



**Засновник, редакція,
видавець –**

**ЖИТОМИРСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Свідоцтво
про державну реєстрацію
Серія КВ № 23134-12974 ПР
від 19.02.2018 р.

Науковий журнал включено до Переліку наукових фахових видань України з сільськогосподарських, ветеринарних (наказ МОН України № 261 від 06.03.2015 р.), економічних (наказ МОН України № 528 від 12.05.2015 р.) та технічних наук (наказ МОН України № 1021 від 07.10.2015 р.)

Відбір статей до друку проводиться редакційною колегією згідно з вимогами, що друкуються у науковому журналі, та шляхом додаткового рецензування і надання відповідної рекомендації.

ISSN: 2663-2144

Головний редактор
О. В. Скидан

Відповідальні за випуск
Т. М. Тимошук, Н. О. Куровська

Науковий редактор
Л. Д. Романчук

Редагування англomовних текстів
Г. О. Хант, С. В. Кубрак

Редактор
Л. В. Якубовська

Редагування бібліографічних списків:
О. І. Касянюк, Н. Г. Яремчук

Комп'ютерний набір та верстка
О. М. В'юнцова

Макетування
О. М. В'юнцова

**Друкується за рішенням
Вченої ради ЖНАЕУ
протокол № 10 від 22.05.2019 р.**

Підписано до друку 23.05.2019 р.
Формат 210x297.

Ум. друк. арк. 10,3

Наклад 300 пр. Зам. № 9

**Адреса редакції видавця
та виготовлювача:**

10008, м. Житомир,
бульвар Старий, 7, ЖНАЕУ.

Контактні телефони:
(0412) 22-85-97, (0412) 22-04-17

Факс: (0412) 22-04-17

Свідоцтво суб'єкта
про державну реєстрацію
ДК № 3402 від 23.02.2009 р.

Address of the publishers:

Zhytomyr National
Agroecological University
Stary Boulevard, 7
10008, Zhytomyr, Ukraine

Telephone number:
(0412) 22-85-97, (0412) 22-04-17

Fax: (0412) 22-04-17

e-mail: skydanolegv@ukr.net

© Житомирський національний
агроекологічний університет, 2019

Редакційна колегія:

д.е.н. Скидан О. В.
(головний редактор)
д.с.-г.н. Романчук Л. Д.
д.е.н. Ходаківський Є. І.
(заступники головного редактора)
к.с.-г.н. Тимощук Т. М.
к.е.н. Куровська Н. О.
(відповідальні секретарі)
д.вет.н. Борисевич Б. В.
д.т.н. Братішко В. В.
д.с.-г.н. Веремєєнко С. І.
д.вет.н. Галатюк О. Є.
д.т.н. Грабар І. Г.
д.т.н. Голуб Г. А.
д.вет.н. Горальський Л. П.
д.вет.н. Гуральська С. В.
д.с.-г.н. Дідора В. Г.
д.вет.н. Довгій Ю. Ю.
д.т.н. Друкований М. Ф.
д.т.н. Запольський А. К.
д.е.н. Зіновчук В. В.
д.е.н. Зінчук Т. О.
д.вет.н. Ільницький М. Г.
д.вет.н. Калиновський Г. М.
д.с.-г.н. Ковальов В. Б.
д.с.-г.н. Куян В. Г.
д.т.н. Кухарець С. М.
д.е.н. Литвинчук І. Л.
д.е.н. Микитюк В. М.
д.с.-г.н. Мойсієнко В. В.
д.т.н. Молодецька К. В.
д.е.н. Николюк О. М.
д.т.н. Паламарчук І. П.
д.с.-г.н. Пелехатий М. С.
д.н. Раманаускас Ю. (Литва)
д.н. Сандал Я.-У. (Норвегія)
д.с.-г.н. Савченко Ю. І.
д.т.н. Сидорчук О. В.
д.с.-г.н. Славов В. П.
д.е.н. Цаль-Цалко Ю. С.

Editorial board:

O. Skydan, Dr. of Ec. Sc.
(editor-in-chief)
L. Romanchuk, Dr. of Agr. Sc.
Ye. Hodakivsky, Dr. of Ec. Sc.
(deputies editor-in-chief)
T. Tymoshchuk, Cand. of Agr. Sc.
N. Kurovska, Cand. of Ec. Sc.
(executive secretaries)
B. Borysevych, Dr. of Vt. Sc.
V. Bratishko, Dr. of Eng. Sc.
S. Veremeyenko, Dr. of Agr. Sc.
O. Galatyuk, Dr. of Vt. Sc.
I. Grabar, Dr. of Eng. Sc.
G. Golub, Dr. of Eng. Sc.
L. Goralsky, Dr. of Vt. Sc.
S. Guralaska, Dr. of Vt. Sc.
V. Didora, Dr. of Agr. Sc.
Y. Dovgiy, Dr. of Vt. Sc.
M. Drukovany, Dr. of Eng. Sc.
A. Zapolsky, Dr. of Eng. Sc.
V. Zinovchuk, Dr. of Ec. Sc.
T. Zinchuk, Dr. of Ec. Sc.
M. Ilnytsky, Dr. of Vt. Sc.
G. Kalynovsky, Dr. of Vt. Sc.
V. Kovaliov, Dr. of Agr. Sc.
V. Kuyan, Dr. of Agr. Sc.
S. Kuharets, Dr. of Eng. Sc.
I. Lytvynchuk, Dr. of Ec. Sc.
V. Mykytyuk, Dr. of Ec. Sc.
V. Moisiienko, Dr. of Agr. Sc.
K. Molodetska, Dr. of Eng. Sc.
O. Nikolyuk, Dr. of Ec. Sc.
I. Palamarchuk, Dr. of Eng. Sc.
M. Pelehaty, Dr. of Agr. Sc.
J. Ramanauskas (Lithuania), Dr. Hab.
Jan-U. Sandal (Norway), Fil. Dr.
Y. Savchenko, Dr. of Agr. Sc.
O. Sydoruk, Dr. of Eng. Sc.
V. Slavov, Dr. of Agr. Sc.
Yu. Tsal-Tsalko, Dr. of Ec. Sc.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-3-7

УДК 629.341

СИНХРОНІЗАЦІЯ ДИНАМІКИ КОЛЕКТИВНОГО РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У ВУЗЛАХ АВТОТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Б. А. Шелудченко¹, Ю. І. Тростенюк², С. М. Кухарець¹,
П. М. Забродський¹, В. І. Котков¹, О. Б. Плужніков¹
e-mail: sheludchenkobogdan@ukr.net

¹Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

²Житомирський державний технологічний університет,
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10002

Встановлено, що розсинхронізація колективного руху автотранспортних засобів у складі транспортних потоків на ділянках з особливими умовами руху призводить до порушення когерентності цих потоків, що зумовлює не лише зниження рівнів безпеки транспортно-технологічного процесу, але і інтенсифікації емісії аерозолів газо-пилових викидів, які продукуються автотранспортними потоками. За результатами досліджень, які проводилися на підставі методів аналітичної геометрії на площині та з урахуванням топологічних особливостей алгебраїчних функцій, якими описувалися траєкторії градієнтів руху потоків автотранспортних засобів, розроблено топологічні параметри та двомірні графічні моделі можливих варіантів транспортно-технологічної оптимізації автодорожньої мережі у вузлах перехрещення автотранспортних потоків. Визначено розміри мінімально допустимої ширини проїжджої частини у вузлах автодорожньої мережі для автотранспортних потоків залежно від інтенсивності руху по автомобільних дорогах різних категорій. Відповідно, запропонована оптимізація конструкційних параметрів автодорожньої мережі у вузлах перехрещення автотранспортних потоків передбачає можливість синхронізації колективного руху автотранспортних засобів у складі транспортних потоків що забезпечує стабілізацію виконання транспортно-технологічних операцій і, як наслідок, підвищує загальний рівень безпеки автотранспортного комплексу.

Ключові слова: автотранспортний потік, вузли перехрещення автотранспортних потоків, синхронізація, особливі умови руху, траєкторія, гіпербола, еліпс, топологія.

Постановка проблеми

До специфічних ділянок автомобільних доріг з особливими умовами руху мають бути віднесені всі ділянки, на яких відбувається розсинхронізація колективного руху автотранспортних засобів у складі транспортних потоків. Зокрема, це, в першу чергу, вузли автотранспортної мережі, де відбувається перехрещення декількох автотранспортних потоків, різного роду “серпантини” і звивисті ділянки автодоріг, зумовлені фрактальними [5] особливостями мезорельєфу, що визначає рух автотранспортних потоків у так званих “шпильках”, а також, певною мірою, лісові ділянки автомобільних доріг, де обмежено візуальне сприйняття дорожніх умов.

Розсинхронізація колективного руху автотранспортних засобів у складі потоків на таких ділянках автомобільних доріг призводить не лише до порушення усталеної роботи двигунів, що збільшує обсяги викидів відпрацьованих газів, але і до інтенсифікації процесів руйнування конструкційних матеріалів автомобільних доріг, що зумовлює підвищення рівнів пилового забруднення придорожніх ландшафтів природно-техногенної геоекосистеми з розвинутою автотранспортною мережею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Характер колективного руху автотранспортних засобів у потоці загалом визначається його швидкістю $V(t, x)$, яка є функцією інтенсивності $q(t, x)$ і щільності $\rho(t, x)$ автотранспортного

потоків [1, 2, 3, 4]. В умовах наближення автотранспортного засобу до вузла автотранспортної мережі зростає ймовірність виконання маневрів окремим автотранспортним засобом, які мають бути розцінені як випадкові події. Відповідно відбувається розсинхронізація колективного руху автотранспортних засобів у потоці, а отже зростає значення дисперсії σ_V^2 швидкості $V(t, x)$ потоку. Найпомітнішою є розсинхронізація колективного руху автотранспортних засобів при перехрещенні двох (або декількох) транспортних потоків, які є сумірними за показниками їх інтенсивності $q(t, x)$ та щільності $\rho(t, x)$. В цьому випадку необхідно розрізнити [2, 4]:

– $V(t, x)$ – синхронізовану просторову швидкість потоку, тобто усереднену швидкість автотранспортних засобів, які перебувають на заданій ділянці автомобільної дороги у визначений момент часу t ;

– V_D – середню миттєву швидкість автотранспортного засобу, тобто усереднену швидкість n автотранспортних засобів, які переміщуються через визначений поперечний переріз автомобільної дороги (в даному випадку через точку перехрещення потоків) за визначений проміжок часу t .

При цьому [3, 4]:

$$V(t, x) = V_D \left[1 + \left(\frac{\sigma_D^2}{V_D^2} \right) \right] \quad (1)$$

З (1) походить, що для забезпечення синхронізації колективного руху автотранспортних засобів у складі перехрещуваних потоків має бути забезпечено умову:

$$V(t, x) - V_D \quad (2)$$

що досягається при дотриманні:

$$\lim_{V_D \rightarrow V(t, x)} \sigma^2 = 0 \quad (3)$$

Таким чином, синхронізація колективного руху автотранспортних засобів у вузлах автодорожньої мережі забезпечується дотриманням синхронізованої просторової швидкості кожного з потоків, які мають рухатись незалежно один від одного з послідовною дотичною перебудовою траєкторій руху.

Мета, завдання та методика досліджень

Метою роботи є підвищення рівнів безпеки транспортно-технологічних процесів на ділянках автодорожньої мережі з особливими умовами руху.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання досліджень:

– розробити топологічну форму внутрішньої зони вузла перехрещення автотранспортних потоків;

– визначити топологічні розміри мінімально допустимої ширини проїжджої частини у вузлах автомобільної мережі для автотранспортних потоків визначеної інтенсивності.

Дослідження виконані на підставі методів аналітичної геометрії на площині з урахуванням топологічних особливостей алгебраїчних функцій, якими описувалися траєкторії градієнтів руху потоків автотранспортних засобів.

Результати досліджень

Розглянемо перехрещення траєкторій mm' та nn' руху автотранспортних потоків під довільним кутом α в деякій прямокутній системі координат xOy (рис.1).

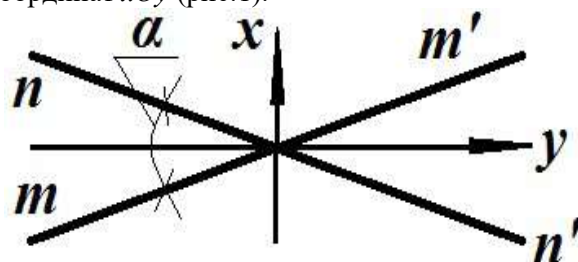


Рис. 1. Траєкторії mm' та nn' руху перехрещуваних автотранспортних потоків на координатній площині xOy

Якщо визначити, що прямі mm' та nn' траєкторій руху автотранспортних потоків є асимптотами кривих другого порядку на координатній площині xOy , то відповідно отримуємо сімейство спряжених гіпербол (рис.2), які в загальному випадку описуються рівнянням:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (4)$$

де a та b – дійсна та уявна напівосі гіперболи (рис.3).

Основними характеристиками гіперболи є відрізок FF' , який визначає її фокусну відстань c (точки F та F' – фокуси параболи), а саме $FF' = 2c$; дійсна вісь гіперболи $2a$, яка визначена

точками A та A' , які є вершинами обох гілок гіперболи, тобто $AA'=2a$; уявна вісь гіперболи $BB'=2b$, які пов'язані, відповідно, (4) рівнянням:

$$b^2 = c^2 - a^2 \quad (5)$$

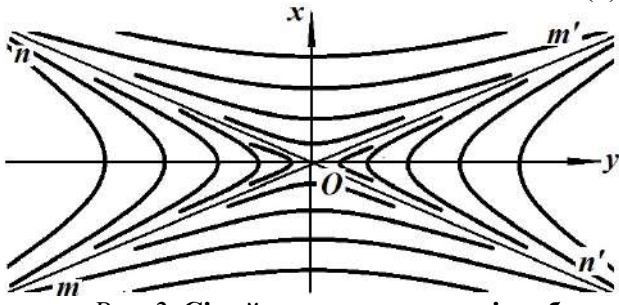


Рис. 2. Сімейство спряжених гіпербол з асимптотами mm' та nn'

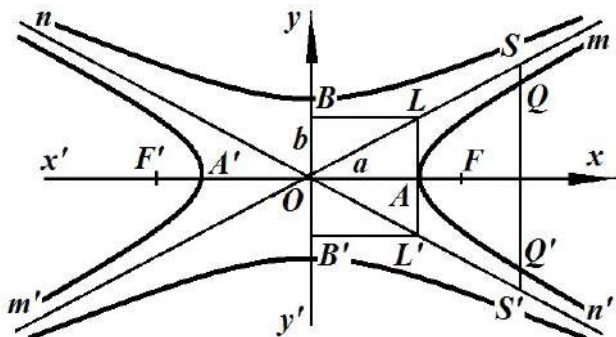


Рис. 3. Геометричні ознаки спряжених гіпербол

При цьому, завжди виконується $c > a$, а гілки гіперболи є симетричними відносно точки O , яка визначає центр гіперболи. Траєкторії напрямків руху автотransпортних потоків mm' та nn' є асимптотами гіперболи, проходять через центр O гіперболи, описуються рівняннями $y = k \cdot x$, причому $|k| \geq \frac{b}{a}$, а отже рівняннями асимптот

гіперболи є $y = \frac{b}{a}x$ та $y = -\frac{b}{a}x$. Отже, якщо деяку пряму SS' , яка є паралельною до координатної осі yy' , необмежено віддаляти від центра O гіперболи (вправо або вліво), то відрізки QS та $Q'S'$ поміж гілками гіперболи і траєкторіями mm' та nn' руху автотransпортних потоків будуть необмежено зменшуватися (точки Q та Q' належать прямій SS').

Таблиця 1. Мінімально допустима ширина проїжджої частини у вузлах автомобільної мережі для автотransпортних потоків визначеної інтенсивності q , м

Категорія автодороги (ДБН В.2.3-4:2007)	1а, 1б	2	3
Мінімально допустима ширина проїжджої частини у вузлах перехрещення автотransпортних потоків, м	11,3 (7,5)	11,3 (7,5)	10,5 (7,0)
В дужках наведено значення ширини проїжджої частини в напрямку, який орієнтовано вздовж меншої з осей спряжених гіпербол			

На підставі вищевикладених ознак гіперболи запропоновано варіант (рис. 4) синхронізації колективного руху автотransпортних засобів у вузлі перехрещення для рівнозначних за інтенсивністю q транспортних потоків (наприклад, для автомобільної дороги категорії 2).

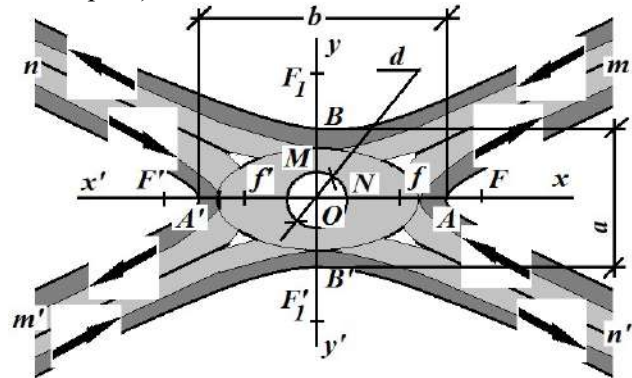


Рис. 4. Перехрещення автотransпортних потоків у вузлах автодорожньої мережі

Форма внутрішньої зони вузла (рис.4) перехрещення автотransпортних потоків визначається еліпсом з фокусами, які розташовано в точках f та f' . Контур (повнота) еліпсу залежить від кута α і у випадку $\alpha = \frac{\pi}{2}$ перетворюється на коло. Для забезпечення максимально можливої синхронізації колективного руху автотransпортних засобів з інтенсивністю q у вузлі автодорожньої мережі визначальними є розміри дійсної $2a$ та уявної $2b$ осей спряжених гіпербол, тобто розміри відрізків NA та MB (рис.4). Розміри NA та MB для автомобільних доріг категорій 1-а, 1-б, 2 і 3 визначається як:

$$NA(MB) = k \cdot s \quad (6)$$

де k – кількість смуг руху;
 s – ширина смуги руху, м.

Розміри проїжджої частини (NA та MB) для автомобільних доріг відповідних категорій обчислені за формулою 6, що наведено в таблиці.

На підставі вищевикладених досліджень портної мережі з варіантами організації запропоновано принципові схеми руху напрямків руху автотранспортних засобів автотранспортних потоків у вузлах автотранс- (рис.5).

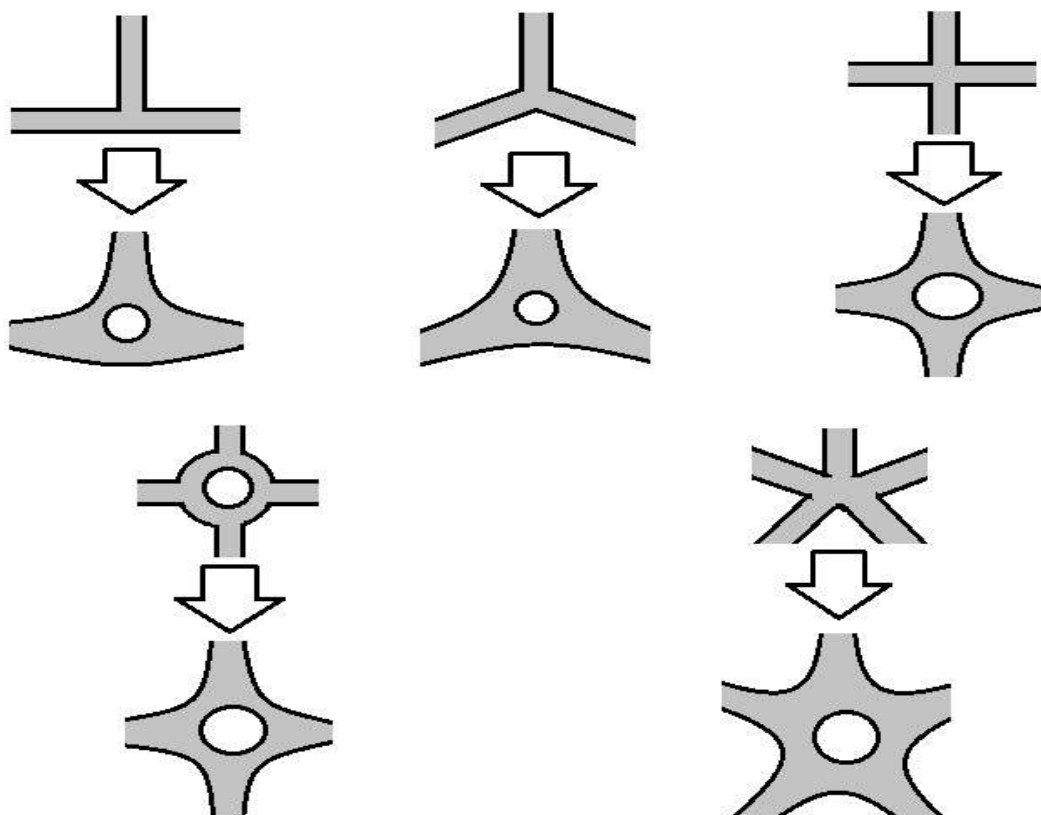


Рис.5. Варіанти транспортно-екологічної оптимізації автодорожньої мережі у вузлах перехрещення автотранспортних потоків

Висновки та перспективи подальших досліджень

Пропонована оптимізація конструкційних параметрів автодорожньої мережі у вузлах перехрещення автотранспортних потоків передбачає можливість синхронізації колективного руху автотранспортних засобів у складі транспортних потоків, що забезпечує стабілізацію виконання транспортно-технологічних операцій і, як наслідок, підвищує загальний рівень безпеки автотранспортного комплексу.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на забезпечення безпечних транспортно-технологічних режимів функціонування автотранспортного комплексу в умовах зростання частки автономних роботизованих безпілотних автотранспортних засобів у складі автотранспортних потоків.

References

1. Babkov, V. F. (1980). *Landshaftnoe proektirovanie avtomobilnyih dorog* [Landscape design of roads]. Moskva: Transport [in Russian].
2. Lukanin, V. N. & Trofimenko, Yu. V. (2001). *Promyishlenno-transportnaya ekologiya* [Industrial and transport ecology]. Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].
3. Sheludchenko, B. A. (2014). *Vstup do konstruiuvannia pryrodno-tekhnohenykh heoekosystem (landshaftno-terytorialnyi aspekt)* [Introduction to the design of natural-technogenic geo-ecosystems (landscape-territorial aspect)]. Kamianets-Podilskyi: PDATU [in Ukrainian].
4. Sheludchenko, L. S. (2018). *Funktsionalni oznaky avtotransportnoho potoku* [Functional signs of motor transport]. *Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnologii*, 13, 75–79. doi: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2018.13.0.75> [in Ukrainian].
5. Mandelbrot, B. B. (1983). *The Fractal Geometry of Nature*. W. H.: Freeman and Company.

SYNCHRONIZATION OF THE DYNAMICS OF THE COLLECTIVE MOVEMENT OF TRAFFIC FLOWS

B. Sheludchenko¹, Yu. Trostenyuk²,
S. Kuharets¹, P. Zabrodskiy¹,
V. Kotkov¹, O. Pluzhnikov¹

e-mail: sheludchenkobogdan@ukr.net

¹Zhytomyr National Agroecological University
7, Stary Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

²Zhytomyr State Technological University,
Stary Boulevard, 103, Zhytomyr, 10002, Ukraine

It was established that the resynchronization of the collective movement of vehicles as part of traffic flows in areas with special traffic conditions leads to a violation of the coherence of these flows, which leads not only to a decrease in the safety levels of the transport process, but also to the intensification of aerosol emissions of gas-dust emissions traffic flows. According to the results of studies that were carried out on the basis of analytical geometry methods on the plane and taking into account the topological features of algebraic functions, which describe the trajectories of the gradients of the traffic flow of vehicles, topological parameters and two-dimensional graphical models of possible options for transport and technological optimization of the road network were developed. The dimensions of the minimum allowable width of the carriageway in the nodes of the road network for motor traffic flows are determined depending on the intensity of traffic on roads of various categories. Accordingly, the proposed optimization of the design parameters of the road network at the intersection of motor traffic flows provides for the possibility of synchronizing the collective movement of motor vehicles as part of traffic flows, which stabilizes the performance of transport and technological operations and, consequently, increases the overall safety level of the motor complex.

Keywords. Motor traffic flow, motor traffic intersection nodes, synchronization, special motion conditions, trajectory, hyperbola, ellipse, topology.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ КОЛЛЕКТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В УЗЛАХ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Б. А. Шелудченко¹, Ю. И. Тростенюк²,
С. Н. Кухарец¹, П. М. Забродский¹,
В. И. Котков¹, О. Б. Плужников¹

e-mail: sheludchenkobogdan@ukr.net

¹Житомирский национальный агроэкологический университет,
бульвар Старый, 7, г. Житомир, Украина, 10008

²Житомирский государственный технологический университет,
ул. Чудновская, 103, г. Житомир, Украина, 10002

Установлено, что россинхронизация коллективного движения автотранспортных средств в составе транспортных потоков на участках с особыми условиями движения приводит к нарушению когерентности этих потоков, что обуславливает не только снижение уровней безопасности транспортно-технологического процесса, но и к интенсификации эмиссии аэрозоль газопылевых выбросов, которые производятся автотранспортными потоками. По результатам исследований, которые проводились на основании методов аналитической геометрии на плоскости и с учетом топологических особенностей алгебраических функций, которыми описываются траектории градиентов движения потоков автотранспортных средств разработаны топологические параметры и двумерные графические модели возможных вариантов транспортно-технологической оптимизации автодорожной сети в узлах пересечения автотранспортных потоков. Определены размеры минимально допустимой ширины проезжей части в узлах автодорожной сети для автотранспортных потоков в зависимости от интенсивности движения по автомобильным дорогам различных категорий. Соответственно, предложенная оптимизация конструктивных параметров автодорожной сети в узлах пересечения автотранспортных потоков предусматривает возможность синхронизации коллективного движения автотранспортных средств в составе транспортных потоков, что обеспечивает стабилизацию выполнения транспортно-технологических операций и, как следствие, повышает общий уровень безопасности автотранспортного комплекса.

Ключевые слова: автотранспортный поток, узлы пересечения автотранспортных потоков, синхронизация, особые условия движения, траектория, гипербола, эллипс, топология.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-8-15

УДК 539.4

**ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ВІДНОСНОЇ ВАРТОСТІ МЕТАЛІЧНИХ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЗАДАНОГО РЕСУРСУ****І. Г. Грабар, Т. Ю. Дубишевська***e-mail: ivan-grabar@ukr.net*Житомирський національний агроєкологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Процес проектування нової машини чи конструкції – це постійна необхідність приймати рішення в умовах невизначеності: від конструкторської ідеї, схеми компоновки – і до вибору матеріалів та комплектації. При цьому, практично залишаються неврахованими показники надійності та вартості, які довго уточнюються на стадії випробувань дослідного зразка та у підконтрольній експлуатації. Це надто дорого і вимагає значного часу. Як можна врахувати дані показники на стадії проектування, скоротивши час і витрати? Крім цього, службово-експлуатаційні характеристики металічного конструкційного матеріалу: хімічний склад, короткочасна, циклічна та тривала міцність, пластичність, трищиностійкість утворюють багатовимірний вектор, кожна з компонент якого окремо слабо корелює з ринковою ціною сплаву, що напряму не дозволяє оцінити вартість конструкції та не дозволяє априорі ранжувати сплави за комплексною оцінкою вартості в конкретних умовах з заданими параметрами температурно-силового навантаження на заданий ресурс. Вперше така постановка завдання сформована в наших публікаціях, наведених у списку літератури. Дане дослідження є подальшим їх розвитком.

Наведена методологія оцінки відносної вартості сучасних металічних конструкційних матеріалів для заданих умов експлуатації (навантаження, температура, ресурс) та властивостей сплаву (наведеного коефіцієнта ціни, температури плавлення, питомої ваги). На основі даних оцінок та запропонованої раніше універсальної узагальненої діаграми професора Грабара вперше вдалося отримати порівняльні оцінки вартості металічних конструкцій для широкого діапазону умов їх експлуатації (напруг, температур та ресурсу), віднесені до одиниці часу експлуатації. Дана методологія дозволяє суттєво зменшення рівня невизначеності, і може бути застосована вже на стадії ескізного проектування машини. Викладений у роботі підхід відкриває гарні перспективи більш глибокого техніко-економічного обґрунтування інженерних рішень ще на стадії ескізного проектування машини. Наведено приклади розрахунку.

Ключові слова: металічні конструкційні матеріали; ресурс конструкцій; універсальна узагальнена діаграма професора Грабара; відносна вартість металів; коефіцієнт ціни; приведений коефіцієнт ціни.

Постановка проблеми

Сучасний ринок конструкційних матеріалів – надзвичайно динамічний сегмент взаємодії науки, техніки і бізнесу. Нові композити, ситали, нановолокна, і, звичайно, металічні конструкційні матеріали – в центрі уваги наукових лабораторій та інноваційних підприємств. При цьому, постійно зростають вимоги до умов експлуатації конструкцій: зростають робочі температури, питомі навантаження, зростає продуктивність машин, зростають вимоги до корозійної, радіаційної та зносостійкості. Як правило, виконання цих

вимог задовільняється все складнішими системами легування сплавів. До арсеналу сучасного металознавства залучаються такі легуючі елементи, як хром, кобальт, ванадій, вольфрам, молибден та інші. В деяких випадках для суттєвого підвищення жароміцності, теплостійкості, радіаційної чи корозійної стійкості вміст легуючих елементів досягає 10–20%, а іноді – і більше.

При цьому, взаємодія розробників, виробників та споживачів нових матеріалів відбувається в бізнес-середовищі. У цій складній взаємодії дуже непростим завданням є цінова політика, що

має задовільняти всіх учасників цього процесу. Як формується і від чого залежить ціна на металічні конструкційні матеріали, що мають великий вміст високовартісних легуючих елементів?

Очевидно, на формування цін на метали впливає їх розповсюдження в земній корі (рис.1), енергетичні витрати на видобуток і виплавку, службово-корисні властивості металу, і врешті – попит на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Службово-експлуатаційні характеристики металічного конструкційного матеріалу, такі як хімічний склад, короткочасна, циклічна та тривала міцність, пластичність, тріщиностійкість [1–3] по-перше, не завжди корелюють з ринковою ціною [4], по-друге, напряду не дозволяють оцінити вартість конструкції, по-третє, не дозволяють апріорі ранжувати сплави за комплексною оцінкою вартості в конкретних умовах з заданими параметрами температурно-силового навантаження на заданий ресурс [8–12]. Вперше така постановка завдання сформована в наших публікаціях [5–7], і дане дослідження є подальшим їх розвитком.

Мета, завдання та методика досліджень

Розробити методологію та побудувати критерії оцінки відносної вартості металічних конструкційних матеріалів під задані умови температурно-силового навантаження та заданий (проектований) ресурс конструкції, що має врахувати хімічний склад сплаву, його характеристики короткочасної та тривалої міцності, питому вагу, а також приведений коефіцієнт ціни.

На основі розробленої методології та універсальної узагальненої діаграми проф. Грабара запропонувати компактні та зручні для користування інженерні формули для порівняльних техніко-економічних оцінок конкретних конструкційних матеріалів у заданих умовах експлуатації (навантаження, температура, ресурс) на стадії ескізного проектування машини. Розповсюдити отримані результати на інші види завдань, де необхідно виконувати ранжування багатомірних величин.

Результати досліджень

В табл. 1 наведені коефіцієнти ціни чистих металів, де за одиницю прийнято залізо, вірніше – маловуглецева сталь, оскільки власне чисте залізо має досить складну і вартісну технологію отримання. В таблиці 1 також наведені інші фізичні властивості металів, що впливають на оцінку їх відносної вартості, як буде показано нижче, а також їх позначення в якості легуючих елементів в сталях. Нами запропоновано в якості показника відносної вартості сталей використати приведений коефіцієнт ціни, що визначається за формулою:

$$K_{\Sigma} = (K_{Fe} * C_{Fe} + K_{Mn} * C_{Mn} + K_{Ni} * C_{Ni} + K_{Cr} * C_{Cr} + K_{Co} * C_{Co} + K_{Ti} * C_{Ti} + K_{W} * C_{W} + K_{Mo} * C_{Mo} + K_{V} * C_{V} + K_{Nb} * C_{Nb} + \dots) / 100 = (\Sigma K_i * C_i) / 100 \quad (1)$$

де K_i – коефіцієнт ціни чистого металу (таблиця 1), C_i – вміст у відсотках даного металу в конкретній сталі чи сплаві. В таблиці 2 наведено значення наведеного коефіцієнта ціни 132 сталей різних груп, отриманих нами за даними [1–4].

Таблиця 1. Дані до розрахунку $K_{ціни}$ прив та Q-критерію

	Метал	Відносна вартість [12]	$T_{пл}, K$	Густина, Γ/cm^3	Вміст у земній корі, % [11]	Позначення в сталях
1	Залізо	1	1808	7,86	4,65	
2	Свинець	2,5	601	11,4		
3	Цинк	3	693	7,14		
4	Алюміній	6	933	2,7	8,8	Ю
5	Сурма	6,5	904	6,62		
6	Мідь	7,5	1356	8,96		Д
7	Магній	8	922	1,74	2,4	
8	Марганець	10	1518	4,43	0,10	Г
9	Нікель	17	1726	8,9		Н

Варто зазначити, що кілька тисяч років тому залізо цінувалося дорожче золота. А наразі відношення ціни золота до ціни заліза досягло

11000! Так що коефіцієнти ціни металів залежать від часу [11].

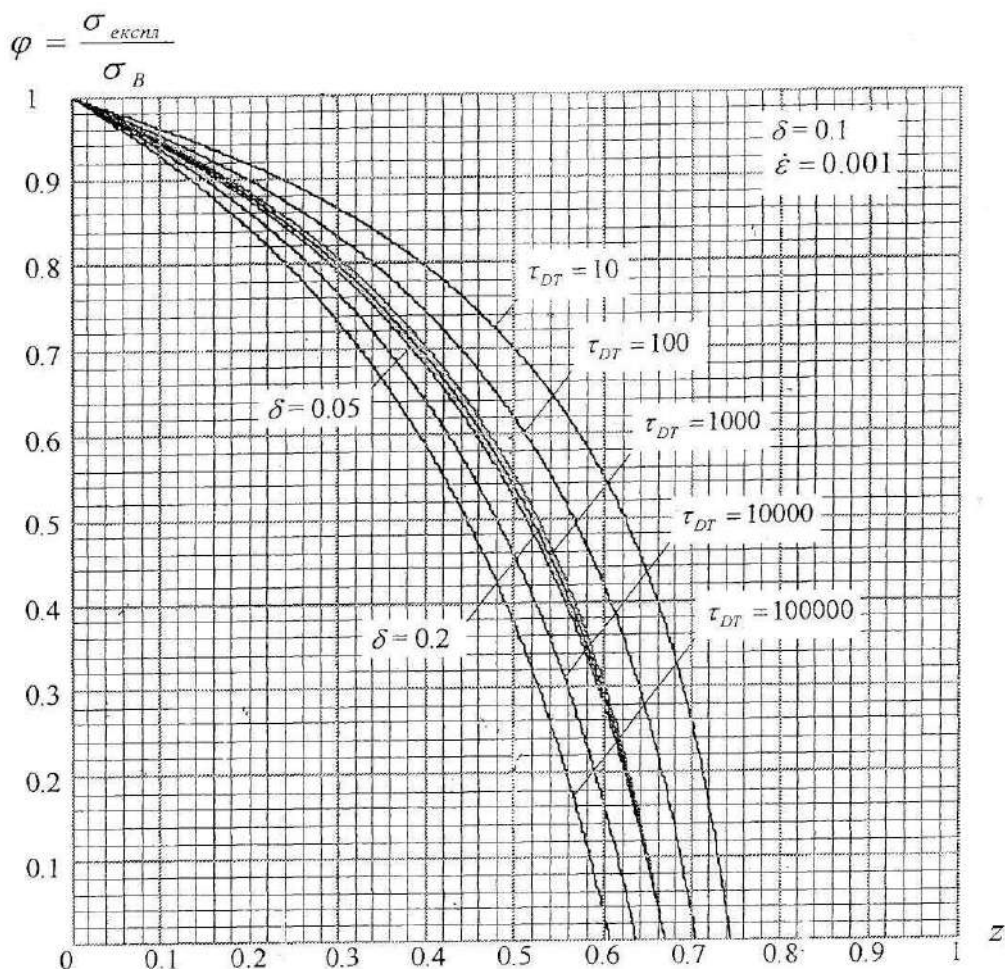


Рис. 2. Універсальна узагальнена діаграма професора Грабара для прискореного призначення ресурсу металічних конструкцій на стадії проектування

Універсальна узагальнена діаграма професора Грабара для прискореного призначення ресурсу металічних конструкцій на стадії проектування, де: $Z = T_{\text{експл}}/T_s$ – відношення експлуатаційної температури (К) до температури плавлення матеріалу деталі (К);

τ_{DT} – ресурс (годин); δ – пластична деформація зразка при короткочасних випробуваннях матеріалу за температури експлуатації (для всіх діаграм прийнято $\delta = 0,1$, лише для $\tau_{DT} = 1000$ годин – діаграма побудована для трьох значень: $\delta = 0,05 ; 0,1 ; 0,2$) [4-7].

Таблиця 2. Рейтинг значень приведенного коефіцієнта ціни 168 легированих сталей

16Г2	1,13	30Х	1,37	38ХГМ	1,71	10Х2М	2,29
20ЮЧ	1,13	35Х	1,37	30ХН3А	1,72	34ХН3М	2,32
13Н5А	1,14	38ХА	1,37	20ХН3А	1,72	14Х2Н3МА	2,33
30ХРА	1,14	35ХГ2	1,37	09СФА	1,72	30ХГСН2МА	2,33
20ЮЧА	1,18	40Х	1,37	12ХН3А	1,72	34ХН3МА	2,36
15Г	1,22	45Х	1,37	15ХФА	1,73	30Х3МА	2,38
25ХГТ	1,22	50Х	1,37	25Х2ГНТА	1,73	40ХФА	2,42
30ХГТ	1,22	20ХГНТР	1,39	06ХФ	1,73	38Х2Н2ВА	2,44

Закінчення таблиці 2

25Г	1,23	37ХН3А	1,4	13ХФА	1,74	14Х2ГМР	2,46
20Г	1,23	20ХГСА	1,41	40ХГНМ	1,75	10Х2ГНМ	2,5
30Г	1,23	25ХГСА	1,41	20ХФА	1,75	40Х2Н2ВА	2,56
35Г	1,23	27ХГР	1,41	15Х2ГН2ТА	1,78	38ХН3ВА	2,56
40Г	1,23	30ХГС	1,41	22ХНМ	1,79	30ХН2ВА	2,58
45Г	1,23	30ХГСА	1,41	38ХМ	1,81	25Х2Н4ВА	2,62
45ХН	1,23	38ХГН	1,41	09ГСФ	1,81	40ХН2ВА	2,69
50Г	1,23	16ХСН	1,42	38ХМА	1,81	30ХН2МФА	2,72
40ХН	1,24	18ХГ	1,42	40ХН2МА	1,84	40ХМФА	2,83
50ХН	1,24	20ХГР	1,42	15Н2М	1,84	20ХН4ФА	2,96
10Г2А	1,25	40ХГТР	1,44	38ХНМ	1,84	38Х2НМФ	2,97
12Г2	1,25	13Н2ХА	1,45	20Н2М	1,85	20ХН3МФА	2,98
20Г2	1,25	33ХС	1,46	34ХМ	1,85	30Х2НВА	2,99
32Г2	1,26	38ХС	1,46	50ХНМ	1,87	45ХН2МФА	3,04
10Г2	1,27	08ГДНФ	1,47	40ГР	1,88	30Х3ВА	3,06
23Г2Д	1,27	08ХМЧА	1,48	30ХН2МА	1,91	05Г4МНФ	3,3
32Г2С	1,27	14ХГН	1,48	15ХМФА	1,95	36Х2Н2МФА	3,31
37Г2С	1,27	20ФА	1,49	35Г2Ф	1,96	40Х2Г2М	3,45
35ХГН2	1,28	35ХГСА	1,49	20Х2Н4А	1,97	21Х2НВФА	3,47
38ГСТ	1,28	40ХС	1,49	12Х2Н4А	1,97	23Х2НВФА	3,47
12ХН	1,3	12ХН2А	1,5	12ХН2МДФ	1,97	12Х2НВФА	3,47
30Г2	1,3	12ХН2	1,52	25Х2Н4МА	2,02	35ХН1М2ФА	3,66
35Г2	1,3	20ХНР	1,52	35Г2ФА	2,04	40Х3Г2МФ	3,87
36Г2С	1,3	20ХГНР	1,53	18Х2Н4МА	2,07	12Х2НМФА	4,14
36Г2СР	1,3	38Х2Ю	1,53	34ХН1М	2,09	19Х2НМФА	4,15
40Г2	1,3	16ХГТА	1,54	40Х2Н2МА	2,09	21Х2НМФА	4,15
45Г2	1,3	20Ф	1,55	38Х2Н2МА	2,09	23Х2НМФА	4,15
50Г2	1,3	15ХГН2ТА	1,62	38Х2НМ	2,11	20Х14	4,55
06Х1	1,32	38ХГНМ	1,64	38ХВ	2,16	30Х2НВФА	4,71
15Х	1,33	32Г2М	1,65	30ХГСНМА	2,17	12Х2НМ1ФА	4,99
15ХА	1,33	19ХГН	1,65	38ХН3МА	2,21	12Х2НВФМА	5,73
47ГТ	1,33	15ХГНМ	1,67	38Г2МФ	2,23	50Х6ФМС	8,3
20Х	1,34	20ХГНМ	1,67	20ХФ	2,26	08ХМФЧА	8,76
28ХГ2ТР	1,35	20ХМ	1,69	40ХН2СМА	2,28	30Х3МФ	13,49

Джерело: власні дослідження.

Наголошуємо, що отримані коефіцієнти ціни враховують лише хімічний склад сталі чи сплаву і можуть лише сприяти формуванню ринкової ціни на сталь чи сплав, виходячи з відносної вартості її легуючих елементів. На рис. 3

показано динаміку світових цін (\$/тонну) на листовий прокат протягом одного року, звідки видно суттєві зміни – в межах 10–15 %. Але ще більші коливання ціни відбуваються на ринку благородних металів.



Рис. 3. Світові ціни на листовий прокат за серпень 2017 р. – серпень 2018 р.
Джерело: [8-12].

Таблиця 3. Приклад розрахунку приведенного коефіцієнта ціни сталей

Сталь	Mn	Ni	Cr	Cu	Fe	$\Sigma K_i * C_i$	Кц
Кці	10	17	25	7,5	1		
10	0,5	0,3	0,15	0,3	98,75	114,85	1,15
20	0,5	0,3	0,25	0,3	98,65	115,25	1,17
45	0,7	0,3	0,26	0,3	98,45	119,05	1,19
40X	0,7	0,3	1	0,3	97,7	137,03	1,37
30XГСН2А	1,2	1,5	1	0,3	96,0	160,75	1,61

Джерело: власні дослідження.

Q-критерій приведених витрат на експлуатацію в заданих умовах (ресурс 100000 годин за заданої температури і навантаженні):

$$\bar{Q} = \frac{K_u * \rho}{\sigma_s * \varphi(Z)}$$

де Кц – наведений коефіцієнт ціни, ρ – питома вага сплаву, σ_B – границя міцності сплаву за температури експлуатації, $\varphi(Z)$ відношення експлуатаційних напруг до границі міцності за температури експлуатації

Таблиця 4. Ранжування сталей за Q – критерієм

Сталь	σ_B , МПа при температурі С:				Кц	Q-критерій при температурі С:			
	20°	200°	400°	500°		20°	200°	400°	500°
10	430	495	380	260	1,15	24,60	23,67	37,83	72,21
20	480	440	360	220	1,17	22,41	27,10	40,63	86,82
45	640	700	575	385	1,19	17,10	17,32	25,86	50,46
40X	950	900	700	500	1,37	13,26	15,51	24,46	44,73
30XГСН2А	1600	1600	1500	1150	1,61	9,25	10,25	13,41	22,86

Джерело: власні дослідження.

