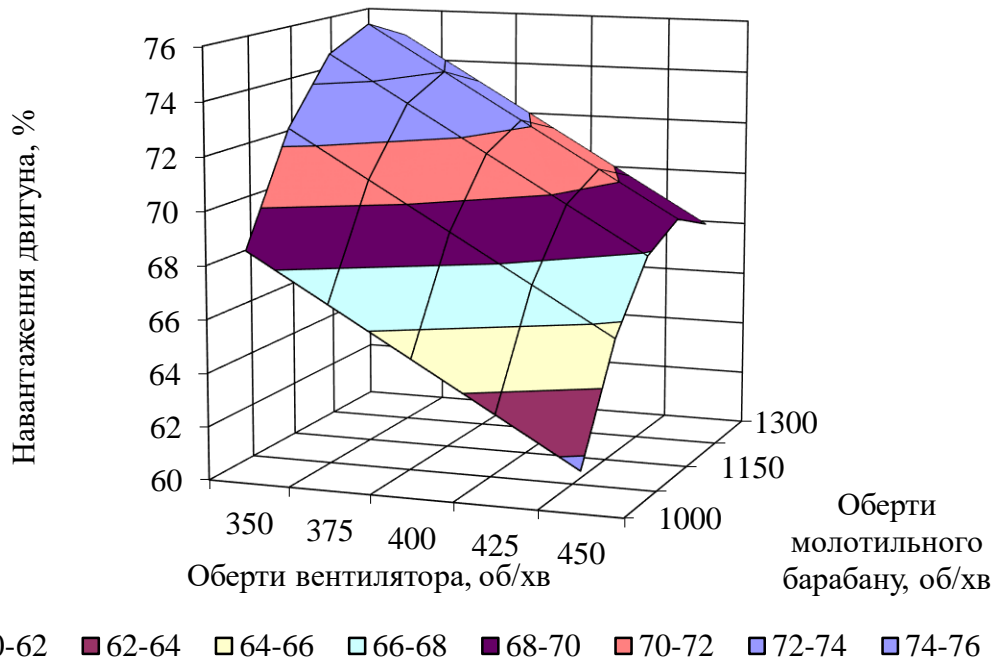


Рис. 7. Залежність навантаження двигуна від обертів вентилятора та обертів молотильного барабана при зазорі підбарабання 27 мм

Аналізуючи поверхню відгуку (рис. 8) залежності навантаження двигуна від зазору підбарабання та обертів молотильного барабану при обертах вентилятора навантаження двигуна, оскільки лінії є рівними. Крива залежності навантаження двигуна від обертів молотильного барабану при обертах вентилятора 1150 об/хв є спадаючою і оптимальні значення при обертах молотильного барабану від 420 об/хв.

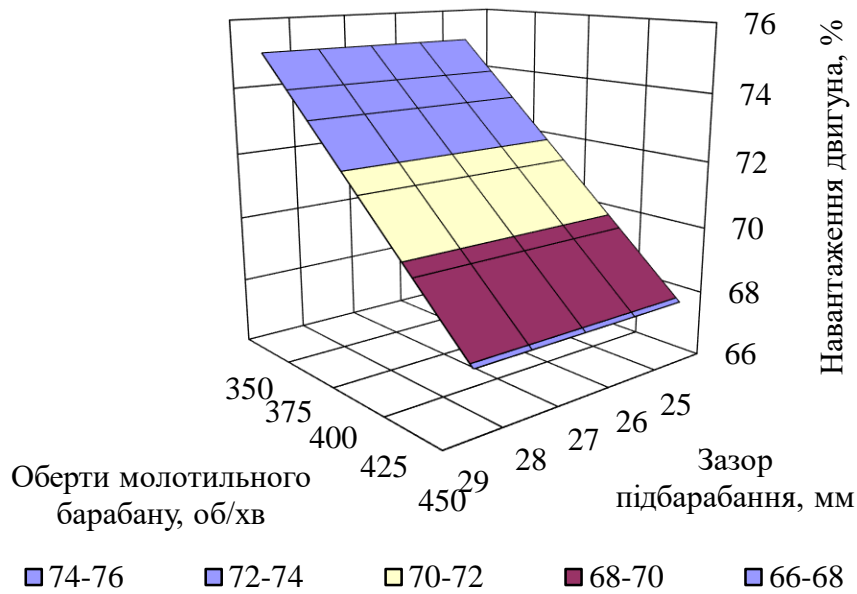


Рис. 8. Залежність навантаження двигуна від зазору підбарабання та обертів молотильного барабану при обертах вентилятора 1150 об/хв

Аналізуючи поверхню відгуку (рис.9) залежності навантаження двигуна від обертів вентилятора та зазору підбарабання при обертах молотильного барабану навантаження двигуна, оскільки лінії є рівними. Крива залежності навантаження двигуна від обертів вентилятора при обертах молотильного барабану 400 об/хв є параболічною і оптимальні значення навантаження двигуна 70 % при обертах вентилятора 1100 об/хв.