Як слідує з таблиці 4, високолегована сталь 30ХГСН2А в розрахунку на ресурс 100000 годин має (2,6...3,8) – кратну перевагу по приведеному Q-критерію над всіма іншими сталями таблиці 3 у всьому діапазоні температур (20–500 °С), незважаючи на відносно високе значення даної сталі $K_{ц30ХГСН2А}=1,61$. До того ж дана сталь має кращу корозійну стійкість. Із таблиці 4 є можливість оцінити вартість експлуатації даних сталей за конкретної температури. Так, за 500°С вартість експлуатації всіх сталей у 2,5...3,9 разів вища, ніж при 20°С. Таку оцінку в загальній постановці вдалося отримати вперше в світі.

На жаль, Q-критерій не враховує ринкові

коливання цін на світовому ринку. Як слідує з 7ало ..5, за 2018–19 рр. світові ціни лише на 7ало вуглецеву сталь були стабільні – 325 \$/т, тоді як ціни на алюміній змінювались від \$2290/т до \$1845/т (в 1,24 рази), на нікель з \$15110 до \$10836/т (в 1,4 рази), кобальт з \$91/кг до \$32,4/кг (в 2,81 рази!). Ціна на срібло змінювалася в 1,16 рази, на золото – в 1,11 рази.

В той же час, Q-критерій дозволяє отримати відносну вартість машини чи споруди та допомогти інженеру обрати конструкційний матеріал для заданого ресурсу та умов експлуатації (за мінімальним значенням Q-критерію).

Таблиця 5. Порівняння світових цін на метали за 2018-19 рр.

	Al	Cu	Ni	Сталь	Co	Ag	Au
	\$/т	\$/т	\$/т	\$/т	\$/кг	\$/унц	\$/унц
квіт.18	2246.40	6838.55	13934.50	325.00	91.00	16.61	1334.74
трав.18	2290.55	6821.76	14356.43	325.00	90.26	16.47	1303.03
черв.18	2240.29	6954.79	15110.95	325.00	81.87	16.52	1281.57
июл.18	2240.29	6954.79	15110.95	325.00	81.36	15.71	1238.53
серп.18	2045.50	6039.75	13432.95	325.00	63.46	15.01	1201.25
верес.18	2023.00	6020.03	12527.25	325.00	62.53	14.26	1198.47
жовт.18	2034.17	6215.89	12327.17	325.00	59.11	14.59	1215.39
лист.18	1937.75	6193.00	11253.41	325.00	53.26	14.37	1220.95
груд.18	1931.45	6094.21	10836.84	325.00	55.29	14.70	1247.92
січ.19	1845.89	5932.02	11454.55	325.00	39.34	15.59	1291.75
лют.19	1859.55	6278.20	12649.75	325.00	32.40	15.81	1320.07

Джерело: побудовано за даними: <http://www.cmmarket.ru/markets/beworld.htm>

Висновки та перспективи подальших досліджень

Розроблено методологію оцінки відносної вартості металічних конструкційних матеріалів для широкого діапазону експлуатаційних температур та ресурсу на основі узагальненого Q-критерію. Показано, що на значення Q-

критерію впливає приведений коефіцієнт ціни, густина сплаву, границя міцності за температури експлуатації, та параметр $\varphi(Z)$ – відношення експлуатаційних напруг до границі міцності за температури експлуатації. Запропонована методологія значення $\varphi(Z)$ з узагальненої діаграми професора Грабара.

У подальших дослідженнях варто зосередити увагу на поширенні отриманих результатів на неметалічні конструкційні матеріали: композити, ситали, нановолоконні матеріали тощо.

References

1. Zhuravlov, V. N. & Nikolaeva, O. I. (1981). Mashinostroitelnye stali: Spravochnik [Engineering steel.]. Moskva: Mashinostroenie [in Russia].
2. Grigorev, I. G. (Ed.). (1991). Fizicheskie velichiny: Spravochnik [Physical quantities]. Moskva: Energoizdat [in Russia].
3. Arzamasov, B. N. (Ed.). (1990). Konstrukcionnye materialy: Spravochnik [Construction materials]. Moskva: Mashinostroenie [in Russia].
4. Splav-kharkov.com (2019). Marochnyk staly y splavov [Marker steel and alloys]. Retrieved from <http://www.splav-kharkov.com/main.php> [in Russia].
5. Hrabar, I. H. (2002). Termoaktyvatsiyni analiz i synerhetyky ruinovannia [Thermoactive analysis of synergetic and synergy]. Zhytomyr: ZhITI [in Ukrainian].
6. Hrabar, I. H. (1998). Osnovy nadiinosti mashyn [Basics of machine reliability]. Zhytomyr: Zhytomyr Engineering and Technological Institute [in Ukrainian].
7. Grabar, I. G. (2018). NANOCHAOS in raising a machine reliability and the creation of "eternal" STRUCTURES. *Chaotic Modeling and Simulation* (CMSIM), 3, 327–341.
8. Yaruse.ru (2005). Staly y splavy – ynformatsiya [Steel and alloys - information]. Retrieved from <http://yaruse.ru/posts/filter/5> [in Russia].
9. Studfiles.net (2016). Materyalovedenye [Materials Science]. Retrieved from <https://studfiles.net/preview/6145540/> [in Russia].
10. Bstudy.net (2017). Processy kompleksobrazovaniya prirodnoho proishozhdeniya [Complexation processes of natural origin]. Retrieved from https://bstudy.net/602474/es/testvoznanie/protsessy_kompleksoobrazovaniya_prirodnoho_proishozhdeniya [in Russia].
11. Wikipedia (2019). Zemnaya kora [Earth crust]. Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/Земная_кора [in Russia].
12. Kovka-pro.ru (2011). Stoimost metalla [Metal cost]. Retrieved from <http://www.kovka-pro.ru/stoimost-metalla.html> [in Russia].

EXPRESS EVALUATION OF THE RELATIVE COST OF METAL STRUCTURAL MATERIALS FOR THE SPECIFIED OPERATING CONDITIONS AND THE SPECIFIED RESOURCE

I. Grabar, T. Dubishevskaya

e-mail: ivan-grabar@ukr.net

Zhytomyr National Agroecological University
7, Stary Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

The process of designing a new machine or design is a constant need to make decisions in the face of uncertainty: from the design idea, layout, and to the choice of materials and equipment. At the same time, the indicators of reliability and cost, which are refined for a long time at the stage of testing a prototype and under controlled operation, remain virtually unrecorded. It is too expensive and requires considerable time. How can these indicators be taken into account at the design stage, reducing time and costs?

In addition, the service and operational characteristics of a metal structural material: chemical composition, short-term, cyclic and long-term strength, ductility, crack resistance - form a multidimensional vector, each of which components separately weakly correlates with the market price of the alloy, which does not directly allow us to estimate the cost of the structure and not allows a priori ranking of alloys according to a comprehensive assessment of value under specific conditions with given parameters of temperature-force load on a given resu a. For the first time such a statement of the problem was formed in our publications cited in the list of references. This research is their further development.

The methodology for estimating the relative cost of modern metallic structural materials for given operating conditions (load, temperature, resource) and alloy properties (reduced coefficient of quotation, melting point, specific gravity) is given. On the basis of these estimates and the previously proposed universal generalized diagram of a prof. Grabara, for the first time, they managed to obtain comparative estimates of the cost of metal structures for a wide range of their operating conditions (stresses, temperatures and resource), referred to the unit of operation time. This methodology allows a significant reduction in the level of uncertainty, and can be applied already at the stage of preliminary design of the machine. The approach outlined in the paper opens up good prospects for a deeper feasibility study of engineering solutions at the stage of preliminary machine design. Examples of calculation.

Keywords: metallic construction materials; construction resource; universal generalized diagram of prof. Grabar; the relative cost of metals; price ratio; reduced price ratio.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-16-22

УДК 631.354:633.1

**РУХ, ДЕФОРМАЦІЯ ТА МІКРОТРАВМУВАННЯ ЗЕРНІВОК
ЗГІДНО З РІВНЯННЯМ ЕЛІПСОЇДА ОБЕРТАННЯ****Д. А. Дерев'янку, О. М. Сукманюк, С. Б. Чичилюк, О. Д. Дерев'янку***e-mail: derevyanko.dmutro@gmail.com, sukmanyukolena@gmail.com*Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Формалізацію деформації та мікротравмування насіння зернових культур, поверхня яких описується еліпсоїдом обертання, надано рівнянням його обертання. Після однократного і двократного диференціювання виразу деформації об'єму частини зернівки, спрощення, позначень, мінімізації енергії прискорення, пружні та в'язкі властивості зернівок, які представлені першими і другими компонентами системи диференціальних рівнянь, що описують деформацію зернівки, за конфігурацією еліпсоїда обертання є змінними, що суттєво впливає на деформацію та мікротравмування насіння. За незалежні параметри, за допомогою яких проводимо оптимізацію енергії прискорення зернівки з метою мінімізації проходження процесу деформації та мікротравмування насіння, приймаємо кутове та поступальне прискорення деформації об'єму частини зернівки і кутове прискорення в точці зіткнення зернівки із сферичною поверхнею розподільника.

Результати експериментальних, виробничих і лабораторних досліджень, проведених у ПП «Україна» Житомирської області, свідчать, що, під час обмолочування барабанним молотильним апаратом кількість макротравмованого насіння зростає до 6,4%, а після роторного – 3,1%, тобто більше ніж у два рази. Всього мікротравмованого насіння після обмолочування барабанним апаратом становило 54,0%, а після роторного – 23,0%, тобто різниця більше ніж у два рази. Такий стан пояснюється, насамперед, різними режимами роботи цих робочих органів, стосовно поступлення і проходження зернового вороху та механічних навантажень на зернівки, що сприяє їх травмуванню. Аналогічні результати травмування насіння отримано і на інших підприємствах Вінницької та Черкаської областей, де досліджувалися різні сорти озимої пшениці та озимого жита, з різницею, відповідно, погодно-кліматичних умов, різним рівнем агротехніки вирощування та організацією виконання технологічного процесу.

Ключові слова: насіння, режими, травмування, мікротравмування, якість, волога.

Постановка проблеми

Відомо, що озима пшениця, жито та інші дуже важливі цінні зернові культури, що займають великі площі посіву і відіграють велику роль, насамперед, у продовольчому забезпеченні, тому виникає нагальна потреба у забезпеченні насінням з високими показниками якості.

У другій половині минулого століття науковці-дослідники, селекціонери та виробники довели і обґрунтували, що тільки високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування значної частини майбутнього врожаю. Поряд з цим, важливим є той факт, що існує до певної міри відставання із удо-

сконаленням, виробництвом і запровадженням новітніх технічних засобів та технологій збирання, післязбирального дороблення зернового вороху, підготовки, транспортування, завантаження, протруювання насіння та сівби.

Дослідження показують, що вдосконалення впливу робочих елементів технічних засобів при технологічних процесах на зниження травмування зернівок сприяє суттєвому покращенню якісних показників насіння та зростанню урожайності зернових культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Макро- та мікротравмування, пошкодження і повне руйнування зернівок є наслідком впливу

механічних навантажень багатьох елементів технологічного процесу від збирання до сівби.

Дослідження Головача І. В., Дерев'янка Д. А., Пугачова М. А., Строни І. Г., Тарасенка О. П., Оробінського В. І., Фадеева Л. В., Чазова С. А. [4, 5, 9, 10, 11, 13, 15, 16] та ін. свідчать, що травмування зернівок під час обмолочування сягає 20% і більше, а при доробленні зернового вороху і підготовленні насіння та сівби їх кількість значно зростає, інколи сягає 60–80%.

За даними В. М. Дрінча [6, 7] травмування зернівок під час обмолочування інколи сягає 30–35%, а за підготовки насіння навіть більше 50%, залежно від вологості та структури зернового вороху.

Протягом останніх років значну роботу проведено Л. В. Фадеевим [14] з розроблення та впровадження у виробництво принципово нових очисно-калібрувальних технічних засобів і технічних ліній.

У створенні фундаменту наукових основ теорії взаємовпливу робочих поверхонь механізмів та різних матеріалів, в тому числі зернової маси, значний внесок зробили такі визначні вчені, як Адамчук В. В., Василенко П. М., Гончаров Е. С., Дрінча В. М., Заїка П. М., Строна І. Г., Тарасенко О. П., Тіщенко Л. М. [1, 2, 3, 6, 10, 11, 12] та ін.

Дослідження Дерев'янка Д. А. [6] свідчать, що при контактуванні зернівок з робочою поверхнею гвинта, в залежності підняття витка, найменша інтенсивність притиснення, а значить мікротравмування насіння перебуває в діапазоні $\alpha = 5 - 10^\circ$. При збільшенні кута підняття до 15° і більше, інтенсивність зростання пропорційна до кута підняття витків гвинта.

Таким чином, глибоке і всебічне вивчення фізико-механічних та біологічних особливостей насіння і розроблення нових технологій та модернізацію робочих органів, що забезпечуватимуть мінімальну кількість мікротравмування зернівок, є запорукою отримання високоякісного насіння відповідно агротехнічних вимог і державних стандартів.

Мета, завдання та методика досліджень

Основною метою є дослідження підвищення якості насіння зернових культур шляхом зниження його макро- і мікротравмування та вдосконалення і конструювання ефективності роботи технічних засобів для комплексної реалізації процесів підготовки високоякісного на-

сіння за всіх технологічних процесів його підготовки і смугової сівби. Виявлення впливу факторів, біологічно-фізіологічних чинників при взаємодії зернівок з поверхнею робочих органів і між собою на їх травмування і якість насіння як одного з головних резервів підвищення урожайності зернових культур.

Використано метод математичного моделювання роботи машин, робочих елементів і технологічних процесів.

Шляхом мінімізації енергії прискорення (функції N) отримаємо систему диференціальних рівнянь за перетворенням попередньої системи рівнянь, які описують деформацію частини об'єму зернівки з урахуванням кутового та поступального прискорення:

$$\ddot{\theta} = (-D_2 - D_3 - \ddot{U}D_4 + g) / D_1; \quad (1)$$

$$\ddot{U} = (-\ddot{\theta}D_1 - D_2 - D_3 + g) / D_4. \quad (2)$$

Застосовано розрахункові диференціальні рівняння, інтегрування, перетворення, скорочення, позначення, сучасні методи комп'ютерних розрахунків та графічні визначення на основі використання законів механіки.

Експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження проводилися у виробничих умовах різних ґрунтово-кліматичних зон та державних лабораторіях насінневих станцій, хлібокомбінату і вищих навчальних закладів з використанням натурних зразків, технічних засобів, приладів та знарядь згідно з наявними державними стандартними методиками.

Експериментальні дослідження Дерев'янка Д. А. [5], свідчать, що при падінні зернівок масою 0,005 г з поперечним радіусом 4 мм на сферичну поверхню розподільника вібросепаратора радіусом 600 мм, який обертається з кутовою ω швидкістю 6 рад·с⁻¹, тангенціальна деформація зернівок у площинні $O_1\xi\eta$ відповідно, становить 0,021 та 0,025 мм. Збільшення лінійного U та кутового параметрів θ при одночасному зменшенні кутової швидкості з плином часу вказує на певний прогин поверхні зернівки в місці дотику із сферичною поверхнею розподільника.

Результати досліджень

Формалізацію деформації та мікротравмування зернівок, поверхня яких описується еліпсоїдом обертання, надамо рівнянням еліпсоїда обертання:

$$\frac{\xi^2 + \eta^2}{h^2} + \frac{\zeta^2}{R^2} = 1, \quad (3)$$

де R, h – відповідно, радіус та висота еліпсоїдної частини зернівки, а ξ, η, ζ – поточні координати точок поверхні еліпсоїда.

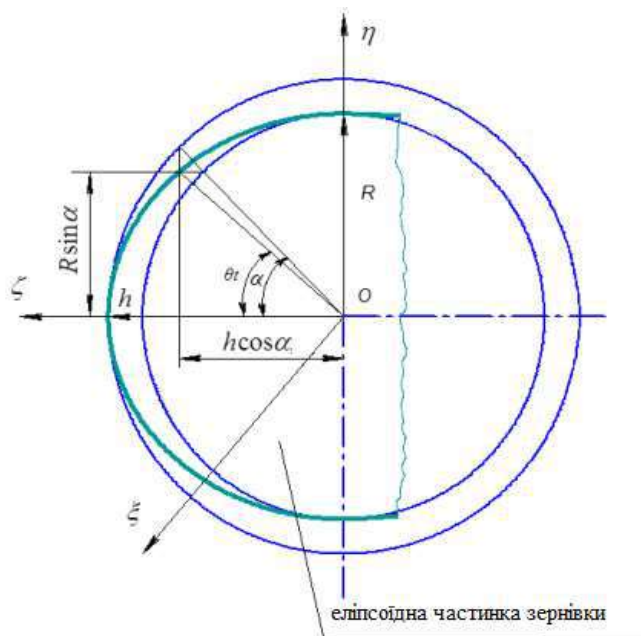


Рис. 1. Схема еліпсоїдної частини зернівки.

За схемою (рис. 1) рівняння (3) представимо у параметричному вигляді:

$$\zeta = h \cos \alpha; \xi = \eta = R \sin \alpha, \quad (4)$$

де α і θ – параметри еліпсоїда обертання.

Після визначення щодо $\cos \alpha$ і $\sin \alpha$ та відповідних розрахунків, отримаємо рівняння площі круга деформації об'єму частини зернівки,

$$S = \pi R^4 \frac{\sin^2 \theta}{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}, \quad (5)$$

а після врахування схеми і виконаних розрахунків отримаємо об'єм деформації частини зернівки, що контактує із сферичною поверхнею розподільника:

$$V = \pi R^4 \frac{\sin^2 \theta U}{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}. \quad (6)$$

Після диференціювання виразу об'єму за часом отримаємо швидкість деформації, а за повторним диференціюванням отримаємо прискорення деформації об'єму частини зернівки,

$$\begin{aligned} \ddot{V} = \pi R^4 \frac{\{2\ddot{\theta} U \sin \theta \cos \theta [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)] U + 2\dot{\theta}^2 (\cos^2 \theta -} \\ (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^4 \\ - \sin^2 \theta) [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)] U + 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(2R^2 - 2h^2) \times \\ \times \sin \theta \cos \theta - 2 \sin \theta \cos \theta (R^2 - h^2)] U + 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta \times \\ \times (R^2 - h^2)] \dot{U} + 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) \dot{U} + [\sin^2 \theta (2R^2 - 2h^2) \dot{\theta} \sin \theta \times \\ \times \cos \theta] \dot{U} + \sin^2 \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) \ddot{U}\} (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2 -} \\ - \{2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)] U + \sin^2 \theta (R^2 \sin^2 \theta + \\ + h^2 \cos^2 \theta) \dot{U}\} 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(2R^2 - 2h^2) \end{aligned} \quad (7)$$

Далі отримаємо прискорення поступального руху зернівки з урахуванням прискорення її деформації в напрямку осі O_1Z_1

$$\ddot{\zeta}_1 = -\ddot{\theta}D_1 - D_2 - D_3 - \ddot{U}D_4 + g. \quad (8)$$

Використавши відповідні співвідношення, енергія прискорення деформації зернівок становитиме:

$$N = \frac{1}{2}m[(\ddot{\theta}D_1)^2 - 2\ddot{\theta}D_1(-D_2 - D_3 - \ddot{U}D_4 + g) + (\ddot{U}D_4)^2 - 2\ddot{U}D_4(-\ddot{\theta}D_1 - D_2 - D_3 + g)], \quad (9)$$

де m – маса насіння і розподільника очисної машини, кг.

$$h - U = \frac{h^2 \cos \theta}{z}, \quad (10)$$

Для виключення другої похідної прискорення деформації об'єму частини зернівки \ddot{U} із рівнянь (1) та (2), запишемо рівняння геометричного зв'язку:

Продиференціювавши вираз (10) отримаємо швидкість деформації об'єму частини зернівки:

$$\dot{U} = \frac{-\sin \theta \dot{\theta} h^2 \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - h^2 \cos \theta \dot{\theta} (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)}. \quad (11)$$

Продовжуючи диференціювання та спрощення, отримаємо прискорення деформації:

$$\begin{aligned} \ddot{U} = & \frac{\ddot{\theta} h^2 [-\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - \cos \theta (R^2 - h^2) \cos \theta \sin \theta] +}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2} + \\ & + \frac{\dot{\theta}^2 h^2 \{[-\cos \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta + \\ & + \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta - \cos \theta (R^2 - h^2) (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)] (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) + \\ & + [\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} + \cos \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta] 2(R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta\}}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2} \end{aligned} \quad (12)$$

За позначеннями

$$D_5 = -h^2 [\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} + \cos \theta (R^2 - h^2) \cos \theta \sin \theta] (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-2}; \quad (13)$$

$$\begin{aligned} D_6 = & \dot{\theta}^2 h^2 \{[-\cos \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta + \\ & + \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta - \cos \theta (R^2 - h^2) (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)] (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) + \\ & + [\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} + \cos \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta] 2(R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta\} \times \\ & \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-2}, \end{aligned}$$

а після введення позначень отримаємо, вираз

$$\ddot{U} = \ddot{\theta} D_5 + D_6. \quad (14)$$

Провівши підстановку значень виразу (14) у вираз (8), матимемо:

$$\ddot{\theta} = [D_2 / D_1 - D_3 / D_1 - D_6 D_4 / D_1 + g / D_1] / (1 + D_5 D_4 / D_1); \quad (15)$$

$$\ddot{U} = (-\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 + g) / D_4; \quad (16)$$

кутове і поступальне прискорення деформації об'єму частини зернівки, що за сприятливих зовнішніх умов та взаємодії і взаємозв'язку кінематичних параметрів зернівки і розподільника, з яким вона контактує при проходженні технологічного процесу, сприятиме зростанню деформації об'єму частини зернівки та мікрограмуванню насіння зернових культур.

За незалежні параметри, за якими проводили оптимізацію, застосували: $\theta, \dot{U}, \dot{\omega}, \ddot{\alpha}$, де $\ddot{\theta}$ – кутове прискорення деформації об'єму частини

кутове прискорення деформації об'єму частини

зернівки за змінним кутом θ між площинами XO_1O та XO_1M ; \ddot{U} – поступальне прискорення деформації об'єму частини зернівки, що контактує із сферичною поверхнею розподільника за напрямком осі $O_1\xi$; $\dot{\omega}$ – кутове прискорення обертання розподільника; $\ddot{\alpha}$ – кутове прискорення в точці дотику зернівки з поверхнею розподільника.

Аналогічно отримані системи диференціальних рівнянь другого порядку, що описують деформацію об'єму частини зернівок за напрямками осей $O_1\eta$ та $O_1\zeta$.

Експериментальні результати досліджень свідчать, що при падінні еліпсоїдної форми зернівок масою 0,04–0,05 г з їх поперечним радіусом 3–4 мм на сферичну поверхню розподільника пневмосепаруючого пристрою вібросепаратора радіусом 600 мм, який обертається з кутовою швидкістю до 6 рад·с⁻¹, деформація зернівки за напрямками осей неінерційної системи координат має незначні збільшення.

Експериментальні дослідження деформації зернівки за напрямком осей $O_1\xi$ при контактуванні з робочою поверхнею характеризуються початком підвищення з наступним уповільненням, при цьому, інтенсивне поширення деформації починається з 0,14 с. Найбільша потужність, необхідна для деформування речовини зернівки за 0,1 с становить 15,3 Дж·с⁻¹. Отже, обертання диска розподільника з швидкістю до 6 рад·с⁻¹, має мінімальний вплив на деформацію об'єму еліпсоїдної частини зернівки, що контактує з робочою поверхнею, а збільшення обертів до 7–9 рад·с⁻¹ сприяє зростанню деформації та мікротравмування зернівок, що негативно впливає на якість насіння.

Експериментально встановлено, що за напрямком осей системи координат $O_1\xi\eta\zeta$ протягом мінімального часу, до 1 с, відстань руху зернівок становить 1700, 1500, 250 мм, а величина швидкості руху знаходиться в межах 8050, 7500, 1250 мм·с⁻¹.

Наявність поступальних, тангенціальних та коріолісових компонентів швидкості і прискорення у системі побудованих рівнянь, що описують деформацію об'єму частини зернівки за дією сферичної поверхні розподільника та експериментальних досліджень встановлено, що деформація та мікротравмування пружно-в'язкої, еліпсоїдної зернівки, аналітично описаної рів-

нянням еліпсоїда обертання, здійснюється не тільки за напрямками їх прямої дії, але й, одночасно, та взаємодії у площинах інерціальної та неінерціальної системи координат, що зумовлює завихрення, обертання, кружляння та витання зернівок. При поєднанні сприятливих зовнішніх умов, механіко-технологічних та біологічних властивостей насіння, параметрів зернівок та ініціальних і неінерціальних взаємозв'язків деформація та мікротравмування суттєво зростає, що негативно впливає на якість насіння.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Згідно з системою рівнянь деформація об'єму частини зернівки еліпсоїдно-сферичної конфігурації при обертах диска розподільника до 6 рад·с⁻¹ за напрямком осей $O_1\xi$ має мінімальне значення, а із зростанням обертів, деформація та мікротравмування збільшується.

Застосовані незалежні параметри оптимізують кінетичну енергію прискорення зернівки у неінерційній системі координат з метою мінімізації деформації та мікротравмування й підвищення якості насіння зернових культур і їх урожайність.

Дослідження та розрахунки свідчать, що деформація та мікротравмування насіння проходить не тільки за прямою дією розглянутих чинників і параметрів, але й одночасно у площинах інерційної та неінерційної систем координат і за сприятливих зовнішніх умов та взаємодії і взаємозв'язку кінематичних параметрів зернівок та розподільника, значно зростає і суттєво впливає на мікротравмування, якість насіння та урожайність зернових культур.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на зниження мікротравмування насіння озимих і ярих зернових культур з одночасним визначенням якісних показників, що буде основою суттєвого збільшення їх урожайності та досягнення валового виробництва зерна до 100 млн тонн.

References

1. Adamchuk, V. V. (2010). *Teoriya tsentrobejnyih rabochih organov mashin dlya vneseniya mineralnyih udobreniy* [Theory of centrifugal robotic organs of machines for applying mineral fertilizers]. Kiev : *Agrarna nauka* [in Ukrainian].

2. Chazov, S. A., Shelepen, P. & Votskiy, Z. (1981). Travmirovanie semyan i puti snijeniya pri mehanizirovannoy obrabotke, obmolote, sortirovani [Injury of seeds and ways of reduction in mechanized processing, threshing, sorting]. *Ukrainskie nivyi*, 8, 41–43 [in Ukrainian].
3. Chazov, S. A. & Plaksin, V. F. (1974). Rezultaty issledovaniya pnevmaticheskoy ustanovki s polietilenovym truboprovodom dlya transportirovki semennogo zerna [Research results of a pneumatic installation with a polyethylene pipeline for transportation of seed grain]. *Biology and technology of seeds*, 16–19. [in Ukrainian].
4. Derevianko, D. A., Tarasenko, O. P. & Orobinskyi, V. I. (2012). Vplyv travmuvannia na yakist nasinnia zernovykh kultur [Influence of Injuries on the Quality of Seeds of Cereal Crops]. Zhytomyr : Nilan-LTD [in Ukrainian].
5. Derevjnko, D., Sukmaniuk, E. & Derevjnko, O. (2017). Grain crops injuries and drying modes while seeds preparation. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 53 (3), 89–94.
6. Drincha, V. M. (2006). Issledovaniya separatsii semyan i razrobotka mashynnykh tehnologiy ih podgotovki. [Seed separation studies and development of machine technologies for their preparation]. Voronezh: MODEK [in Russian].
7. Drincha, V. M. & Sukonin, L. M. (1997). Tehnologiya i kompleks mashin dlya ochistki zerna i semyan [Technology and complex of machines for cleaning grain and seeds]. *Zemledelie*, 3, 34–35 [in Russian].
8. Fadeev, L. V. (2015). Silnyie semena na kajdoe pole [Strong seeds for each field]. Harkov: SPETS EMM [in Ukrainian].
9. Fadeev, L. V. (2015). Zerno nelzya bit – ono osnova jizni cheloveka [Grain cannot be beaten - it is the basis of human life]. Harkov : SPETS EMM [in Ukrainian].
10. Holovach, I. V., Derevianko, D. A. & Derevianko, O. D. (2017). Travmuvannia nasinnia pry pidsushuvanni tekhnichnymi zasobamy [Injury of seeds during drying by technical means]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 1, 78–82 [in Ukrainian].
11. Goncharov, E. S. (1963). Issledovaniya protsessa separatsii zernovykh materialov tsentroběžno-vibratsionnyimi reshetami [Investigations of the process of separation of grain materials by centrifugal-vibrating sieves] (Avtoreferat dissertatsii kandidata tehnikeskikh nauk). Kiev [in Ukrainian].
12. Pugachov, M. A. (1976). Povrejdenie zerna mashinami [Damage to the grain by machines]. Moskva: Kolos [in Russian].
13. Strona, I. G. (1974). Travmirovanie semyan zernovykh kultur i urojay [Injury of grain crops seeds and harvest]. *Biologiya i tehnologiya semyan*, 8, 122–129 [in Ukrainian].
14. Tarasenko, A. P. (2003). Snijenie travmirovaniya semyan pri uborke i posleuborochnoy obrabotke [Reduction of seeds injury during harvesting and post-harvest processing]. Voronezh: VGU [in Russian].
15. Tischenko, L. N., Olshanskiy, V. P. & Olshanskiy, S. V. (2011). Vibroreshetnaya separatsiya zernovykh smesey [Vibrosilicate separation of grain mixtures]. Harkov : Miskdruk [in Ukrainian].
16. Vasilenko, P. M. (1960). Teoriya dvijeniya chastitsyi po sherohovatyim poverhnostyam selskohozyaystvennykh mashin [The theory of particle motion over rough surfaces of agricultural machines]. Kiev : UASH [in Ukrainian].
17. Zaika, P. M. (2006). Teoriia silskohospodarskykh mashyn [The theory of agricultural machines] (vol. 3). Kharkiv : OKO [in Ukrainian].

PROGRESSION, DEFORMATION AND GRAINS MICRO INJURY ACCORDING TO ELIPSOID EQUIPMENT EQUALIZATION

D. Derevjnko, E. Sukmaniuk, S. Chychlyuk,
O. Derevjnko

e-mail: derevjanko.dmitro@gmail.com,
sukmanyukolena@gmail.com

Zhytomyr National Agroecological University
7, Stary Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

Deformation formalization and seeds micro injury whose surface is described by a rotation ellipsoid is given by the equation of its rotation.

After single and double differentiation of the deformation expression of the grains part volume, simplification, designations, minimization of acceleration energy, elastic and viscous properties of grains which are represented by the first and the second components of the differential equations system describing the grains deformation according to the configuration of the rotation ellipsoid are variables that significantly affects the deformation and seeds micro injury. For independent parameters with the help of which we optimize the acceleration

energy of grains to minimize the passage of the deformation process and the seeds micro injury we accept the angular and steady acceleration of the grains part deformation and the angular acceleration at the point of grains contact with the distributor spherical surface.

The experimental, industrial and laboratory studies results conducted in PE "Ukraine" of Zhytomyr region show that during the threshing by a drum threshing machine the amount of macro injured seeds increased to 6.4%, and after the rotor did to 3.1%, that is more than twice. Total micro injured seeds after threshing by a drum was 54.0%, and after rotary one was 23.0%, that is, the difference is more than twice. Such kind of situation is explained primarily by the different working modes of these working bodies, as for the grain pile arrival and passing and the mechanical loads on grains, which leads to their injury.

Similar results of the seeds injuries were obtained at other enterprises of Vinnitsa and Cherkasy regions, where different types of winter wheat and winter rye were studied, with the difference in weather and climatic conditions, different levels of cultivation agriculture and the technological process implementation organization.

Key words: seeds, modes, injury, micro injury, quality, moisture.

ДВИЖЕНИЕ, ДЕФОРМАЦИЯ И МИКРОТРАВМИРОВАНИЕ ЗЕРНОВОК СОГЛАСНО УРАВНЕНИЮ ЭЛЛИПСОИДА ВРАЩЕНИЯ

Д. А. Деревянко, Е. Н. Сукманюк,

С. Б. Чичилюк, А. Д. Деревянко

e-mail: derevyanko.dmutro@gmail.com,

sukmanyukolena@gmail.com

Житомирский национальный агроэкологический университет,
бульвар Старый, 7, г. Житомир, Украина, 10008

Формализация деформации и микротравмирование семян зерновых культур, поверхность которых описывается эллипсоидом вращения, представлена уравнением его вращения.

После однократного и двукратного дифференцирования выражения деформации объема части зерновки, упрощение, обозначений, минимизации энергии ускорения, упругое и вязущее свойства зерновок, которые представлены первыми и вторыми компонентами системы дифференциальных уравнений, которые описывают деформацию зерновки, за конфигурацией эллипсоида вращения являются сменными, что существенно влияет на деформацию и микротравмирование семян. За независимые параметры, при помощи которых проводим оптимизацию энергии ускорения зерновки с целью минимизации прохождения процесса деформации и микротравмирование семян, принимаем угловое и поступательное ускорения деформации объема части зерновки и угловое ускорение в точке столкновения зерновки со сферической поверхностью распределителя.

Результаты экспериментальных, производственных и лабораторных исследований, проведенных в ПП "Украина" Житомирской области, свидетельствуют, что во время обмолачивания барабанным молотильным аппаратом количество микротравмированного семени возросло до 6,4%, а после роторного – 3,1% больше чем в два раза. Всего микротравмированного семени после обмолачивания барабанным аппаратом составляло 54,0%, а после роторного – 23,0%, т.е. разность больше чем в два раза. Такое состояние объясняется, прежде всего, разными режимами работы этих рабочих органов, относительно уступки и прохождения зернового вороха и механических нагрузок на зерновку, которое содействует их травмированию.

Аналогичные результаты травмирования семян получено и на других предприятиях Винницкой и Черкасской областей, где исследовались разные сорта озимой пшеницы и озимой ржи, с разностью, соответственно, погодноклиматических условий, разным уровнем агротехники выращивания и организацией выполнения технологического процесса.

Ключевые слова: семя, режимы, травмирование, микротравмирование, качество, влага.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-23-30

УДК 631.362.3

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ
ФОТОЕЛЕКТРОННОГО СЕПАРАТОРА НАСІННЯ СОНЯШНИКА****Е. Б. Алієв***e-mail: aliev@meta.ua*Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України
вул. Інститутська, 1, с. Сонячне, Запорізький р-н, Запорізька обл., 69093, Україна

Незважаючи на все більш зростаюче застосування фотоелектронних сепараторів при контролі і сортуванні на стадії випуску готової продукції олійних культур, область їх застосування продовжує залишатися досить вузькою. Тому передбачено проведення експериментальних досліджень та обґрунтування раціональних параметрів робочих органів фотоелектронного сепаратора. Метою досліджень є підвищення ефективності технологічного процесу сепарації насіннєвого матеріалу соняшника за їх морфологічними показниками шляхом обґрунтування конструктивно-режимних параметрів розробленого фотоелектронного сепаратора. Експериментальні дослідження проводилися на установці, що складалася з експериментального зразка фотоелектронного сепаратора, частотного перетворювача, лабораторного блока живлення із можливістю зміни напруги і лічильника електроенергії. Експериментальний зразок фотоелектронного сепаратора містив бункер, відкалібровану заслінку, барабан із радіальними лопатями, електродвигун, вібрлоток, вібродвигун, фотоелектронну систему реєстрації насіння, газові форсунки, реле керування, повітряний компресор. В результаті експериментальних досліджень фотоелектронного сепаратора було розроблено фізико-математичну модель, яка зв'язала сумарну концентрацію насіння, продуктивність фотоелектронного сепаратора і його споживаєму потужність з подачею насіння, частотою коливань вібрлотка, частотою обертання барабана, часовою затримкою спрацьовування форсунки, чутливістю фотодатчика. У процесі досліджень було вирішено компромісне завдання, а саме, мінімізація сумарної концентрації насіння і потужності, що споживається фотоелектронним сепаратором, за максимального значення його продуктивності, яка порівняна із значенням подачі насіння. В результаті встановлені раціональні конструктивно-технологічні параметри фотоелектронного сепаратора.

Ключові слова: соняшник, насіння, фотоелектронний сепаратор, якість, продуктивність, енерговитрати, параметри.

Постановка проблеми

Незважаючи на все більш зростаюче застосування фотоелектронних сепараторів при контролі і сортуванні на стадії випуску готової продукції олійних культур, область їх застосування продовжує залишатися досить вузькою. Однак, вчені вже оцінили переваги фотоелектронного сепарування навіть, всього лише за одним параметром (за кольором). Більш того, по відбивній здатності зернівки, крім кольору, навчилися судити про якість лушення зернівок і якість шліфування їх поверхні [1]. У працях [2–4] йдеться про великі перспективи фотоелектронного сепарування в зернопереробних вироб-

ництвах. Тому можна з великим ступенем ймовірності прогнозувати поширення фотоелектронного сепарування за кольором у насінництві і селекції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Навіть у рамках переробки готової сільськогосподарської продукції потенційні можливості фотоелектронних приладів використовуються не повною мірою. Окремими розробками розширені деякі можливості фотоелектронних сепараторів, однак, є досить велика проблема з нестачею математичних моделей процесу визначення забарвлення насіння і відповідних для них алго-

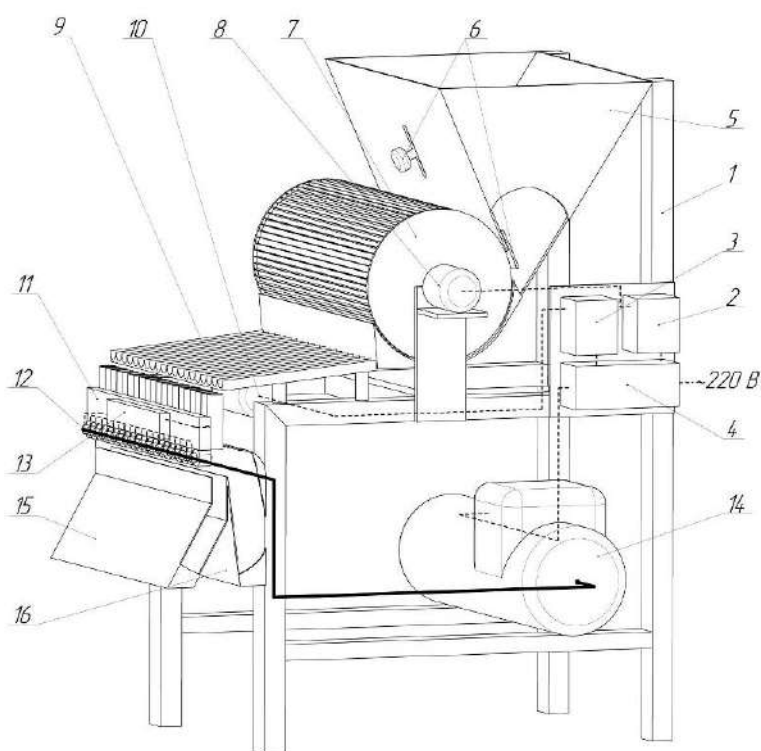
ритмів [5; 6]. Тому передбачено проведення експериментальних досліджень та обґрунтування раціональних параметрів робочих органів фотоелектронного сепаратора.

Мета, завдання та методика досліджень

Метою досліджень є підвищення ефективності технологічного процесу сепарації насінневого матеріалу соняшника за їх морфологічними показниками шляхом обґрунтування конструктивно-режимних параметрів розробленого фотоелектронного сепаратора.

Експериментальні дослідження проводилися

на установці, що складалася з експериментального зразка фотоелектронного сепаратора, частотного перетворювача Danfoss VLT Micro Drive, лабораторного блока живлення із можливістю зміни напруги і лічильника електроенергії. Експериментальний зразок фотоелектронного сепаратора містив бункер, відкалібровану заслінку, барабан із радіальними лопатями, електродвигун, вібрлоток із 20-и однакових повздовжніх каналів, вібродвигун, фотоелектронну систему реєстрації насіння, газові форсунки RAIL 67R-01 4303, USB-реле керування STU2161407M-H, повітряний компресор (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема (а) та загальний вигляд (б) експериментальної установки

Примітка: рис. 1. (а) 1 – експериментальний зразок фотоелектронного сепаратора; 2 – частотний перетворювач Danfoss VLT Micro Drive; 3 – лабораторний блок живлення; 4 – лічильник електроенергії; 5 – бункер; 6 – відкалібрована заслінка; 7 – барабан із радіальними лопатями; 8 – електродвигун; 9 – вібрлоток; 10 – вібродвигун; 11 – фотоелектронна система реєстрації насіння; 12 – газові форсунки RAIL 67R-01 4303; 13 – USB-реле керування STU2161407M-H; 14 – повітряний компресор; 15 – камера ліквідних насінин; 16 – камера неліквідних насінин;

Для забезпечення певної подачі насіння використовувалася відкалібрована заслінка, яка обмежує вхідну продуктивність. З використанням частотного перетворювача здійснюється

зміна частоти обертів ротора електродвигуна і, як наслідок, барабана. Зміна частоти вібрації вібрлотка здійснювалася за допомогою зміни напруги лабораторного блока живлення, який

приєднано до вібродвигуна. Часова затримка спрацьовування газової форсунки і чутливість фотодатчиків фотоелектронної система реєстрації насіння змінюється за допомогою відповідних змінних резисторів.

Вихідним матеріалом при проведенні експериментальних досліджень була насіннева суміш

соняшнику, яка була відкалібрована до розміру 2,8–3,0 мм. До складу насінневої суміші входили наступні різнобарвні сортозразки соняшнику селекції Інституту олійних культур НААН: Сл2613, 14RNA274, ВК419-2, ІnK225 – 1 група; ІnK404, І2K2218, ВІР130, КГ9 – 2 група (рис. 2).

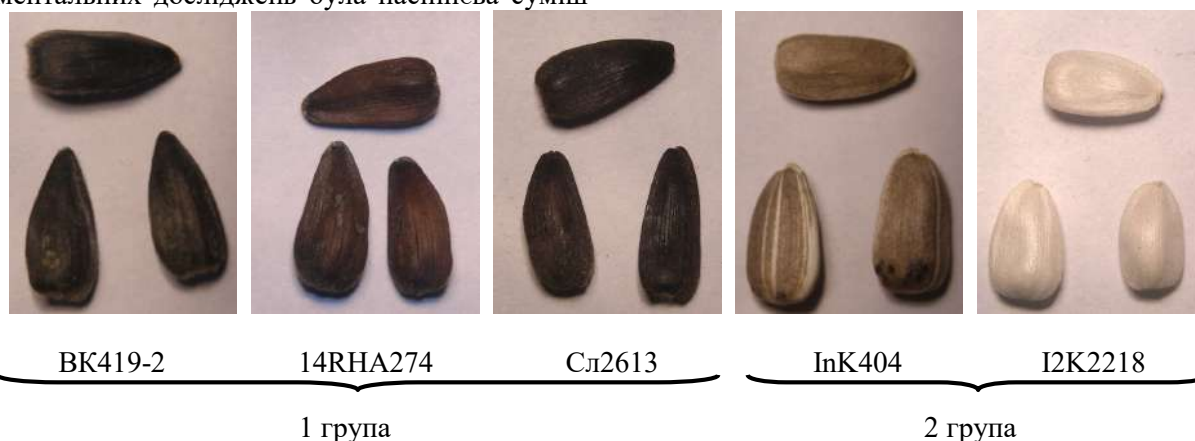


Рис. 2. Забарвлення сортозразків соняшника, що входять до складу вхідної насінневої суміші

На основі проведених попередніх теоретичних і експериментальних досліджень у якості найбільш вагомих було обрано такі фактори: подача насіння Q , частота коливань віброрізка ψ , частота обертання барабана n , часова затримка

спрацьовування форсунки Δt , чутливість фотодатчика λ [7; 8]. Інтервали і рівні варіювання факторів при проведенні досліджень наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Рівні та інтервали варіювання факторів при проведенні експериментальних досліджень процесу роботи фотоелектронного сепаратора

Рівні варіацій факторів	Фактори				
	подача насіння Q , кг/год	частота коливань віброрізка ψ , s^{-1}	частота обертання барабана n , об/хв	часова затримка спрацьовування форсунки Δt , мс	чутливість фотодатчика λ , %
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Верхній (+1)	15	10	15	140	90
Нульовий (0)	9	7,5	10	80	70
Нижній (-1)	3	5	5	20	50
Інтервал	6	2,5	5	60	20

Джерело: власні дослідження.