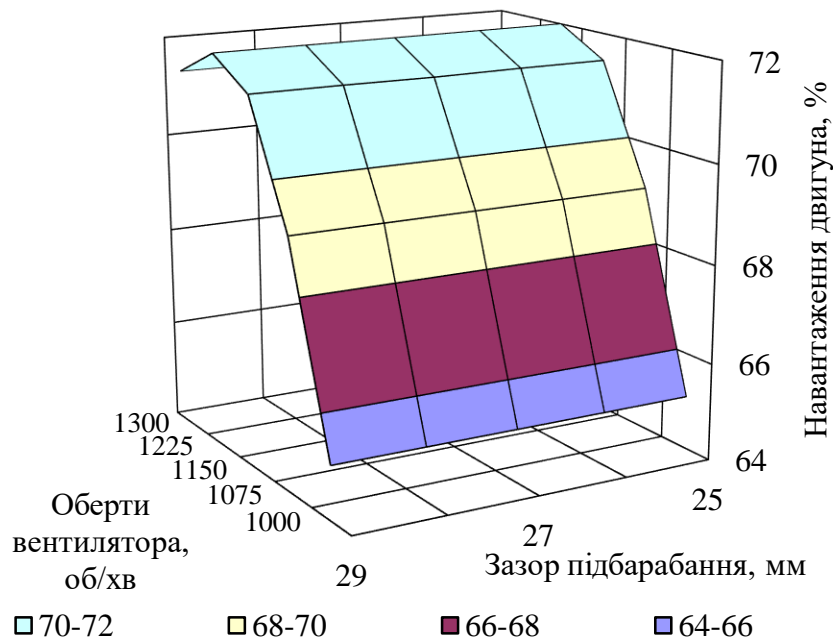


Рис. 9. Залежність навантаження двигуна від обертів вентилятора та зазору підбарабання при обертах молотильного барабану 400 об/хв

Дослідно встановлено, що зазор підбарабання є не впливовим фактором для навантаження двигуна. Дослідження якісних показників показало, що зміна зазору у підбарабанні впливає на витрати зерна за комбайном та пошкодження зібраного урожаю і найбільш оптимальним значенням є 27 мм. У результаті визначення економічної ефективності із врахуванням відрахувань елеватору за доопрацювання зерна встановлено, що від нашої врожайності 4,2 т/га із 1 га відніметься 273 кг, що в загальному зменшує врожайність до 3,93 т/га. Отже, при параметрах із найменшими втратами за комбайном (23 кг/га) засміченість становитиме 8 % (при базі 3 %) і на доопрацювання піде 5 %. При вартості доопрацювання 5,67 грн на 1 т×% та відрахувань ваги від урожайності у відношенні 1 % за 1 т, загальне зменшення врожайності до 3,93 т/га.

Таблиця 2

Порівняльні показники

Показник	При оптимальних параметрах	При параметрах з мінімальними витратами
Навантаження двигуна, %	67	63
Витрата палива при збиранні соняшника, л/га	15,3	14,5
Ціна дизельного палива, грн/л	54,71	
Витрати за зернозбиральним комбайном, кг/га	82,3	23
Засміченість зерна соняшника, %	2,7	8
Доопрацювання 1% засміченості, грн/т	–	5,67
Урожайність із відніманням % доопрацювання, т/га	4,2	3,93
Ціна соняшника, грн/т	8 300	
Прибуток, грн/га	33383,61	32416
Різниця, грн, га	967,61	

Висновки

Провівши дослідження для подальшого ми обрали три групи показників: базові, на яких втрати за зернозбиральним комбайном становили 72 кг/га при завантаженні двигуна 43 % та витратою палива 12 л/га. Показники які ми обрали для подальшого використання: втрати – 82 кг/га при завантаженні двигуна 67 % та витратою палива 15,3 л/га та показники втрати при яких були мінімальні 24 кг/га при навантаженні двигуна 63 % та витраті палива 14,5 л/га.

Дослідно встановлено, що для роботи зернозбирального комбайна при збиранні соняшника необхідна швидкість обертання молотильного барабана $n = 450$ об/хв, швидкість обертання вентилятора $N = 1000$ об/хв та зазор між підбарабанням $h = 27$ мм. Економічна ефективність при показниках, які ми обрали за еталонні становить 33383.61 грн/га, а при показниках де втрати були мінімальні 32416 грн/га. Різниця більш якісним обмолотом тому що, при подальшій реалізації соняшника не буде зниження ціни.

Список використаних джерел

1. Abd-El-Maksoud, M.A.F., El-Sayed, G.H. Modifying and testing a header system for cereal crop harvester to be suitable for sunflower harvesting. Egyptian Journal of Agricultural Research. 2019. Vol. 4. P. 773–776.