В якості критеріїв оптимізації було прийнято наступне: продуктивність q , кг/год; споживану потужність P , кВт; сумарну концентрацію насіння θ , %. Продуктивність фотоелектронного сепаратора q визначалася шляхом вимірювання маси насіння M , що пройшло через нього, і відповідного часу τ . Потужність, що витрачається фотоелектронним сепаратором, вимірювалася з використанням повіреного лічильника електроенергії. Сумарна концентрація

насіння θ – це сума масових концентрацій неліквідних насінини у приймальній камері ліквідних насінин і ліквідних насінини у приймальній камері неліквідних насінин. Чим нижче сумарна концентрація, тим вище якість технологічного процесу сепарації насіння.

Один дослід проводився при пропусканні через експериментальний зразок сепаратора 10 кг насінневої суміші. Дослідження проводилися за D-оптимальним планом Бокса-Бенкіна другого порядку для 5 факторів у триразовій повторності.

Обробка результатів досліджень, проведених методом математичного факторного планування експериментів, виконувалися за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica». Математична модель визначалася за кожним критерієм оптимізації.

Результати досліджень

В результаті експериментальних досліджень отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на сумарну концентрацію насіння мала вигляд:

$$\begin{aligned} \theta = & 803,784 - 1,50833 n + 0,21075 n^2 - 17,0708 Q + 0,256308 Q^2 - \\ & - 3,92507 \Delta t - 0,0103333 n \Delta t + 0,0420833 Q \Delta t - 0,010408 \Delta t^2 - \\ & - 5,30823 \lambda + 0,0347552 \lambda^2 - 86,2992 \psi - 0,248 n \psi + \\ & + 1,01167 Q \psi + 0,257333 \Delta t \psi + 3,67633 \psi^2. \end{aligned} \quad (1)$$

З використанням програмного пакету Mathematica визначено раціональні значення факторів досліджень за умови забезпечення мінімальної сумарної концентрації насіння:

$$\theta (Q = 11,7 \text{ кг/год}, \psi = 7,9 \text{ с}^{-1}, n = 10,0 \text{ об/хв}, \Delta t = 71 \text{ мс}, \lambda = 76,3 \%) = 9,76 \% \quad (2)$$

Приймаючи отримані раціональні значення факторів досліджень (2) побудовані двомірні поверхні (рис. 3).

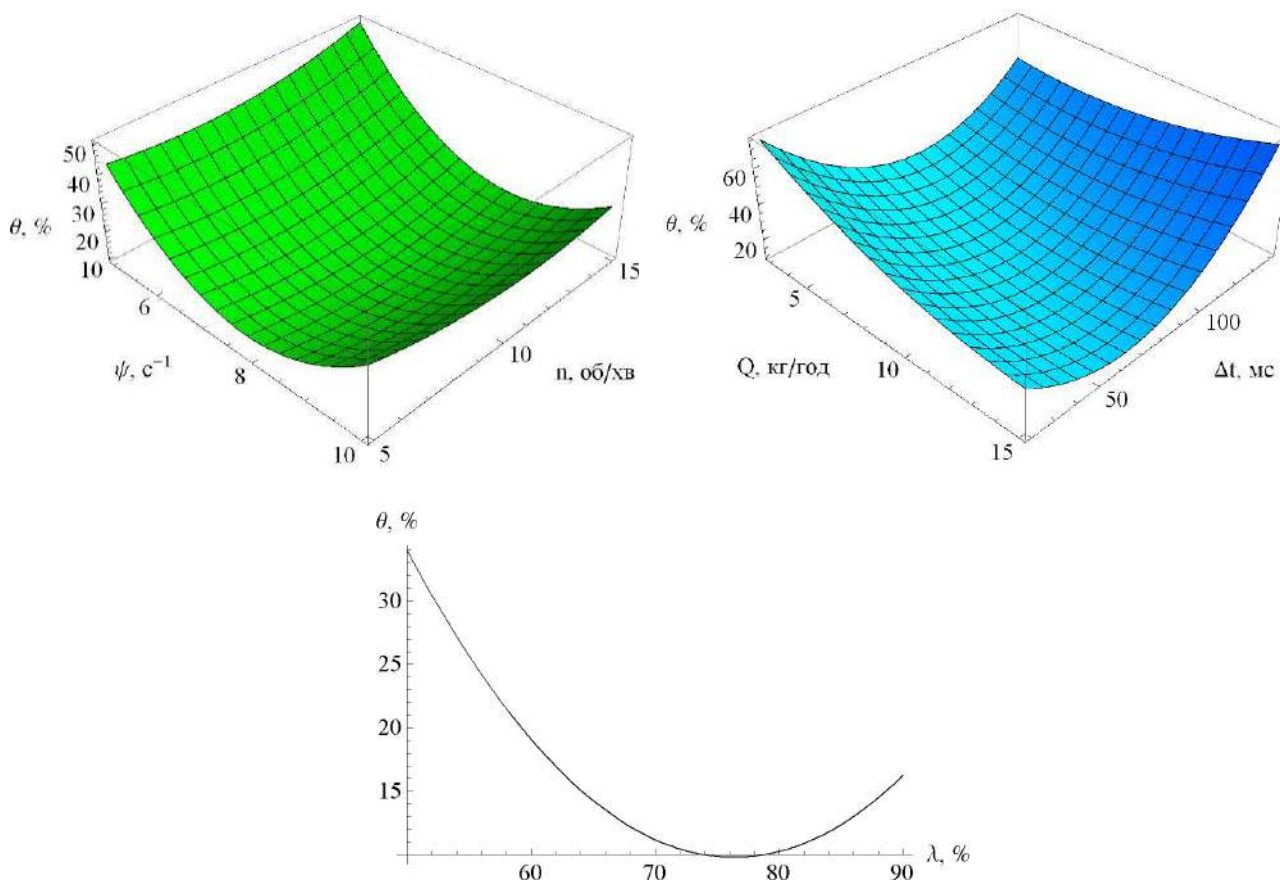


Рис. 3. Залежність сумарної концентрації насіння θ від факторів досліджень за відповідних раціональних значень (2)

Джерело: власні дослідження.

Аналізуючи рис. 3, можна стверджувати, що на сумарну концентрацію насіння θ впливають всі вищезгадані фактори, які мають оптимум у найменшій точці у заданому інтервалі.

$$q = 9,9901 + 0,166667 n - 0,01675 n^2 + 0,652083 Q - 0,0715856 Q^2 + 0,005 \Delta t + 0,000666667 n \Delta t + 0,00333333 \lambda - 0,00125 n \lambda - 0,000166667 \Delta t \lambda - 3,785 \psi + 0,032 n \psi + 0,145 Q \psi + 0,003 \lambda \psi + 0,223667 \psi^2. \quad (3)$$

З використанням програмного пакету Mathematica визначено раціональні значення факторів досліджень з умови забезпечення максимальної продуктивності фотоелектронного сепаратора:

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на продуктивність фотоелектронного сепаратора мала вигляд:

$$q (Q = 14,9 \text{ кг/год}, \psi = 10,0 \text{ с}^{-1}, n = 12,7 \text{ об/хв}, \Delta t = 79 \text{ мс}, \lambda = 90,0 \%) = 14,8 \text{ кг/год} \quad (4)$$

Приймаючи отримані раціональні значення факторів досліджень (4), побудовані двомірні поверхні (рис. 4).

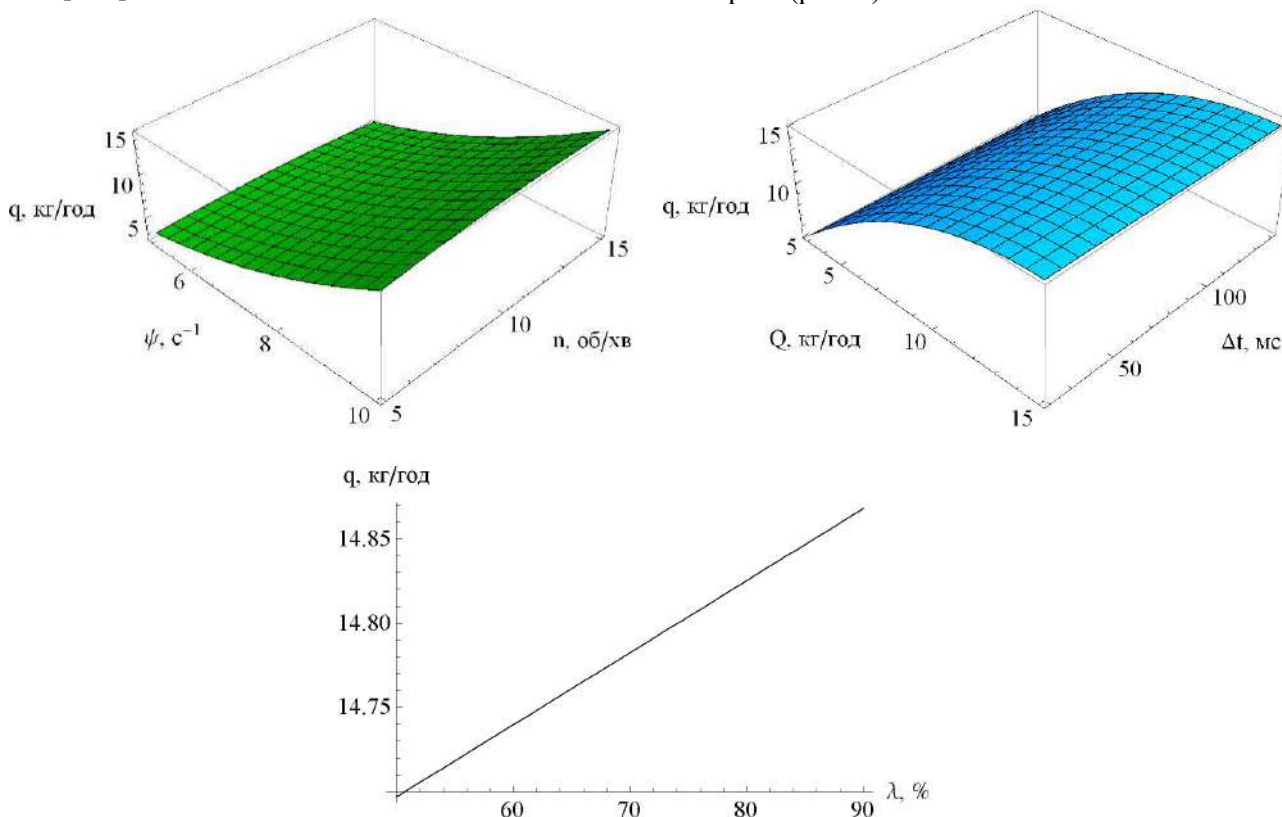


Рис. 4. Залежність продуктивності фотоелектронного сепаратора q від факторів досліджень за відповідних оптимальних значень (4)

Аналізуючи рис. 4, можна стверджувати, що на продуктивність фотоелектронного сепаратора впливають всі вищезгадані фактори. При цьому зі збільшенням частоти коливань вібралотка, подачі насіння і чутливості фотодатчика збільшується і продуктивність фотоелектронного сепаратора. А для частоти обертання барабана $n = 12,7$ об/хв і часової затримки спрацювання форсунки $\Delta t = 79$ мс спостерігається оптимум.

Математична модель впливу досліджуваних факторів на потужність, що споживається фотоелектронним сепаратором, мала вигляд:

$$P = -16,9896 + 6,875 n + 0,26 n^2 + 10,6563 Q + 15,4 \psi - 0,52 n \psi - 0,333333 Q \psi. \quad (5)$$

З використанням програмного пакету Mathematica визначено раціональні значення факторів досліджень з умови забезпечення мінімальної потужності, що споживається

фотоелектронним сепаратором:

$$P(Q = 3 \text{ кг/год}, \psi = 5 \text{ с}^{-1}, n = 5 \text{ об/хв}) = 114 \text{ Вт} \quad (6)$$

Приймаючи отримані раціональні значення факторів досліджень (6), побудовані двомірні поверхні (рис. 5).

Аналізуючи рисунок 5, можна стверджувати, що на потужність, яка витрачається фотоелектронним сепаратором впливає тільки подача насіння, частота коливань віброрізка і частота обертання барабана. При цьому, із їх збільшенням, збільшується і потужність.

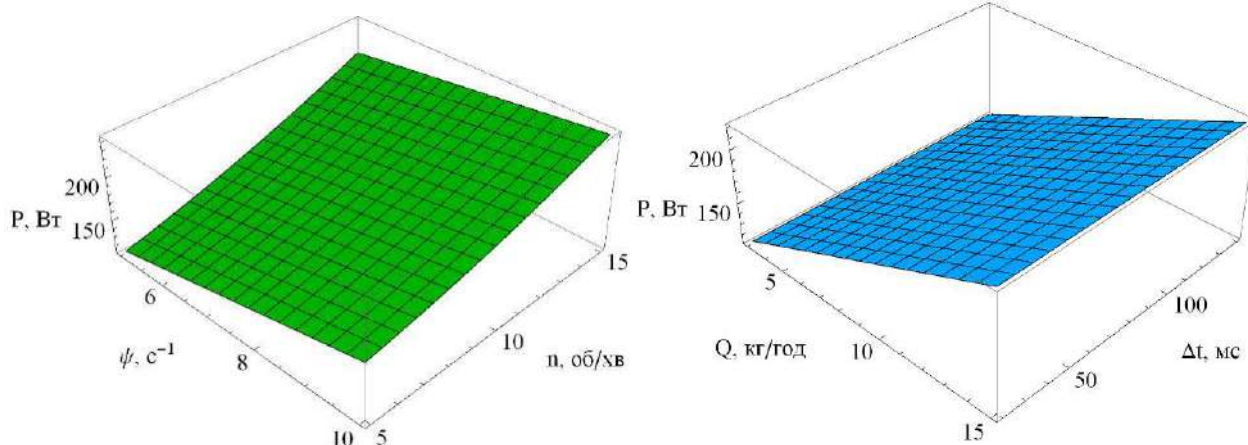


Рис. 5. Залежність потужності P , що споживається фотоелектронним сепаратором, від факторів досліджень за відповідних оптимальних значень (6)

Джерело: власні дослідження.

Вирішення задачі (7) за допомогою програмного пакету «Mathematica» призвели до раціональних параметрів і режимів роботи фотоелектронного сепаратора:

$$Q = q = 9,7 \text{ кг/год}; \psi = 8,6 \text{ с}^{-1}; n = 9,7 \text{ об/хв}; \\ \Delta t = 66 \text{ мс}; \lambda = 76,4 \%; P = 239 \text{ Вт}. \quad (8)$$

Висновки та перспективи подальших досліджень

В результаті експериментальних досліджень фотоелектронного сепаратора було розроблено фізико-математичну модель, яка зв'язала сумарну концентрацію насіння θ , продуктивність фотоелектронного сепаратора q і його споживаєму потужність P від подачі насіння Q , частоти коливань віброрізка ψ , частоти обертання барабана n , часової затримки спрацьовування форсунки Δt , чутливості фотодатчика λ .

У процесі досліджень була вирішена компромісна задача, а саме мінімізація сумарної концентрації насіння θ і потужності P , що споживається фотоелектронним сепаратором, за максимального значення його продуктивності q ,

Завданням вирішення компромісної задачі була мінімізація сумарної концентрації насіння і потужності, що споживається фотоелектронним сепаратором, за максимального значення його продуктивності, яка порівняна із значенням подачі насіння, тобто:

$$\begin{cases} \theta(Q, \psi, n, \Delta t, \lambda) \rightarrow \min, \\ P(Q, \psi, n, \Delta t, \lambda) \rightarrow \min \\ q(Q, \psi, n, \Delta t, \lambda) = Q \rightarrow \max. \end{cases} \quad (7)$$

яка порівняна із значенням подачі насіння Q . В результаті раціональними конструктивно-технологічними параметрами фотоелектронного сепаратора є: $Q = q = 9,7 \text{ кг/год}$; $\psi = 8,6 \text{ с}^{-1}$; $n = 9,7 \text{ об/хв}$; $\Delta t = 66 \text{ мс}$; $\lambda = 76,4 \%$; $P = 239 \text{ Вт}$.

Перспективним напрямом подальших досліджень є.

References

1. Butkovskiy, V. A., Merko, A. I. & Melnikov, V. M. (1999). *Tehnologii zernopereraba tyivayuschih proizvodstv* [Technologies of grain processing industries]. Moskva: Intergraf servis [in Russian].
2. Clie, C., Chiang, Y. P. & Pomeranz, Y. (1989). Image analysis and characterization of cereal grains with a laser range finder and camera contour extractor. *Cereal Cliem*, 6, 466–470.
3. Thomson, W. H. & Pomeranz, Y. (1991). Classification of wheal kernels using three-dimensional image analysis. *Cereal Chem*, 34, 357–361.

4. Shazzo, A. Yu. & Usatkov, S. V. (2012). Efektyvnist rozpoznavannia prykhovanoi zarazhenosti zernivok iz zobrazen v infrachervonomu spektri [Effectiveness of detecting hidden infectivity of grains from images in the infrared spectrum]. *Visnyk ONU. Kharchova tekhnolohiia*, 4, 105–108 [in Ukrainian].

5. Adams D., Peelaers, B., & Dirix, B. (2009). U.S. Patent 7557922B2. Washington, O.S. : U.S. Patent and Trademark Office.

6. Algazinov, E. K., Dryuchenko, M. A., Minakov, D. A., Sirota, A. A., & Shulgin, V. A. (2013). Elements of grain mixture recognition method based on the spectral characteristics analysis in real-time color sorting systems. *VSU Bulletin*, 2 (System analysis and information technologies), 9–19.

7. Shevchenko, I. A. & Aliiev, E. B. (2018). Research on the photoelectronic separator seed supply block for oil crops. *INMATEH Agricultural Engineering*, 54 (1), 129–138.

8. Aliiev, E. B. & Yaropud, V. M. (2017). Rezultaty chyselnoho modeliuvannia protsesu roboty bloka podachi nasinnia fotoelektronnoho separatora [Results of numerical modeling of the process of operation of the seed supply unit of the photoelectronic separator]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 4 (99), 18–23 [in Ukrainian].

JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE-MODE PARAMETERS OF A PHOTO-ELECTRON SEPARATOR OF SUNFLOWER SEEDS

E. Aliiev

e-mail: aliev@meta.ua

Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
st. Institutskaya, 1, pos. Sunny, Zaporozhye district,
Zaporozhye region, 69093, Ukraine

Despite the ever-increasing use of photoelectronic separators in the control and sorting at the stage of production of finished oilseeds, the area of their application continues to remain quite narrow. Therefore, it is envisaged to conduct experimental studies and substantiate rational parameters of the working bodies of the photoelectronic separator. The aim of the research is to increase the efficiency of the technological process of separation of sunflower seed according to its morphological indicators by justifying the design-

mode parameters of the developed photoelectronic separator. Experimental studies were conducted on the installation, consisting of an experimental sample of a photoelectric separator, a frequency converter, a laboratory power supply unit with the possibility of changing the voltage and an electricity meter. An experimental sample of a photoelectronic separator contained a bunker, a calibrated damper, a drum with radial blades, an electric motor, a vibrating channel, a vibromotor, a photoelectronic system for registering seeds, gas jets, a control relay, an air compressor. As a result of experimental studies of the photoelectronic separator, a physico-mathematical model was developed that linked the total seed concentration, photoelectronic separator performance and its power consumption with seed supply, vibratory frequency, vibration frequency, drum rotation frequency, photosensor sensitivity. In the process of research, a compromise problem was solved, namely, minimizing the total concentration of seeds and power consumption by the photoelectric separator, with a maximum value of its productivity, which is comparable to the value of the seed supply. As a result, rational design and technological parameters of the photoelectronic separator were established.

Keywords: *sunflower, seeds, photoelectronic separator, quality, performance, energy consumption, parameters.*

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРОННОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

Э. Б. Алиев

e-mail: aliev@meta.ua

Институт масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины
ул. Институтская, 1, пос. Солнечный, Запорожский р-н,
Запорожская обл., 69093, Украина

Несмотря на все более возрастающее применение фотоэлектронных сепараторов при контроле и сортировке на стадии выпуска готовой продукции масличных культур, область их применения продолжает оставаться достаточно узкой. Поэтому предусмотрено проведение экспериментальных исследований и обоснование рациональных параметров рабочих органов

фотоэлектронного сепаратора. Целью исследований является повышение эффективности технологического процесса сепарации семенного материала подсолнечника по его морфологическим показателям путем обоснования конструктивно-режимных параметров разработанного фотоэлектронного сепаратора. Экспериментальные исследования проводились на установке, состоящей из экспериментального образца фотоэлектронного сепаратора, частотного преобразователя, лабораторного блока питания с возможностью изменения напряжения и счетчика электроэнергии. Экспериментальный образец фотоэлектронного сепаратора содержал бункер, откалиброванную заслонку, барабан с радиальными лопастями, электродвигатель, вибрлоток, вибродвигатель, фотоэлектронную систему регистрации семян, газовые форсунки, реле управления, воздушный компрессор. В результате экспериментальных исследований фотоэлектронного сепаратора разработана физико-математическая модель, которая связала суммарную концентрацию

семян, производительность фотоэлектронного сепаратора и его потребляемую мощность с подачей семян, частотой колебаний вибрлотка, частотой вращения барабана, временем задержки срабатывания форсунки, чувствительностью фотодатчика. В процессе исследований была решена компромиссная задача, а именно минимизация суммарной концентрации семян и потребляемой мощности фотоэлектронным сепаратором, при максимальном значении его производительности, которая сопоставима со значением подачи семян. В результате установлены рациональные конструктивно-технологические параметры фотоэлектронного сепаратора.

Ключевые слова: подсолнечник, семена, фотоэлектронный сепаратор, качество, производительность, энергозатраты, параметры.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-31-39

УДК 629.113

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОЗГАНЯННЯ АВТОМОБІЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІД ЧАС РОБОТИ НА ГЕНЕРАТОРНОМУ ГАЗУ

Б. В. Ємець*e-mail: bogdan1199@ukr.net*Житомирський національний агроєкологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Обґрунтовано, що в Україні найбільшими забруднювачами повітря відпрацьованими газами є автомобілі, які використовують бензин у вигляді палива для своїх двигунів. Тому актуальним є застосування альтернативних видів палива, які, можливо, спершу частково замінять бензин. Один із способів вирішення цієї проблеми – це можливість роботи як бензинових двигунів, так і дизелів автомобілів на генераторному газі (ГГ), отриманому шляхом газифікації твердого палива. Щоправда це приводить до погіршення показників зовнішньої роботи переобладнаних двигунів для роботи на генераторному газі, і, зокрема, показників розганяння цих автомобілів. Отримано графічну залежність величини зниження швидкості руху (в тому числі швидкості розганяння) автомобіля за час переключення передач від приведеного коефіцієнта опору кочення та часу переключення передач.

Встановлено, що використання ГГ в якості палива для двигуна автомобіля ГАЗ-САЗ-35071 погіршує більше ніж удвічі величини показників розганяння цього автомобіля. У зв'язку з тим, що використання спеціальних газогенераторних двигунів у найближчі роки навряд чи можливе, слід шукати різні шляхи підвищення показників розганяння переобладнаних газогенераторних автомобілів. Найбільш ефективно підвищити показники розганяння цих автомобілів можна способом підвищення густини газоповітряної суміші, що поступає в циліндри переобладнаного двигуна. Використання нагнітання газоповітряної суміші збільшує ефективну потужність роботи такого двигуна на 20...35%. Встановлено, що використання нагнітача (з механічним приводом) газоповітряної суміші в циліндри двигуна, який працює на ГГ, призводить до підвищення показників розганяння автомобілів у порівнянні з газогенераторними автомобілями, які не використовують подібну систему на 12...19%.

Ключові слова: показники розганяння, автомобіль, генераторний газ, нагнітач з механічним приводом.

Постановка проблеми

Проблема забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами від роботи двигунів автомобілів притаманна багатьом країнам і наразі набула глобального характеру. В Україні найбільшими забруднювачами повітря є автомобільні транспортні засоби, які використовують бензин у вигляді палива для своїх двигунів [1]. Бензиновий двигун внутрішнього згоряння застарілих конструкцій вантажних автомобілів, які ще використовуються в аграрному виробництві (ЗиЛ-130, ГАЗ-53-12, інші марки і моделі автомобілів) на 1 км шляху викидає в навколишнє середовище близько 70 г

оксиду вуглецю, 25 г оксиду азоту, свинець, оцтовий альдегід, бензол, ацетилен, бенз-х-пірен, бенз-х-атрофен і ще близько 220 шкідливих для живих організмів речовин [2]. Тому актуальним є застосування альтернативних видів палива, які, можливо, спершу частково замінять бензин. Один із способів вирішення проблеми альтернативи експлуатації нафтопродуктів – це можливість роботи як бензинових двигунів, так і дизелів автомобілів на генераторному газі (ГГ), отриманому шляхом газифікації твердого палива [1, 2].

Але зміна показників зовнішньої роботи переобладнаних двигунів для роботи на ГГ, що можуть бути встановлені на вантажних автомо-

білях сільськогосподарського призначення, зумовлює зміну тягово-швидкісних властивостей, і зокрема показників розганання цих автомобілів, які мають бути досліджені відповідно до умов аграрного виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основи теоретичних досліджень тягово-швидкісних властивостей, і в тому числі показників розганання автомобілів, викладені в наукових роботах Чудакова Е. А., Зимелева Г. В., Фалькевича Б. С., Фаробіна Я. Є., Туревського М. С. та ін.

Тягово-швидкісні властивості автомобіля, що працює на ГТ, оцінюють за допомогою динамічної та швидкісної характеристики показників його розганання.

В технічній літературі нині немає єдиних критеріїв і показників розганання автомобіля, проте в теорії автомобіля і на практиці застосовується такий їх перелік [3]: час розганання на шляху 400 і 1000 м; час розганання до заданої швидкості; прискорення при розгананні; рідше інші.

Показники тягово-швидкісних властивостей автомобіля, і зокрема показники розганання, можна визначити шляхом розв'язку рівняння руху автомобіля, яке записано Г. В. Зимелевим у вигляді [4]:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = P_{кол}(V) - P_{он}(V, V^2) \pm G_a \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

$$a = \frac{M_{к.мин}}{A_{11}} + \frac{M_{к.макс}}{A_{12}} + \frac{M_N}{A_{13}},$$

$$b = \left[\frac{(\omega_N + \omega_M) \cdot M_{к.мин}}{A_{11}} + \frac{(\omega_N + \omega_{мин}) \cdot M_{к.макс}}{A_{12}} + \frac{(\omega_{мин} + \omega_M) \cdot M_N}{A_{13}} \right],$$

$$c = \left(M_{к.мин} \cdot \frac{\omega_M \cdot \omega_N}{A_{11}} + M_{к.макс} \cdot \frac{\omega_N \cdot \omega_{мин}}{A_{12}} + M_N \cdot \frac{\omega_{мин} \cdot \omega_M}{A_{13}} \right),$$

Де $A_{11} = \omega_{мин}^2 - \omega_{мин}(\omega_N + \omega_M) + \omega_N \cdot \omega_M$;

$A_{12} = \omega_M^2 + \omega_M(\omega_N + \omega_{мин}) + \omega_N \cdot \omega_{мин}$;

$A_{13} = \omega_N^2 + \omega_N(\omega_M + \omega_{мин}) + \omega_M \cdot \omega_{мин}$;

$\omega_{мин}$, $M_{к.мин}$ – мінімальна стійка кутова швидкість колінчастого вала двигуна, рад/с, та крутний момент, Н·м, при цій кутовій швидкості; $M_{к.макс}$, ω_M – максимальний крутний момент

де M_a – повна маса автомобіля з врахуванням маси газогенераторної установки, кг; $\delta_{об}$ – коефіцієнт, який урахує обертові маси даного автомобіля; $P_{кол}(V)$ – повна колова сила на ведучих колесах автомобіля, Н; $P_{он}(V, V^2)$ – сума сил опору руху автомобіля, Н; $G_a \cdot \sin \alpha$ – сила опору підйому, Н; G_a – сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н; α – кут поздовжнього нахилу полотна дороги; V – швидкість руху автомобіля, м/с; dV/dt – прискорення автомобіля, м/с².

Після визначення окремих складових рівняння (1), як правило, приводять до виду:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i, \quad (2)$$

де коефіцієнти a_i , b_i , c_i визначаються параметрами конструкції автомобіля, його двигуна і передаточних відношень трансмісії. Отже, для розв'язання рівняння руху автомобіля необхідно виразити повну колову силу та сили опору руху через лінійну швидкість руху автомобіля.

Повна колова сила на ведучих колесах є функцією крутного моменту двигуна, підведеного до ведучих коліс, в розрахунках найчастіше використовують залежність $M_k = f(\omega)$ у вигляді [3]:

$$M_k = a \cdot \omega^2 + b \cdot \omega + c, \quad (3)$$

де a , b , c – сталі коефіцієнти, котрі визначають за допомогою інтерполяційної формули Лагранжа:

двигуна, Н·м, та кутова швидкість колінчастого вала двигуна, рад/с, що йому відповідає; M_N , ω_N – крутний момент, Н·м, та кутова швидкість колінчастого вала двигуна, рад/с, що відповідають його максимальній потужності: $\omega_{мин} = (0,3 \dots 0,4) \omega_N$.

З урахуванням залежностей $M_k = f(\omega)$ та $V = F(\omega)$ колова сила на ведучих колесах:

$$P_{\text{кол},i} = A_i \cdot V^2 + B_i \cdot V + C_i, \quad (4)$$

$$\text{Де } A_i = a \cdot \frac{U_i^3 \cdot \eta_m}{r_\delta r_k^2}, \quad B_i = b \cdot \frac{U_i^2 \cdot \eta_m}{r_\delta \cdot r_k},$$

$$C_i = c \cdot \frac{U_i \cdot \eta_m}{r_\delta},$$

U_i – загальне передаточне число трансмісії автомобіля на i -ій передачі;

η_m – коефіцієнт корисної дії трансмісії; r_δ та r_k – динамічний радіус та радіус кочення колеса, м.

Після визначення колової сили на ведучих колесах диференціальне рівняння руху автомобіля запишеться у вигляді:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{\text{об}} = A_i \cdot V^2 + B_i \cdot V + C_i - P_{\text{он}}(V, V^2) \pm G_a \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

Рівняння (5) використовують для розв'язання задач, які пов'язані як з усталеним (тоді ліва частина рівняння дорівнює нулю, і диференціальне рівняння перетворюється в алгебраїчне), так і з неусталеним рухом автомобіля (прискорений або уповільнений рух). Воно дозволяє визначити всі показники тягово-швидкісних властивостей, в тому числі показники розганання автомобіля, тому воно буде використано в подальшій роботі [2, 3].

Мета, завдання та методика досліджень

Мета дослідження – покращити показники розганання автомобілів сільськогосподарського призначення під час роботи на генераторному газу методом підвищення густини газоповітряної суміші, що поступає в циліндри переобладнаного двигуна.

Для досягнення поставленої мети задачі дослідження сформульовані наступним чином: виконати аналіз стану теоретичних досліджень показників розганання автомобілів; розрахувати показники розганання автомобіля сільськогосподарського призначення під час роботи на різних видах палива (в тому числі генераторному газу) та порівняти їх з базовими характеристиками бензинового двигуна; покращити отримані показники розганання автомобіля сільськогосподарського призначення під час роботи на генераторному газу методом підвищення густини газоповітряної суміші, що поступає в циліндри переобладнаного двигуна.

Об'єктом дослідження є процес розганання автомобілів сільськогосподарського призначення.

Теоретичні дослідження проводилися з використанням основних положень інтегрального та диференціального числення, математичного моделювання, теорії автомобіля. Експериментальні дослідження проводились з використанням газогенераторних установок Житомирського національного агроекологічного університету (ЖНАЕУ) та Житомирського агротехнічного коледжу (ЖАТК) відповідно до прийнятої методики і галузевих стандартів із застосуванням вимірювального обладнання лабораторій ЖНАЕУ та ЖАТК. Обробка результатів експериментальних досліджень виконана із застосуванням положень теорії ймовірності та математичної статистики.

Результати досліджень

Згідно з вимогами ГОСТ 22576-90 показники розганання автомобіля визначають на горизонтальних прямолінійних ділянках дороги, для яких $\alpha = 0$.

$$\text{Позначимо: } a_i = A_i - K_w F, \quad b_i = B_i - K_f M_a \cdot g, \\ c_i = C_i - f_0 \cdot M_a \cdot g,$$

де K_w – коефіцієнт обтічності автомобіля з газогенераторною установкою, Н·с²/м⁴; F – площа проекції автомобіля на площину, перпендикулярну його поздовжній осі, м²; K_f – коефіцієнт, який враховує зміну опору коченню в залежності від швидкості; f_0 – коефіцієнт опору коченню при швидкостях, близьких до нуля.

Для визначення показників розганання автомобіля використаємо диференціальне рівняння (2) і після розділу змінних та інтегрування правої і лівої частин цього рівняння одержимо вирази для розрахунку часу розганання автомобіля на ділянці від початкової швидкості V_n автомобіля до кінцевої V_k :

$$\tau = M_a \cdot \delta_{\text{об}} \cdot \int_{V_n}^{V_k} \frac{dV}{a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i} \quad (6)$$

Отриманий інтеграл є табличним і його можливо розв'язати в залежності від знаку дискримінанта Δ [2].

Якщо $\Delta = b_i^2 - 4 \cdot a_i \cdot c_i < 0$, тоді час розганання автомобіля можна визначити за формулою:

$$\tau = \frac{2 \cdot M_a \cdot \delta_{об}}{\sqrt{-\Delta}} \arctg \frac{2 \cdot a_i \cdot V + b_i}{\sqrt{-\Delta}} \Big|_{V_n}^{V_k} \quad (7)$$

При $\Delta > 0$ можливі два інші варіанти розв'язку виразу (6), один з них:

$$\tau = \frac{M_a \cdot \delta_{об}}{\sqrt{\Delta}} \cdot \ln \left| \frac{2 \cdot a_i \cdot V + b_i - \sqrt{\Delta}}{2 \cdot a_i \cdot V + b_i + \sqrt{\Delta}} \right| \Big|_{V_n}^{V_k} \quad (8)$$

другий записується так:

$$\tau = \frac{M_a \cdot \delta_{об}}{a_i(p-q)} \cdot \ln \left| \frac{V-p}{V-q} \right| \Big|_{V_n}^{V_k}, \quad (9)$$

де p та q – корені рівняння $a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i = 0$.

В літературі шлях розганання визначається, як [3]:

$$S = \frac{1}{2a_i} \left\{ M_a \cdot \delta_{об} \cdot \ln |a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i| \Big|_{V_n}^{V_k} - b_i \cdot \tau \right\} \quad (10)$$

В розрахунках часу і шляху розганання автомобіля початкову швидкість на нижчій передачі приймаємо $V_{n1} = 0$, а кінцеву швидкість V_{k1} розраховуємо за формулою:

$$V_{k1} = \frac{\omega_N \tau_k}{U_m}, \quad (11)$$

де ω_N – номінальна кутова швидкість колінчастого вала двигуна.

Аналіз літератури з розганання автомобіля показує, що час переключення передач t_n складає від 0,5 до 5 с [3].

Зниження швидкості автомобіля (м/с) за час переключення передач можна визначити за формулою:

$$V_{nep} = 9,3 \cdot \psi \cdot t_n, \quad (12)$$

де ψ – приведений коефіцієнт опору коченню.

На рис. 1 показано встановлену графічну залежність величини зниження швидкості руху (в тому числі і на ГГ) автомобіля (м/с) за час переключення передач від приведенного коефіцієнта опору кочення (прийнято максимально 0,03, що відповідає посереднім умовам аграрного виробництва) та часу переключення передач, який максимально прийнятий на межі 3,5 с.

Час переключення передач вище 3,5 с можна вважати незадовільним і, в цьому випадку, зниження швидкості руху автомобіля недопустиме з позиції його динаміки.

З врахуванням формули (12) і даних рис. 1 початкову швидкість на кожній наступній передачі можна визначити за формулою:

$$V_{n.(i+1)} = V_{k.i} - V_{nep}. \quad (13)$$

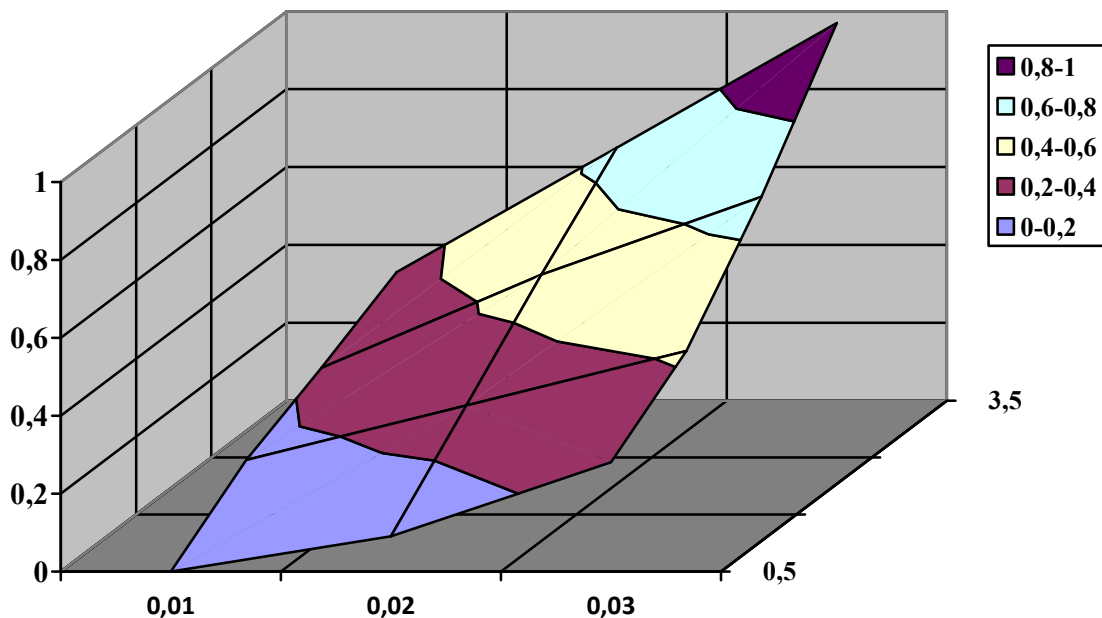


Рис. 1. Графічна залежність величини зниження швидкості руху автомобіля (м/с) за час переключення передач

Джерело: власні дослідження.

Коефіцієнт, що враховує обертові маси автомобіля, при розганянні [3]:

$$\delta_{об} = 1 + \frac{I_{\partial} \cdot U_i^2 \cdot \eta + \sum I_k}{M_a \cdot r_{\partial} \cdot r_k},$$

де I_{∂} – момент інерції обертюв мас двигуна, кг·м²; $\sum I_k$ – сума моментів інерції всіх коліс автомобіля, кг·м².

Звідси максимальне прискорення у процесі розганяння автомобіля на заданій передачі:

$$j_{\max} = \frac{1}{M_a \cdot \delta_{об}} \cdot \left(c_i - \frac{b_i^2}{4 \cdot a_i} \right) \quad (14)$$

В табл. 1 приведено розраховані показники розганяння бензинового автомобіля сільсько-сподарського призначення ГАЗ-СА3-35071 (прийнято: $N_e = 88,5$ кВт; $G_a = 77200$ Н; $K_w = 0,65$ Н·с²/м⁴[8]; $F = 4,45$ м²; $\eta_{мп} = 0,85$; $f_0 = 0,02$ [5]) за аналітичними виразами, які наведено вище. В табл. 1 також наведено розраховані показники розганяння цього ж автомобіля на інших видах палива, при цьому, враховано, що при роботі на різних видах газового палива відбувається значне зниження ефективної потужності переобладнаного серійного двигуна автомобіля, що розглядається [1, 2, 6].

Таблиця 1. Показники розганяння автомобіля ГАЗ-СА3-35071 при роботі на різних видах палива

Вид палива	Ефективна потужність, кВт	Максимальне прискорення, м/с ²	Час розганяння на шляху 400 м, с	Час розганяння на шляху 1000 м, с	Шлях розганяння до 16,7 м/с, м
Бензин	88,5	0,799	29,6	62,3	358,2
Дизельне пальне*	82,4	0,651	35,3	79,8	548,0
Зріджений нафтовий газ (ЗНГ)**	77,9	0,607	37,1	85,2	585,4
Генераторний газ (ГГ)***	54,9	0,520	69,4	137,3	1048,1

Примітка: * За умови обладнання автомобіля ГАЗ-СА3-35071 штатним дизелем.

** За умови обладнання автомобіля ГАЗ-СА3-35071 штатною газобалонною установкою для роботи на ЗНГ.

*** За умови обладнання автомобіля ГАЗ-СА3-35071 газогенераторною установкою масою 450 кг.

Джерело: власні дослідження.

Аналіз табл. 1 показує, що використання ГГ в якості палива для двигуна типу ЗМЗ-53 вкрай погіршує (більше, ніж удвічі) показники розганяння автомобіля ГАЗ-СА3-35071. У автомобілів з газогенераторною установкою збільшуються показники розганяння, навіть у порівнянні з роботою їх на ЗНГ, на 50...65 %. У зв'язку з тим, що використання спеціальних газогенераторних двигунів у найближчі роки навряд чи можливе, слід шукати різні шляхи підвищення тяговошвидкісних властивостей, і, зокрема, показників розганяння, переобладнаних газогенераторних автомобілів. Різні дослідники пропонують це робити за рахунок оптимізації параметрів системи “двигун - трансмісія”, зменшення вантажопідйомності, тощо [1, 2].

Але найбільш ефективно підвищити показники розганяння газогенераторних автомобілів можна способом підвищення густини га-

зоповітряної суміші, що надходить до циліндрів переобладнаного двигуна. Тобто використати той чи інший тип нагнітання газоповітряної суміші в циліндри газогенераторного двигуна, в результаті чого збільшиться величина середнього ефективного тиску та, як наслідок, ефективна потужність газогенераторного двигуна.

В лабораторіях Житомирського національного агроекологічного університету попередньо досліджено використання об'ємного нагнітача з механічним приводом (рис. 2), збільшення ефективної потужності двигуна за його використання максимально можливе від 20 до 35 %.

З літератури відомо, що використання центробіжного нагнітача з газотурбінним приводом дає максимально можливе підвищення ефективної потужності двигуна до 76 %, але ускладнення конструкції та роботи газогенераторної установки з газотурбінним нагнітанням призведе до

зниження надійності та ресурсу роботи двигунів ринентальних дорожніх випробувань [1, 2, 8].
таких автомобілів і потребує ґрунтовних експе-



Рис. 2. Загальний вигляд нагнітача (з механічним приводом) газоповітряної суміші в циліндри двигуна

Джерело: фотоматеріали автора.

На рис. 3 представлена графічна залежність величини часу розганяння бензинового автомобіля ГАЗ-САЗ-35071 від його швидкості у порівнянні з часом розганяння цього ж авто-

мобіля на генераторному газі з використанням нагнітача (з механічним приводом) газоповітряної суміші в циліндри двигуна.

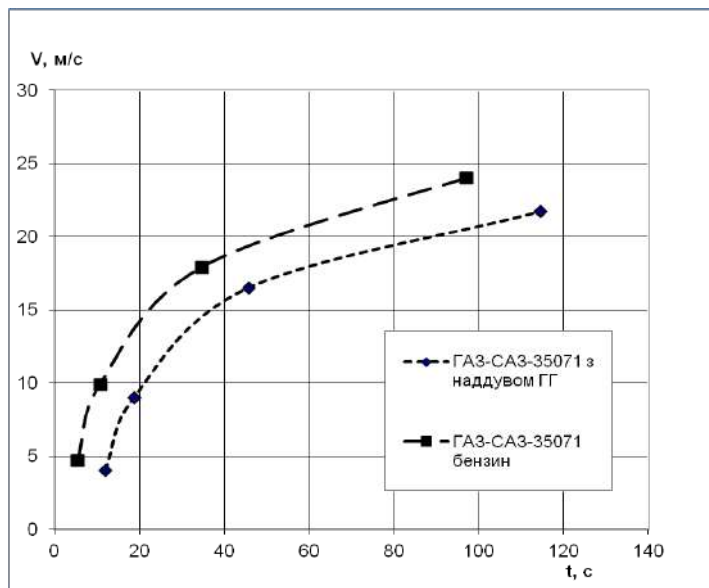


Рис. 3. Порівняння часу розганяння бензинового автомобіля ГАЗ-САЗ-35071 у порівнянні з розганянням цього ж автомобіля на генераторному газі з використанням нагнітача газоповітряної суміші

Джерело: власні дослідження.

Аналіз даних, отриманих вище (табл. 1, рис. 3) показує, що використання нагнітача (з механічним приводом) газоповітряної суміші в циліндри двигуна, який працює на ГГ, приводить до значного підвищення показників розганяння автомобілів у порівнянні з газогенераторними автомобілями, які не використовують подібну систему, від 12 до 19 %. Тому слід зазначити, що проведений аналіз свідчить, що спосіб підвищення показників розганяння газогенераторних автомобілів за рахунок використання нагнітача (з механічним приводом) газоповітряної суміші дійсно є ефективним.

Експериментальні дослідження показників розганяння автомобілів проводять згідно з ГОСТ

22576-90. Такі випробування проводяться на рівній горизонтальній ділянці дороги довжиною 4 км та шириною не менше 15 м. Завантаження автомобіля до повної маси здійснюється мішками з піском. Зважування автомобіля після його завантаження здійснюється за методикою ОСТ 37.001.408 на автомобільних вагах середнього класу точності з найбільшою межею зважування 10 т по ГОСТ 14004 [7].

Попередньо були отримані дані основних показників розганяння газогенераторних автомобілів (без використання нагнітача), аналіз яких показує достатню точність (до 6%) аналітичних досліджень (табл. 2).

Таблиця 2. Дані випробувань показників розганяння автомобіля під час роботи на генераторному газу

Показники	$\langle x_{екс} \rangle$	$\Delta_{\langle x_{екс} \rangle}$	ε	ε_m
Шлях розганяння до 16,7 м/с, м	1084,1	19,4	1,79	3,32
Час розганяння на шляху 1000 м, с	129,7	1,1	0,85	5,53

Примітка: $\langle x_{екс} \rangle$ - середнє з шести вимірювань; $\Delta_{\langle x_{екс} \rangle}$ - довірча межа похибки вимірювання;

ε – відносна похибка результатів вимірювання, %; ε_m – відносна похибка моделювання, %

Джерело: власні дослідження.

Висновки та перспективи подальших досліджень

В Україні найбільшими забруднювачами повітря відпрацьованими газами є автомобілі, які використовують бензин у вигляді палива для своїх двигунів. Один із способів часткового вирішення цієї проблеми – це можливість роботи як бензинових двигунів, так і дизелів автомобілів на генераторному газі, отриманому шляхом газифікації твердого палива.

Отримано графічну залежність величини зниження швидкості руху (в тому числі швидкості розганяння) газогенераторного автомобіля за час переключення передач від приведеного коефіцієнта опору кочення та часу переключення передач.

Встановлено, що використання генераторного газу в якості палива для двигуна автомобіля ГАЗ-САЗ-35071 погіршує більше, ніж удвічі величини показників розганяння цього автомобіля. Так як використання спеціальних газогенераторних двигунів у найближчі роки навряд чи можливе, слід шукати різні шляхи підвищення показників розганяння переобладнаних газогенераторних автомобілів.

Найбільш ефективно підвищити показники розганяння цих автомобілів можливо способом підвищення густини газоповітряної суміші, що надходить до циліндрів переобладнаного двигуна. Використання нагнітання газоповітряної суміші збільшує ефективну потужність роботи такого двигуна на 20 ... 35 %.

Встановлено, що використання нагнітача (з механічним приводом) газоповітряної суміші для подачі її в циліндри двигуна, який працює на ГГ, приводить до підвищення показників розганяння автомобілів у порівнянні з газогенераторними автомобілями, які не використовують подібну систему на 12 ... 19 %.

Попередньо були отримані дані основних показників розганяння газогенераторних автомобілів (без використання нагнітача), аналіз яких показує достатню точність (до 6 %) аналітичних досліджень.

В подальшому доцільно виконати дослідницьку роботу з визначення інших показників (наприклад, характеристику «розганяння – вибіг») газогенераторних автомобілів різних моделей чи марок.

References

1. Melnyk, M. V., Yemets, B. V. & Polishchuk, O. S. (2010). Obgruntuvannia produktyvnoho vykorystannia hazovoho palyva dlia benzynovykh dvyhuniv avtomobiliv [Justification productive use of fuel gas for gasoline vehicle engine]. *Visnyk ZhNAEU*, 2 (27), 139–145 [in Ukrainian].
2. Yemets, B. V. (2016). Modeliuvannia ta pokrashchennia palyvnoi ekonomichnosti avtomobiliv silskohospodarskoho pryznachennia [Modeling and fuel efficiency improvement in agricultural machinery]. *Visnyk ZhNAEU*, 2 (56), 1, 268–273 [in Ukrainian].
3. Turevskiy, N. S. (2005). Teoriya avtomobilya [Theory of the car]. Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].
4. Zimelev, G. V. (1957). Teoriya avtomobilya [Theory of the car]. Moskva: Voenizdat [in Russian].
5. Avdonkin, F. N. (1985). Teoreticheskie osnovy tekhnikosoy ekspluatatsii avtomobiley [The theoretical basis of the technical operation of vehicles]. Moskva: Transport [in Russian].
6. Banyutin, K. A. (1940). Gazogeneratorynye avtomobily [Gas generating cars]. Moskva: Izdat. Narkomhoza RSFSR [in Russian].
7. Bortnitskiy, P. I. & Zadorojnyi, V. I. (1978). Tyagovo-skorostnyie kachestva avtomobiley [Traction speeds of cars]. Kiev: Vysshaya shkola [in Ukrainian].
8. Tokarev, G. G. (1948). Gazogeneratorynye avtomobily [Gas generating cars]. Moskva: Izdat. Min-va komhoza RSFSR [in Russian].
9. Prosvirnin, A. D. (1986). Avtomobil GAZ-53-12 i ego modifikatsii [Car GAZ-53-12 and its modifications]. Gorkiy: Izdat. avtozav [in Russian].
10. Rego, K. G. (1987). Metrologicheskaya obrabotka rezultatov tehnikoskih izmereniy [Metrological processing of technical measurements]. Kiev: Tehnika [in Ukrainian].

THE IMPROVEMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY DISPERSAL RATES WORKING ON GENERATOR GAS

B. Yemets

e-mail: bogdan1199@ukr.net

Zhytomyr National Agroecological University
7, Stary Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

The biggest air pollutants with exhaust gases in Ukraine are automobiles that use gasoline as a fuel for their engines. Therefore, the usage of alternative types of fuel, which in their turn may initially replace the gasoline, is relevant. One of the ways to solve this problem is the possibility to work both gasoline engines, as well as diesel automobiles on generator gas (GG), obtained by gasification of solid fuel. However, this leads to the deterioration of the refurbished engines working on generator gas external work rates and the dispersal rates of these automobiles in particular.

The graphical dependence of automobiles speed reducing value (including dispersal speed) during the gear shift from the reduced rolling resistance and transmission time is obtained.

It has been established, that the usage of GG as a fuel for GAS – SAZ – 35071 engine worsens the value of dispersal rates more than twice. Due to the fact, that the usage of special gas – generator engines is hardly ever possible in the couple of following years, other ways to increase the dispersal rates within the refurbished engines should be found. The most effective increase of dispersal rates of these automobiles can be achieved by the gas – air mixture density increase, which is entering the cylinders of refurbished engines. The usage of gas – air blasting increases the effective power of the particular engine by 20...35 %.

It has been established, that the usage of the supercharger (with mechanical drive) of the gas – air mixture in the cylinders of the engine working on the GG leads to the automobile dispersal rates increase compared to the gas – generator automobiles that do not use the similar system by 12...19 %.

Key words: dispersal rates, automobile, generator gas, mechanical drive supercharger.

**УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
РАЗГОНА АВТОМОБИЛЕЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ
НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ**

Б. В. Емец

e-mail: bogdan1199@ukr.net

Житомирский национальный агроэкологический университет,
бульвар Старый, 7, г. Житомир, Украина, 10008

Обосновано, что в Украине наибольшими загрязнителями воздуха отработанными газами являются автомобили, которые используют бензин в качестве топлива для своих двигателей.

Поэтому актуальным является применение альтернативных видов топлива, которые, возможно, сначала частично заменят бензин. Один из способов решения этой проблемы есть возможность работы как бензиновых двигателей, так и дизелей автомобилей на генераторном газе (ГГ), полученном путем газификации твердого топлива. Но это приводит к ухудшению показателей внешней работы переоборудованных двигателей для работы на генераторном газе, и в частности, показателей разгона этих автомобилей.

Получена графическая зависимость величины снижения скорости движения (в том числе скорости разгона) автомобиля за время переключения передач от приведенного коэффициента сопротивления качению и времени переключения передач.

Установлено, что использование ГГ в качестве топлива для двигателя автомобиля ГАЗ-САЗ-35071 ухудшает более чем вдвое величины показателей разгона этого автомобиля. В связи с тем, что использование специальных газогенераторных двигателей в ближайшие годы вряд ли возможно, следует искать различные пути повышения показателей разгона переоборудованных газогенераторных автомобилей. Наиболее эффективно повысить показатели разгона этих автомобилей можно способом повышения плотности газозооушной смеси, поступающей в цилиндры переоборудованного двигателя. Использование нагнетания газозооушной смеси увеличивает эффективную мощность работы такого двигателя на 20 ... 35%.

Установлено, что использование нагнетателя (с механическим приводом) газозооушной смеси в цилиндры двигателя, работающего на ГГ, приводит к повышению показателей разгона автомобилей по сравнению с газогенераторными автомобилями, которые не используют подобную систему на 12 ... 19%.

Ключевые слова: показатели разгона, автомобиль, генераторный газ, нагнетатель с механическим приводом.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-40-50

УДК 631.51.014

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СЕКЦІЇ АГРЕГАТУ ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ НА ПОПЕРЕЧНУ НЕРІВНІСТЬ ҐРУНТУ**Г. А. Голуб¹, А. В. Дворник²***e-mail: gagolub@ukr.net, a.dvornyk@ukr.net*¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15В, м. Київ, 03041, Україна²ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»
вул. Шевченка, 10, м. Ніжин, 16600, Україна

Обґрунтовано, що секція агрегату для смугового обробітку ґрунту має комплекс взаємно розміщених робочих органів, що послідовно виконують руйнування, зміщення та кришення ґрунтових агрегатів із відповідною якістю обробітку ґрунту та станом поперечної нерівності обробленої смужки. Представлено результати експериментальних досліджень впливу залежності взаємного розміщення параметрів робочих органів секції агрегату для смугового обробітку ґрунту на стан поперечної нерівності обробленої смужки та якість обробітку ґрунту, які забезпечуються різними конструктивними та технологічними параметрами агрегату. Впливовими факторами якісного обробітку ґрунту агрегатом для смугового обробітку ґрунту є глибина обробітку, відстань від долота до осі відрізного диска, ширина між відрізними дисками, що формують ширину обробленої смужки.

Експериментально встановлено, що секція агрегату для смугового обробітку ґрунту має мінімальну поперечну нерівність обробленої смужки в межах від 8 до 15 % при значенні відстані між відрізними дисками, тобто ширині обробленої смужки в межах від 22 до 38 см, відстані від долота до осі відрізнених дисків – 50 см. При збільшенні глибини обробітку долотом поперечна нерівність збільшується прямо пропорційно. У залежності від залягання плужної підшови глибина обробітку долотом може становити від 20 до 27 см. За змішаного способу посіву просапних культур і догляду за ними, для забезпечення дотримання агротехнічних вимог, а саме, поперечна нерівність повинна становити не більше 15 %, відстані між відрізними дисками, доцільно приймати на рівні 30 см. Встановлено, що для забезпечення нормальної роботи секції агрегату для смугового обробітку ґрунту необхідно додатково дослідити вплив зміни взаємного розміщення робочих органів та технологічних параметрів на якість обробітку ґрунту.

Ключові слова: *диски, долото, швидкість руху, якість обробітку, відстань від долота до осі відрізного диска, ширина між відрізними дисками.*

Постановка проблеми

Відомо, що просапні сільськогосподарські культури висівають із міжряддям 70 см. Компанія Pettinger пропонує висівати соняшник із вузьким міжряддям, аргументуючи, що зменшення прогрівання ґрунту в міжрядді зменшує процес випаровування ґрунтової вологи і перегріву листя соняшника у нижній частині. Це напряму впливає на формування врожаю, оскільки рослина може краще переносити спеку, бо менше випаровує вологу для підтримки власного теплового балансу. За період вегетації при посіві з міжряддям 70 см

випаровується приблизно 4 тис. т/га вологи, при цьому, кореневище повинно максимально забезпечити рослину вологою. Технологію смугового обробітку можна використовувати при посіві просапних культур, поєднуючи (рис. 1) класичний широкорядний спосіб (70 см) із вузькорядним 12,5 см, як вже експериментують деякі передові господарства.

Враховуючи ширину вузького міжряддя (12,5 см) та розмір захисної зони (10 см) для міжрядного обробітку ґрунту просапними культиваторами, ширина обробленої смужки повинна становити 30–35 см.

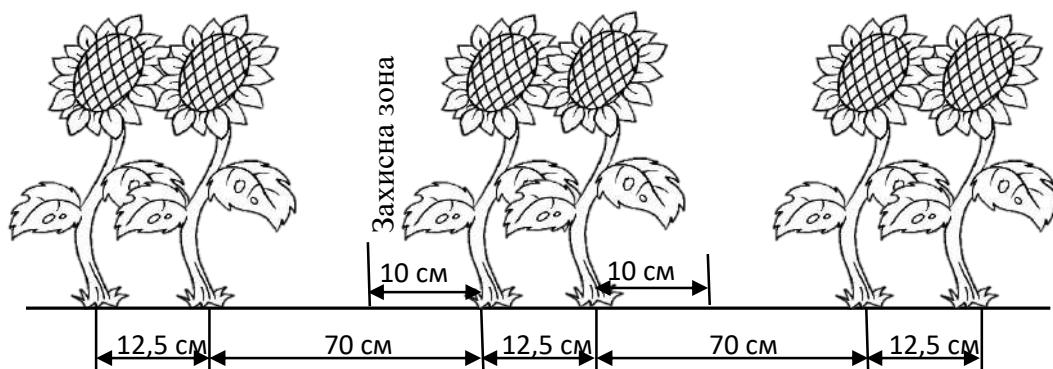


Рис. 1. Схема двохрядного міжряддя вирощування соняшника

Джерело. розроблено автором.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Характеристика процесів, що відбувається при взаємодії різних типів робочих органів із ґрунтом, є основою диференціації складу ґрунтообробних знарядь. Питанню взаємодії робочих органів із ґрунтом присвячена значна кількість наукових робіт із землеробської механіки, зокрема В. П. Горячкіна, П. М. Василенка, В. А. Желіговського, Л. В. Погорілого, О. Н. Соколовського, А. С. Кушнар'ова, П. В. Сисоліна, А. М. Панченка, В. О. Дубровіна та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій дозволяє зробити висновок, що впливовими факторами якісного обробітку ґрунту агрегатом для смугового обробітку ґрунту є швидкість руху агрегату, глибина обробітку, ширина обробленої смужки та якість обробітку ґрунту, які забезпечуються різними конструктивними та технологічними параметрами агрегату [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Мета, завдання та методика досліджень

Дослідити вплив взаємного розміщення робочих органів секції агрегату для смугового обробітку на поперечну нерівність ґрунту. Для досягнення мети пропонується загальна схема розміщення робочих органів згідно з рис. 2.

Експериментальні дослідження проводилися на землях господарства «Іскра» с. Талалаївка Ніжинського району Чернігівської обл. Дослідний фон – поле, стерня озимої пшениці із попередньо зібраною і вивезеною за межі поля соломою. Ґрунти – важкі суглинки, бурі дерново-підзолисті. До дня проведення досліду у зазначеному регіоні погодні умови були стабільними: температура 18–24°C вдень, 10–16°C вночі, без опадів.

Для визначення оптимальних параметрів розміщення робочих органів на рамі агрегату для смугового обробітку ґрунту розроблено експериментальну установку (рис. 3) у складі трактора Т-40 та секції агрегату для смугового обробітку ґрунту.

гового обробітку ґрунту розроблено експериментальну установку (рис. 3) у складі трактора Т-40 та секції агрегату для смугового обробітку ґрунту.

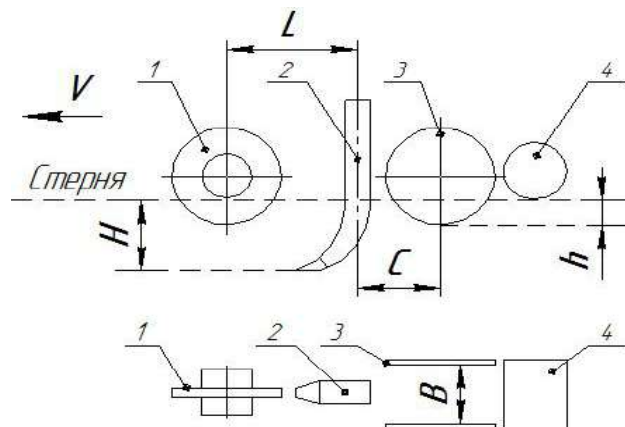


Рис. 2. Схема розміщення робочих органів секції агрегату для смугового обробітку ґрунту

Примітка: 1 – передній диск;

2 – глибокорозпущувач (долото); 3 – відрізні бокові диски; 4 – прикочуючий коток.

V – швидкість руху агрегату; H – глибина обробітку глибокорозпущувачем (долотом);

L – відстань від осі переднього розрізного диска до вертикальної осі глибокорозпущувача (долота); C – відстань від вертикальної осі глибокорозпущувача (долота) до осі відрізного диска; B – ширина між відрізними дисками (формування ширини смуги); h – глибина занурення відрізнених дисків.

Джерело: розроблено автором.

Для дослідження вибрано ділянку поля розміром 30 м × 140 м, рівномірну, без схилів та долин. Довжина гонів становила три складові: перша – відстань у 30 м для розгону агрегату до усталеного рівномірного режиму роботи; друга – досліджувана частина, яка становила 100 м; третя – довжиною 10 м для гальмування агрегату. Перша і

третья часть длины гону у измерениях не вращивалась. Для обеспечения адекватности эксперимента дослїдна установка кожного разу

починала рух із однієї сторони і з дотриманням однакової усталеної середньої швидкості руху від 3 до 3,2 км/год.

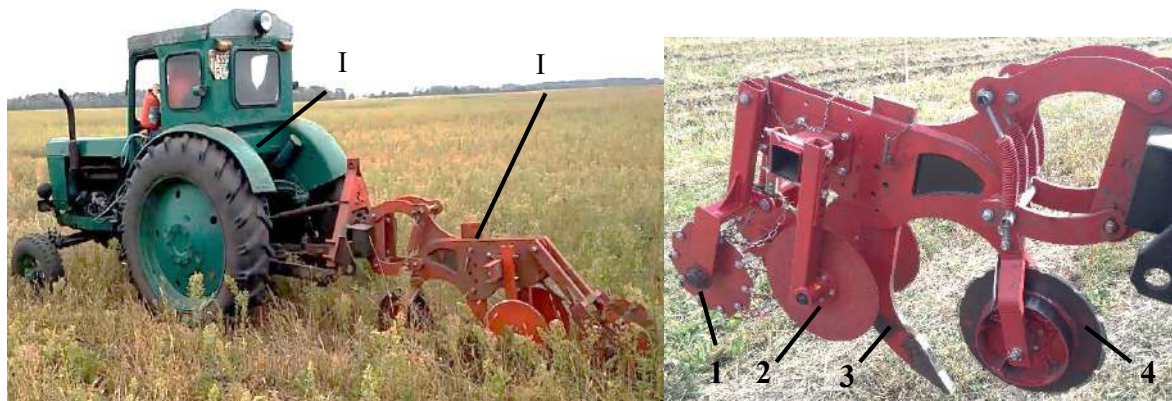


Рис. 3. Загальний вигляд експериментальної установки

I – трактор Т-40; II – секція агрегату для смугового обробітку ґрунту;
1 – прикочуючий коток; 2 – відрізни бокові диски 3 – глибокорозпушувач (долото);
4 – передній диск.

Джерело: розроблено автором

При визначенні якості смугового обробітку ґрунту першочергово звертається увага на візуальну оцінку стану смужки. Оцінювання проводилося за п'яти-бальною шкалою, де 5 – це якісно оброблена смужка, придатна до подальшого посіву, а 2 – смужка, оброблена неякісно і непридатна до використання. Результати візуальної оцінки якості обробітку ґрунту заносилися до відповідних карток [2, 3, 6, 8]. У таблиці 1 представлено зразок картки для опису візуальної оцінки оброблених смужок.


Поперечну нерівність поверхні смужки визначали методом видовження шнура при копіюванні

рельєфу ґрунту [2]. Середнє значення повинно становити не більше 15 %, а максимальне відхилення одного із замірів не повинно перевищувати 25 %.


Статистичну значущість коефіцієнтів рівнянь регресії визначали за критерієм Ст'юдента, адекватність моделей експериментальним даним – за критерієм Фішера.

Аналіз отриманих математичних моделей, з метою розробки конструкційно-технологічних параметрів взаємного розміщення робочих органів агрегатів для смугового обробітку ґрунту, проведений із використанням методу побудови поверхонь відгуку [1, 4, 5, 7].

Таблиця 1. Картка опису візуальної оцінки обробленої смужки

	Глибина обробітку долотом – 27 см. Ширина між відрізними дисками – 40 см. Відстань від долота до осі відрізнених дисків – 50 см	Дослід 1 Оцінка 4+
	Поперечна нерівність без перепадів, якщо є, то за рахунок грудок, що траплялися при вимірюванні. Смужка рівномірна по довжині і ширині. Ґрунтові агрегати в цілому рівномірні, іноді з'являються розміром 10 см, що є результатом неспрацювання прикочуючого котка. Іноді не загорнуті рослинні рештки. Смужка придатна до застосування.	

Закінчення таблиці 1

	Глибина обробітку долотом – 27 см. Ширина між відрізними дисками – 20 см. Відстань від долота до осі відрізнних дисків – 50 см	Дослід 3 Оцінка 2
	Поперечна нерівність з перепадами – 9–26 %. Смужка нерівномірна по довжині і ширині. Грунтові агрегати мають розміри 10 см і більше, тому смужка непридатна для використання.	

Результати досліджень

У результаті попередніх експериментальних досліджень визначено, що ваговими факторами, що впливають на поперечну нерівність обробленої смужки при смуговому обробітку ґрунту є такі: глибина занурення глибокорозпушувальної лапи

(долота) Н, см; ширина між відрізними боковими дисками, см; відстань від глибокорозпушувальної лапи (долота) до осі відрізного бокового диска, см. Ці дані взяті за основу і за методом Бокса-Бенкіна розроблено план експерименту (табл. 2) згідно з яким проведено візуальну оцінку та отримано блок експериментальних даних.

Таблиця 2. План трьохфакторного експерименту за методом Бокса-Бенкіна

№ досліду	Глибина занурення долота Н		Ширина між відрізними дисками В		Відстань від долота до осі відрізного диска С		Фактична поперечна нерівність Вф, %		
	код	см	код	см	код	см	У1	У2	У3
1	+1	27	+1	40	0	50	29,8	30,0	31,8
2	-1	13	-1	20	0	50	2,0	2,0	2,0
3	+1	27	-1	20	0	50	20,7	25,0	30,0
4	-1	13	+1	40	0	50	5,8	11,2	5,0
5	+1	27	0	30	+1	62	4,8	16,7	22,2
6	-1	13	0	30	-1	38	11,1	13,8	18,8
7	+1	27	0	30	-1	38	3,3	7,7	10,7
8	-1	13	0	30	+1	62	22,0	29,0	30,0
9	0	20	+1	40	+1	62	13,2	15,4	22,9
10	0	20	-1	20	-1	38	20,7	23,2	30,0
11	0	20	+1	40	-1	38	22,2	22,6	23,7
12	0	20	-1	20	+1	62	11,1	17,1	35,0
13	0	20	0	30	0	50	10,1	11,1	12,1
14	0	20	0	30	0	50	11,1	11,1	12,1
15	0	20	0	30	0	50	11,1	11,1	15,1

Отримані результати візуальної оцінки якості обробки ґрунту за подібністю стану смужки можна розділити на три групи:

1 група (оцінка 5 та 4) – смужка придатна до використання, характеризується рівномірною вздовж всього дослідного відрізка поперечною нерівністю в межах до 15 % без перепадів або із незначними перепадами – від 3 до 10 %. Розрахункова поперечна нерівність сформована лише за рахунок грудок, що траплялися в межах вимірювання. Ґрунтові агрегати в загальному рівномірних розмірів, іноді до 10 см, які знаходяться у межах смужки. До даної групи відноситься дослід № 1, 6, 7, 13, 14, 15.

2 група (оцінка 4 з мінусом та 3) – смужка частково придатна до застосування з характерною рівномірністю вздовж всього дослідного відрізка з поперечною нерівністю без значних перепадів. Ґрунтові агрегати з розміром до 10 см і більше у

межами смужки та іноді за її межами. Смушка може використовуватися за умов якісного спрацювання вирівнюючого котка, тобто вирівнюванням поперечної нерівності шляхом зменшення розмірів грудок у межах вимірювань. До даної групи відноситься дослід № 2, 5, 8, 11, 12.

3 група (оцінка 3 з мінусом та 2) – смужка непридатна до подальшого застосування. Основні характеристики: смужка хаотично нерівномірна по ширині та довжині, поперечна нерівність із значними перепадами від 3 до 26 % і більше. Ґрунтові агрегати мають незадовільні розміри 10 см і більше, що знаходяться за межами смужки. До даної групи відноситься дослід № 3, 4, 9, 10.

На рисунку 4 приведені фото зразка кожної групи, де № 22 відповідає досліду № 7, що відносимо до першої групи, № 27 відповідає досліду № 12, – до другої групи, а № 18 – дослід № 3 – до третьої групи.



Рис. 4. Фото зразка відповідної групи візуальної оцінки

За варіантами експерименту та статистичної обробки отриманих сукупностей встановлювались кількісні залежності між конструкційно-технологічними параметрами та поперечною нерівністю ґрунту:

$$ПН = 123,4202 + 0,4761H - 3,0563B - 3,1266C + 0,0509B^2 + 0,0324C^2$$

де ПН – поперечна нерівність, %;

H – глибина обробітку глибокорозпушувачем (долотом), см;

B – ширина між розрізними дисками, см;

C – відстань від вертикальної осі глибокорозпушувача (долота) до осі відрізного диска, см.

Графік залежності поперечної нерівності від глибини обробітку долотом має пряmlinійну залежність (рис. 5). Відстань між відрізними дисками із найменшим відсотком поперечної нерівномірності позначено штрих-пунктирною лінією. Ця відстань становить 30 см. Лінії, що характеризують відстань між відрізними дисками 40 і 20 см співпадають і характеризується однаковими середніми значеннями поперечної

нерівномірності. Отже, при зміні глибини обробітку долотом від 13 до 27 см, поперечна нерівність змінюється рівномірно, прямолінійно у напрямку зростання поперечної нерівності, тобто погіршення рівномірності. Згідно з даним графіком раціональна ширина між розрізними дисками, яка забезпечує дотримання поперечної нерівності в заданих межах, тобто 15 %, становить 30 см.

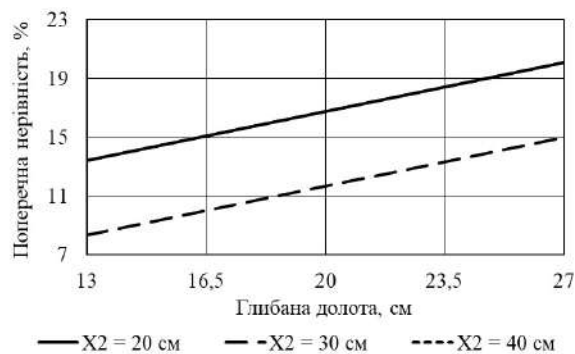


Рис. 5. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см

Графік залежності поперечної нерівності від відстані між відрізними дисками (рис. 6), при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см, має гіперболічну залежність. Лінії поперечної нерівності при глибині долота – із значеннями 13 см, 20 см та 27 см накладаються, що свідчить про однакові середні значення нерівномірності при зміні глибини

долота. Отже, при зміні відстані між відрізними дисками від 20 см до 40 см поперечна нерівність змінюється за параболічною функцією незалежно від глибини долота з оптимальною шириною між розрізними дисками межах від 20 см до 40 см та найменшими значеннями поперечної нерівності при відстані між відрізними дисками 30 см.

Графік залежності (рис. 7) поперечної нерівності від глибини обробітку та відстані між відрізними дисками показує, що впливовим фактором є зміна відстані між відрізними дисками в межах 20–40 см, тоді як глибина обробітку має рівномірну прямо-лінійну залежність і із збільшенням глибини збільшується поперечна нерівність.

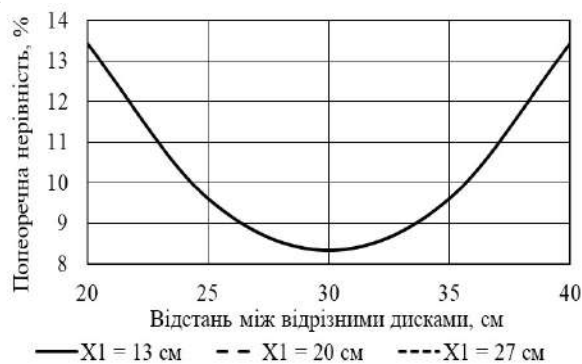


Рис. 6. Залежність поперечної нерівності від відстані між відрізними дисками при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см

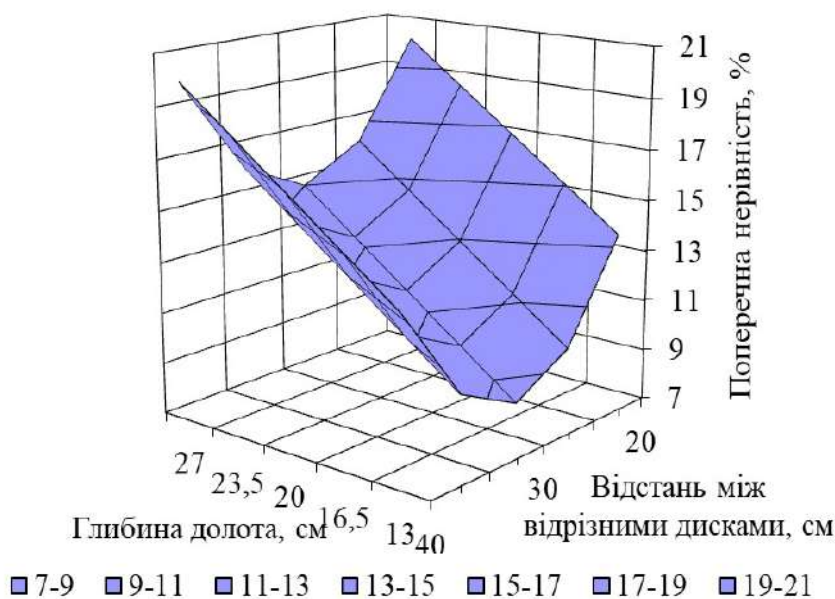


Рис. 7. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку та відстані між відрізними дисками при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см

Графік залежності поперечної нерівності відстані від долота до осі відрізних дисків (рис. 8) при відстані між відрізними дисками 30 має вигляд паралельних парабол. Аналізуючи дані графіки, можна зробити висновок, що при збільшенні глибини обробітку поперечна нерівність збільшується. Зі зміною відстані від долота до осі відрізних дисків поперечна нерівність змінюється неоднозначно. Спочатку зі збільшенням відстані від долота до осі відрізних дисків поперечна нерівність зменшується, досягає значень 45–50 см, а потім, при подальшому збільшенні відстані від долота до осі відрізних дисків, поперечна нерівність збільшується. Це пояснюється тим, що при відстані 38 см, зона уловлювання ґрунту боковими відрізними дисками менша і площа відбиття знаходиться в межах від осі до краю дисків протилежному долоту. При збільшенні відстані між долотом і віссю відрізних дисків до 45–50 см збільшується площа контакту для відбиття ґрунту, від якої він повертається до обробленої смужки. Зі збільшенням відстані більше 50 см між долотом і початком диску з'являється проміжок, через який ґрунт вилітає за межі заданої обробленої смужки. Мінімальне значення поперечної нерівності отримуємо при відстані від долота до осі відрізних дисків – від 45 до 50 см.

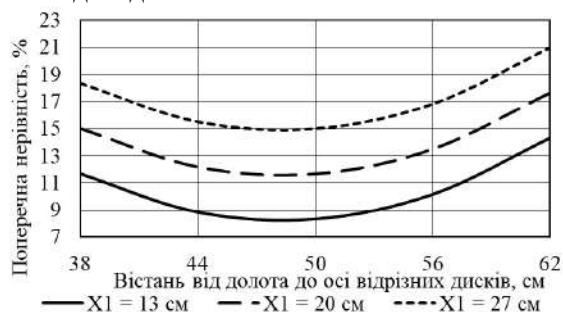


Рис. 8. Залежність поперечної нерівності від відстані від долота до осі відрізних дисків при відстані між відрізними дисками 30 см

Графік залежності поперечної нерівності від глибини обробітку долотом (рис. 9) при відстані між відрізними дисками 30 см, має прямолінійну залежність. Відстань від долота до осі відрізних дисків із найменшим відсотком поперечної нерівності позначено штрих-пунктирною лінією. Ця відстань становить 50 см. Застосування відстані від долота до осі відрізних дисків 38 см, із дотриманням агротехнічних вимог поперечної нерівності можливе лише для глибини обробітку до 20 см,

далі значення поперечної нерівності погіршується, що підтверджується суцільною лінією графіка (рис. 9). Відстань від долота до осі відрізних дисків 62 см взагалі не може використовуватися, тому що значення поперечної нерівності, відповідно до пунктирної лінії, в цілому виходять за агротехнічні межі 15 %. Можна зробити висновок, що мінімальне значення відстані від долота до осі відрізних дисків для забезпечення агротехнічних вимог і використання при різних глибинах обробітку становить 50 см.

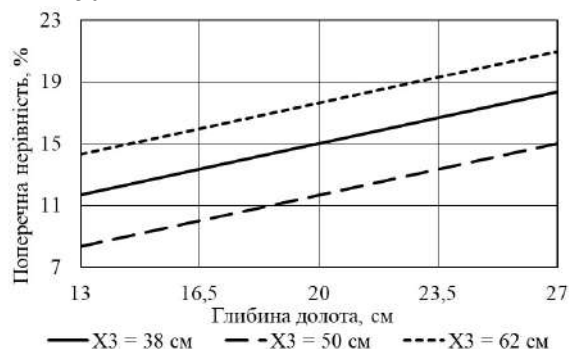


Рис. 9. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку при відстані між відрізними дисками 30 см

Графік залежності (рис. 10) поперечної нерівності від глибини обробітку та відстані від долота до осі відрізних дисків при відстані між відрізними дисками 30 см показує, що впливовим фактором є зміна відстані від долота до осі відрізних дисків в межах 45–50 см, з мінімальним значенням поперечної нерівності при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см, тоді як глибина обробітку має рівномірний прямолінійний вплив на поперечну нерівність.

Графік залежності поперечної нерівності від відстані між відрізними дисками (рис. 11) при глибині долота 20 см, має гіперболічну залежність. Відстань від долота до осі відрізних дисків із значеннями 62 см знаходиться за агротехнічними межами поперечної нерівності. При значенні відстані від долота до осі відрізних дисків 38 см в агротехнічних межах знаходяться значення в основі параболі, лише при відстані між відрізними дисками 30 см. Отже, при зміні відстані між відрізними дисками від 20 до 40 см поперечна нерівність змінюється за параболічною залежністю з мінімальною шириною між розрізними дисками в межах від 22 до 38 см і відстанню від долота до осі відрізних дисків 50 см.

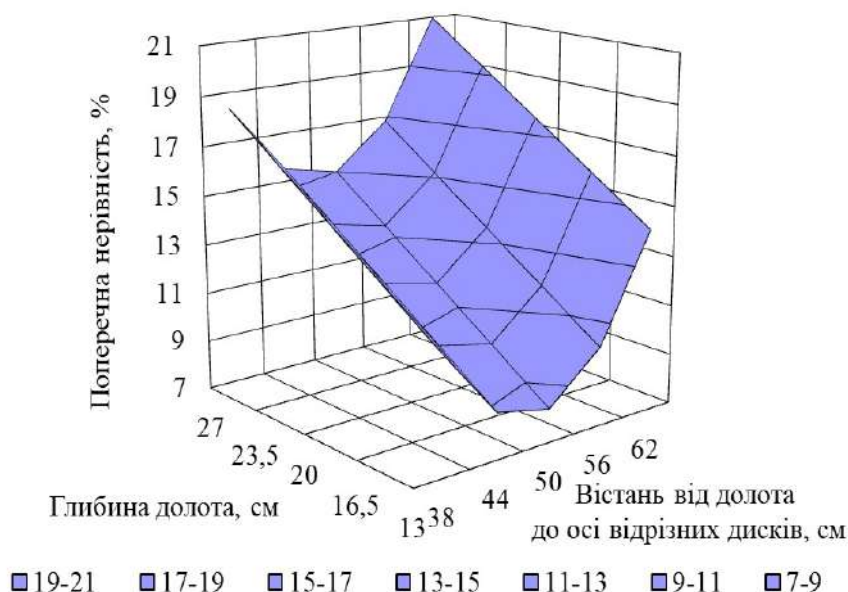


Рис. 10. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку відстані від долота до осі відрізних дисків при відстані між відрізними дисками 30 см

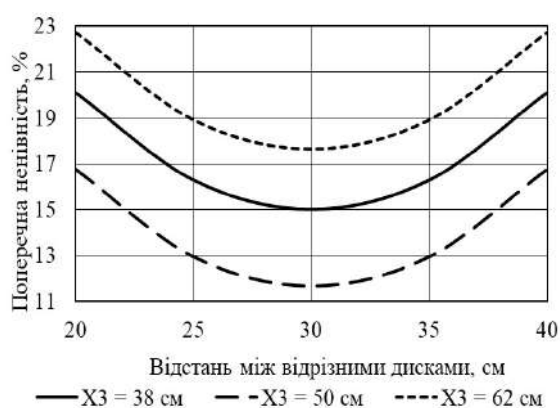


Рис. 11. Залежність поперечної нерівності від відстані між відрізними дисками при глибині ходу долота 20 см

Графік залежності поперечної нерівності від відстані від долота до осі відрізних дисків (рис. 12) при глибині долота 20 см має теж параболічну залежність. Відстань між відрізними дисками із найменшим відсотком поперечної нерівності позначено штрихованою лінією і становить 30 см. Лінії, що характеризують відстань між відрізними дисками 40 см та 20 см накладаються одна на одну і характеризується однаковими середніми значеннями поперечної нерівності, які виходять за задані агротехнічні межі. Отже, при зміні відстані від до-

лота до осі відрізних дисків від 38 до 62 см за значенням поперечної нерівності, мінімальна ширина між розрізними дисками становить 30 см при відстані від долота до осі відрізних дисків – від 40 до 58 см.

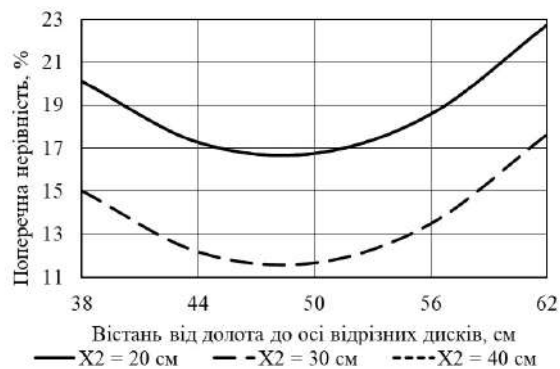


Рис. 12. Залежність поперечної нерівності відстані від долота до осі відрізних дисків при глибині ходу долота 20 см

Графік залежності (рис. 13) поперечної нерівності від відстані між відрізними дисками та відстані від долота до осі відрізних дисків при глибині ходу долота 20 см показує, що впливовим фактором є зміна відстані між відрізними дисками в межах від 22 до 38 см, тоді як відстань від долота до осі відрізних дисків – в межах від 40 до 58 см.

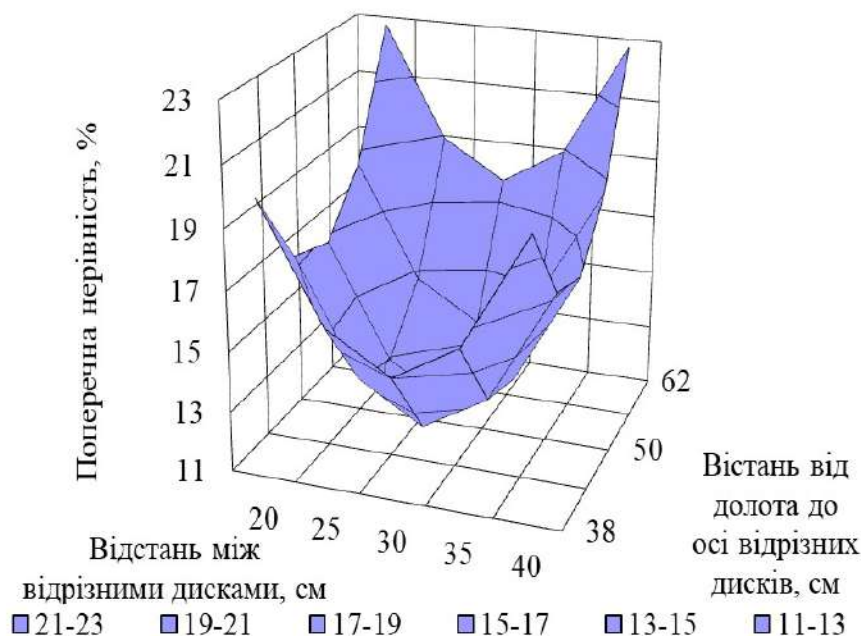


Рис. 13. Залежність поперечної нерівності від відстані між відрізними дисками та відстані від долота до осі відрізнних дисків при глибині ходу долота 20 см

Висновки та перспективи подальших досліджень

Експериментально встановлено, що секція агрегату для смугового обробітку ґрунту має мінімальну поперечну нерівність обробленої смужки в межах від 8 до 15 % при значенні відстані між відрізними дисками, тобто ширині обробленої смужки в межах від 22 до 38 см, відстані від долота до осі відрізнних дисків – 50 см. При збільшенні глибини обробітку долотом поперечна нерівність збільшується прямо пропорційно. У залежності від залягання плужної підшви глибина обробітку долотом може становити від 20 до 27 см. При змішаному способі посіву просапних культур і догляду за ними, для забезпечення дотримання агротехнічних вимог, а саме, поперечна нерівність повинна становити не більше 15 %, відстані між відрізними дисками доцільно приймати на рівні 30 см.

Для забезпечення нормальної роботи секції агрегату для смугового обробітку ґрунту необхідно додатково дослідити вплив зміни взаємного розміщення робочих органів та технологічних параметрів на якість обробітку ґрунту.

References

1. Vasilenko, P. M. & Vasilenko, V. P. (1980). *Metodyka postroyenyua raschetnykh modeley funktsyonyrovanyua mekhanycheskykh system (mashyn y ahrehatov)* [Method of construction of calculated models of functioning of mechanical systems (machines and aggregates)]. Kyiv : USKhA [in Ukrainian].
2. Golub, G. & Dvornik, A. (2018). *Obruntuvannya pokaznykiv yakosti ta ahronomichnykh vymoh do smuhovoho obrobittu ґрунту* [Reference of quality and hornomic requirements for groundwater protection indicators]. *Naukovi horyzonty*, 12 (73), 37–44 [in Ukrainian].
3. Lebedyev, S., Korobko, A. & Kozlov, Yu. (2017). *Do pytannia otsiniuvannia tochnosti vymiriuvan pid chas vyprobuvan silskohospodarskykh mashyn* [On the measurement of accuracy of measurements during tests of agricultural machines]. *Tekhnika i tekhnolohiia*, 10 (97), 22–25 [in Ukrainian].
4. Panchenko, A. N. (1999). *Teoriya izmelcheniya pochv pochvoobratyvayushchimi orudiyami* [Theory of grinding of soils with soil tillage implements]. Dnepropetrovsk : DGAU [in Russian].

5. Salo, V. M. (2008). Naukovo-tehnolohichni osnovy obgruntuvannia skladu ta parametriv kombinovanykh gruntoobrobnykh znariad [Scientific and technological bases of the substantiation of the composition and parameters of combined soil cultivating tools]. (Avtoreferat dysertatsii doktora tekhnichnykh nauk). Ternopil'skyi derzhavnyi tekhnolohichniy universytet im. I. Puliuia, Ternopil [in Ukrainian].