2. Dalmis I.S., Kayisoglu B., Bayhan Y., Ulger P., Toruk F. Determination of the effects of rotation speed and forward speed on combine harvester driven stalk chopper assembly operating performance. *Tarim Bilimleri Dergisi*. 2023. Vol. 19(1). P. 54–62. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001230.
3. Wang Z., Che D., Bai X., Hu H. Improvement and experiment of cleaning loss rate monitoring device for corn combine harvester. *CSAM*. 2018. Vol. 49. P. 100–108.
4. Yezekyan T., Marinello F., Armentano G., Trestini S., Sartori L. Modelling of harvesting machines' technical parameters and prices. *Agriculture*. 2020. Vol. 10(6). P. 194–204.
5. Кравчук В., Смолінський С., Занько М., Гайдай Т., Олійник О. Тенденції розвитку зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2020. Випуск 26 (40). С. 14–29.
6. Zagurskiy O. M., Pokusa Z. S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. 2020. ISBN 978-83-66567-13-9. 162 p.
7. Myhailovych Y., Rogovskii I., Korobko M., Berezova L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. *Engineering for Rural Development*. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.
8. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., Sheichenko D. Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 2 (1 (128)). P. 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>.
9. Rogovskii I., Sivak I., Shatrov R., Nadtochiy O. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*. 2024. Vol. 23. P. 965–970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.
10. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2024. Vol. 489. P. 925–937. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78.
11. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2023. Vol. 10(2). P. F1–F9. doi: 10.21272/jes.2023.10(2).f1.
12. Rogovskii I.L. Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>.
13. Rogovskii I.L. Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10 (4). P. 145–150. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2019.04.145-150>.
14. Rogovskii I., Lyubarets B., Borek K. Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*. 2022. Vol. 13(1). P. 67–76.
15. Rogovskii I.L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(1). P. 137–146.

16. Rogovskii I.L. Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12. Issue 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>
17. Rogovskii I.L. Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(3). P. 157–166.
18. Rogovskii I.L. Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(4). P. 129–138.
19. Nazarenko I., Bernyk I., Dedov O., Rogovskii I., Ruchynskiy M., Pereginets I., Titova L. Research of technical systems of processes of mixing materials. *Dynamic processes in technological technical systems*. 2021. Kharkiv. PC Technology Center. P. 57–76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>.
20. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
21. Kresan T., Pylypaka S., Ruzilo Z., Rogovskii I., Trokhaniak O. Rolling of a single-cavity hyperboloid of rotation on a helicoid on which it bends. *Engineering Review*. 2021. Vol. 41. No. 3. P. 106–114. <https://doi.org/10.30765/er.1563>.

References

1. Abd-El-Maksoud, M.A.F., El-Sayed, G.H. (2019). Modifying and testing a header system for cereal crop harvester to be suitable for sunflower harvesting. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. Vol. 4. P. 773–776.
2. Dalmis I.S., Kayisoglu B., Bayhan Y., Ulger P., Toruk F. (2023). Determination of the effects of rotation speed and forward speed on combine harvester driven stalk chopper assembly operating performance. *Tarim Bilimleri Dergisi*. Vol. 19(1). P. 54–62. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001230.
3. Wang Z., Che D., Bai X., Hu H. (2018). Improvement and experiment of cleaning loss rate monitoring device for corn combine harvester. *CSAM*. Vol. 49. P. 100–108.
4. Yezekyan T., Marinello F., Armentano G., Trestini S., Sartori L. (2020). Modelling of harvesting machines' technical parameters and prices. *Agriculture*. Vol. 10(6). P. 194–204.
5. Kravchuk V., Smolinskiy C., Zanko M., Haydai T., Oliynyk O. (2020). Trends in the development of grain harvesters. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture in Ukraine. *Doslidnitske*. Issue 26 (40). P. 14–29.
6. Zagurskiy O. M., Pokusa Z. S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. (2020). Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-13-9. 162 p.
7. Myhailovych Y., Rogovskii I., Korobko M., Berezova L. (2023). Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. *Engineering for Rural Development*. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.
8. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., Sheichenko D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation

modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2 (1 (128)). P. 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>.

9. Rogovskii I., Sivak I., Shatrov R., Nadochiy O. (2024). Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*. Vol. 23. P. 965–970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195.

10. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. (2024). Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 489. P. 925–937. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78.

11. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. Vol. 10(2). P. F1–F9. doi: 10.21272/jes.2023.10(2).f1.

12. Rogovskii I.L. (2020). Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>.

13. Rogovskii I.L. (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. Vol. 10 (4). P. 145–150. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2019.04.145-150>.

14. Rogovskii I., Lyubarets B., Borek K. (2022). Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*. Vol. 13(1). P. 67–76.

15. Rogovskii I.L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*. Vol. 12(1). P. 137–146.

16. Rogovskii I.L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*. Vol. 12. Issue 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>

17. Rogovskii I.L. (2021). Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*. Vol. 12(3). P. 157–166.

18. Rogovskii I.L. (2021). Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*. Vol. 12(4). P. 129–138.

19. Nazarenko I., Bernyk I., Dedov O., Rogovskii I., Ruchynskyi M., Pereginets I., Titova L. (2021). Research of technical systems of processes of mixing materials. *Dynamic processes in technological technical systems*. Kharkiv. PC Technology Center. P. 57–76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>.

20. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

21. Kresan T., Pylypaka S., Ruzilo Z., Rogovskii I., Trokhaniak O. (2021). Rolling of a single-cavity hyperboloid of rotation on a helicoid on which it bends. *Engineering Review*. Vol. 41. No. 3. P. 106–114. <https://doi.org/10.30765/er.1563>.