6. Skorobogatov, D., Golub, G. & Marus, O. (2016). Syderalni kultury. Mekhaniko-tehnolohichni osnovy podribnennia ta zahortannia [Sederal cultures. Mechanic-technological bases of shredding and wrapping]. Kyiv : NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].

7. Rossiyskaya akademiya s.-kh. nauk. VIM (1963). Sbornik nauchnykh trudov. T. 120. Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Collection of scientific papers. Vol. 120. Theory and calculation of tillage machines]. Moskva : VIM [in Russian].

8. Shustik, L., Gromadskaya, V., Martynina, L., Neguliaeva, N. & Suprun, V. (2017). Shlyakhy realizatsiyi tekhnolohiyi smuhovoho obrobittu gruntu v malykh i serednikh hospodarstvakh [Ways of implementation of the technology of sand cultivation of soils in small and medium-sized farms]. *Tekhnika i tekhnolohiia*, 11 (98), 16–21 [in Ukrainian].

INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE UNIT SECTION AGGREGATE FOR STRIP-TILL ON THE MULTIPLICABLE OF SOIL

G. Golub¹, A. Dvornyk²

e-mail: gagolub@ukr.net, a.dvornyk@ukr.net

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

street Heroes of Defense, 15B, Kyiv, 03041, Ukraine

²VB NUBiP of Ukraine "Nizhyn Agrotechnical Institute"

street Shevchenko, 10, Nizhyn, 16600, Ukraine

The section of the strip tillage has a set of mutually located working bodies, sequentially performing the destruction, displacement and grinding of the soil aggregates with the corresponding processing quality and the state of transverse unevenness of the treated strip. The results of experimental studies of the dependence of the mutual arrangement of the parameters of the working bodies

of the unit of the strip for strip tillage on the state of the transverse roughness of the treated strip and the quality of processing, which are provided by various design and technological parameters of the unit, are presented. Influencing factors of quality processing unit for band tillage is the depth of processing, the distance from the bit to the axis of the cutting disk, the width between the cutting discs, forming the width of the treated strip.

It was established experimentally that the section of the strip tillage has a minimum transverse unevenness of the treated strip in the range from 8 to 15% when the distance between the cutting discs, that is, the width of the processed strip in the range from 22 to 38 cm, the distance from the bit to the axis of the cutting discs - 50 cm. With an increase in the depth of processing with a chisel, the transverse unevenness increases in direct proportion. Depending on the occurrence of the plow sole, the depth of chisel processing can be from 20 to 27 cm. With a mixed method of sowing row crops and caring for them, to ensure compliance with agro technical requirements, namely, transverse unevenness should not exceed 15%, the distance between the cutting discs is reasonable take at 30 cm. To ensure the normal operation of the section of the unit for band processing, it is necessary to further investigate the effects of changes in the relative position of the working bodies and technological parameters on the quality of processing.

Key words: discs, chisel, speed, quality of processing, distance from the bit to the axis of the cutting disc, width between the cutting discs.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕКЦИИ АГРЕГАТА ДЛЯ ПОЛОСОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ПОПЕРЕЧНУЮ НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОЧВЫ

Г. А. Голуб¹, А. В. Дворник²

e-mail: gagolub@ukr.net, a.dvornyk@ukr.net

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

ул. Героев Оборона, 15В., Г. Киев, 03041, Украина

²ОП НУБиП Украины «Нежинский агротехнический институт»

ул. Шевченко, 10, г. Нежин, 16600, Украина

Обосновано, что секция агрегата для полосовой обработки имеет комплекс взаимно расположенных рабочих органов, последовательно выполняющих разрушения, смещения и измельчения

грунтовых агрегатов с соответствующим качеством обработки и состоянием поперечной неровности обработанной полосы. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния зависимости взаимного расположения параметров рабочих органов секции агрегата для полосовой обработки на состояние поперечной неровности обработанной полосы и качество обработки, которые обеспечиваются различными конструктивными и технологическими параметрами агрегата. Влиятельными факторами качественной обработки агрегатом для полосовой обработки почвы является глубина обработки, расстояние от долота к оси режущего диска, ширина между отрезными дисками, формирующая ширину обработанной полосы.

Экспериментально установлено, что секция агрегата для полосовой обработки имеет минимальную поперечную неровность обработанной полосы в пределах от 8 до 15% при значении расстояния между отрезными дисками, то есть ширине обработанной полосы в пределах от 22 до 38 см, расстояние от долота к оси отрезных дисков – 50 см. При увеличении глубины обработки долотом поперечная неровность увеличивается прямо-

пропорционально. В зависимости от залегания плужной подошвы глубина обработки долотом может составлять от 20 до 27 см. При смешанном способе посева пропашных культур и ухода за ними, для обеспечения соблюдения агротехнических требований, а именно, поперечная неровность должна составлять не более 15%, расстояния между отрезными дисками, целесообразно принимать на уровне 30 см. Установлено, что для обеспечения нормальной работы секции агрегата для полосовой обработки необходимо дополнительно исследовать влияние изменения взаимного расположения рабочих органов и технологических параметров на качество обработки.

Ключевые слова: диски, долото, скорость движения, качество обработки, расстояние от долота к оси отрезного диска, ширина между отрезными дисками.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-51-57

УДК 629.78:338.43

ДИНАМІКА ВАКУУМЕТРИЧНОГО ТИСКУ МОЛОЧНОЇ КАМЕРИ КОЛЕКТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

О. В. Медведський¹, О. М. Ачкевич², В. І. Ачкевич²

e-mail: aleksmedvedsky@gmail.com, achkevych@gmail.com, achkevychv@gmail.com

¹ Житомирський національний агроєкологічний університет

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

² Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03040, Україна

Представлені на ринку серійні колектори доїльних апаратів відомих виробників відрізняються за конструкційними параметрами та режимами роботи. Це вказує на пошук раціональної конструкції колектора, що має повною мірою відповідати зоотехнічним вимогам до машинного доїння корів. Проведена оцінка доводить наявність нерозкритих питань щодо рівня вакууметричного тиску у молочній камері колектора доїльного апарата та його вплив на стабільність режимних характеристик. Зокрема це стосується впливу коливань тиску на якісні показники молока та здоров'я вимені корів. Вченими відзначається суттєвий вплив нестабільного вакууметричного тиску на забезпечення бажаних режимних характеристик доїльного апарата та збереження здоров'я корів. Змінна в часі інтенсивність потоку молока викликає диспергування жирових кульок та спінювання молока у гнучкому молокопроводі, що погіршує його технологічні властивості. Доведено вплив конструкційно-геометричних параметрів колектора доїльного апарата на підвищення ефективності технологічного процесу транспортування молока. Встановлено незначний вплив інтенсивності молоковіддачі на рівень вакууметричного тиску у молочній камері колектора в межах фіксованого діаметра гнучкого молокопроводу. Отримана математична модель зміни вакууметричного тиску у молочній камері колектора залежно від діаметра молочного патрубку при заданій інтенсивності молоковіддачі. Змодельовано вплив фіксованого діаметра дротельного отвору на зміну рівня вакууметричного тиску у молочній камері колектора в такті стиснення відповідно до діаметра молочного шланга та інтенсивності молоковіддачі. Введено поняття граничнодопустимої умови вивільнення молочної камери колектора від молока залежно від конструкційно-технологічних особливостей запропонованого двосекційного колектора та режимів роботи доїльного апарата.

Ключові слова: рівень вакууметричного тиску, молочна камера колектора, молочний патрубок, інтенсивність молоковіддачі.

Постановка проблеми

Присутність на ринку різноманітних виконань колектора доїльного апарата вказує на постійний пошук його раціональної конструкційно-технологічної схеми. Деякі конструкційні рішення значно ускладнюють будову колектора для забезпечення безпечних умов транспортування молока до молокопроводу, що викликає підвищення вартості обладнання. При цьому не враховується вплив об'ємної подачі повітря на якісні показники молока та рівень коливання вакууметричного тиску у молочній камері.

Відповідно до досліджень [1], в молочному шлангові під дією інтенсивного неконтрольованого потоку повітря до молочної камери колектора

відбувається диспергування молока. Це призводить до скорочення бактерицидної фази молока, що впливає на термін його зберігання. Молоко у процесі транспортування надмірним потоком повітря збовтується, жирові кульки залишаються на стінках молокопроводу. Внаслідок незадовільних умов транспортування молока втрачається 0,32% молочного жиру [1; 2], що погіршує технологічні властивості молока.

Невирішеним залишається питання встановлення раціонального співвідношення між конструкційними параметрами молочної камери колектора, рівнем вакууметричного тиску та його стабільністю. Потребує узгодження подача повітря до молочної камери, впродовж тактів ссання та стиснення, залежно від інтенсивності молоковід-

дачі. При цьому, слід орієнтуватися на ощадний режим транспортування молока з одночасним забезпеченням транспортуючої різниці тиску.

Тому, досліджень у напрямку встановлення раціональної структурно-функціональної схеми колектора доїльного апарата з метою виявлення раціональних конструкційно-технологічних параметрів та режимів його роботи є актуальним питанням галузі машинного доїння корів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В більшості робіт провідних вчених розглядається питання покращення якісних показників роботи доїльних установок шляхом удосконалення режиму роботи чи конструкції доїльного апарата. В них відзначається, що найбільш важливим показником оцінки роботи є оптимізація конструкційних параметрів та режимних характеристик безпосередньо складових доїльного апарата.

Дослідженнями Фененка А. І. [3, 4] встановлено, що при верхньому розміщенні молокопроводу доїльної установки, за умови використання молочного шланга діаметром 0,014 м, тиск в піддійкових просторах доїльних стаканів по відношенню до молокопровода збільшується на 3,2–4,8 кПа. При цьому, коливання тиску в піддійкових просторах можуть досягати до 21 кПа в дво-тактних доїльних апаратах, що негативно впливає на якість молока та здоров'я тварини. Вчений стверджує, що за разового надою 8–10 л діаметр молочного патрубку колектора повинен бути в межах 0,010–0,012 м.

В дослідженнях [5] розглядається проблема виникнення періодичних коливань вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора щодо доїльних установках різних конструкцій. Обґрунтовується вплив коефіцієнта повітровмісту на оптимальний режим транспортування. Вводиться поняття коефіцієнту зміни вакууму K , як оцінки ступеня стабільності роботи доїльного апарата. Так, коефіцієнт K для систем доїння у відро має становити 0,86–0,92, а для системи доїння у верхній молокопровід – 0,7–0,81. За періодичного транспортування молокоповітряної суміші в молокопровід лише протягом такту стиснення цей коефіцієнт, для систем доїння із верхнім молокопроводом, повинен становити 0,93.

Дослідження [6] спрямовані на встановлення коливання вакууму при зміні розмірів молочного патрубку, об'єму колектора доїльного апарата. Також досліджувались режими руху молоко-повітряної суміші в молочному шлангові залежно від молоковіддачі корови. Вказується, що мінімальний об'єм молокозбірної камери колектора має становити 50–60 см³, оскільки, на думку вченого,

подальше збільшення об'єму не дає бажаного ефекту, хоча відзначається, що може створюватися деякий «резерв» вакууму.

Результатами роботи [7] встановлено, що найменше коливання вакууму (від 2,5 до 12 кПа) спостерігається у колекторах збільшеного об'єму (більше 130 мл), за умови швидкості молокоповітряної суміші в шлангові не менше 6 л/хв. При збільшенні швидкості транспортування чи зменшенні діаметра молочного шланга коливання тиску можуть сягати до 25 кПа.

Дослідники [8] вказують, що коливання вакууму у фазі ссання досягає 9 кПа в системі з діаметром шланга 11 мм та робочим вакуумметричним тиском системи 44 кПа. В системі з вакуумом 47 кПа та діаметром шланга 12 мм коливання тиску зменшуються до 6 кПа, а найменше коливання тиску на рівні 4 кПа спостерігається при робочому тиску 44 кПа та діаметрі молочного шланга 12 мм. Коливання тиску у фазі стиску до 15 кПа спостерігається в системі з вакуумом на рівні 47 кПа при використанні молочного шланга діаметром 12 мм. В системі з робочим вакуумом 44 кПа та з діаметром шланга 12 мм коливання тиску сягають 10 кПа.

Незважаючи на значний обсяг досліджень, виникає потреба в узгодженні конструкційно-технологічних параметрів колектора доїльного апарата з інтенсивністю молоковіддачі для забезпечення оптимального виведення молока до молокопроводу при мінімальному рівні флуктуації вакуумметричного тиску в молокозбірній камері в такті ссання та стиснення при збереженні якісних показників молока.

Мета, завдання та методика досліджень

Мета досліджень спрямована на підвищення ефективності процесу машинного доїння корів шляхом встановлення впливу конструкційних та технологічних параметрів розробленого двосекційного колектора доїльного апарата на рівень вакуумметричного тиску для задоволення умови безпечного транспортування молока до верхнього молокопроводу доїльної установки зі збереженням його технологічних показників якості.

Для досягнення поставленої мети скористаємося методами теоретичних досліджень, котрі базуються на застосуванні теорії математичного моделювання з використанням основних положень інтегрального та диференціального числення, гідрогазодинаміки, теплотехніки та вакуумної техніки (методи класичних наук). Обробка результатів досліджень потребує застосування положень теорії

ймовірності та математичної статистики, використання пакету прикладних програм Statistica 10 і Microsoft Excel 2010.

Об'єктом дослідження є конструкційно-технологічні параметри розробленого двосекційного колектора доїльної апарата та їх вплив на процес транспортування молока, при збереженням його якості, до верхнього молокопроводу доїльної установки.

Результати досліджень

В роботі [9] розглядали конструкцію колектора доїльного апарата, у якого під час такту стиснення до молочної камери надходить повітря через дросельний отвір з тиском розподільної камери. Це дозволяє створити додатковий градієнт тиску, що покращує умови транспортування молока та повного вивільнення молочної камери. При цьому, не розкритим залишається питання встановлення динаміки вакуумметричного тиску впродовж такту стиснення.

Рівень вакуумметричного тиску у секції молокозбірної камери колектора ($p_{вст}$) визначимо за допомогою залежності:

$$p_{вст} = p_{атм} - p_{кст}, \quad (1)$$

де $p_{атм}$ – атмосферний тиск, кПа; $p_{кст}$ – тиск у молочній камері колектора в такті стиснення, кПа.

Транспортування молока гнучким шлангом до молокопроводу доїльної установки відбувається при виконанні умови:

$$p_{кст} \geq p_m + \Delta p_T, \quad (2)$$

де p_m – тиск у молокопроводі доїльної установки, кПа; Δp_T – втрати тиску у молочному шлангові, кПа.

Для забезпечення умови (2), до молокозбірної камери колектора під час такту стиснення надходить повітря з розподільної камери. В такому випадку, тиск у молочній камері колектора є сумою парціальних тисків тиску у кінці такту ссання та тиску об'єму повітря з тиском у розподільній камері колектора, що надходить через дросельний отвір до молочної камери впродовж такту стиснення, тобто:

$$p_{кст} = p_{пн} + p_{пр}, \quad (3)$$

де $p_{пн}$ – парціальний тиск молочної камери колектора, кПа; $p_{пр}$ – парціальний тиск об'єму повітря із розподільної камери, кПа.

З врахуванням досліджень [9], відповідно до рівняння стану газу Клапейрона [10], запишемо:

$$p_{кст} = \frac{p_n V_n + p_p (Q_{П} t_{ст})}{V_k + V_{ш} - V_{мш}}, \quad (4)$$

де p_p – тиск у розподільній камері колектора, кПа; p_n – тиск у молочній камері колектора, кПа; $Q_{П}$ – розрахункова інтенсивність подачі повітря до молочної камери, м³/с; $t_{ст}$ – тривалість такту стиснення, с; V_k – конструкційний об'єм секції молочної камери колектора, м³; V_m – об'єм молочного шланга, м³; $V_{мш}$ – об'єм молока у молочному шлангові, м³.

Характер зміни вакуумметричного тиску у молочній камері колектора у такті стиснення, відповідно до рівнянь (1) та (4), наведено на рис. 1.

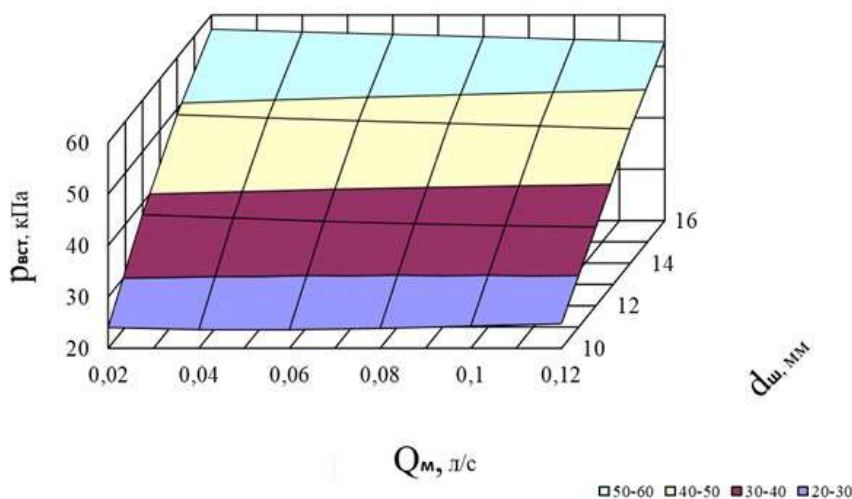


Рис. 1. Залежність рівня вакуумметричного тиску $p_{вст}$ у молочній камері колектора під час такту стиснення від діаметра молочного шланга (d_m) та інтенсивності молоковіддачі Q_m .
Джерело: власні дослідження

Відповідно до отриманої поверхні на рис. 1, вакуумметричний тиск збільшується при збільшенні діаметра молочного шланга незалежно від інтенсивності молоковіддачі. Це пояснюється збільшенням сукупного об'єму системи колектор-молочний шланг, а також меншими втратами тиску під час транспортування молока до молокопроводу доїльної установки.

Інтенсивність молоковіддачі при незмінному конструкційному об'ємі секції молочної камери колектора не має суттєвого впливу на зміну рівня вакуумметричного тиску. Спостерігається незначне зменшення рівня вакуумметричного тиску на 4,3–6,4 кПа для діаметра молочного шланга 16–12 мм зі збільшенням інтенсивності молоковіддачі, окрім випадку з найменшим діаметром молочного шланга ($d_{ш}=10$ мм).

Змодельємо вплив фіксованого діаметра дросельного отвору на зміну рівня вакуумметричного тиску у молочної камері колектора в такті стиснення відповідно до діаметра молочного шланга та інтенсивності молоковіддачі (рис. 2–3). При цьому, повинні виконуватися наступні умови:

- умова гарантованого транспортування молока молочним шлангом:

$$k_p = \frac{p_{вст}}{p_{с.доп}} \leq 1, \quad (5)$$

де k_p – коефіцієнт співвідношення вакуумметричних тисків; $p_{с.доп}$ – гранично-допустимий вакуумметричний відповідно до умови (2), кПа.

- умова збереження якості молока:

$$Q_{Пр} \leq Q_{Пд} \leq Q_{П.доп}, \quad (6)$$

де $Q_{Пр}$ – розрахункова інтенсивність подачі повітря, м³/с; $Q_{Пд}$ – інтенсивність подачі повітря адаптована до діаметра молочного шланга, м³/с; $Q_{П.доп}$ – граничнодопустима інтенсивність подачі повітря, за умови збереження якості молока [3], м³/с.

Причиною не виконання умови транспортування може бути низька інтенсивність подачі повітря у зв'язку із недостатнім діаметром дросельного отвору. Це можна пояснити тим, що розрахункова інтенсивність подачі повітря забезпечується відповідним діаметром дросельного отвору, що визначається на основі рівняння нерозривності потоку. Ось чому важливо узгодити виконання обох викладених умов.

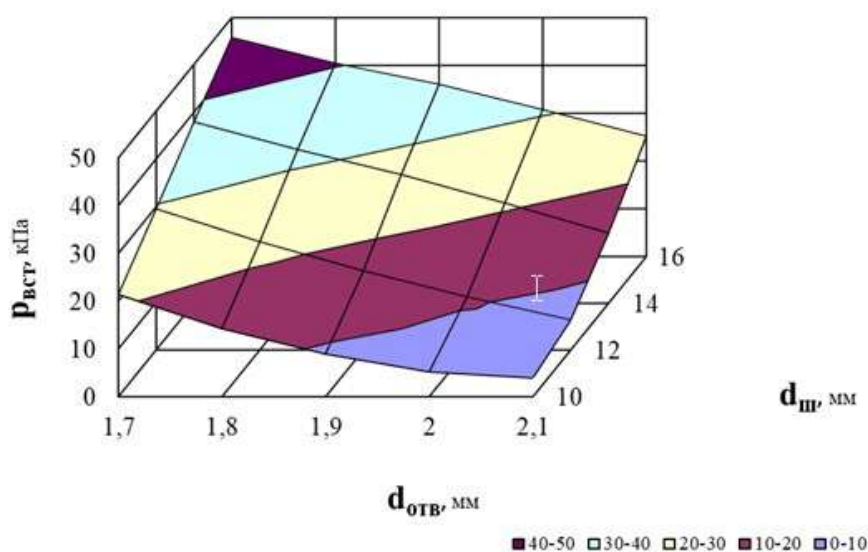


Рис. 2. Залежність вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора в такті стиснення ($p_{вст}$) від діаметра дросельного отвору ($d_{отв}$) та діаметра молочного шлангу ($d_{ш}$) при молоковіддачі $Q_m=6$ л/хв.

Джерело: власні дослідження.

Результати досліджень

Відповідно до отриманих графічних залежностей (рис. 2), вакуумметричний тиск у молочної камері колектора знижується зі збільшенням діаметра дросельного отвору та зростає при збіль-

шенні діаметра молочного шланга. Це можна пояснити тим, що більшому діаметру молочного шланга відповідає вищий рівень парціального тиску молочної камери колектора за рахунок збільшення вільного від молока простору за незмінної інтенсивності молоковіддачі.

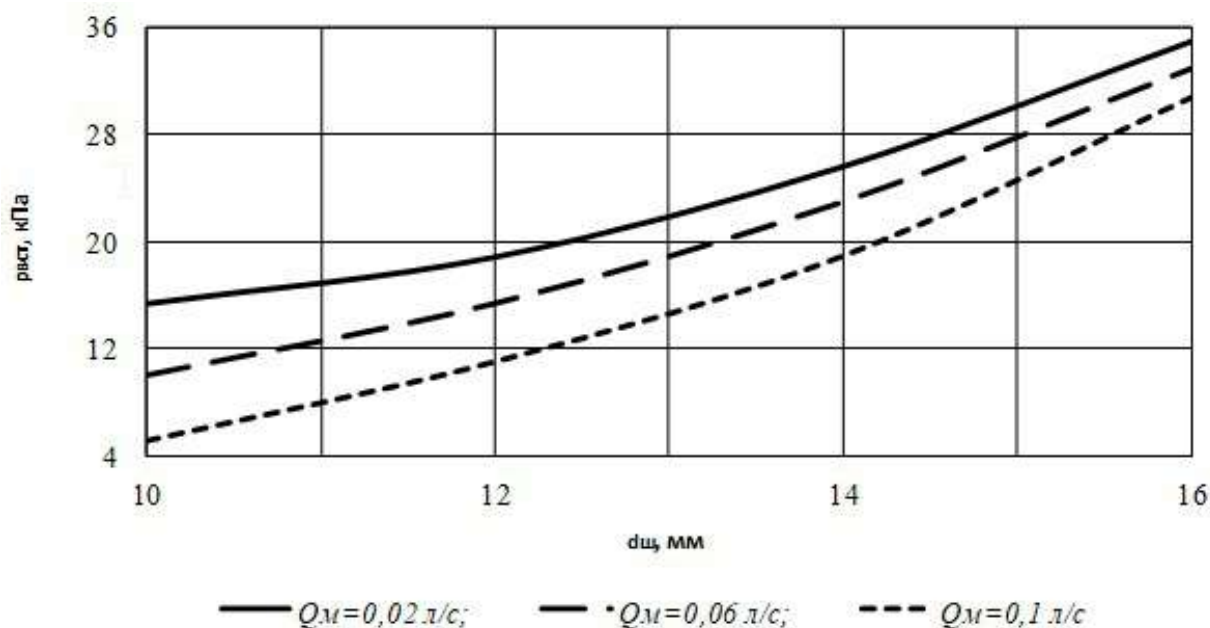


Рис. 3. Залежність вакуумметричного тиску в молокозбірній камері колектора в такті стиснення ($p_{вст}$) від діаметра молочного шланга ($d_{ш}$) при діаметрі дросельного отвору $d_{отв}=2$ мм та змінній інтенсивності молоковіддачі Q_M

Джерело: власні дослідження.

При зростанні інтенсивності молоковіддачі (рис. 3) знижується рівень вакуумметричного тиску незалежно від діаметра молочного шланга. Це можна пояснити зменшенням сукупного об'єму системи колектор-молочний шланг за рахунок збільшення кількості молока у гнучкому молокопроводі. Характер залежностей для досліджуваних діаметрів дросельних отворів має аналогічний характер. Особливість полягає у збільшенні рівня вакуумметричного тиску у такті стиснення при меншому діаметрі дросельного отвору.

Висновки та перспективи подальших досліджень

За умови використання діаметра дросельного отвору в діапазоні 1,5–1,6 мм та діаметрів молочного шланга 14 та 16 мм коефіцієнт співвідношення тисків буде більший за одиницю, а це означає, що не виконується умова гарантованого транспортування молока до молокопроводу доїльної установки. Не виконується умова безпечного транспортування молока при діаметрі дросельного отвору більше за 2,1 мм для діаметрів молочного шланга 10–12 мм та при діаметрі дросельного отвору більше за 2,5 мм для досліджуваного діапазону діаметрів молочного шланга у зв'язку із надмірною подачею

повітря. Діаметр дросельного отвору менше за 1,5 мм не забезпечить бажаного градієнту тиску за високої інтенсивності молоковіддачі для молочного шланга діаметром 10–16 мм.

Таким чином, відповідно до теоретичних розрахунків, діаметр дросельного отвору на рівні 1,7–2,1 мм забезпечує необхідну подачу повітря у встановленому діапазоні діаметрів молочного шланга (10–16 мм) для гарантованого та безпечного транспортування молока до молокопроводу доїльної установки. Подальші дослідження передбачають експериментальну перевірку викладених теоретичних результатів.

References

1. Paliy, A. P. (2016). Vplyv molokoprovodnykh system doilnykh ustanovok na spozhyvchi pokaznyky moloka [Influence milking system of milking plants on consumer indicators of milk]. *Tvarynnystvo Ukrainy*, 9, 20–22 [in Ukrainian].
2. Smoliar, V. (2014). Riven zakhvoriuvano sti koriv na mastyt za vykorystannia riznykh typiv doilnykh ustanovo [The level of garget occurrence in cows when applying different types of milking machines]. *Tekhnika i tekhnolohii APK.*, 1, 17–20 [in Ukrainian].

3. Fenenko, A. I. (2008). Mekhanizatsiia doinnia koriv. Teoriia i praktyka [Mechanization of milking cows. Theory and practice]. Kyiv [in Ukrainian].

4. Fenenko, A. I. & Syrotiuk, V. A. (2006). Rezhymna kharakterystyka kolektora molokoprovi dnoi linii doilnoho aparata [Mode characteristic of the collector of the milk line of the milking machine]. *Visnyk Lvivskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu*. Ser. Ahroinzhenerni doslidzhennia, 10, 158–162 [in Ukrainian].

5. Juk, Z. YA. (1975). Issledovanie poter vakuuma na osnovnykh uchastkakh molochnykh liniy doilnykh ustanovok [Study of vacuum losses in the main sections of the milking lines of milking machines]. *Traktory i selhozmashiny*., 3, 31–34 [in Russian].

6. Hozyaev, I. A. (1984). Nauchnyie osnovy i inzhenernyie metodyi raschetov nadejnosti selskohozyaystvennykh biotekhnicheskikh sistem «chelovek–mashina–jivotnoe» [Scientific foundations and engineering methods for calculating the reliability of agricultural biotechnical systems “man–machine–animal”] (Avtoreferat dissertatsii doktora tekhnicheskikh nauk). Rostov na Donu [in Russian].

7. Pavlenko, C. I., Aliiev, E. B. & Linyk, Yu. O. (2015). Metodyka eksperymentalnykh doslidzen protsesu peremishchennia molokopovitrianoi sumishi v doilnomu aparati [The method of experimental studies of the process of movement of milk and air mixture in the milking machine]. *Naukovyi visnyk Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu*, 5/2, 167–172 [in Ukrainian].

8. Fenenko, A. I. (2014). Biotekhnicheskaya sistema proizvodstva moloka. Teoriya i praktika [Biotechnical system of milk production. Theory and practice]. Nezhin: Lysenko N. M. [in Russian].

9. Golub, G., Medvedskiy, O., Achkevych, V. & Achkevych, O. (2018). Establishing rational structural-technological parameters of the milking machine collector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1, 1 (91), 12–17. doi: 10.15587/1729-4061.2018.121537

10. Loytsyanskiy, L. G. (2003). Mehanika jidkosti i gaza [Mechanics of liquid and gas] (7 th ed.). Moskva: Drofa [in Russian].

DYNAMICS OF THE VACUUMMETRIC PRESSURE OF THE DAIRY CHAMBER OF THE COLLECTOR OF MILKING MACHINE

O. Medvedskiy¹, O. Achkevych², V. Achkevych²

e-mail: aleksmedvedsky@gmail.com,

achkevych@gmail.com, achkevychv@gmail.com

¹ Zhytomyr National Agroecological University
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr, Ukraine, 10008

² National University of Life and environmental sciences of Ukraine

Heroev Oborony str., 15, Kyiv, Ukraine, 03040

Presented in the market serial collectors of milking machines of known manufacturers differ in design parameters and operating modes. This indicates the search for a rational design of the collector, which must fully meet the zoo-technical requirements for machine milking cows. The performed assessment proves the presence of undisclosed issues regarding the level of vacuum pressure in the milk chamber of the milk manifold collector and its effect on the stability of the regime characteristics. In particular, this concerns the effect of pressure fluctuations on the quality of milk and the health of cow dander. Scientists have a significant impact of unstable vacuum pressure on the desired performance characteristics of the milking machine and the preservation of the health of cows. The time-varying intensity of the flow of milk causes the dispersion of fatty balls and the foaming of milk in a flexible milk line, which worsens its technological properties. The influence of structural and geometric parameters of the collector of the milking machine on increasing the efficiency of the technological process of milk transport is proved. The insignificant influence of milk yield intensity on the level of vacuum-pressure in the milk chamber of the collector within the fixed diameter of the flexible milk pipeline is established. The mathematical model of the change of vacuum pressure in the milk chamber of the collector depending on the diameter of the milk pipe at a given intensity of milk yield is obtained. The influence of the fixed diameter of the throttle on the change in the level of vacuum pressure in the milk chamber of the collector in the compression cycle in accordance with the diameter of the milk hose and the intensity of milk yield are simulated. The concept of the permissible permitted condition for the release of the milk chamber of the collector from milk is introduced, depending on the design and technological features of the proposed two-section collector and the operating modes of the milking machine.

Key words: level of vacuum gauge pressure, milk chamber of collector, milk pipe, intensity of milk yield

ДИНАМИКА ВАКУУММЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ КАМЕРЫ КОЛЛЕКТОРА ДОИЛЬНОГО АППАРАТА**А. В. Медведский¹, О. Н. Ачкевич²,
В. И. Ачкевич²***e-mail: aleksmedvedsky@gmail.com,
achkevych@gmail.com, achkevychv@gmail.com*¹ Житомирский национальный агроэкологический университет

бульвар Старый, 7, г. Житомир, 10008, Украина

² Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
ул. Героев Оборонь, 15, г. Киев, 03040, Украина

Представленные на рынке серийные коллекторы доильных аппаратов известных производителей отличаются по конструкционным параметрам и режимам работы. Это указывает на поиск рациональной конструкции коллектора, которая должна полностью соответствовать зоотехническим требованиям к машинному доению коров. Проведенная оценка доказывает наличие нераскрытых вопросов относительно уровня вакуумметрического давления в молочной камере коллектора доильного аппарата и его влияние на стабильность режимных характеристик. В частности это касается влияния колебаний давления на качественные показатели молока и здоровье вымени коров. Учеными отмечается существенное влияние нестабильного вакуумметрического давления на обеспечение желаемых режимных характеристик доильного аппарата и сохранения здоровья коров. Переменная во времени

интенсивность потока молока вызывает диспергирование жировых шариков и вспенивание молока в гибком молокопроводе, что ухудшает его технологические свойства. Доказано влияние конструктивно-геометрических параметров коллектора доильного аппарата на повышение эффективности технологического процесса транспортировки молока. Установлено незначительное влияние интенсивности молокоотдачи на уровень вакуумметрического давления в молочной камере коллектора в пределах фиксированного диаметра гибкого молокопровода. Полученная математическая модель изменения вакуумметрического давления в молочной камере коллектора в зависимости от диаметра молочного патрубка при заданной интенсивности молокоотдачи. Смоделировано влияние фиксированного диаметра дроссельного отверстия на изменение уровня вакуумметрического давления в молочной камере коллектора в такте сжатия в соответствии с диаметром молочного шланга и интенсивности молокоотдачи. Предложено понятие предельного условия высвобождения молочной камеры коллектора от молока в зависимости от конструктивно-технологических особенностей разработанного двухсекционного коллектора и режимов работы доильного аппарата.

Ключевые слова: *урівень вакуумметрического давления, молочная камера коллектора, молочный патрубок, интенсивность молокоотдачи.*

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-58-67

УДК 664.64.016.8+664.661

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО, ЗБАГАЧЕНОГО НЕТРАДИЦІЙНИМИ РОСЛИННИМИ ІНГРЕДІЄНТАМИ

Я. В. Євчук, В. В. Любич

e-mail: yana_yevchuk@ukr.net

Уманський національний університет садівництва

Інститутська, 1, м. Умань, 20300, Україна

Удосконалено технологію збагачення хліба з борошна пшеничного вищого сорту добавкою натурального походження (порошками із плодів хеномелесу). Проаналізовано і вивчено фактори, які зумовлюють необхідність підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів; проаналізовані перспективи розвитку функціонального харчування; проведено огляд натуральних добавок з метою їх використання у виробництві хлібобулочних виробів; проаналізовано процес виготовлення хліба. На основі органолептичних та фізико-хімічних показників був вибраний зразок з оптимальною концентрацією добавок. За результатами досліджень встановлено, що найвища вологість хліба була у зразку із додаванням 3% порошків із плодів хеномелесу і становила 45,0 %, тоді як у варіантах із додаванням 1; 5 і 7 % показник вологості був на рівні 44,1 та 43,8 %, відповідно. Найвища пористість хліба була у варіанті із додаванням 1 % порошку (69,8 %), найнижча – у варіанті із додаванням 7 % добавки (62,8 %). Найвища кислотність хліба (3,1 та 2,9 град) була відмічена у варіантах із внесенням порошків у кількості 7 і 5 %, децю нижчий її показник (2,8 та 2,6 град) був у варіантах із кількістю добавок 3 і 1 %. Об'єм хліба збільшувався відповідно до кількості внесених добавок і становив, відповідно 532–442 см³/100 г. Найвищу хлібопекарську оцінку (3,9 бали) отримав зразок хліба із внесенням добавки до рецептури у кількості 1 %, а найменшу – варіант із добавкою 7 % – 2,6 бала.

У сучасному виробництві хліба, зокрема лікувально-профілактичного призначення, активно йде пошук джерел і розробка способів використання малопоширеної лікарської сировини, яка здатна підвищити харчову і біологічну цінність хліба, поліпшити якість, стабілізувати технологічний процес, домогтися економії ресурсів при збереженні традиційних споживчих властивостей. Така сировина повинна мати невисоку вартість, бути універсальною і зручною у застосуванні, доступною для використання в промислових масштабах, містити фізіологічно функціональні інгредієнти, а також володіти певним лікувальним ефектом.

Ключові слова: нетрадиційна лікарська сировина, плоди хеномелесу, біологічно активні речовини, удосконалення технології, фізико-хімічні та органолептичні показники якості.

Постановка проблеми

Нині однією із глобальних проблем сьогодення, є розповсюдження серед населення країни хвороб аліментарного характеру, які викликані незбалансованим харчуванням. Вирішення цієї проблеми можливе лише за умови підвищення харчової та біологічної цінності продуктів харчування, зокрема хлібобулочних виробів, частка яких у харчових раціонах складає близько 15 %. Відомо, що традиційні сорти хліба, що випускає сучасна хлібопекарська промисловість, мають високу енергетичну цінність, проте досить часто характеризуються амінокислотним складом, досить низьким вмістом харчових волокон, вітамінів та мінеральних речовин. Тому, пріоритетним завданням хлі-

бопекарського виробництва є формування хлібобулочних виробів, збагачених біологічно активними інгредієнтами. Науковий та практичний досвід свідчить про те, що для вирішення поставленої мети доцільним є включення до рецептур хліба нетрадиційної плодової сировини, яка є природним біокоректором з високим вмістом біологічно активних речовин.

Плоди хеномелесу (*Chaenoméles*), або айви японської, відмінно підходять для вирішення поставлених завдань, оскільки містять у своєму складі досить велику кількість органічних кислот (яблучну, винну, лимонну), клітковину, пектинові речовини, аскорбінову кислоту, фенольні сполуки, що мають антиоксидантну властивість, а також

дубильні речовини, вітаміни та мінерали, завдяки чому ця культура має велике значення для промислової переробки [1].

Включення продуктів переробки хеномелесу до рецептури харчових продуктів дозволяє корегувати їх склад та надавати функціональних та профілактичних властивостей. З урахуванням актуальності створення таких продуктів харчування та обмеження асортименту хлібобулочних виробів функціонального призначення, актуальним є розроблення технології виготовлення хліба із борошна пшеничного вищого сорту із додаванням порошку із плодів хеномелесу [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Обґрунтуванню науково-практичних підходів щодо створення технологій та інтенсифікації технологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів функціонального призначення з використанням нетрадиційної сировини присвячено праці відомих вітчизняних та закордонних учених: А. М. Дорохович, Г. М. Лисюк, Л. І. Пучкової, Р. Ю. Павлюк, М. М. Калакури, Л. Ю. Арсенєвої, В. Ф. Доценка, Т. Б. Циганової, М. Servili, G. Yen, C. Wang та ін.

З метою вдосконалення технології виробництва хліба лікувально-профілактичного призначення пропонується використовувати дрібнодиспергований порошок із плодів хеномелесу, який є джерелом вітамінів, макро- та мікроелементів, що мають потужні пребіотичні, детоксикаційні та імуномодельючі властивості.

Відомостей про використання порошоків із плодів хеномелесу у хлібопекарському вироб-

ництві не знайдено, а їх вплив на якість, харчову та біологічну цінність хліба у джерелах літератури висвітлений недостатньо. Це ставить завдання системного вивчення його хімічного складу, функціонально-технологічних властивостей, а також впливу на перебіг процесів формування якості напівфабрикатів та готових виробів на всіх стадіях технологічного процесу виготовлення хліба [3–6].

Мета, завдання та методика досліджень

Мета досліджень полягала у визначенні впливу порошку із плодів хеномелесу на органолептичні та фізико-хімічні показники хліба, встановленні оптимальної кількості добавки; розробленні рецептури та технології виготовлення хліба пшеничного з додаванням порошку із плодів хеномелесу; вивченні впливу порошку із плодів хеномелесу на харчову цінність та функціональні властивості хліба.

Експериментальну частину роботи проводили в лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва упродовж 2017–2018 рр. Для проведення досліджень використовували борошно пшеничне вищого сорту із зерна пшениці сорту Вільшана. Контрольним варіантом дослідження був хліб, випечений із борошна пшеничного вищого сорту без добавок. В інших варіантах досліджень випікання хліба проводили з додаванням до маси борошна порошку із плодів хеномелесу в кількості 1; 3; 5; та 7%. Схема проведення дослідження наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Схема проведення дослідження з вивчення впливу порошку із плодів хеномелесу на якість хліба із борошна пшеничного вищого сорту

Варіанти дослідження	Кількість борошна, %	Кількість порошку із плодів хеномелесу, %	Сіль кухонна, %	Дріжджі хлібопекарські пресовані, %
Борошно пшеничне вищого сорту (100 %) – контроль	100,0	-	1,5	3,0
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 1 %	100,0	1,0	1,5	3,0
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 3 %	100,0	3,0	1,5	3,0
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 5 %	100,0	5,0	1,5	3,0
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 7 %	100,0	7,0	1,5	3,0

Технологія виробництва порошку із плодів хеномелесу включає додаткові операції серед сушінням – бланшування та нарізання на шматочки. Бланшування сировини сприяє розм'якшуванню і збільшенню проникненості тканин, при цьому, інтенсифікується процес сушіння і знижуються втрати термолабільних сполук [7, 8].

Порошок із подрібнених плодів хеномелесу, висушених конвективним способом за температури сушильного агента 90°C мав однорідну сипку масу, світло-жовтуватий колір, чітко виражений кислуватий смак, запах – властивий хеномелесу.

Лабораторне пробне випікання хліба із борошна пшеничного вищого сорту проводили відповідно до ГОСТ 27669–88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки» [9].

Тісто температурою 32°C і вологістю 44,5 % замішували безопарним способом із борошна, води, солі, дріжджів та порошку із плодів хеномелесу в кількості згідно з вищезазначеною рецептурою, а також створювали умови для бродіння тіста до кінцевої кислотності 3,0 град. Тістові заготовки вкладали у змащені рослинною олією форми, піддавали вистоюванню після чого випікали за температури 220...230°C упродовж 20 хвилин.

Для розроблення рецептури та визначення оптимальної кількості добавки із плодів хеномелесу у хлібобулочних виробках проводили лабораторні пробні випічки. Якість хліба за органолептичними та фізико-хімічними показниками оцінювали через 14–16 годин після випікання.

У плодах хеномелесу для виготовлення порошків визначали: сухі речовини за ГОСТ

28561–90 [10], масову частку органічних кислот (у перерахунку на яблучну) за ДСТУ 12747:2003 [11], масову частку пектинових речовин – за ГОСТ 29059–91 [12], масову частку аскорбінової кислоти – ГОСТ 24556–89 [13], масову частку поліфенольних сполук та β- каротину – фотометричним методом [14, 15].

У борошні пшеничному визначали вміст сирової клейковини – за ГОСТ 28796–90 [16]; якість клейковини – за допомогою приладу ВДК, кислотність – за ГОСТ 27493 [17]; число падання – за ГОСТ 30483–97 [18] вологість борошна та водопоглинальну здатність – за методикою, описаною В. І. Дробот [9].

У хлібобулочних виробках визначали: масову частку вологості за ГОСТ 21094–75 [19], пористість – за ГОСТ 5669–96 [20], кислотність – за ГОСТ 5670–96 [21], об'єм хліба та органолептичну оцінку якості [9].

Результати досліджень

Отримані дані хімічного складу плодів хеномелесу (табл. 2) знаходяться в межах, що наведено у джерелах літератури. Встановлено, що вони мають у своєму складі сухі речовини у кількості 18,0 %, більшу частину яких складають вуглеводи (моно- та дисахариди), які є основним джерелом енергії, необхідної для життєдіяльності [22, 23]. Плоди хеномелесу мають у своєму складі органічні кислоти (3,1 %), які позитивно діють на процес травлення, знижують рН середовища, сприяють створенню певного складу мікрофлори, активно беруть участь в енергетичному обміні речовин та стимулюють соковиділення в шлунково-кишковому тракті.

Таблиця 2. Біологічна цінність плодів хеномелесу

Сировина	Сухі речовини, %	Органічні кислоти, %	Пектинові речовини, %	Аскорбінова кислота, мг/100 г	Поліфенольні сполуки (катехіни), мг/100 г	β- каротин, мг/100 г
Хеномелес	18,0	3,1	2,1	56,7	650	0,1
За даними джерел літератури	7,0–22,5	2,4–7,3	0,3–2,2	20–280	450–960	0,1–0,3

Відомо, що серед вуглеводів особливе місце займають пектинові речовини, які широко використовують у харчовій промисловості. З кислотами та цукрами, що містяться у плодах, вони здатні утворювати драгли (желе). Дослідження вчених у

галузі медицини показали, що пектинові речовини мають здатність зв'язувати і знешкоджувати сполуки деяких радіоактивних і важких металів, таких як свинець, стронцій, кобальт та інші, які потрапляють в організм людини, спричиняючи різні за-

хворювання [2, 23]. Масова частка пектинових речовин знаходиться у визначених межах норми і становить 2,1 %.

Важливе місце в біологічній цінності плодів займає аскорбінова кислота. Як проміжний каталізатор окисно-відновлюваних процесів, вона міститься, переважно, в шкірочці плоду. Кількість її у плодах хеномелесу складає 56,7 мг/100 г. Малопоширена плодова сировина, зокрема хеномелес, є перспективною для виробництва продуктів спеціального призначення з підвищеним умістом біологічно активних речовин, що мають антиоксидантні властивості. Якщо носіями солодкого смаку є вуглеводи, а кислого – органічні кислоти, то терпкість зумовлюється фенольними речовинами, в основному флавонами та їх похідними, а гіркий смак визначається наявністю флаванонів [22, 23].

Результати досліджень показали, що плоди хеномелесу містять у своєму складі досить високу кількість поліфенольних сполук (650 мг/100 г), та β -каротину (0,1 мг/100 г), що в поєднанні з аскорбіновою кислотою володіють потужними антиоксидантними властивостями.

Якість борошна визначається показниками, за якими борошно пшеничне поділяють на сорти: вищий, перший, другий і оббивне. Борошно зразка, що досліджували, мав запах та смак властивий борошну із пшениці, без стороннього запаху і присмаку. При розжовуванні борошна не відчувалося хрусту [9, 16].

Результати проведених досліджень показали, що масова частка клейковини борошна пшеничного складає 33 %, що дає можливість отримати хліб з добре розвиненою пористістю та об'ємом (табл. 3).

Таблиця 3. Показники якості борошна пшеничного вищого сорту

Масова частка сиріої клейковини, %	Якість клейковини, од. ВДК	Кислотність, град.	Число падання, с	Вологість, %	ВІЗ, %
33,0	100,6	1,4	380	15,0	60

Встановлено, що клейковина борошна пшеничного вищого сорту за показниками приладу ВДК характеризується як задовільно слабка і складає 100,6 одиниць приладу. Така клейковина до-

сить пружна, не липка, при деформації миттєво не рветься і не розтягується.

Кислотність борошна характеризує тривалість його зберігання та впливає на кислотність хліба. Результати досліджень показали, що кислотність борошна вищого сорту склала 1,4 град., що характеризує його свіжість та придатність до використання.

Амілолітична активність ферментного комплексу борошна пшеничного вищого сорту характеризується таким показником, як число падання. Отримані результати досліджень показали, що борошно, яке використовується для проведення досліджень, має добрі хлібопекарські властивості. Число падання для борошна пшеничного вищого сорту склало 380 секунд, що повністю входить у допустимі норми якості незалежно від якості і відповідає оптимальному рівню для отримання хліба високої якості.

Важливим фактором, що впливає на вихід тіста та хліба є водопоглинальна здатність борошна, тобто, кількість води, яку поглинає борошно для отримання тіста задовільної консистенції та з оптимальними реологічними властивостями. Показник вологості борошна пшеничного вищого сорту впливає на його водопоглинальну здатність і складає 15 %. Враховуючи таку вологість борошна, водопоглинальна здатність борошна пшеничного була на рівні 60 %, що дає можливість зробити висновок про те, що досліджуване борошно відповідає вимогам стандарту та відноситься до вищого сорту.

Відомо, що до основних фізико-хімічних показників якості хліба, що нормуються стандартом, відносять його об'ємний вихід, пористість, вологість та кислотність [9]. Масова частка вологи – це важливий показник якості та енергетичної цінності хліба, оскільки кожен зайвий відсоток вологи зменшує енергетичну цінність кінцевого готового продукту. Крім того, за зайвої вологості хліб має низькі органолептичні властивості, гірше засвоюється організмом людини та швидко пліснявіє [25, 26].

За результатами проведених досліджень встановлено, що масова частка вологості у всіх досліджуваних варіантах входила в межі стандарту і коливалася в межах 43,8–45,5 %. Так, найвищими за вмістом вологи вирізнялися варіанти без внесення добавок (контроль) – 45,5 % та з добавкою порошку із плодів хеномелесу у кількості 3 % – 45,0 %. Тоді як у варіантах із внесенням добавки до

рецептури хліба в кількості 1; 5 та 7%, показник вологості був на рівні 44,1 та 43,8 %, відповідно.

Пористість хліба відображає об'єм пор, що знаходяться в певному об'ємі м'якушки, виражений у відсотках до всього об'єму. Показник пористості також характеризує не лише структуру хліба, а й його засвоюваність. Низька пористість характерна для хліба, випеченого із погано виродженого тіста. Стандартом передбачено мінімальне значення пористості, а збільшення цього показника свідчить про більший об'єм, кращий товарний вигляд та більшу розпушеність м'якушки хліба [9, 20].

Проведені дослідження показали, що внесення порошоків із плодів хеномелесу до рецептури хліба у кількості 1–7% призвело до зниження пористості хліба відносно контролю на 4,2 %, за рахунок зменшення загальної кількості клейковини в досліджуваних зразках. Так, найвища пористість була відмічена у варіанті хліба з внесенням 1% добавки (69,8%), тоді як найнижчий її показник був у варіанті із внесенням добавки у кількості 7% і становив 62,8% відповідно. Відомо [24, 27], що до складу пшеничного борошна входять клейковинні білки, які характеризують пружні властивості тіста, його розтяжність та здатність утримувати вуглекислий газ, що виділяється. Це, вочевидь, суттєво впливає на пористість готового продукту.

Кислотність хліба переважно обумовлена молочною та оцтовою кислотами, які утворюються при бродінні тіста. Помірна кислотність сприяє кращій засвоюваності хліба та надає йому приємний гармонійний смак. У свою чергу, підвищена кислотність хліба – досить шкідлива і призводить

до підвищення процесів бродіння в органах травлення організму людини. За недостатнього показника кислотності хліба (особливо в теплу пору року) в ньому може розвиватися картопляна хвороба, що призводить до незворотних процесів втрат готового продукту. Тому, підвищення кислотності тіста та хліба значною мірою запобігає виникненню цього процесу і перешкоджає швидкому псуванню хліба.

Результати досліджень показали, що кислотність хліба при внесенні добавок підвищувалася. Найвищою (3,1 та 2,9 град) вона була у варіантах із додаванням 7 і 5% порошку, дещо нижчий її показник був у варіантах із внесенням добавки у кількості 3 та 1% і становив, відповідно 2,8 та 2,6 град. Деяке збільшення кислотності хліба у досліджуваних варіантах, вочевидь, можна пояснити наявністю власних кислот у порошоків із плодів хеномелесу, а також присутністю в їх складі цукрів, які, як відомо, прискорюють процес бродіння та кислото-накопичення в тісті [2, 4].

Як видно з даних таблиці 4, внесення добавки до рецептури хліба у кількості 1% призвело до збільшення об'ємного виходу хліба – 532 см³/100 г. Це пов'язано зі зміцненням структури клейковини та збільшенням газоутворювальної здатності. У варіантах із внесенням добавки у кількості 3–7% цей показник дещо знижувався, порівняно з контролем і становив, відповідно, 468; 444; та 442 см³/100 г. Зниження показника об'єму хліба, вочевидь, обумовлено тим, що зміцнення клейковини у поєднанні зі значним газоутворенням призводить до зростання втрат вуглекислого газу, а отже і деякого зниження об'єму хліба.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники якості хліба

Варіанти дослідження	Показники			
	вологість %	пористість, %	кислотність, град	об'єм хліба см ³ /100г борошна
Борошно пшеничне вищого сорту (100%) – контроль	45,5	71,0	2,1	516
Борошно 100% + порошок із плодів хеномелесу 1%	44,1	69,8	2,6	532
Борошно 100% + порошок із плодів хеномелесу 3%	45,0	68,1	2,8	468
Борошно 100% + порошок із плодів хеномелесу 5%	43,8	66,6	2,9	444
Борошно 100,0% + порошок із плодів хеномелесу 7%	43,8	62,8	3,1	442
НІР ₀₅	2,2	3,4	0,1	25

Органолептичні показники якості контрольного зразка хліба з борошна пшеничного вищого сорту із зерна пшениці сорту Вільшана були порівняні з органолептичними показниками якості хліба пшеничного, із додаванням до рецептури порошку із плодів хеномелесу.

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 5, можна зробити висновок, що контрольний зразок хліба з борошна пшеничного вищого сорту мав найкращі органолептичні показники якості та гладку опуклу

поверхню коричневого кольору з чітко вираженим рум'яним відтінком. М'якіш дрібний, нерівномірний, еластичний, білого кольору з сіруватим відтінком. Смак – властивий хлібу. Даний зразок отримав вищу хлібопекарську оцінку – 4,0 бали. Хліб із борошна пшеничного вищого сорту з додаванням 1 % порошку із плодів хеномелесу також отримав високу хлібопекарську оцінку – 3,9 бала, оскільки органолептичні показники хліба порівняно з контрольним зразком були майже однакові.

Таблиця 5. Органолептичні показники якості хліба із борошна пшеничного вищого сорту з даванням порошку із плодів хеномелесу

Варіант дослідження	Зовнішній вигляд виробів			Характеристика м'якіша			Смак	Середня хлібопекарська оцінка, бал
	поверхня	колір скоринки	форма скоринки	колір	пористість	еластичність		
Борошно пшеничне вищого сорту (100 %) – контроль	Гладка (5)	Коричневий з рум'яним відтінком (4)	Опукла (4)	Білий з сіруватим відтінком (3)	Дрібна, нерівномірна (3)	Добра, відсутня деформація (4)	Властивий хлібу (5)	4,0
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 1 %	Рівна (5)	Коричневий з рум'яним відтінком (3)	Середньо-опукла (4)	Білий з сіруватим відтінком (3)	Дрібна, нерівномірна тонкостінна (3)	М'якіш м'який, ніжний (4)	Прісний (5)	3,9
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 3 %	Рівна (4)	Світло-коричневий (3)	Середньо-опукла (4)	Сірий (2)	Дрібна, нерівномірна тонкостінна (3)	М'якіш м'який, ніжний (4)	Прісний (4)	3,4
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 5 %	Рівна (4)	Світло-коричневий (2)	Слабо-опукла (3)	Сірий (2)	Крупна, рівномірна (3)	При натисканні важко відновлює структуру (2)	Слабокислий (3)	2,7
Борошно 100 % + порошок із плодів хеномелесу 7 %	Шорстка (4)	Попелясто-сірий (2)	Слабо-опукла (3)	Сірий (2)	Крупна, рівномірна (2)	М'якіш мнеться (2)	Кислий (3)	2,6
НІР ₀₅	1	1	1	1	1	1	1	1

Поверхня хліба рівна, середньоопукла, коричневого кольору з рум'яним відтінком. М'якіш характеризувався м'якою, дрібнопористою структурою білого кольору з сіруватим відтінком та прісним смаком. При внесенні 3% порошку із плодів хеномелесу до рецептури тіста, хліб отримав дещо нижчу хлібопекарську оцінку – 3,4 бала. Встановлено, що внесення такої кількості добавки погіршує органолептичні показники якості хліба – форму скоринки, колір м'якушки, пористість, еластичність та смак. Форма виробів середньоопукла, м'якіш рівномірної консистенції з сіруватим відтінком, при натисканні пальцем відновлює структуру, має прісний смак.

При підвищенні кількості добавки до 5% органолептичні показники якості хліба погіршуються як за зовнішнім виглядом, так і за станом поверхні виробів та органолептичними показниками. Зовнішній вигляд хліба мав рівну поверхню світло-коричневого кольору. Колір м'якушки залишився таким, як і у попередньому варіанті внесення добавки, показник пористості хліба був крупним та нерівномірним. Стан м'якушки за еластичністю погіршився. Смак хліба був слабо-кислий. Зразок хліба отримав хлібопекарську оцінку на рівні 2,7 бала.

При додаванні 7% порошку із плодів хеномелесу спостерігалось погіршення таких органолептичних показників якості хліба як поверхня скоринки, її форма, колір м'якушки, пористість, еластичність та смак. Зовнішній вигляд характеризувався шорсткою поверхнею зі слабо опуклою скоринкою попелясто-сірого кольору. Якість м'якушки виражена крупною, нерівномірною пористістю. Хліб мав кислий смак та погану еластичність м'якушки. Даний зразок отримав найнижчу хлібопекарську оцінку – 2,6 бала.

Отже, результати органолептичної оцінки якості готових виробів свідчать про те, що при застосуванні порошку із плодів хеномелесу кількості 1%, органолептичні показники якості хліба із борошна пшеничного вищого сорту дещо змінюються, проте, залишаються майже на рівні показників контрольного зразка (без добавок). При внесенні добавок до рецептури хліба у кількості 5 та 7% спостерігалось погіршення зовнішнього вигляду хліба та його органолептичних показників: хліб набував невластивий смак, колірні характеристики дослідних зразків (на зрізі) змінювалися.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Проведені дослідження довели необхідність розширення асортименту хлібобулочних виробів профілактичного призначення. Встановлено, що плоди хеномелесу мають у своєму складі велику кількість нутрієнтів: сухих речовин – 18,0%, органічних кислот – 3,1%, пектинових речовин – 2,1%, аскорбінової кислоти – 56,7 мг/100 г, поліфенольних сполук – 650 мг/100 г та β -каротину – 0,1 мг/100 г. Ресурсозберігаюча технологія переробки плодів хеномелесу дозволяє отримати порошок із подрібнених плодів, а рекомендовані технологічні режими конвективного способу сушіння за температури сушильного агента 90°C, забезпечили найбільшу збереженість у них антиоксидантів – аскорбінової кислоти, β -каротину та поліфенольних сполук.

2. Якість борошна із пшениці сорту Вільшана мало задовільні показники якості: масова частка клейковини становила 33%, якість клейковини – 100,6 од. ВДК, кислотність – 1,4 град, число падання – 380 с, вологість – 15,0%, водопоглинальна здатність (ВПЗ) – 60%, що дає можливість зробити висновок про те, що досліджуване борошно відповідає вимогам стандарту та відноситься до вищого сорту.

3. Встановлено, що вологість хліба у всіх досліджуваних варіантах входила у межі стандарту і становила 43,8–45,5%. Внесення добавки до рецептури хліба у кількості 1–7% призвело до зниження пористості хліба відносно контролю на 4,2%. Найвища пористість була відмічена у варіанті із внесенням 1% добавки (69,8%), тоді як найнижчий її показник (62,8%) був у варіанті із внесенням добавки у кількості 7%. Найвища кислотність хліба (3,1 та 2,9 град) була у варіантах із додаванням 7 і 5% порошку, дещо нижчий її показник – 2,8 та 2,6°, був у варіантах із внесенням добавки у кількості 3 та 1%, відповідно. Об'єм хліба був найвищим у варіантів із внесенням добавки у кількості 1% і становив, відповідно 532 см³/100 г. У варіантах із внесенням добавки у кількості 3; 5 і 7% цей показник дещо знижувався, порівняно з контролем і становив, відповідно, 468; 444; та 442 см³/100 г.

4. Доведено позитивний вплив порошку із плодів хеномелесу у кількості 1–3%, що мало позитивний вплив на фізико-хімічні показники якості хліба, забарвлення його поверхні, еластичність м'якіша, смак та аромат, а також середньою хлібопекарську оцінку.

Отже, для забезпечення виробництва хлібобулочних виробів функціонального призначення, необхідним є використання натуральних добавок, які відрізняються якісним складом та кількісним умістом фізіологічно функціональних інгредієнтів. Таким якість цілком відповідають продукти переробки плодів хеномелесу – порошки, отримані із подрібнених плодів. Застосування даної добавки дозволить розширити асортимент функціональних продуктів харчування, зокрема у хлібопекарській промисловості, що нині є вкрай актуальним.

Refereces

1. Mezhenyskiy, V. N. (2010). Pomolohycheskaia tsennost dekorativnykh sortov khenomelesa [Pomological value of ornamental varieties of henomeles]. *Sovremennoe sadovodstvo*, 1, 25–28 [in Russian].
2. Sorokopudov, V. N., Sorokopudova, O. A., Kuklina, A. G., Artjukhova, A. B. & Myachikova, N. I. (2017). Promising accessions of Chaenomeles and their use in the functional food. *Vegetable crops of Russia*, 5, 80–83. doi: 10.18619/2072-9146-2017-5-80-83
3. Nilova, L. P. & Markova, K. Yu. (2012). Rasshirenie assortimenta khlebobulochnykh izdelii za schet naturalnykh obogashchayushchikh dobavok [Expansion of the range of bakery products at the expense of natural fortifying additives]. *Khleboprodukty*, 7, 50–51 [in Russian].
4. Khoreva, V. I., Nilova, L. P., Shelenga, T. V. & Dubrovskaya, N. O. (2016). Osobennosti biokhimicheskogo sostava khlebobulochnykh izdelii s dobavkami plodovo-yagodnykh poroshkov [Features of the biochemical composition of bakery products with the addition of fruit powders]. *Agrarnaya Rossiya*, 10, 20–26 [in Russian].
5. Polozhysnykova, L. O. (2015). Vykorystan nia netradytsiinoi roslynnoi syrovyny u tekhnolohii pshenychnoho khliba [Use of non-traditional vegetable raw materials in wheat bread technology]. *Naukovi pratsi. ONAKhT*. Odessa: (48), 17–20. doi.org/10.15673/swonaft.v0i48.777 [in Ukrainian].
6. Khomych, H. P. & Horobets, O. M. (2015). Tekhnolohiia drizhdzhovykh bulochnykh vyrobiv z vykorystanniam khenomelesu [The technology of yeast baking products using chenomeles]. *Naukovi pratsi ONAKhT*, (48), 20–24. doi.org/10.15673/swonaft.v0i48.778 [in Ukrainian].
7. Markova, K. Yu., Shelenga, T. V., Nilova, L. P. & Dubrovskaya, N. O. (2015). Analiz biokhimicheskogo sostava plodovo-yagodnykh poroshkov [Analysis of the biochemical composition of fruit powders]. *Agrarnaya Rossiya*, 2, 2–9 [in Russian].
8. Parakhina, O. I., Dubrovskaya, N. O. & Kuznetsova, L. I. (2016). Proizvodstvo bezglyuteno vykh izdelii s ispolzovaniem netraditsionnogo rastitelnogo syrya [Production of gluten-free products using non-traditional plant materials]. *Khleboprodukty*, 11, 36–37 [in Russian].
9. Drobot, V. I. (2006). Laboratornyi praktykum z tekhnolohii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstva [Laboratory workshop on bakery and macaroni technology]. Kyiv [in Ukrainian].
10. Produktyi pererabotki plodov i ovoschey. Metodyi opredeleniya suhiv veschestv i vlagi (1990) [Products of processing fruits and vegetables. Methods for determination of dry matter and moisture]. GOST 28561–90. Mezghosudarstvennyy standart. Moskva : VNII konservnoy i ovoshchesu shilnoy promyshlennosti [in Russian].
11. Produktyi pereroblennya fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachennya tytrovanoyi kyslotnosti (2009). [Fruit and vegetable processing products. Methods of determination of titrated acidity]. DSTU 4957:2008. Natsionalnyi standart Ukrainy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
12. Produktyi pererabotki plodov i ovoschey. Titrimetricheskii metod opredeleniya pektinovyih veschestv (1991). [Products of processing fruits and vegetables. Titrimetric method for the determination of pectic substances]. GOST 29059–91. Mezghosudarstvennyy standart. Moskva : Gosstandart Rossii [in Russian].
13. Produktyi pererabotki plodov i ovoschey. Metodyi opredeleniya vitamina S (1989). [Products of processing fruits and vegetables. Methods for the determination of vitamin C]. GOST 24556–89. Mezghosudarstvennyy standart. Moskva : Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].
14. Frukty, ovochi ta produkty yix pereroblennya. Metody vyznachennya vmistu polifenoliv (2006) [Fruits, vegetables and their processing products. Methods of determining the content of polyphenols]. DSTU 4373:2005. Natsionalnyi standart Ukrainy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
15. Frukty, ovochi ta produkty yix pereroblennya. Metod vyznachennya vmistu karotynu (2004) [Fruits, vegetables and their processing products. Method for determination of carotene content]. DSTU 4305:2004. Natsionalnyi

standart Ukrainy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

16. Muka pshenichnaya. Opredelenie sodержaniya syroy kleykoviny (1990) [Wheat flour. Determination of raw gluten content]. GOST 28796–90. Mezhsudarstvennyy standart. Moskva : Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

17. Muka i otrubi. Metod opredeleniya kislotnosti po boltushke (1987) [Flour and bran. Method for the determination of acidity by talker] GOST 27493–87. Mezhsudarstvennyy standart. Moskva : Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

18. Zernovyye kulturyi. Opredelenie chisla padeniya (1997) [Cereals. Determining the number of falling]. GOST 30498–97. Mezhsudarstvennyy standart. Moskva : Gosstandart Rossii [in Russian].

19. Hleb i hlebobulochnyye izdeliya. Metod opredeleniya vlazhnosti (1975) [Bread and bakery products. Moisture Method]. GOST 21094–75. Moskva : Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

20. Hlebobulochnyye izdeliya. Metod opredeleniya poristosti (1996) [Bakery products. Porosity Method]. GOST 5669–96. Mezhsudarstvennyy standart. Moskva : Gosstandart Rossii [in Russian].

21. Hlebobulochnyye izdeliya. Metody opredeleniya kislotnosti (1996) [Bakery products. Methods for determining the acidity]. GOST 5670–96. Mezhsudarstvennyy standart. Moskva : Gosstandart Rossii [in Russian].

22. Hui Du, Jie Wu, Pei-Xing Zhong, Yan-Jun Xu, Chong-Hui Li, Ku-Xian ji & Liang-Sheng Wang (2013). Polyphenols and triterpens from *Chaenomeles* fruits. *Chemical analysis and antioxidant activities assessment*, 141, 4260–4268.

23. Strek, M., Grolach, S., Podsedek, A., Sosnowska, D., Koziolkiewicz, M. & Hrabec, Z. (2007). Procyanidin oligomers from Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruit inhibit activity of MMP-2 and MMP-9 metalloproteinases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (16), 6447–6452. doi:10.1021/jf070621c

24. Mastromatteo, M., Danza, A., Lecce, L., Spinelli, S., Lampignano, V. & Laverse, J. (2014). Effect durum wheat varieties on bread quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 51–56. doi:10.1111/ijfs.12276.

25. Ragaei, S., Guzar, I., Dhull, N. & Seetharaman, K. (2011). Effect of fiber addition on

antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *LWT – Food Science and Technology*, 44, 147–2153. doi: 10.1016/j.lwt.2011.06.016

26. Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G. & Romani, S. (2011). Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *Food Science and Technology*, 44, 700–705. doi: 10.1016/j.lwt.2010.10.017.

27. Lamacchia, C., Camarca, A., Picascia S. & Gianfrani L. C. (2014). Cereal-Based Gluten-Free Food: How to Reconcile Nutritional and Technological Properties of Wheat Proteins with Safety for Celiac Disease Patients. *Nutrients*, 6, 575–590. doi:10.3390/nu6020575.

IMPROVEMENT OF WHEAT BREAD TECHNOLOGY ENRICHED WITH NONCONVENTIONAL PLANT INGREDIENTS

Ya. Yevchuk, V. Lyubich

e-mail: yana_yevchuk@ukr.net

Uman National University of Horticulture,
Institutska st. 1, Uman, 20300, Ukraine

*The enrichment technology of bread made from straight white wheat flour with the natural additives (powder of *Chaenomeles* fruits) has been improved. The factors that determine the need to increase the nutritional value of bakery products are analyzed and studied; the prospects of functional nutrition development are analyzed; the review of natural supplements in order to use them in the bakery product manufacturing was made; the bread making process is analyzed. On the basis of organoleptic, physical and chemical parameters, the sample with an optimal concentration of additives was selected. According to the results of the research, it was found that the highest moisture content of bread had the sample with the addition of 3 % of *Chaenomeles* fruits powder and amounted to 45.0 %, whereas in the variants with the addition of 1; 5 7 % moisture content was at the level of 44.1 and 43.8 %, respectively. The highest porosity of bread had the variant with the addition of 1 % of powder (69.8 %), the lowest one in the variant with the addition of 7 % of the additive (62.8 %). The highest acidity of bread (3.1 and 2.9 degrees) was observed in the variants with the addition of powders in the amount of 7 and 5 %, its slightly lower index (2.8 and 2.6 deg) was in the variants with the number of additives 3 and 1 % The specific volume of bread was increased according to the amount of applied additives and made*

532–442 cm³/100 grams. The highest baking grade (3.9 points) received a sample of bread with the additive application to the formula in the amount of 1 %, and the smallest one in the variant with additive application of 7 % - 2.6 points.

In the modern production of bread technology, in particular, therapeutic and prophylactic purposes, actively searches for sources and development of ways of using the uncomplicated medicinal raw materials, which can increase the nutritional and biological value of bread, improve quality, stabilize the technological process, achieve savings in resources while preserving traditional consumer properties. Such raw material should be of low cost, be universal in use, available for use on an industrial scale, contain physiologically functional ingredients, and have some therapeutic effect.

Key words: nonconventional drug raw materials, *Chaenomeles* fruits, biologically active substances, technology improvement, physical, chemical and organoleptic quality indices.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБА ПШЕНИЧНОГО, ОБОГАЩЕННОГО НЕТРАДИЦИОННЫМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

Я. В. Евчук, В. В. Любич

e-mail: yana_yevchuk@ukr.net

Уманский национальный университет садоводства
Институтская, 1, г. Умань, 20300 Украина

Усовершенствована технология обогащения хлеба из муки пшеничной высшего сорта добавкой натурального происхождения (порошками из плодов хеномелеса). Проанализированы и изучены факторы, которые обуславливают необходимость повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий; проанализированы перспективы развития функционального питания; проведен обзор натуральных добавок с целью их использования в производстве хлебобулочных изделий; проанализирован процесс изготовления хлеба. На основе органолептических и физико-химических показателей был избран образец с оптимальной концентрацией добавок. По результатам исследований установ-

лено, что наивысшая влажность хлеба была в образце с добавлением 3 % порошков из плодов хеномелеса и составила 45,0 %, тогда как в вариантах с добавлением 1; 5 и 7 % показатель влажности был на уровне 44,1 и 43,8 %, соответственно. Наивысшая пористость хлеба была у образце с добавлением 1 % порошка (69,8 %), самая низкая – с добавлением 7 % добавки (62,8 %). Высокая кислотность хлеба (3,1 и 2,9 град) была отмечена в вариантах с внесением порошков в количестве 7 и 5 %, несколько ниже ее показатель (2,8 и 2,6 град) был в вариантах с количеством добавок 3 и 1 % соответственно. Удельный объем хлеба увеличивался в соответствии с количеством внесенных добавок и, составил, соответственно 532–442 см³ / 100 г. Наивысшую хлебопекарную оценку (3,9 балла) получил образец хлеба с внесением добавки в рецептуру в количестве 1 %, а наименьшую – вариант с добавкой 7 % – 2,6 балла.

В современном производстве хлеба, в частности лечебно-профилактического назначения, активно идет поиск источников и разработки способов использования лекарственного сырья, что даст возможность повысить пищевую и биологическую ценность хлеба, улучшить качество, стабилизировать технологический процесс, добиться экономии ресурсов и сохранить традиционные потребительские свойства. Такое сырье должно иметь невысокую стоимость, быть универсальным и удобным в применении, доступным для использования в промышленных масштабах, содержать физиологически функциональные ингредиенты, а также обладать определенным лечебным эффектом.

Ключевые слова: нетрадиционное лекарственное сырье, плоды хеномелеса, биологически активные вещества, совершенствование технологии, физико-химические и органолептические показатели качества.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-68-74

УДК 631.356.22

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУЦІЇ ТА КІНЕМАТИЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ГИЧКООЧИСНОГО ПРИСТРОЮ

А. Ю. Ліннік, В. І. Диня, І. І. Семенів

e-mail: Linnik_Andrij@ukr.net, DunyVolodya@gmail.com, Igor_Sem@gmail.com

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»
вул. Академічна, 20, м. Бережани, Тернопільська обл., 47501, Україна

Природний потенціал сільськогосподарських угідь України дозволяє стати лідером з виробництва цукру в Європі. Проте, для успішного виходу на європейські ринки необхідно забезпечити конкурентоспроможність виготовленої продукції, що можна досягти різними шляхами, зокрема: підвищення якості сировини, зниження затрат праці та енергоємності процесів виробництва.

Проведено аналіз класичних технологій очищення голівок коренеплодів та їх збирання, вплив різних конструктивних схем очищувальних пристроїв на чистоту голівки та цілісність тіла кореня з урахуванням енерговитрат на процес. Досліджено проблему удосконалення існуючих та винайдення нових конструкцій гичкоочисних машин з урахуванням фізико-механічних властивостей тіл контакту очисник-коренеплід, якість роботи яких задовільнила б агротехнічні вимоги.

У статті запропоновано нову конструкцію пристрою для зрізування гички та очищення головок коренеплодів цукрових буряків, в якій поєднано два технологічних процеси – зрізування гички та подальше доочищення поверхні голівки коренеплоду жорсткою поверхнею диска та еластичними бичами за умови копіюванні висоти росту кожного коренеплоду. Запропонована конструкція пристрою виконана у вигляді встановленого під кутом до вертикалі приводного валу, на якому, з можливістю осьового переміщення, закріплено маточину з копіювальним диском, на якому встановлено ножі та очисні лопаті. Також проведений аналіз кінематичних характеристик роботи даного очисника та обґрунтовано кінематичний режим його роботи.

Результатом дослідження є визначенні перспективи вдосконалення технології очищення гички цукрових буряків, запропоновано нову конструкцію очисної машини комбінованої дії та обґрунтовано кінематичний режим роботи очисника.

Ключові слова: гичка, залишки гички, коренеплід, цукровий буряк, очистка, доочищення.

Постановка проблеми

Природний потенціал сільськогосподарських угідь України дозволяє стати лідером з виробництва цукру в Європі. Проте, для успішного виходу на європейські ринки необхідно забезпечити конкурентоспроможність виготовленої продукції, що можна досягти різними шляхами, зокрема: підвищенням якості сировини, зниженням затрат праці та енергоємності процесів виробництва.

Виробництво цукрової сировини на теренах нашої держави зосереджене на вирощуванні цукрового буряка. Протягом останніх років, за даними Держкомстату України [1], на вітчизняних полях спостерігається тенденція збільшення площ посівів цукрового буряка. Це зумовлено

тим, що основний продукт – цукор – є базовою сировиною для багатьох харчових виробництв, а тому є важливою складовою продовольчої безпеки держави. На виробництво цукру визначальний вплив має якість підготовки сировини, тобто коренеплодів цукрових буряків, а саме їх цукристість, ступінь пошкодження та якість очистки від ґрунту та залишків гички.

Збирання врожаю цукрового буряка проводиться, в основному, комбайнами, які за один робочий хід виконують цілу низку операцій – безкопірне зрізання гички за часто пасивними зрізуючими робочими органами, викопування коренеплоду, очищення кореня від залишків ґрунту [2,3]. Проте, в даних машинах не приділено достатньо уваги питанню відділення залишків

гички від тіла коренеплоду. Забруднення викопаних коренеплодів залишками гички негативно впливає на процес цукроваріння, що, в свою чергу, призводить до збільшення витрат на сам процес, і, відповідно, збільшується собівартість кінцевого продукту. Поряд з тим, існує низка ускладнень пов'язаних із забрудненням залишками гички, а саме, збільшення енерговитрат на транспортування сировини до місць кагатування і до площадок заводів та втрати при зберіганні в кагатах через гниття коренів, яке сильно залежить від наявності залишків гички, оскільки в ній зберігається надлишкова волога, яка активно сприяє розвитку мікроорганізмів та грибків – збудників гнилей.

Постає проблема удосконалення існуючих та винайдення нових перспективних конструкцій очисних та доочисних робочих органів збиральних машин, обґрунтування раціональних режимів їх роботи та, в кінцевому результаті, забезпечення даної галузі якісною та надійною технікою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомо, що для зменшення енергозатрат та часу збирання врожаю цукрових буряків проводиться прямим комбайнуванням при виконанні операцій очистки гички на корені та викопування коренеплодів однією машиною [2]. Проте, дослідження показали незадовільну якість очистки залишків гички на викопаних коренеплодах, причиною чого є недосконалість конструкції та режимів роботи очисних пристроїв [4,5].

Фундаментальні основи дослідження процесу доочищення коренеплодів від залишків гички викладені у працях проф. Вовк П.Ф., який в 1936 році опублікував статтю, в якій викладені фізико-механічні агробіологічні властивості цукрових буряків, залежності між окремими розмірами буряків та втрати цукристої маси коренеплодів за різних способів зрізування коронки. Ця робота, а також праці українських вчених Василенка А. О., Бурмістрової М. Ф., Тат'янка М. В., Денисенка І. І., Погорілого Л. В., Зуєва М. М. справили основоположний вплив на розвиток бурякозбиральних машин. Значну увагу вивченню біологічних та фізико-механічних властивостей цукрових буряків, у зв'язку з механізацією їх збирання, приділяли також за кордоном. Відстані між коренеплодами в рядку та положення їх головок відносно поверхні ґрунту спра-

вляють істотний вплив на процес обрізування гички і доочищення головок.

Математичним моделюванням процесу доочищення голівок коренеплодів на доочисними агрегатами, а також теоретичними дослідженнями цього процесу займалися такі видатні вчені, як Погорілий Л. В., Булгаков В. М., Мартиненко В. Я.

Незважаючи на досить широке дослідження питання доочищення голівок коренеплодів від залишків гички, деякі способи, завдяки яким можна досягнути необхідної чистоти вороху коренеплодів, пов'язані зі значними пошкодженнями самого тіла коренеплоду при використанні жорстких і пружних доочисних органів, а також зустрічаються робочі органи, які характеризуються складною конструкцією, яка невзможі забезпечити довготривалу роботоздатність процесу.

Тому виникає необхідність створення конструктивно нового робочого органу, виходячи з таких умов, як мінімальне пошкодження тіла самого коренеплоду, невибивання його з рядка, задовільного ступеня доочистки голівки коренеплоду, що можна досягнути, вирішивши конструктивні завдання та обґрунтувати раціональний режим роботи конкретного очисника, враховуючи фізико-механічні властивості контактуючих тіл.

Мета, завдання та методика досліджень

Метою дослідження виступає підвищення якості очищення коренеплодів від гички та зниження енергомісткості процесу очистки шляхом створення нової конструкції робочого органу, який би забезпечував якісні показники виконання операції відповідно до агротехнічних вимог за мінімальних енергозатрат та обґрунтування кінематичного режиму роботи очисника.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: провести дослідження відомих конструкцій очисників коренеплодів з метою виявлення причин зниження якості очищення коренеплодів, розробити нову конструктивну схему очисника з урахуванням недоліків відомих конструкцій, обґрунтувати кінематичний режим роботи машини з урахуванням фізичних та механічних властивостей контактуючих тіл та за умови відсутності пропусків контакту лопать–поверхня голівки коренеплоду.

Об'єкт дослідження – процес взаємодії доочисника з головками коренеплодів та залишками гички.

Проведення досліджень здійснювались з використанням загальних методик дослідження (спостереження, порівняння, аналіз, патентний пошук) та методів теоретичної та аналітичної механіки і статистики.

Результати досліджень

Однією з основних агротехнічних вимог, що ставляться до гичковидальючих машин, є якість очищення голівок коренеплодів від залишків гички, які не повинні перевищувати 3% за масою. Відомі конструкції обрізуючих пристроїв, а також пасивних дообрізувачів гичкозбиральних машин, які проводять для забезпечення необхідної чистоти сировини зріз частини голівки коренеплоду разом із гичкою на рівні основи черешків застосовувати не раціонально, оскільки мають місце втрати цукристої маси 6...8%. Відносно без втрат цукристої маси працюють машини

з копірним зрізанням гички та подальшим доочищенням еластичними робочими органами голівки кореня. Проте, робота таких машин характеризується значною енергоємністю за рахунок наявності роздільних механізмів для зрізання та очищення гички [4, 5].

Поставлена мета досягається тим, що новостворена конструкція очисника голівок коренеплодів від залишків гички (рис.1) виконує одночасно дві технологічні операції – копірний по висоті зріз гички коренеплоду та подальше доочищення поверхні голівки еластичним та жорстким робочими органами [6]. Копіювання висоти росту голівок коренеплоду є основою для запобігання зрізу частини тіла кореня, також цьому сприяє шарнірне кріплення обрізуючих ножів на поверхні копіюючого диска, які, при знаходженні на коренеплід, відхиляються і зрізають частини голівки.

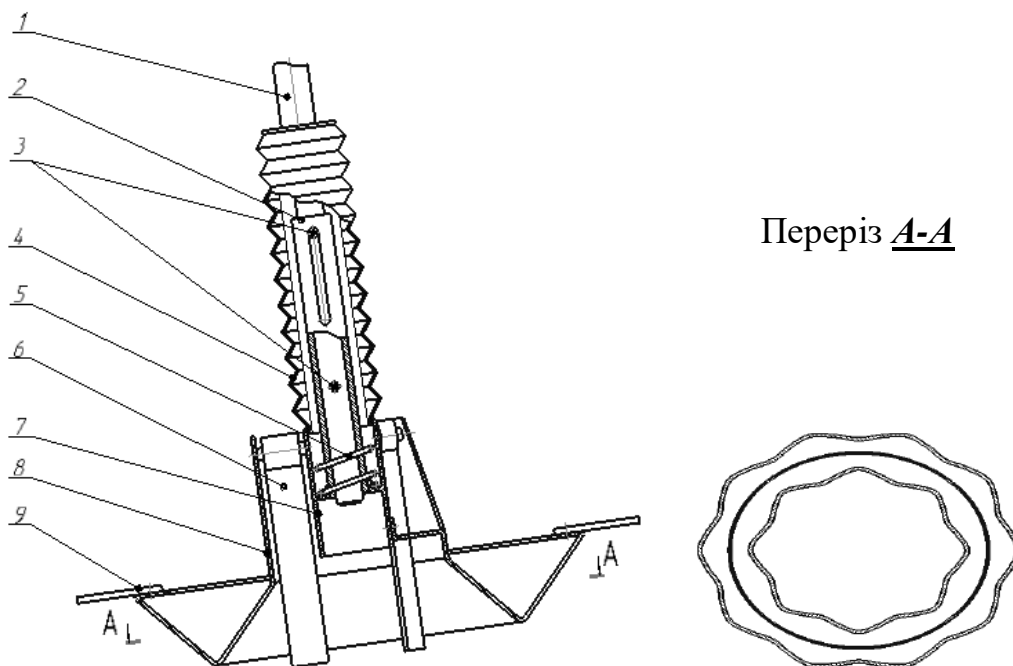


Рис. 1. Пристрій для одночасного зрізування гички та очищення головок коренеплодів цукрових буряків [6]: 1 – вал, 2 – втулка, 3 – штифт, 4 – кожух, 5 – пружина, 6 – еластична лопать, 7 – маточина, 8 – диск, 9 – ніж

Така альтернатива обрізуючим ножам, які часто використовуються в коренезбиральних машинах і проводять зріз голівки коренеплоду на рівні основи черешків, виникає з метою збереження цілісності голівки коренеплоду і, відповідно, зниження втрати врожаю коренів на 6...8%.

Для досягнення необхідної чистоти поверхні голівки коренеплоду застосовується доочищення жорсткою ребристою поверхнею копіюючого конусного диска, який проводить обламування черешків, або їх приминання, та подальше доочищення еластичними лопатями, які повні-

стю обгортають надземну поверхню кореня і зчісують залишки гички. Зусилля, з яким діє на поверхню голівки ребриста поверхня копіюючого диска, регулюється стисканням пружини копіювального пристрою, а зусилля еластичних робочих органів – швидкістю обертання робочого вала пристрою.

Запропонована конструкція пристрою для одночасного зрізування гички та очищення головок коренеплодів цукрових буряків виконана у вигляді вала 1, встановленого під кутом до вертикалі, зв'язаного зі втулкою 2 за допомогою двох штифтів 3, встановлених у валу таким чином, що їхні кінці знаходяться в пазах втулки і забезпечують можливість осьового переміщення втулки відносно вала, причому, рухома пара втулка-вал закрита пилозахисним гофрованим кожухом 4. Втулка, за допомогою маточини 7, жорстко з'єднана з диском 8, який складається з несучої частини, на якій встановлено через 90° обрізуючі ножі 9 та очисні еластичні лопаті 6, закріплені через 120° та копіюючої, виконаної у вигляді конуса, направлено меншою частиною вниз, причому, поверхні конуса є ребристими.

Пристрій для зрізування гички та очищення головок коренеплодів цукрових буряків містить встановлений під кутом до вертикалі вал 1, на якому встановлена втулка 2, в пазах якої розташовані вільними кінцями штифти 3, що забезпечують можливість осьового переміщення втулки відносно вала. Під дією пружини 5 втулка підтиснута в крайнє нижнє положення, при цьому, рухома пара втулка-вал закрита пилозахисним гофрованим кожухом 4. Втулка, за допомогою маточини 7 жорстко з'єднана з диском 8, копіювальна частина якого виконана у вигляді конуса і направлена меншою основою вниз, причому поверхні конуса є ребристими. На несучій частині диска, шарнірно встановлені через 90° обрізуючі ножі 9, та на осях, закріплених одним кінцем в диску, а іншим у втулці, еластичні очисні елементи – лопаті 6 через кожні 120° .

Пристрій для зрізування гички та очищення головок коренеплодів цукрових буряків працює наступним чином. При русі агрегату вздовж рядка приводиться в рух вал 1 і відповідно диск 8, котрий приводить в рух ножі 9 та очисні елементи 6. Гичка зрізується ножами і відкидається

з оброблювальної зони. Очищення від залишків гички проходить у два етапи: спершу при копіюванні висоти росту коренеплоду в контакт з голівкою вступають ребристі конусні поверхні диска, обламуючи та зчісуючи черешки гички за рахунок своєї профільної поверхні, далі очисні елементи 6 проводять додаткове обчісування залишків гички на голівці коренеплоду. Таким чином, відбувається одночасне зрізування гички з винесенням її за межі рядка та очищення головок коренеплодів.

Копіювання висоти росту коренеплодів виконується копіювальною частиною диска 8 наступним чином. При зустрічі з високим коренеплодом конус ковзає по голівці коренеплоду і піднімає диск на необхідну висоту. Після проходження голівки коренеплоду під дією пружини 5 диск опускається, при цьому очищений коренеплід не впливатиме на копіювання висоти росту наступного коренеплоду, оскільки пройдётиме під поверхнею копіювальної частини диска завдяки куту нахилу осі вала до вертикалі. Розміщення копіювального елемента безпосередньо на очисному диску забезпечує підвищення якості очистки голівок коренеплодів та спрощує в цілому конструкцію очисника.

Для отримання необхідної якості роботи гичковидальючих машин, яка задовольняє агротехнічні вимоги, необхідно провести обґрунтування кінематичного режиму роботи очисника. Кінематичний режим роботи очисника визначається за умови відсутності пропусків контакту лопать–поверхня голівки коренеплоду, що забезпечить мінімальне пошкодження коренів за рахунок повторного контакту лопатей з коренем.

В даному випадку, вісь обертання очисника розташована під кутом до поверхні ґрунту, але для спрощення розрахунку вважатимемо, що вісь розміщена перпендикулярно до поверхні ґрунту відповідно і напрямку руху очисника v_m (рис.2). При обертанні вала очисника з кутовою швидкістю ω , кінці лопаті матимуть колові швидкості у відносному русі [7, 8]:

$$v = \omega l; \dots\dots\dots(1)$$

де l – відповідно довжина лопаті.

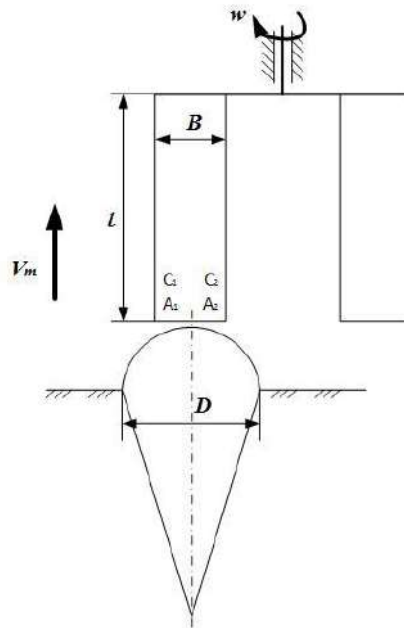


Рис. 2. Загальна схема взаємодії лопаті очисника з головкою коренеплоду

В абсолютному русі лопаті робочого органу здійснюють рух по гвинтовій лінії (рис.3).

Параметром цієї гвинтової лінії є величина S (відстань між сусідніми однойменними точками однієї лопаті) за повний оберт робочого органу при проходженні шляху $t_s v_m$. При цьому, час t_w , за який відбувається повний оберт очисника, дорівнює (за умов наявності однієї лопаті):

$$t_w = \frac{2\pi}{w} \tag{2}$$

А час, за який машина пройде шлях S , становить:

$$t_s = \frac{S}{v_m} \tag{3}$$

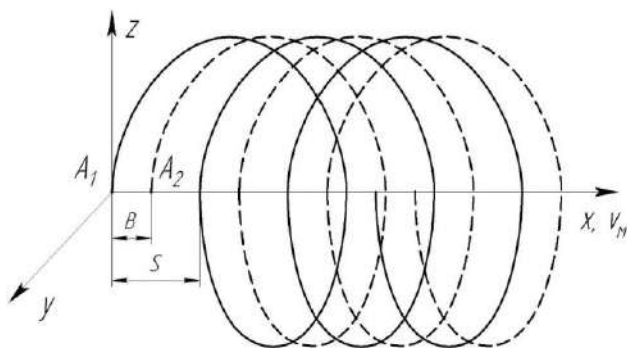


Рис. 3. Траєкторія абсолютного руху кінцевих точок лопаті очисника коренеплодів

Для запобігання пропусків контакту лопаті з головкою кореня необхідно, щоб виконувалась умова: $t_w \leq t_s$, або $\frac{2\pi}{w} \leq \frac{S}{v_m}$.

З урахуванням наявності декількох (n) лопатей, останній вираз матиме вигляд:

$$\frac{2\pi}{nw} \leq \frac{S}{v_m} \tag{4}$$

А якщо враховувати ширину лопаті B , тобто $S = B$, то останній вираз матиме вигляд:

$$\frac{2\pi}{nw} \leq \frac{B}{v_m}$$

Помноживши праву та ліву частини цього виразу на v_m та виконавши деякі перетворення, можна отримати величину відношення переносної та кутової швидкостей очисника, яка забезпечує відсутність пропусків контакту лопатей очисника з головкою коренеплоду:

$$\frac{v_m}{w} \leq \frac{Bn}{2\pi} \tag{5}$$

Таким чином вираз (5) є коефіцієнтом кінематичного режиму роботи ротаційного очисника з віссю обертання перпендикулярної до напрямку переносної поступальної швидкості (швидкості машини).

Висновки та перспективи подальших досліджень

Запропонована конструкція пристрою для очищення голівок коренеплодів від гички на кореню комбінованої дії завдяки своїм конструктивним особливостям може використовуватися в складі як бурякозбирального комбайна, так і самостійною машиною та забезпечити якісні вимоги щодо чистоти коренеплодів. Раціональний режим роботи даної конструкції очисника обумовлюється коефіцієнтом кінематичного режиму роботи, при дотриманні якого забезпечується очищення зрізування гички та очистка залишків черешків та зберігається цілісність тіла коренеплоду. Також, проведене дослідження створило передумови для визначення допустимих динамічних навантажень у зоні контакту лопатькорінь, для чого слід розв'язати задачу контакту про контактну взаємодію з урахуванням допустимих напружень у тілі кореня, виходячи з критерію його міцності і напружень руйнування залишків гички, що стане перспективним напрямом подальших досліджень.

Refereces

1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2018). Posivni ploshchi silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy [Sown areas of agricultural crops by their species]. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
2. Kozibroda, Ya. I. (1996). Tendentsii rozvytku mashyn dlia zbyrannia tsukrovyykh buriakiv [Trends in the development of machines for the harvesting of sugar beet]. Ternopil : Zbruch [in Ukrainian].
3. Linnik, A. Yu. (2013). Perspektyvni napriamky rozvytku mashyn dlia ochyshchennia hychky tsukrovyykh buriakiv [Perspective directions of development of machines for cleaning sugar beet huts]. *Formuvannia konkurentospromozhnoi ekonomiky: teoretychni, metodychni ta praktychni zasady* : materialy II mizhnar. nauk.-prakt. konf. (p. 83). Ternopil : Krok [in Ukrainian].
4. Pohorilyi, M. L. (2000). Tekhnolohichni i tekhnichni aspekty vdoskonalennia buriakozbyralnoi tekhniki [Technological and technical aspects of improvement of beet-harvesting equipment]. *Tekhnika APK*, 1, 14–18 [in Ukrainian].
5. Khelemendyk, M. M. (2001). Napriamy i metody rozrobky robochykh orhaniv silskohospodarskykh mashyn [Areas and methods of working out

of working bodies of agricultural machines]. Kyiv : Ahrarna nauka [in Ukrainian].

6. Linnik, A. Yu. & Yurchyshyn, N. I. (2018). Patent Ukrainy 122643. Kyiv: Derzhavne patentne vidomstvo) [in Ukrainian].

7. Galin, L. A. (1980). Kontaktnyye zadachi teorii uprugosti i vyazkouprugosti [Contact problems of the theory of elasticity and viscoelasticity]. Moskva : Nauka [in Russian].

8. Djonson, K. (1989). Mehanika kontaktного vzaimodeystviya [Mechanics of contact interaction]. Moskva: Mir [in Russian].

CONSTRUCTIONS AND CINEMATIC MODE OF OPERATION CLEANER OF ROOT CROPS

A. Linnik, V. Dynja, I. Semenov

e-mail: Linnik_Andrij@ukr.net,

DunyVolodya@gmail.com, Igor_Sem@gmail.com

Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences

of Ukraine Berezhany Agrotechnical institute

Str. Academic, 20, Berezhany, Ternopil region,

47501

The results of research of structural features of devices are presented for the simultaneous cutting away of tops and cleaning of heads of root crops of sugar beets, certainly their positive sides and failings. On the basis of what the new is offered structurally technological the chart of purifier of heads of root crops from tailings of tops with the vertical axis of rotation in which is united technological operations of cutting away of tops and doochischennya tailings of tops, thus cleaning of heads of root crops after cutting away of bulk of tops from a working area conducted knives and taking away of it by a purifier with an elastic working at the printing-down of growth of head of root crop, that allows to attain high quality of cleaning at the minimum damages of body of root crop.

The analysis of classical root clearing technologies and their collection, the effect of different schemes of purification devices on the purity of the head and the integrity of the body of the root, taking into account the energy consumption of the process, are carried out. The problem of improving existing and inventions of new constructions of machines for cleaning taking into account the physical and mechanical properties of root crops of contact cleaning, the quality of work satisfies agrotechnical requirements.

The article proposes a new construction of a device for cutting the hinges and cleaning the sugar beet root crops heads, which combines two technological processes - cutting the hinges and subsequently finishing the surface of the head of the root with a hard surface of the disk and elastic whiskers, provided that the copy height of each root crop is copied. The proposed design of the device is made in the form of a drive shaft installed at an angle to the vertical, on which, with the possibility of axial displacement, a harness with a copying disc on which the knives and cleaning blades are installed is secured.

Also, an analysis of the kinematic characteristics of the work of this cleaner is carried out and the kinematic mode of his work is substantiated.

The result of the study is to determine the prospects for improving the technology of cleaning the honeycomb sugar beet, proposed a new design of a combined cleaning machine and substantiates the kinematic mode of the work of the cleaner.

Keywords: loops, remnants of stems, root, sugar beet, cleaning.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУЦИИ И КИНЕМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ БОТВООЧИСНОГО УСТРОЙСТВА

А. Ю. Линник, В. И. Дыня, И. И. Семенов
e-mail: Linnik_Andrij@ukr.net,

DunyVolodya@gmail.com, Igor_Sem@gmail.com

Обособленное подразделение Национального университета биоресурсов

и природопользования Украины «Бережанский агротехнический институт»

ул. Академическая, 20, г. Бережаны,
Тернопольская обл., 47501, Украина

Природный потенциал сельскохозяйственных угодий Украины позволяет стать лидером по производству сахара в Европе. Однако, для успешного выхода на европейские рынки необхо-

димо обеспечить конкурентоспособность выпускаемой продукции, что можно достичь разными путями, в том числе: повышением качества сырья, снижением затрат труда и энергоемкости процессов производства.

Проведен анализ классических технологий очистки головок корнеплодов и их сбора, влияние различных конструктивных схем очистных устройств на чистоту головки и целостность тела корня с учетом энергозатрат на процесс. Исследована проблема усовершенствования существующих и открытие новых конструкций ботвоочистителей с учетом физико-механических свойств тел контакта очиститель-корнеплод, качество работы которых удовлетворила бы агротехнические требования.

В статье предложена новая конструкция устройства для срезания ботвы и очистки головок корнеплодов сахарной свеклы, в которой сочетаются два технологических процесса – срезание ботвы и последующее доочистки поверхности головки корнеплода жесткой поверхностью диска и эластичными бичами при копировании высоты роста каждого корнеплода. Предложенная конструкция устройства выполнена в виде приводного вала, установленного под углом к вертикали, на котором с возможностью осевого перемещения закреплено ступицу с копировальным диском, на котором установлены ножи и очистные лопасти. Также проведен анализ кинематических характеристик работы данного очистителя и обоснованно кинематический режим его работы. Результатом исследования является определение перспективы совершенствования технологии очистки ботвы сахарной свеклы, предложена новая конструкция очистной машины комбинированного действия и обоснован кинематический режим работы очистителя.

Ключевые слова: ботва, остатки ботвы, корнеплод, сахарная свекла, очистка, доочистка.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-75-81

УДК 657.6:311:379.85

БЮДЖЕТНІ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ: ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ, ЇХ ОБЛІКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І АНАЛІЗ**Ю. С. Цаль-Цалко, Ю. Ю. Мороз, Н. О. Рябцева***e-mail: nryabceva@ukr.net*Житомирський національний агроєкологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Досліджено стратегічні цілі розвитку туризму як важливого виду економічної діяльності для підвищення рівня зайнятості, диверсифікації господарської діяльності, збереження і розвитку культурного потенціалу, екологічно безпечного навколишнього природного середовища, а також поліпшення рівня інноваційності національної економіки, сприяння гармонізації відносин між різними країнами і народами. Туризм є одним із засобів реалізації зовнішньої політики держави. З'ясовано, що у сфері надання туристичних послуг наразі в Україні відсутні дієві бюджетні механізми підтримки туризму коштами держави і територіальних громад. Туристичний бюджет України на 2019 рік становить лише 17,9 млн грн. Досліджено ситуацію, що склалась в туристичній галузі за статистичними показниками діяльності суб'єктів господарювання в сфері туризму. Визначено, що сучасний стан розвитку туризму передусім потребує державної підтримки через реалізацію бюджетних програм.

Висвітлено, що для вимірювання ефективності використання бюджетних коштів необхідно формувати систему показників, які повинні бути своєрідним індикатором, що всебічно ілюструє успішність виконання програм. Окреслено, що результативні показники поділяються на такі групи: показники затрат, показники продукту, показники ефективності та показники якості. Відзначено, що визначену систему показників можливо поєднати в єдиному кількісно-якісному індикаторі – додана вартість. Запропоновано упорядкувати інформаційне джерело для одержання складових доданої вартості, які одержує бізнес від туризму на рівні суб'єктів господарювання на основі рахунків-екранів бухгалтерського обліку класу 8 «Витрати за елементами». Основним аналітичним прийомом оцінювання використання коштів бюджетних програм у сфері туризму є розрахунок співвідношення «ресурси – результат».

Ключові слова: бюджетні програми, туризм, економічні показники, результативність, облік, додана вартість, аналіз.

Постановка проблеми

Туризм є однією з найважливіших сфер сучасної економіки, який позитивно впливає на розвиток інших секторів підприємницької діяльності, включаючи готельне господарство, транспорт і комунікації, будівництво, роздрібну торгівлю, виробництво і торгівлю сувенірами тощо, будучи каталізатором їх розвитку. Крім того, цей вид діяльності спрямований на задоволення потреб людей в ознайомленні з історією, культурою, звичаями, духовними і релігійними цінностями різних країн та їх народів.

Відповідно до діючого законодавства України [1] держава визнала туризм одним з

пріоритетних напрямів розвитку економіки та культури і має створювати необхідні умови для туристичної діяльності.

Це вимагає пошуку нових підходів до питань формування бюджетних програм розвитку туризму, розробки системи показників для оцінювання результативності використання коштів, створення облікової інформаційної бази та одержання і моніторингу аналітичних даних для прийняття ефективних управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Тематика наукових публікацій, присвячених дослідженню формуванню показників розвитку туризму відображає широкий спектр охоплюва-

них питань, що свідчить про багатоаспектність зазначеної проблеми.

Вагомий внесок у побудову системи показників оцінювання результативності туристичної діяльності здійснили Мірошник Р. О. [2], Щир І. В. [2], Пуцентейло П. Р. [3], Г. П. Скляр [4], Л. В. Дробиш [4], Л. І. Вишневецька [4], колектив фахівців проекту «Зміцнення місцевої фінансової ініціативи (ЗМФІ-II) впровадження» [5] та інші.

Водночас, проведені дослідження в цій сфері потребують продовження у напрямі обґрунтування системи показників для безпосереднього оцінювання ефективності використання коштів бюджетних програм, пов'язаних з туризмом, їх інформаційного забезпечення і аналізу.

Мета, завдання та методика досліджень

Об'єктом дослідження виступає механізм формування і оцінювання показників результативності використання коштів бюджетних програм розвитку туризму.

Метою дослідження є вивчення наявної системи показників для оцінювання використання коштів бюджетних програм розвитку туризму, теоретичне і практичне обґрунтування обліково-аналітичного забезпечення їх розробки і моніторингу.

Мета дослідження обумовила постановку таких завдань:

- визначити роль туризму в розвитку економіки держави та її територіальних громад;
- з'ясувати систему результативних показників для оцінювання використання коштів бюджетних програм розвитку туризму;

окреслити підходи до обліково-аналітичного забезпечення формування результативних показників бюджетних програм.

Для наукового вирішення поставлених завдань використовувалися: абстрактно-логічний метод – при визначенні ролі бюджетних програм держави і територіальних громад у розвитку туристичного сектору економіки України, сутності та складових елементів інформаційної системи для потреб оцінювання їх результативності; метод порівняльного аналізу – при дослідженні механізму побудови і використання системи показників для оцінювання виконання бюджетних програм у сфері туризму; розрахунково-конструктивний метод та метод аналогії – при моделюванні можливості використання інформації рахунків бухгалтерського обліку та результатів її аналітичних досліджень щодо прийняття управлінських рішень та оцінювання ефективності бюджетних інвестицій у програми розвитку туризму.

Результати досліджень

Туристичні можливості України надзвичайно великі у забезпеченні сталого розвитку економіки за рахунок господарської діяльності суб'єктів підприємництва сфери туризму.

Водночас, у світовому просторі майже відсутня об'єктивна та актуальна інформація про Україну, зокрема, про різноманітність її туристичних ресурсів, а це шкодить туристичному іміджу. У результаті наша держава стрімко втрачає свою привабливість, а туристичний бізнес характеризується як низько рентабельна підприємницька діяльність, яка розвивається без належних інвестицій (табл. 1).

Таблиця 1. Показники діяльності суб'єктів господарювання України за КВЕД «Діяльність туристичних агентств, туристичних операторів, надання інших послуг з бронювання та пов'язана з цим діяльність»

Показники	Роки		Оцінка динаміки розвитку за 2013-2017 р. (+,-)
	2013	2017	
Кількість суб'єктів господарювання, од	9829	10093	264
з них: фізичні особи-підприємці	5310	6869	1559
Кількість зайнятих працівників, тис. осіб	25,7	21,6	-4,1
з них: у фізичних осіб-підприємців	7,8	9,4	1,6
Наявність активів, млн грн	4669,4	6085,3	14515,9
з них:			
• необоротні активи	801,3	920,4	119,1
• оборотні активи	4168,0	5164,8	996,8

Закінчення таблиці 1

Джерела формування активів, млн грн:			
• власний капітал	566,5	-2724,4	x
• зобов'язання	4402,9	8809,7	4406,8
Обсяг реалізованих послуг, млн грн	6269	8434,5	2165,5
з них:			
фізичними особами-підприємцями	742,5	1706,5	964,0
Обсяг вироблених послуг, млн грн	3006,7	5055,5	2048,8
з них:			
фізичними особами-підприємцями	571,0	1644,8	1073,8
Додана вартість за витратами виробництва, млн грн	1286,7	2814,1	1527,4
з них:			
у фізичних осіб-підприємців	290,7	742,0	451,3
Фінансові результати до оподаткування, млн грн	-453,5	14,2	x
в т.ч.:			
• підприємств, які одержали прибуток:			
✓ % до загальної кількості	68,1	71,5	3,4
✓ прибуток	198,8	273,6	74,8
• підприємств, які одержали збиток:			
✓ % до загальної кількості	31,9	28,5	-3,4
✓ збиток	652,3	259,4	-392,9
Чистий прибуток, млн грн	-480,7	0,8	x
в т.ч.:			
• підприємств, які одержали прибуток:			
✓ % до загальної кількості	67,3	70,5	3,2
✓ прибуток	174,8	252,8	78,0
• підприємств, які одержали збиток:			
✓ % до загальної кількості	32,7	29,5	-3,2
✓ збиток	655,5	252,0	-403,5

Джерело: розраховано авторами за даними <http://www.ukrstat.gov.ua/>

За даними Державної служби статистики України (табл. 1) у період за 2013–2017 роки кількість зайнятих працівників у сфері туризму зменшилися на 4,1 тис. осіб. У 2017 році 29,5% суб'єктів господарювання туристичної діяльності були збиткові, а загальний чистий прибуток галузі становив лише 800 тис. грн. Підприємства в сфері туризму існують без власного капіталу (інвестування), тобто як банкрути.

Таким чином, основними передумовами подальшого розвитку туристичної галузі є вкладення значних бюджетних інвестицій у матеріально технічну базу, розбудову транспортної інфраструктури, підтримку нових туристичних продуктів у сфері сільського, зеленого і еко-

логічного туризму. Проте, туристичний бюджет України на 2019 рік складає лише 17,9 млн грн за програмою «Фінансова підтримка туризму, створення умов безпеки туристів, розбудови туристичної інфраструктури міжнародних транспортних коридорів та магістралей в Україні», а це менше більш ніж на 10 млн грн у порівнянні з 2018 роком. Основна причина такого підходу, що виділені бюджетні кошти Департаменту туризму України у 2016–2018 роках використовувалися лише на 35% [6].

Аналогічна ситуація з фінансовою підтримкою туристичної галузі складається і на регіональному рівні (табл. 2 та 3).

Таблиця 2. Фінансова підтримка розвитку туризму Житомирської області на 2019 р.*

№ з/п	Перелік заходів	Прогнозні обсяги фінансування (тис. грн)	Очікуваний результат від реалізації заходу
1	Представлення туристичного потенціалу області у всеукраїнських та регіональних туристичних заходах (форуми, виставки, фестивалі тощо)	40,0	Створення позитивного туристичного іміджу області, представлення області на основних туристичних виставкових заходах

Закінчення таблиці 2

2	Створення поліграфічної та відео-, рекламно презентаційної продукції про туристичний потенціал Житомирщини (банери, буклети, флаери, сувенірна продукція)	45,0	Презентація рекламно-інформаційних туристичних матеріалів на виставках, семінарах та інших заходах з метою інформування представників туристичного бізнесу та потенційних туристів, а також створення позитивного туристичного іміджу області
3	Сприяння громадським організаціям і суб'єктам господарювання в розробці та реалізації проектів у сфері туризму	10,0	Активізація ділової активності у туристичній сфері, створення сприятливих умов для розвитку різновидів туризму та забезпечення умов щодо створення якісного та конкурентоспроможного туристичного продукту
4	Організація та проведення прес- та інфотурів для представників зарубіжних, всеукраїнських, місцевих ЗМІ, блогерів та представників туристичного бізнесу	10,0	Створення позитивного туристичного іміджу області та інформування потенційних туристів про туристичні атракції Житомирщини
5	Відзначення Всесвітнього дня туризму в області. Організація та проведення туристичної виставки «Житомирщина запрошує 2019»	10,0	Представлення туристичного потенціалу гостям та жителям області
6	Розробка та облаштування перспективної мережі екомаршрутів на території області	10,0	Створення картосхеми екомаршрутів області, проведення знакування та залучення інвестицій в туристичну галузь регіону
Усього		125,0	X

Джерело: узагальнено авторами за <https://zt.gov.ua/>

Таблиця 3. Потреба у фінансових ресурсах на впровадження проектів внутрішнього туризму Житомирської області в 2019 році щодо яких відсутні бюджетні джерела фінансування *

№ з/п	Назва проекту	Орієнтовна вартість, тис. грн.
1	Розробка та впровадження перспективної мережі зеленого (екологічного) туризму в Житомирській області	200,0
2	Створення Житомирського обласного туристично-інформаційного центру	500,0
3	Встановлення пам'ятника Святославу Ріхтеру	200,0
4	Розвиток та модернізація музейної мережі області	300,0
5	Проведення археологічних досліджень у місті Малині	50,0
6	Ремонтно-реставраційні роботи з відновленням елементів фасадів пам'ятки архітектури XIX ст. садиби М. Терещенка в місті Андрушівці Андрушівського району	5676,8
7	Розвиток туристичного комплексу в селі Рудня-Замисловицька поблизу геологічного заказника «Камінне село» в Олевському районі	100,0
Разом		7026,8

Джерело: узагальнено авторами за <https://zt.gov.ua/>

За рекомендаціями Всесвітньої туристичної організації сучасний стан розвитку туризму передусім потребує державної підтримки, а вже потім приватного сектору.

Під час розробки і реалізації бюджетних програм щодо розвитку туризму необхідно чітко усвідомлювати, яким чином вимірювати їх ре-

зультати. Саме для вимірювання цих результатів необхідно формувати систему показників, які повинні бути своєрідним індикатором, що всебічно ілюструє успішність виконання програм. Аби задовольняти принцип повної вимірності бюджетних програм, результативні показники обов'язково мають бути вимірюваними і

підлягати кількісному визначенню та відповідати таким критеріям: реалістичність, актуальність і суспільна значимість.

Результативні показники поділяються на такі групи: показники затрат, показники продукту, показники ефективності та показники якості [7].

Виходячи з цього, у системі результативних показників необхідно виділяти [2; 3]:

- ✓ створені чистий дохід, валовий прибуток, фінансовий прибуток і чистий прибуток, в т. ч. в іноземній валюті та від коштів, отриманих з джерел поза відповідного регіону;

- ✓ робочі місця створені завдяки туризму за окремими видами зайнятості (пряма, непряма, генерована) в розрахунку вартості робочої сили;

- ✓ ефект мультиплікації за рахунок придбання туристами товарів і одержання послуг та формування додаткових доходів за окремими видами економічної діяльності, які інтегровані в туристичний продукт;

- ✓ внески в державний і місцеві бюджети та соціальні фонди.

Визначену систему показників можливо поєднати в єдиному кількісно-якісному індикаторі – додана вартість. Створена додана вартість за допомогою туристичної діяльності може бути визначена як інтервальний показник за наступним алгоритмом:

$$ДСП = АНМ + ОДП + ВСП + ВПП + ЧПП;$$

$$ДСП = ЧДП - МВР,$$

де ДСП – додана вартість, створена у процесі господарської діяльності підприємств що здійснюється для задоволення потреб туристів; АНМ – розподілена амортизаційна вартість необоротних активів, які використовувалися при забезпеченні надання туристичних послуг; ОДП – одержані доходи персоналом за надання послуг туристам; ВСП – поточні витрати і внески на соціальні потреби громади, що виникають у результаті обслуговування туристів; ВПП – витрати на податки суб'єктів господарювання при наданні послуг туристам; ЧПП – чистий прибуток, одержаний від обслуговування туристів; ЧДП – чистий дохід, одержаний від реалізації об'єктів господарської діяльності, які пов'язані з обслуговуванням туристів; МВР – матеріальні та прирівняні до них витрати на створені об'єкти господарської діяльності, які пов'язані з туристичними послугами.

Створена додана вартість як інтегрований показник є ефектом господарської діяльності пов'язаної з обслуговуванням туристів щодо формування доходів персоналу, соціального забезпечення населення, бюджетів держави та інвестицій на поновлення і приріст активів за рахунок власних коштів.

Інформаційним джерелом складових доданої вартості, які одержує бізнес від туризму на рівні суб'єктів господарювання, можуть бути рахунки-екрани бухгалтерського обліку класу 8 «Витрати за елементами», зокрема: 81 «Витрати на оплату праці», 82 «Відрахування на соціальні заходи», 83 «Амортизація». А щодо податкових платежів, чистого прибутку та зміни корисності активів і вартості ділової репутації (гудвілу) підприємства доцільно ввести додаткові синтетичні рахунки в складі 8 класу рахунків.

Основним аналітичним прийомом оцінювання використання коштів бюджетних програм у сфері туризму є розрахунок співвідношення «ресурси – результат», за яким можливо чітко і конкретно вимірювати обидві сторони соціально-економічного балансу: ресурсну (грошову) і результативну (кількісно-якісну).

Висновки та перспективи подальших досліджень

Застосування результативних показників програм розвитку туризму дає змогу продемонструвати результативність використання бюджетних коштів, тобто співвідношення досягнутих результатів та затрачених ресурсів, оцінити тривалість виконання бюджетних програм, їх необхідність та відповідність визначеній меті, а також порівнювати результати виконання бюджетних програм, аналізувати і оцінювати їх ефективність.

Перспективою подальших досліджень показників результативності виконання бюджетних програм розвитку туризму є формування упорядкованої системи їх моніторингу в процесі використання бюджетних коштів та одержання необхідної інформації за допомогою фінансового обліку, статистики і податкових розрахунків.

Refereces

1. Kabinet Ministriv Ukrainy (2017). Stratehiia rozvytku turyzmu ta kurortiv na period do 2026 roku [Strategy for the development of tourism and resorts for the period up to 2026]: rozporiadzhennia. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/168-2017-%D1%80> [in Ukrainian].

2. Mirosnyk, R. O. & Shchyr, I. V. (2013). Rozvytok turystychnoi haluzi Ukrainy: osoblyvosti ta problemy [Development of the tourism industry in Ukraine: peculiarities and problems]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika". Problemy ekonomiky ta upravlinnia*, 754, 41–46 [in Ukrainian].

3. Putsenteilo, P. R. (2007). Ekonomika i orhanizatsiia turystychno-hotelnoho pidpriemnytstva [Economy and organization of tourism and hotel business]. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian].

4. Skliar, H. P., Drobysh, L. V. & Vyshnevetska, L. I. (2017). Statystychni pokaznyky rozvytku sfery turyzmu v Ukraini: napriamy udoskonalennia ta harmonizatsiia z mizhnarodnymy standartamy [Statistical demonstrations of the development of tourism in Ukraine: straightforwardly harmonizing with international standards]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu*, 2 (48), 157–162 [in Ukrainian].

5. Shcherbyna, I. F. (Ed.) (2012). Planuvannia mistsevnykh biudzhetyv na osnovi prohramno-tsilovoho metodu [Planning of local budgets on the basis of the program-target method] (3 th ed.). Kyiv : IBSED [in Ukrainian].

6. Zruchno. Travel (2019). Parlament vidmovyvsia zbilshyty biudzhetyv na rozvytok turyzmu [Parliament refused to increase budget for tourism development]. Retrieved from: <https://zruchno.travel/News/New/3093?lang=ua> [in Ukrainian].

7. Ministerstvo finansiv Ukrainy (2010). Pro rezultativni pokaznyky biudzhetnoi prohramy [On the effective indicators of the budget program] : nakaz. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1353-10> [in Ukrainian].

BUDGETARY PROGRAMS OF TOURISM DEVELOPMENT: FORMATION OF PERFORMANCE INDICATORS, ACCOUNTING SUPPORT AND ANALYSIS

Yu. Tsal-Tsalko, Yu. Moroz, N. Ryabtseva
e-mail: nryabceva@ukr.net

Zhytomyr National Agroecological University
Stary Blvd, 7, Zhytomyr, 10008, Ukraine

The strategic goals of developing tourism as an important type of economic activity were studied to increase employment, diversify economic activities, preserve and develop cultural potential, an environmentally sound environment, as well as improve the level of innovativeness of the national economy and promote harmonization of relations between different countries and peoples. Tourism is one of the means of implementing state foreign policy. It has been established that in the field of the provision of tourist services, currently in Ukraine there are no effective budgetary mechanisms for supporting tourism by means of the state and territorial communities. The tourist budget of Ukraine for 2019 is only 17.9 million UAH. The situation that has developed in the tourism industry on the statistical indicators of the activities of economic entities in the field of tourism has been studied.

It has been determined that the current state of tourism development primarily needs state support through the implementation of budget programs. It is highlighted that in order to measure the efficiency of using budget funds, it is necessary to form a system of indicators, which should be a kind of indicator that comprehensively illustrates the success of program implementation. It was determined that the performance indicators are divided into the following groups: cost indicators, product indicators, performance indicators and quality indicators. It is noted that a certain system of indicators can be combined in a single quantitative and qualitative indicator - value added. It was proposed to streamline the information source to obtain the components of value added, which the business receives from tourism at the level of business entities on the basis of accounts-screens of accounting class 8 "Expenses by elements". The main analytical method of evaluating the use of budget programs in the field of tourism is the calculation of the ratio "resources - result".

Key words: budget programs, tourism, economic indicators, performance, accounting, value added, analysis.

**БЮДЖЕТНЫЕ ПРОГРАММЫ
РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА:
ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ,
ИХ УЧЕТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И АНАЛИЗ**

**Ю. С. Цаль-Цалко, Ю. Ю. Мороз,
Н. А. Рябцева**

e-mail: nryabceva@ukr.net

Житомирский национальный
агроэкологический университет
бульвар Старый, 7, г. Житомир, 10008, Украина

Исследованы стратегические цели развития туризма как важного вида экономической деятельности для повышения уровня занятости, диверсификации хозяйственной деятельности, сохранения и развития культурного потенциала, экологически безопасной окружающей среды, а также улучшения уровня инновационности национальной экономики, содействия гармонизации отношений между различными странами и народами. Туризм является одним из средств реализации внешней политики государства. Установлено, что в сфере предоставления туристических услуг в настоящее время в Украине отсутствуют действенные бюджетные механизмы поддержки туризма средствами государства и территориальных общин. Туристический бюджет Украины на 2019 составляет только 17,9 млн грн. Исследована ситуация, которая сложилась в туристической отрасли по статистическим показателям деятельности субъектов хозяйствования в сфере туризма.

Определено, что современное состояние развития туризма прежде всего нуждается в государственной поддержке через реализацию бюджетных программ. Освещено, что для измерения эффективности использования бюджетных средств необходимо формировать систему показателей, которые должны быть своеобразным индикатором, который всесторонне иллюстрирует успешность выполнения программ. Определено, что результативные показатели делятся на следующие группы: показатели затрат, показатели продукта, показатели эффективности и показатели качества. Отмечено, что определенную систему показателей возможно совместить в едином количественно-качественном индикаторе – добавленная стоимость. Предложено упорядочить информационный источник для получения составляющих добавленной стоимости, которые получает бизнес от туризма на уровне субъектов хозяйствования на основе счетов-экранов бухгалтерского учета класса 8 «Расходы по элементам». Основным аналитическим приемом оценивания использования бюджетных программ в сфере туризма является расчет соотношения «ресурсы - результат».

Ключевые слова: бюджетные программы, туризм, экономические показатели, результативность, учет, добавленная стоимость, анализ.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-82-87

УДК 658

ВПЛИВ ШКОЛИ НАУКОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ НА ФОРМУВАННЯ ТЕОРІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

О. М. Овдіюк*e-mail: 7992750@gmail.com*Житомирський національний агроєкологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Досліджено особливості формування теорії управлінських рішень під впливом школи наукової організації управління (1885–1920 рр.), а саме ключових її представників, таких як М. Вебера, Ф. У. Тейлора, Френка і Ліліан Гілбретів, Г. Емерсон та Г. Ганта. Визначено характерні ознаки та особливості стародавніх управлінських рішень, а саме встановлено, що вони приймалися обмеженою групою керівників-лідерів, рішення були майже одноосібними, відсутність делегування повноважень; при прийнятті управлінського рішення акцентувалась увага на владних повноваженнях та інтуїції керівника. Суттєвим внеском у розвиток теорії управлінських рішень стали праці М. Вебера, завдяки яким з'явився науковий підхід щодо поняття класифікації управлінських рішень у залежності від отриманих видів інформації, удосконалення процесу вибору однієї із можливих варіантів альтернатив, а також раціоналізація процесу прийняття управлінського рішення.

Встановлено, що завдяки працям Ф. Тейлора був покладений початок формування видів та типів управлінських рішень (один із аспектів – широта охоплення), результативність яких позитивно відображалася на всіх співробітниках організації. Дослідження Г. Генрі та подружжя Фредеріка та Ліліан Гілбертів доповнили теорію прийняття управлінських рішень, завдяки застосуванню методу аналізу та синтезу, що суттєво підсилює формування цілі при прийнятті управлінських рішень. Праці Г. Емерсона стали вагомим вкладом в уточнення поняття формування цілі, делегування повноважень керівникам середньої ланки (участь їх в плануванні діяльності), залучення компетентних осіб зі сторони до вирішення посталих проблем; започаткування практики використання моделювання при розробленні управлінського рішення; дотримання алгоритму та послідовності прийняття управлінських рішень; удосконалення інформаційного поля.

Ключові слова: управлінські рішення, школа наукової організації управління, моделювання, метод аналізу та синтезу, класифікація управлінських рішень.

Постановка проблеми

Варто зазначити, що проблематика прийняття управлінських рішень була актуальною завжди у всі часи від стародавніх до сучасності. Менеджмент має досить глибокі корені, які ведуть до джерел зародження стародавніх організацій і появи перших фахових управлінців. А для того щоб ефективно функціонувала будь-яка організація, а саме досягалися поставлені цілі, мають прийматися виважені, оптимальні, раціональні управлінські рішення, незалежно від того, чим замається об'єкт управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В сучасній науковій літературі теорії рішень приділена належна увага. Значний внесок у розробку і вирішення проблематики теорії управ-

лінських рішень внесли вітчизняні та зарубіжні вчені: М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоурі, П. Друкера, Крейнер С., Колпаков В. М. та інші [1, 5]. Однак, із посиленням ролі управлінських рішень, в умовах науково-технічного прогресу та зростанням кількості наукових праць у даній сфері, виникає потреба дослідження особливостей еволюції концепцій управлінських рішень у світових наукових школах.

Мета, завдання та методика досліджень

Метою дослідження виступає вивчення впливу школи наукової організації управління на формування теорії управлінських рішень. До основних завдань варто віднести наступні: дослідження впливу на формування теорії управлінських рішень представників школи наукової

організації управління (1885—1920 рр.), а саме М. Вебера, Ф. У. Тейлора, Френка і Ліліан Гілбретів, Г. Емерсон та Г. Ганта. Методологічною основою є загальнотеоретичні та спеціальні методи економічного дослідження, які дають змогу вирішувати проблемні наукові завдання. Дослідження побудовано на використанні діалектичного методу пізнання економічних процесів, наукових розробок та публікацій вітчизняних і зарубіжних вчених з питань теорії рішень. Об'єктом дослідження виступає процес формування теорії управлінських рішень під впливом школи наукової організації управління.

Результати досліджень

Історично доведено, що управління людьми завжди існувало в межах конкретної організації. Практичний менеджмент виник разом з організаціями, і, відповідно, можна стверджувати, що формальний менеджмент також існував і приймалися управлінські рішення для ефективного управління древніми організаціями. Досить вагомим досягненням стародавніх цивілізацій довели, що ними застосовувався менеджмент, в якому існували рівні управління з розгалуженою системою підпорядкування. Сім чудес світу (Єгипетські піраміди, висячі сади Семіраміди, колос Родоський) можна було б побудувати лише завдяки скоординованим зусиллям. Ще до християнської ери з'явилися крупні політичні організації, зокрема, Македонія Олександра Великого, Персія та Рим займали величезні території від Азії до Європи, а правителі та генерали були їх "верховними менеджерами". Завдяки стратегічному підходу в прийнятті управлінських рішень їх імперії стали сильними та стійкими організаційними структурами, які проіснували декілька століть [1, с. 52–53]. Отже, періоду розвитку і функціонування ранніх стародавніх організацій було характерно прийняття всіх стратегічно важливих управлінських рішень лише невеликій групі керівників, а у більшості випадків це міг бути лише один лідер. Стародавнім управлінським рішенням були характерні наступні ознаки – приймалися обмеженою групою керівників-лідерів, так як людей, здатних приймати подібні рішення, було дуже мало, рішення були майже одноосібними, відсутнє делегування повноважень; при прийнятті управлінського рішення основний акцент робився на владні повноваження та інтуїцію того, хто приймає рішення.

Вперше підкреслив необхідність ґрунтовного вивчення поняття, сутності, дослідження функції управлінських рішень в управлінні організацією філософ, соціолог, вчений Макс Вебер. Він був прибічником ідеї раціональності в прийнятті управлінських рішень керівниками вищої ієрархічної ланки. Суть ідеї М. Вебера полягала в наступному – він бачив вирішення проблеми шляхом звільнення особистості, наскільки це можливо від суджень, затуманених емоціями. Інструментом досягнення бажаного ефекту має стати організація праці методами, які були покладені в основу «ідеальної бюрократії» Вебера. Згідно з його теорією відбір та перебування на посаді базуються на компетентності, має значення, якими знаннями володіє особа, а не кого вона знає. Головний адміністратор не може знати все про можливість вибору, який він повинен зробити, але він може скористатися допомогою інших учасників управління, тобто кваліфіковані експерти на нижніх рівнях управління можуть відфільтрувати всю необхідну інформацію та передати її наверх. Вершиною веберської «ідеальної бюрократії» є раціональність, яка стала звичною в сучасній теорії рішень. Раціонально діючий менеджер – це керівник, який добре інформований та достатньо освідчений [2, с. 63–64]. Отже, можемо спостерігати в еволюції розвитку управлінських рішень зародження наукового підходу щодо поняття класифікації в залежності від отриманих видів інформації, удосконалення процесу вибору однієї із можливих варіантів альтернатив, в раціоналізації процесу прийняття управлінського рішення.

Розглянемо процес формування інформаційного середовища прийняття управлінського рішення періоду раннього зародження наукового підходу в менеджменті (рис. 1). Так, для покращення якості прийнятого управлінського рішення керівником вищої ланки пропонується залучати до відбору ключової інформації та формування відповідного середовища, залучати керівників по усій вертикалі ієрархічної піраміди. При цьому варто зазначити, що до управління на будь-якому рівні ієрархії необхідно залучати компетентних експертів у даній сфері, що забезпечить раціональність вибору ефективність прийнятих управлінських рішень вищим керівництвом.



Рис. 1. Еволюція формування інформаційного середовища прийняття раціонального управлінського рішення за М. Вебером

Джерело: адаптовано [2].

Ідеї М. Вебера в даному напрямку знайшли своїх прихильників та опонентів у різних наукових школах менеджменту.

Розглянемо еволюцію концепцій теорії управлінських рішень, з точки зору підходів різних шкіл. Першою є школа наукової організації управління (1885-1920 рр.). Засновниками цієї школи вважають Ф.У. Тейлора, Френка і Ліліан Гілбретів, Г. Емерсон та Генрі Ганта. Інтерес до менеджменту та його розвиток розпочався приблизно з 1911 р. публікацією Ф. Тейлором свого трактату «Принципи наукової організації управління».

В основу вчення Тейлора було покладено чотири принципи управління індивідуальною працею робітників, суть якої полягає в детальному вивченні праці, кожного робітника, науковому підході до підбору персоналу. Основним меседжем в даному напрямку і вклад в розвиток теорії рішень є розподіл відповідальності за результати роботи між менеджерами і робітниками – означає, що керівники зобов'язані давати робітникам науково обгрунтоване завдання і здійснювати безперервний контроль за його виконанням. У свою чергу, робітники зобов'язані виконувати доручене їм завдання, використовуючи науково обгрунтовані методи роботи [3, с. 97–98]. Таким чином, можна спостерігати зародження та формування видів та типів управлінських рішень, а саме за широтою охоплення, результати яких будуть матимуть наслідки для всіх співробітників організації.

В даному напрямку Тейлора підтримував Генрі Л. Гант. Він стверджував, для того щоб досягнути високого рівня продуктивності, мене-

джери повинні кожен складову виробничого процесу піддавати точному, глибокому науковому аналізу. Для оптимізації менеджменту необхідно усунути всі ризики та випадковості, що дасть можливість досягнути поставлених цілей за допомогою наукового аналізу. В цьому ж напрямку також працювало подружжя Гілбертів. В основу їх ідеї було покладено застосування методу аналізу та синтезу, комплексний підхід до вивчення операцій, шляхом їх агрегування розкладання на більш детальніші операції. У Гілбертів науковий менеджмент базувався на вимірюванні, що дало можливість вирішення завдання усунення виробничих втрат та зменшення стомленості робітників [2, с. 53–55]. Таким чином, під час формування цілі та прийнятті важливих управлінських рішень почали застосовувати метод аналізу та синтезу. Даний підхід надав можливість поступового удосконалення та посилення інтуїтивної форми прийняття управлінського рішення, науковими знаннями. Ідею наукового підходу в менеджменті, сформовану Тейлором, Гілбертами, Гантом, підтримали та продовжили розвивати дослідники Г. Емерсон, Кук і Кларк та ін., де в основу було покладено усунення втрат та неефективності.

Розглянемо вклад Г. Емерсона в теорію управлінських рішень, а саме, принципи продуктивності виробництва. Автором було сформовано 12 принципів продуктивності виробництва: 1. Чітко окреслені ідеали або цілі; 2. Здоровий глузд; 3. Компетентна консультація; 4. Дисципліна; 5. Справедливе відношення до персоналу; 6. Швидкий, надійний, повний, точний та постійний облік; 7. Диспетчування;

8. Норми та розклад; 9. Нормалізація умов; 10. Нормування операцій; 11. Виписані стандартні інструкції; 12. Винагорода за продуктивність. Г. Емерсон довів, що за наявності організації, яка здатна застосовувати принципи продуктивності, досягається максимальний результат лише в за-

гальній сукупності їх, але дія їх буде проявлятися, якщо вони будуть застосовані у певній логічній послідовності [4, с. 112-214]. Розглянемо еволюцію управлінських рішень згідно з представленими принципами продуктивності Г. Емерсона (табл. 1).

Таблиця 1. Еволюція управлінських рішень згідно з принципами Г. Емерсона

Сутність та зміст принципу	Управлінське рішення
1. Чітко окреслені ідеали або цілі	
Невизначеність, невпевненість, відсутність чітко поставлених цілей виконавців є віддзеркаленням стану самого керівника.	Чітке формулювання власного ідеалу керівником і його прагнення донесення цієї ідеї своїм підлеглим по всій ієрархії.
2. Здоровий глузд	
Ліквідація втрат шляхом підвищення ефективності використання матеріалів, праці та обладнання.	Створити творчу атмосферу в організації, вести постійний пошук спеціальних знань та компетентностей на всіх рівнях управління, тобто надати можливість формування управлінського рішення на рівні керівників середньої ланки, та допустити їх до участі в плануванні та вирішенні робочих завдань.
3. Компетентна консультація	
На підприємствах має бути посада консультанта-раціоналізатора, який створить спеціальний апарат, який буде працювати над підвищенням продуктивності, що буде охоплювати всю організаційну структуру.	Залучення до прийняття управлінського рішення компетентних осіб та використання методики «мозкового штурму», тобто початок використання вербальних моделей при виробленні управлінського рішення.
4. Дисципліна	
Автоматична дисципліна в будь-якій дії, направлений на підвищення продуктивності (дотримання розпорядку, правил, нормативів тощо).	При прийнятті управлінського рішення дотримання алгоритму та послідовності.
5. Справедливе відношення до персоналу	
Відповідність займаній посаді, справедлива оплата, нормований робочий день, розклад тощо.	Використання внутрішньої аналітичної інформації при прийнятті управлінського рішення.
6. Швидкий, надійний, повний, точний і постійний облік	
Ціллю такого обліку є збільшення кількості та інтенсивності застереження для підвищення продуктивності виробництва, в т.ч. точного розрахунку собівартості.	Використання достовірної, об'єктивної, релевантної інформації при прийнятті управлінського рішення.
7. Диспетчування	
Використання диспетчування як частини функції планування дасть можливість упорядити роботу і сприятиме підвищенню продуктивності, застосування календарного планування.	Дотримання принципу послідовності дій під час прийняття управлінського рішення.
8. Норми та розклад	
Створення посильних норм та дотримання розкладу. Основна мета – це постійне підвищення результатів при скороченні затрачених зусиль.	При виробленні управлінського рішення приймати до уваги діючі норми та нормативи (використання внутрішнього інформаційного середовища).
9. Нормалізація умов	
Створення сприятливих умов праці, які дадуть ефект раціонального використання усіх ресурсів як матеріальних, так і нематеріальних.	Дотримання даного принципу при прийнятті управлінського рішення, тобто без ідеалу неможливий вибір однієї з існуючих альтернатив.

Закінчення таблиці 1

10. Нормування операцій	
Нормування операцій направлене на підвищення продуктивності окремо взятого працівника і, відповідно, отримання загального бажаного ефекту.	Враховання нормативів при виробленні відповідного рішення дасть можливість заощадження часу та ресурсів.
11. Виписані стандартні інструкції	
Створення стандартних інструкцій і їх використання дасть можливість підприємствам досягати нових успіхів набагато швидше.	Можливість застосування стандартизованих управлінських рішень, що скоротить час на їх вироблення.
12. Винагорода за продуктивність	
Було розроблено 9 положень, на підставі яких оцінюється принцип продуктивності і, відповідно, винагороди.	Вироблення оптимальних управлінських рішень, направлених на підвищення продуктивності та уникнення втрат на виробництві.

Джерело: власні дослідження.

Отже, ми можемо прослідкувати зародження першого етапу алгоритму прийняття управлінського рішення, а саме: формування цілі, делегування повноважень керівникам середньої ланки і участь їх в плануванні та вирішенні залучення компетентних осіб та започаткування практики використання моделей при виробленні управлінського рішення; дотримання чіткого алгоритму та послідовності; покращення інформаційного поля.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проаналізувавши досягнення представників школи наукової організації управління, можна стверджувати, що їх доробок став вагомим внеском в теорію управлінських рішень. Було доведено, що, для підвищення ефективності виробництва та управління, необхідно застосувати наукові методи та підходи в менеджменті в т. ч. аналізу та синтезу, розподілу праці, агрегування виробництва, які допоможуть досягнути поставлених організаційних цілей.

Перспективу подальших досліджень вбачаємо в можливості доповнення теорії та методології прийняття управлінських рішень у різних сферах застосування в межах визначених управлінських рівнів.

Refereces

1. Meskon, M., Alber, M. & Khedouri, F. (2006). *Osnovy menedzhmenta* [Fundamentals of Management] (3th ed.). Moskva: OOO "I. D. Viliams" [in Russian].
2. Dunkan, D. (1996). *Osnovopolagayushchiye idei v menedzhmente. Uroki osnovopolozhnikov*

menedzhmenta i upravlencheskoy praktiki [Fundamental ideas in management. The lessons of the founders of management and management practices]. Moskva: Delo [in Russian].

3. Drohomiretska, M. I. (2012). *Stanovlennia i rozvytok pryntsyviv menedzhmentu ta yikhnia rol u diialnosti suchasnykh orhanizatsii* [Development and development of principles and management and its role in the organization of such organizations] *Ekonomichni nauky. Ser. Ekonomika ta menedzhment*, 9 (34), ch. 1, 95–103 [in Ukrainian].

4. Fayol, A., Emerson, G., Teylor, F., & Ford, G. (1992). *Upravlenie – eto nauka i iskustvo* [Management is science and art]. Moskva : Respublika [in Russian].

5. Kreyner, S. (2002). *Klyuchevyie idei menedzhmenta* [Key management ideas]. Moskva : INFRA-M [in Russian].

THE IMPACT OF SCIENTIFIC MANAGEMENT ORGANIZATION SCHOOL ON THE FORMATION OF THE THEORY OF MANAGEMENT DECISIONS

O. M. Ovdiuk

e-mail: 7992750@gmail.com

Zhytomyr National Agroecological University
Stary Blvd, 7, Zhytomyr, 10008, Ukraine

The article deals with the peculiarities of the formation of managerial decisions theory under the influence of the scientific management organization school (1885-1920), namely its key representatives, such as M. Weber, F. U. Taylor, Frank and Lilian Gilbret, G. Emerson and G. Gant. The author focused on characteristic features and peculiarities of ancient management decisions, in particular, that

were made by a limited group of leaders. Decisions were almost single-minded and there was lack of authority delegation. While making managerial decisions, attention was focused on the authorities' powers and intuition of the head. The author established that scientific works of F. Taylor were marked as the beginning of the formation of different types of managerial decisions (one of the aspects – breadth of coverage), the effectiveness of which was positively reflected on all employees of the organization.

Significant contribution to the development of the theory of managerial decisions were scientific works of M. Weber, which led to a scientific approach to the notion of managerial decisions classification, depending on the types of information received; improve the process of choosing one of the possible alternatives, as well as rationalizing the process of making managerial decisions. The study of G. Henry and married couple Frederick and Lilian Gilbert complemented the theory of making managerial decisions due to the application of the method of analysis and synthesis, which greatly enhanced the formation of the goal in making managerial decisions. G. Emerson's work has been an important contribution to clarifying the notion of goal formation, delegation of authority to middle management (their involvement in planning activities), involvement of competent persons on the part of solving existing problems; introduction of the practice of using modeling in developing management decisions; compliance with the algorithm and sequence of making managerial decisions; improvement of the information basis.

Key words: managerial decisions, school of scientific management organization, modeling, method of analysis and synthesis, classification of managerial decisions.

ВЛИЯНИЕ ШКОЛЫ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Е. Н. Овдиюк

e-mail: 7992750@gmail.com

Житомирский национальный

агроэкологический университет

бульвар Старый, 7, г. Житомир, 10008, Украина

Исследованы особенности формирования теории управленческих решений под влиянием школы научной организации управления (1885–

1920 гг.), а именно ключевых ее представителей, таких как М. Вебер, Ф. У. Тейлор, Фрэнка и Лилиан Гилбреты, Г. Эмерсон и Г. Гант. Определены характерные признаки и особенности древних управленческих решений, а именно, установлено, что они принимались ограниченной группой руководителей-лидеров, решения были почти единоличными, отсутствие делегирования полномочий; при принятии управленческого решения акцентировалось внимание на властных полномочиях и интуиции руководителя. Существенным вкладом в развитие теории управленческих решений стали работы М. Вебера, благодаря которым появился научный подход к понятию классификации управленческих решений в зависимости от полученных видов информации, совершенствование процесса выбора одной из возможных вариантов альтернатив, а также рационализация процесса принятия управленческого решения.

Установлено, что благодаря трудам Ф. Тейлора было положено начало формирования видов и типов управленческих решений (один из аспектов – широта охвата), результативность которых положительно отражалось на всех сотрудниках организации. Исследования Г. Генри и супругов Фредерика и Лилиан Гилбертов дополнили теорию принятия управленческих решений, благодаря применению метода анализа и синтеза, который существенно усилил формирование цели при принятии управленческих решений. Труды Г. Эмерсона стали весомым вкладом в уточнение понятия формирования цели, делегирования полномочий руководителям среднего звена (участие их в планировании деятельности), привлечения компетентных лиц со стороны к решению возникших проблем; начало практики использования моделирования при разработке управленческого решения; соблюдение алгоритма и последовательности принятия управленческих решений; совершенствование информационного поля.

Ключевые слова: управленческие решения, школа научной организации управления, моделирование, метод анализа и синтеза, классификация управленческих решений.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-88-94

УДК 621.829.031

**ДВОКАНАЛЬНИЙ П'ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧ ВИМІРЮВАННЯ ВІБРОЗМІЩЕННЯ
ВИЗВАНОВОГО ВІБРАЦІЄЮ ВУЗЛІВ ТА АГРЕГАТИВ СІЛЬГОСПМАШИН****А. П. Войцицький, Ю. П. Гончаренко***e-mail: znau_dilovod@i.ua*Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Стаття присвячена розгляду пропозиції застосування двоканального первинного перетворювача для вимірювання віброзміщення з ціллю покращення його точностних характеристик. Зношеність існуючого обладнання та висока вартість нового спонукають підприємства до переходу на обслуговування машин за фактичним станом. Це неможливо без застосування систем діагностики та діагностичного моніторингу, які дозволили б виявляти дефекти на ранніх стадіях їх розвитку. Системи діагностики, в основному, знаходяться на етапі початкових досліджень та експериментальної експлуатації. Найбільший вплив на виникнення вібрації в сільськогосподарських машинах надають сили інерції різних невірноважених мас (молотильних й подрібнюючих барабанів, ріжучих складальних одиниць комбайнів тощо). Вітчизняний і закордонний досвід свідчать, що одним з найважливіших засобів підвищення якості, надійності, довговічності та економічній ефективності використання механічного обладнання є застосування систем вібродіагностування, що усуває своєчасно пошкодження механізмів вузлів та агрегатів.

Існує безліч причин, які викликають підвищену вібрацію, що свідчить про наявність пошкоджень вузлів чи агрегатів та є однією з основних причин, що збільшує швидкість зношування й пошкодження складальних одиниць робочих механізмів. За допомогою вібродіагностики стану механічних вузлів і агрегатів сільхозмашин здійснюється безпосередній контроль динамічної силової дії на них – завдяки чому можливо на більш ранній стадії виявити і попередити несправність або дефект. Так, ушкодження окремих елементів агрегатів сільгоспмашини викликає миттєву зміну рівня і частотних характеристик вібраційного спектру віброзміщення. Проаналізувавши викладене, узагальнено методичний підхід до розробки двоканального первинного п'єзоперетворювача вимірювання віброзміщення вузлів та агрегатів сільгоспмашин.

Ключові слова: вібрація, віброзміщення, вібродіагностика, давач, позасмугові завади, операційний підсилювач.

Постановка проблеми

Вимоги оцінки технічного стану механізмів сільхозмашин у робочих умовах висувають на перший план саме методи діагностики вібрації як найбільш чуттєві до різних відхилень параметрів технічного стану сільгоспмашин від стандартизованих норм. З-поміж основних параметрів, які описують вібраційний стан об'єктів контролю, базисними є віброзміщення, віброшвидкість та віброприскорення. Згідно з чинними стандартами, перший з названих параметрів визначається як вібраційна складова переміщення, інші ж два – як її перша та друга похідні часу, відповідно [1]. Виходячи з цього, доцільно проводити

періодичну вібродіагностику вузлів та механізмів сільхозмашин, що упередить їх передчасну зношеність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми удосконалення методів та технічних засобів вібродіагностики вузлів та агрегатів різних засобів виробництва найшли відображення у вітчизняних та зарубіжних науковців. Зокрема вітчизняні науковці, такі як О. М. Безвесільна, О. Г. Воронцов, С. А. Шевченко, В. О. Повідало, В. В. Кухарчук присвятили свої роботи цим питанням [1,2,9,10]. Великий вклад для створення вимірювальних перет-

ворювачів на базі п'єзоелектричних давачів зробив В. М. Шарапов [6].

Найпростіша форма вібрації – це гармонійні синусоїдні коливальні рухи. Основні параметри синусоїдного коливання: частота f (Гц), амплітуда зміщення – A (м); коливальна швидкість – V (м/с); прискорення – A (м/с²).

Теоретично для синусоїдних коливань швидкість і прискорення визначають за формулами:

$$V = 2\pi \cdot f \cdot A;$$

$$A = (2\pi \cdot f)^2 \cdot A, \quad (1)$$

Технічні засоби виміру параметрів вібрації, що випускають серійно, є компонентами автоматизованих систем або універсальними вібровимірювальними приладами [2].

Аграрні підприємства мають потребу в простих, ефективних, надійних, але недорогих у застосуванні вібродіагностичних приладах, функціональні можливості й параметри яких відповідають завданню діагностування сільгоспмашин (особливо в частині автоматизованого аналізу вібрації й виявлення дефектів зубчастих передач, підшипникових складальних одиниць тощо). Таким чином, технічні засоби й технології вібродіагностування, що нині існують, не повною мірою враховують особливості сільгоспмашин як об'єкта діагностування.

Для зменшення негативного впливу вібрації на стан здоров'я людини та покращення показників віброзношення вузлів та агрегатів сільгосптехніки потрібно досконало проаналізувати основні показники вібрації (віброшвидкості і рівень віброприскорення), а для цього потрібно провести достатньо точні вимірювання з відповідною вірогідністю.

Для вимірювання вібраційних складових застосовуються різні ЗВТ (засоби вимірювальної техніки). Різновидів їх дуже багато. Але загальну схему їх можна подати у наступному вигляді (рис. 1):

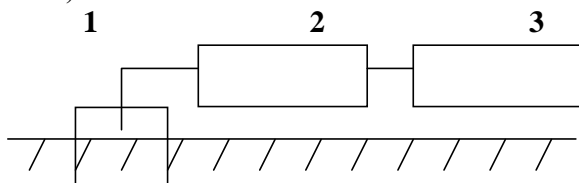


Рис. 1. Загальна схема вимірювання вібрації:
1 – вимірювальний перетворювач (вібродавач);
2 – попередній підсилювач; 3 – реєструючий прилад.

Джерело : побудовано на основі [4].

Мета, завдання та методика досліджень

Мета досліджень полягає у підвищенні точності вимірювання віброзміщення вузлів та агрегатів сільгоспмашин. Для досягнення поставленої мети потрібно чутливий елемент виконати двоканальним, тобто з двома каналами на базі п'єзоелементів.

П'єзоелементи першого та другого каналів вимірювання ідентичні та прикріплені до верху та низу герметичного корпусу аксельметра, відповідно. Але важливу роль в п'єзоелектричному електронному аксельметрі відіграє передпідсилювач, тому його властивості і стають об'єктом досліджень. Він здійснює перетворення високого вихідного імпедансу п'єзоперетворювачів у більш низький імпеданс, що допускає безпосереднє з'єднання перетворювачів з відносно низькоімпедансною аналізуючою або реєструючою апаратурою. До інших завдань передпідсилювачів відносяться:

- узгодження параметрів, що відображають досліджувані механічної величини, з параметрами сигналів (зокрема, чутливістю) використовуваної апаратури;
- фільтрацію оброблюваних сигналів і, отже, виключення непотрібних або небажаних складових цих сигналів.

Результати досліджень

Результати дослідження поки що зводяться до теоретичного обґрунтування застосування двоканального кварцового вимірювача вібропереміщення.

Велику увагу при проектуванні було приділено питанню «сигнал-завада». До основних причин зниження співвідношення у вимірювальному каналі є інтермодуляційні і гармонійні спотворення, що виникають в умовах дії інтенсивних позасмугових завад за наявності нелінійностей ланок каналу вимірювання.

До основних ланок структури, які визначають якість функціонування каналу, є вхідний давач і первинний диференційний підсилювач вимірювального сигналу вібропереміщення. У якості давача доцільно застосувати п'єзоелектричний первинний перетворювач, а в якості вимірювального каналу застосувати пристрій за двоканальною (диференційною схемою). Диференційна схема підсилювача значно зменшить позасмугові завади.

Вибір матеріалу п'єзоелектричного давача визначається допустимою величиною температурної похибки. Використання цирконато-тита-

нових керамік забезпечує роботу датчика з похибкою $\pm 20\%$ в діапазоні $200,250^\circ\text{C}$, за похибки $\pm 5\%$ температурний діапазон зменшується до $40\dots 60^\circ\text{C}$.

При використанні кварцу забезпечується похибка $\pm 2\%$ і діапазоні до 400°C . Для вимірювання вібрації в зоні температур нижче 100°C високу точність дає використання титанату цирконію або барію [1,6].

Для виключення непотрібних або небажаних синфазних складових цих сигналів потрібно застосувати в якості передпідсилювача – диференціальний операційний підсилювач (ДОП). Диференціальний підсилювач – призначений для посилення різниці сигналів, що подаються на його входи. Використання диференціального принципу вимірювань дозволяє істотно знизити вплив перешкод (вплив тиску, електромагнітних полів, температур тощо), компенсуючи за рахунок ідентичності п'єзоелементів систематичний зсув частоти, обумовлений змінами їх фізичних властивостей.

В основі розрахунків всіх схем з операційними підсилювачами лежать два основних положення, що характеризують ідеальний операційний підсилювач:

1. ОП має нескінченно великий вхідний опір і, як наслідок, – нескінченно маленький вхідний струм. Простіше кажучи – вхідний струм при розрахунках вважають рівним нулю.

2. ОП має нескінченно великий коефіцієнт посилення і, як наслідок, різниця потенціалів між його входами в схемах з достатньо негативним зворотнім зв'язком дорівнює нулю.

Це пояснюється тим, що напруга на виході дорівнює різниці напруг на входах ОП, помно-

женої на коефіцієнт посилення ОП [8]. Щоб щось помножити на нескінченно велику кількість і отримати кінцеве число (напруга на виході – вона ж кінцеве число) – це щось має бути нескінченно маленьким. Це відноситься тільки до схем зі зворотнім зв'язком (рис. 2) тому що, якщо немає зворотного зв'язку – у ОП немає ніякої можливості вплинути на напругу на своїх входах.

У цьому випадку на виході повинно було б встановитися нескінченно велике значення позитивної чи негативної напруг, але в реальності вихідна напруга ОП не може вийти за межі позитивної і негативної напруг живлення (навіть ще менше через внутрішні втрати) і на виході встановлюється одна з цих граничних напруг (ОП працює у якості компаратору). Зворотній зв'язок обов'язково повинен бути негативним, тому що тільки у цьому випадку система може прийти до стану стійкої рівноваги. Фактично через зворотній зв'язок напруга на інвертуючому вході підтягується до напруги на неінвертуючому вході. На напругу на неінвертуючому вході зворотний зв'язок не впливає [8]. Чутливий елемент пристрою 3 розміщений у герметичному корпусі 4 і виконаний з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзо-елементу 1, що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, а інерційна маса 2 через пружину прикріплена до низу п'єзопластин п'єзоелемента одного каналу та через іншу пружину прикріплена до верху п'єзопластин п'єзоелемента другого каналу. Виходи п'єзопластин обох каналів з'єднані з входами операційного підсилювача 5, вихід якого з'єднаний з аналогово-цифровим перетворювачем.

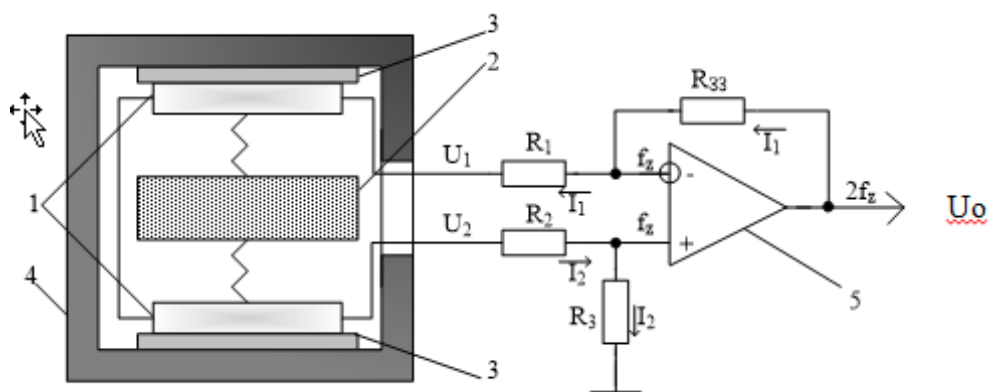


Рис. 2. Конструктивне рішення ДПП:

1 – п'єзоелементи; 2 – інерційна маса; 3 – ізолятор; 4 – корпус; 5 – диференціальний підсилювач.
Джерело : власна розробка

За схемою (рис. 2) складаємо систему із знаходимо I_1 , а з третього і четвертого чотирьох рівнянь, після чого з перших двох знаходимо I_2

$$\begin{cases} U_1 + I_1 R_1 = U_B & U_1 + I_1 R_1 = U_0 - I_1 R_{33} \Rightarrow I_1 = \frac{U_0 - U_1}{R_1 + R_{33}} \\ U_0 - I_1 R_{33} = U_B \\ U_2 - I_2 R_2 = U_B & U_2 - I_2 R_2 = I_2 R_3 \Rightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_1 + R_3} \\ I_2 R_3 = U_B \end{cases} \quad (3)$$

Далі з рівнянь (3) складаємо нове рівняння: Підставляємо в нього знайдені раніше вирази для I_1 , I_2 і перетворимо наступним чином:

$$\begin{aligned} U_1 + \frac{U_0 - U_1}{R_1 + R_{33}} \cdot R_1 &= U_2 - U_2 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} \\ \frac{U_0 - U_1}{R_1 + R_{33}} &= U_2 \cdot \frac{R_3}{(R_2 + R_3)R_1} - U_1 \cdot \frac{1}{R_1} \\ U_0 - U_1 &= U_2 \cdot \frac{(R_1 + R_{33})R_3}{(R_2 + R_3)R_1} - U_1 \cdot \frac{R_1 + R_{33}}{R_1} \end{aligned} \quad (5)$$

З останнього виразу (5) знаходимо формулу для визначення вихідної напруги:

$$U_0 = U_2 \cdot \frac{(R_1 + R_{33})R_3}{(R_2 + R_3)R_1} - U_1 \cdot \frac{R_{33}}{R_1} \quad (6)$$

Перетворимо множник перед U_2 наступним чином: R_1 перенесемо зі знаменника у чисельник, а що залишилися у знаменнику в дужках помножимо і розділимо на R_2 . Отримаємо наступне співвідношення:

$$\frac{\frac{(R_1 + R_{33})}{R_1} R_3}{\frac{(R_2 + R_3)}{R_2} R_2} = \frac{(1 + \frac{R_{33}}{R_1})}{(1 + \frac{R_3}{R_2})} \cdot \frac{R_3}{R_2}$$

З цього співвідношення очевидно, якщо у нашій схемі $R_{oc}/R_1 = R_3/R_2$, то множник перед U_2 можна замінити на R_3/R_2 або на R_{oc}/R_1 . Тоді формулу (6) можна перетворити до виду:

$$U_0 = (U_2 - U_1) \cdot \frac{R_{33}}{R_1} \quad (6)$$

Для здійснення процесу додавання двох сигналів необхідно з'єднати виходи п'єзопластин таким чином, що одна з напруг буде від'ємною, інша додатною. У такому випадку механізм формування вихідного сигналу математично описується наступним виразом:

$$U_o = (U_2 - U_1) \cdot \frac{R_{33}}{R_1} \quad (5)$$

Якщо напруга U_1 від'ємна, то формула набуває вигляду:

$$U_o = (U_2 + U_1) \cdot \frac{R_{33}}{R_1} = (2U_1) \cdot \frac{R_{33}}{R_1} \quad (6)$$

До недоліку такого схемотехнічного рішення можна віднести різні вхідні опори операційного підсилювача DA1, що негативно позначиться на формуванні вихідного сигналу [6,8].

Пропонуємо вдосконалити вимірювальний підсилювач DA1 (рис. 1) і зібрати його на трьох операційних підсилювачах.

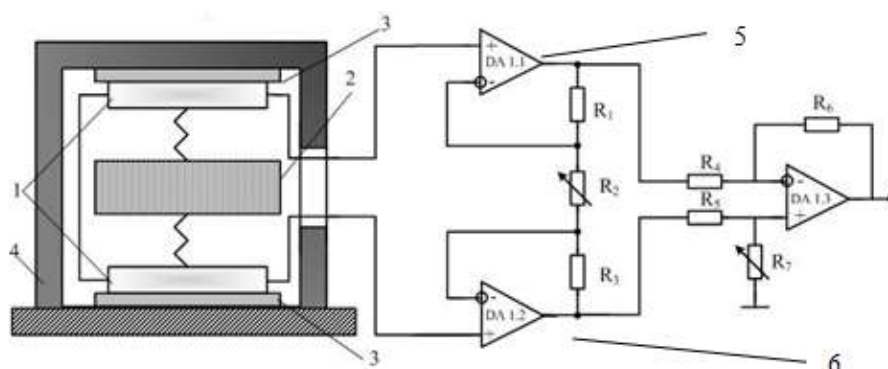


Рис. 2. Конструктивне та схематичне рішення вдосконаленого ДПГ:

1 – п'єзоелементи; 2 – інерційна маса; 3 – ізолятор; 4 – корпус;

5 – буферні каскади; 6 – диференційний підсилювач.

Джерело : власна розробка.

Застосування буферних каскадів ДА1.1, ДА1.2 (рис. 2). дозволить зробити ідеальне узгодження високоімпедансних вихідних ємнісних опорів п'єзоелементів з базовим диференційним підсилювачем ДА1.3. Це, у свою чергу, покращить точнісну характеристику підсилювача [11].

Для спрощення та аналізу схеми відзначимо, що вимірювальний підсилювач фактично складається з диференціального підсилювача (ДА1.3) з буферними каскадами (ДА1, ДА1.2) з'єднаними з базовим диференціальним підсилювачем (рис. 2).

Операційний підсилювач ДА1.3 зі своїми чотирма навісними резисторами, що мають рівні опори R , утворює диференційний підсилювач з коефіцієнтом підсилення, рівним 1.

У даній схемі повинні бути узгоджені тільки резистори, з'єднані з ДА 1.3. Резистор попередньої регулювання схеми R_2 можна виконати у вигляді змінного резистора, щоб збалансувати будь-яку синфазну напругу. Коефіцієнт підсилення задається всього одним резистором R_2 у залежності за виразом:

$$\frac{U_{\text{вих}}}{U_1 - U_2} = 1 + \frac{2}{\kappa},$$

де $\kappa = R_1/R_2$.

Вихідна напруга не залежить від синфазної напруги, а залежить тільки від різниці вхідних напруг. Якщо на вході підсилювача будуть діяти синфазні сигнали негативних збурень, то їх результуюча на виході підсилювача буде дорівнювати 0. Це допоможе із складного вимі-

рюваного сигналу виділити необхідний для подальшої обробки. Результуючий корисний електричний сигнал буде пропорційним сигналу прискорення сили тяжіння [4].

Зворотній зв'язок обов'язково повинен бути негативним тому, що тільки у цьому випадку система може прийти до стану стійкої рівноваги. Фактично через зворотній зв'язок напруга на інвертуючому вході підтягується до напруги на неінвертуючому вході. На напругу на неінвертуючому вході зворотній зв'язок не впливає.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Завдяки використанню додатково введеного другого каналу вимірювання та вдосконалення первинного перетворювача, забезпечується:

- відсутність у вихідному сигналі похибок від залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та їх мас;
- зменшення складової впливу зміни температури;
- зменшення впливу вологості та тиску зовнішнього середовища (тобто інструментальних похибок), які можуть бути значними;
- зведення практично до нуля синфазних сигналів негативних збурень.

Використання операційних підсилювачів та аналогово-цифрового перетворювача реалізують підсилення вихідних аналогових сигналів обох каналів п'єзодавача та перетворення їх у цифровий код, відповідно.

Подальші дослідження будуть спрямовані на виготовлення діючого макету п'єзодавача та опробування його в реальних умовах, тобто на сільхозмашинах.

References

1. Bezvesilna, O. M. (2008). Vymiriuvannia pryskoren [Measuring accelerations]. Kyiv : Lybid (in Ukrainian).
2. Vorontsov, O. H. (2011). Doslidzhennia modeli vymiriuvalnogo kanalu systemy vibroakustychnoi diahnostyky tykhokhidnykh rotornykh mashyn [Investigation of the model of the measuring channel of the system of vibration acoustic diagnostics of slow-moving rotary machines]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnogo instytutu*, 6, 23–27 (in Ukrainian).
3. Goldin, A. S. (2000). Vibratsiya rotornykh mashin [Vibration rotary machines]. Moskva : Mashinostroyeniye (in Russian).
4. Genkin, M. D. & Sokolova, A. G. (1997). Vibroakusticheskaya diagnostika mashin i mekhanizmov [Vibroacoustic diagnostics of machines and mechanisms] Moskva : Mashinostroyeniye (in Russian).
5. Sergeev, A. G. (1980). Tochnost i dostovernost diagnostiki avtomobiley [Accuracy and accuracy of car diagnostics]. Moskva: Transport (in Russian).
6. Sharapov, V. M. (2006). Pyeoelektricheskiye datchiki [Piezoelectric sensors]. Moskva: Tekhnosfera (in Russian).
7. Shevchenko S.A. (1999). Kontrol tekhnicheskogo sostoyaniya selskokhozyaystvennoy tekhniki vibratsionno-diaagnosticheskim metodom [Control of the technical condition of agricultural machinery by the vibration-diagnostic method]. *Vestnik Kharkovskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta*, 55, 33–35 (in Russian).
8. Voitsytskyi, A. P. & Voitsytskyi, M. A. (2018). Elektronika i mikroshemotekhnika [Electronics and Microchips] (2 th ed.). Kherson : Oldi Plus (in Ukrainian).
9. Povidailo, V. O. (2004). Vibratsiini protsesy ta obladnannia [Vibration processes and equipment]. Lviv : Nats. Universytet "Lviv. Politehnika" (in Ukrainian).
- Kukharchuk, V. V., Katsyv, S. Sh., Madiarov, V. H., Usov, V. V. & Vedmitskiy Yu. H. (2014). Monitorynh, diahnostuvannia, ta prohnozuvannia vibratsiinoho stanu hidroahrehativ [Monitoring, diagnosis, and forecasting of vibration state of hydro aggregates]. Vinnytsia : VNTU (in Ukrainian).
11. Levshyna, E & Novitsiy, P. (1993). Izmeritelnye preobrazovateli [Measure Converted]. L.: Energoatomizdat (in Russian).

**TWO CHANNEL PIEZE CONVERTERS
MEASUREMENT OF VIBRATION
ACCELERATION CAUSED BY VIBRATION
OF AGRICULTURAL KNOTS AND UNITS**

A. Voitsitsky, Y. Goncharenko

e-mail: znau_dilovod@i.ua

Zhytomyr National Agroecological University
7, Stary Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

The depreciation of the existing equipment and the high cost of the new one are encouraging enterprises to switch to servicing machines according to their actual condition. This is impossible without the use of diagnostic systems and diagnostic monitoring, which would allow detecting defects in the early stages of their development. Diagnostic systems are mainly at the stage of initial research and experimental operation. The inertia forces of various unbalanced masses (threshing and grinding drums, cutting assembly units of combines, etc.) have the greatest influence on the occurrence of vibration in agricultural machines.

Domestic and foreign experience shows that one of the most important means of improving the quality, reliability, durability and economic efficiency of using mechanical equipment is the use of vibration diagnostics systems, eliminating timely damage to the mechanisms of components and assemblies. There are many reasons that cause increased vibration, which indicates the presence of damage to components or assemblies is one of the main causes, increases the rate of wear and damage to the assembly units of the working mechanisms. With the help of vibration diagnostics of the state of mechanical components and assemblies, direct control of dynamic force action is carried out, so that it is possible at an earlier stage to detect and prevent a malfunction or defect. Thus, damage to individual elements of agricultural machinery aggregates causes an instantaneous change in the level and frequency characteristics of the vibration spectrum. The purpose of this article is to propose the use of a two-channel primary transducer for measuring vibration velocity with the aim of improving its accuracy characteristics.

Keywords: *vibration, vibration acceleration, vibration diagnostics, sensor, out-of-band interference, operational amplifier.*

**ДВУХКАНАЛЬНЫЙ
ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ
ВИБРОУСКОРЕНИЯ ВЫЗВАННОГО
ВИБРАЦИЕЙ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ
СЕЛЬХОЗМАШИН**

А. П. Войцицкий, Ю. П. Гончаренко

e-mail: znau_dilovod@i.ua

Житомирский национальный агроэкологический университет,
бульвар Старый, 7, г. Житомир, Украина, 10008

Изношенность существующего оборудования и высокая стоимость нового побуждают предприятия к переходу на обслуживание машин по фактическому состоянию. Это невозможно без применения систем диагностики и диагностического мониторинга, которые позволили бы выявлять дефекты на ранних стадиях их развития. Системы диагностики, в основном, находятся на этапе начальных исследований и экспериментальной эксплуатации.

Наибольшее влияние на возникновение вибрации в сельскохозяйственных машинах оказывают силы инерции различных неуравновешенных масс (молотильных и измельчающих барабанов, режущих сборочных единиц комбайнов и т.д.).

Отечественный и зарубежный опыт показывают, что одним из важнейших средств повыше-

ния качества, надежности, долговечности и экономической эффективности использования механического оборудования является применение систем вибродиагностирования, что устраняет своевременно повреждения механизмов узлов и агрегатов.

Существует множество причин, вызывающих повышенную вибрацию, что свидетельствует о наличии повреждений узлов или агрегатов, является одной из основных причин, увеличивает скорость износа и повреждения сборочных единиц рабочих механизмов. С помощью вибродиагностики состояния механических узлов и агрегатов осуществляется непосредственный контроль динамической силовой воздействия, благодаря чему возможно на более ранней стадии выявить и предупредить неисправность или дефект. Так, повреждения отдельных элементов агрегатов сельхозмашины вызывает мгновенную смену уровня и частотных характеристик вибрационного спектра.

Целью данной статьи является предложение применения двухканального первичного преобразователя для измерения виброперемещения с целью улучшения его точностных характеристик.

Ключевые слова: вибрация, виброускорение, вибродиагностика, датчик, внеполосные помехи, операционный усилитель.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-95-104

УДК 626.86

ДОСВІД ЗАХИСТУ СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ У ЗОНІ ЗРОШЕННЯ

Д. П. Савчук, О. І. Харламов, І. В. Котикович

e-mail: savchuk.igim@gmail.com

Інститут водних проблем і меліорації НААН

вул. Васильківська, 37, м. Київ, 03022, Україна

Узагальнено досвід інженерного захисту території сільського населеного пункту за допомогою систематичного закритого горизонтального дренажу глибокого закладання з електрифікованою насосною станцією для перекачування дренажного стоку у водоприймач як основи наукового обґрунтування та удосконалення дренажу для умов зрошення на безстічних територіях у південному регіоні України. Дослідження проводилися на типовій для південного регіону дослідно-виробничій ділянці дренажу (ДВД), яка розташована на Каховському зрошувальному масиві в селі Хрестівка Чаплинського району Херсонської області. За природними і водогосподарськими умовами Хрестівка належить до сільських населених пунктів, які потерпають від затоплення поверхневими і підтоплення ґрунтовими водами.

Встановлено, що горизонтальний дренаж забезпечував надійний захист сільських територій від підтоплення за винятком періодів з інтенсивними опадами, коли у пониженнях місцевості формувалися зони затоплення, виникали надзвичайні ситуації і істотно ускладнювались умови проживання населення. Середньорічні глибини залягання рівнів ґрунтових вод на фоні дренажу переважно коливались у межах 2–4 м і не перевищували критичних позначок. Результати досліджень показали, що система захисту села залишається недостатньою і потребує удосконалення. За таких умов, при ускладненні гідрометеорологічної ситуації, які останнім часом все частіше виникають внаслідок змін клімату, надзвичайні ситуації можуть повторитися.

Для удосконалення системи захисту території сільських населених пунктів розроблено комплекс споруд і заходів, який включає влаштування самопливних систем дренажу і водовідведення, дискретних засипок гравієм дренажних траншей, управління поливами присадибних ділянок і земель, моніторинг гідрогеолого-меліоративного стану сільських територій. Подібні проблеми захисту від підтоплення і затоплення, за допомогою систем закритого горизонтального дренажу з насосними станціями, характерні для Каховського, Північно-Рогачицького, Криворізького та інших зрошуваних масивів південного регіону.

Ключові слова: затоплення, підтоплення, сільський населений пункт, закритий горизонтальний дренаж, рівні ґрунтових вод.

Постановка проблеми

В Україні до важливих екологічних та соціально-економічних проблем, які потребують постійної уваги і вирішення, належать затоплення і підтоплення земель та територій населених пунктів [1–3, 7, 12–14, 18–20, 23]. Прояви цих несприятливих екзогенних явищ періодично спостерігаються на площі 7,95 млн га земель (13,2 % від загальної площі), на територіях понад 4,7 тисяч населених пунктів (15,8 % від загальної кількості поселень), [8]. Слід зауважити, що площа території держави становить 60,3 млн га земель, кількість населених пунктів – 29730, з

них 460 міст, 885 селищ міського типу, 28385 сільських населених пунктів [10].

Одним із регіонів активного поширення затоплення і підтоплення є південь України, для якого характерні аномальні опади, рівнинний рельєф, слаборозвинена річково-балочна мережа, безстічні зниження, загалом слабка стічність територій, розвинена мережа зрошувальних каналів та регулярне зрошення земель. Максимальні опади у цьому регіоні досягають 180–200 мм/добу. Площа зрошувальних систем складає понад 1 млн га, площа підтоплення – 2,9 млн га (36,8% від площі усіх підтоплених земель), кількість населених пунктів з підтопленням – 2135

(майже 45 % від загальної кількості підтоплених населених пунктів) [8, 11].

Більшість населених пунктів регіону залишається незахищеними від підтоплення. Інженерними системами захисту, які представлені горизонтальним та вертикальним дренажем, облаштовано лише близько 550 населених пунктів, що становить 11,7 % від загальної кількості підтоплених [6, 7]. При цьому, дренажні системи експлуатуються понад 30 років і фактично вичерпали нормативний термін експлуатації, часом знаходяться у неробочому стані через незадовільну роботу насосного обладнання та недостатнє фінансування експлуатаційних служб.

Нині накопичено значний досвід захисту територій сільських населених пунктів [7, 14]. У зоні зрошуваного землеробства проблему підтоплення вивчали О. Я. Олійник, В. С. Кремець, Ю. О. Чирва, О. А. Бабицька, Л. М. Грановська, М. П. Рябцев, В. В. Морозов, В. В. Колесніков,

О. Ю. Медведєв та ін. [2, 3, 5, 6, 7, 9, 12–14, 16–22, 25].

Для наукового обґрунтування комплексу споруд і заходів та забезпечення території надійними системами захисту з охопленням більш широкого спектру природно-господарських умов необхідно продовжити узагальнення досвіду їх експлуатації. Загалом, вирішення проблем затоплення, підтоплення та захисту населених пунктів залишається актуальним.

Мета, завдання та методика досліджень

Мета роботи полягає в узагальненні досвіду захисту від затоплення і підтоплення територій сільських населених пунктів у зоні зрошення та удосконаленні існуючих захисних систем.

Дослідження проводились на типовій для південного регіону дослідно-виробничій ділянці дренажу (ДВД), яка розташована на Каховському зрошуваному масиві в селі Хрестівка Чаплинського району Херсонської області (рис. 1).

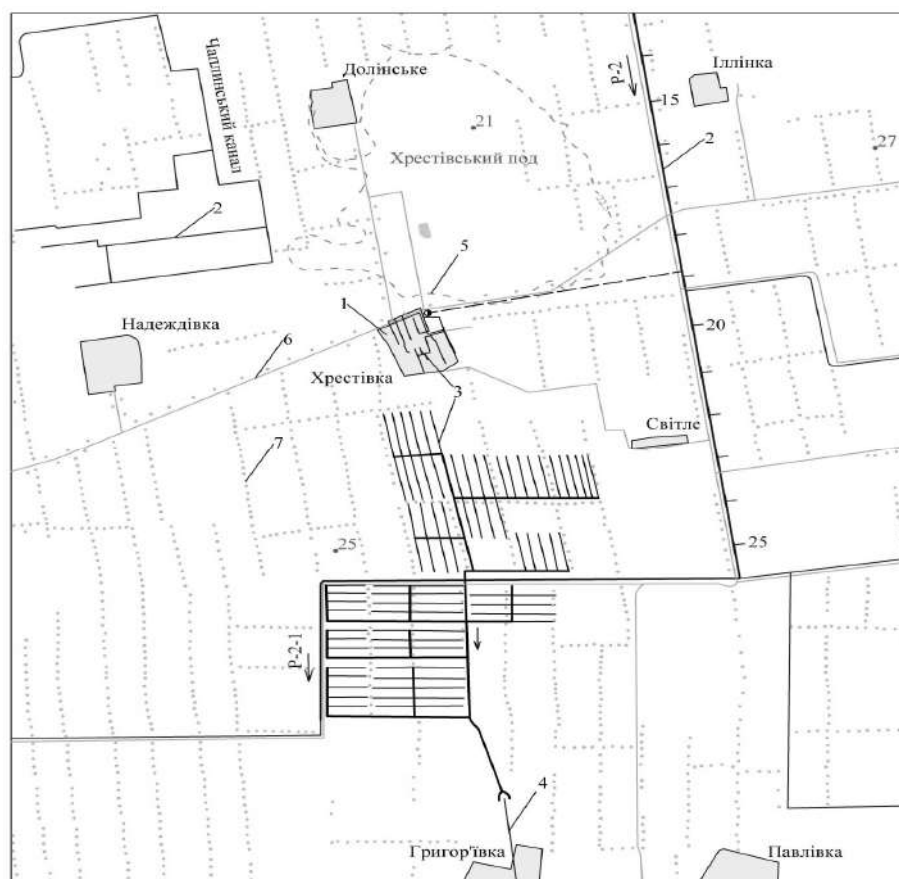


Рис. 1. Місцезнаходження с. Хрестівка:

1 – сільські населені пункти; 2 – зрошувальні канали; 3 – дренажні системи; 4 – скидний канал Захід–Схід; 5 – Хрестівський под з відміткою дна; 6 – дороги; 7 – лісосмуги

В ході досліджень проводились узагальнення проектних та експлуатаційних характеристик зрошувальних і дренажних систем, аналіз даних про глибини залягання рівня ґрунтових вод (РГВ), площі зрошення та атмосферні опади, періодичні обстеження дренажної системи, вимірювання дренажного стоку.

Оцінювання рівня захисту від підтоплення проводилося шляхом порівняння фактичних та нормативних (критичних) глибин залягання РГВ. При цьому, використовувалися дані вимірювань Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції (нині партія) в контрольних свердловинах з тривалим терміном спостережень. Вважається, що в сільських населених пунктах територія не зазнає підтоплення за умови залягання середньорічних РГВ нижче критичних глибин, яка для степової зони становить 2 м [14].

Характеристика об'єкту досліджень

Село Хрестівка розташоване у південній частині області поблизу заповідника «Асканія-Нова». У селі проживає 1789 чоловік (2018 р.).

За природними і водогосподарськими умовами Хрестівка належить до сільських населених пунктів, які потерпають від затоплення поверхневими і підтоплення ґрунтовими водами [18].

В геоморфологічному відношенні село розташоване на схилі Хрестівського поду, абсолютні відмітки на днищі якого становлять близько 21 м, а на схилах у межах села – від 25 м на півночі до 26 м на півдні.

Покровна товща представлена кількома шарами ґрунтів: ґрунтовий покрив та лесоподібний середній суглинок (0–3 м), легкий суглинок (3–4,5 м), середній лесоподібний суглинок (4,5–8,3 м), важкий лесоподібний суглинок (8,3–15 м) [24].

У північно-західній частині територія села обмежена автотрасою Чаплинка–Асканія-Нова, насип якої перекидає природні стоки поверхневої води у напрямі днища поду і періодично створює умови для локального затоплення. На схід від села проходить великий зрошувальний канал Р-2, який оснащено капітальним бетоноплівковим облицюванням. Канал цілий рік заповнений водою і має розрахункову витрату $51,3 \text{ м}^3/\text{с}$. На північний захід від села на віддалі 6–10 км знаходиться Чаплинський зрошувальний канал сезонної дії, траса якого проходить у земляному руслі. У південній частині до села

прилягають масиви зрошення і дренажу [22].

Село знаходиться посеред великого зрошувального масиву. На Чаплинській зрошувальній системі поливи дніпровською водою ведуться з 1965 року, на Каховській – з 1970 р. Крім того, у селі практикуються інтенсивні поливи присадибних ділянок водопровідною водою. Останнім часом широко застосовується краплинне зрошення. Село забезпечено водопостачанням з підземних джерел.

Заповнення зрошувальних каналів, регулярне зрошення прилеглих масивів, а також поливи присадибних ділянок зумовили інтенсивний підйом ґрунтових вод і загрозу підтоплення [2, 22]. До зрошення в селі ґрунтові води знаходилися на глибині біля 22 м [24].

Для попередження розвитку негативних процесів і недопущення підтоплення території села в 1983 році розроблено проект дренажу, який побудовано і здано в експлуатацію у 1985 р. (перший рік експлуатації).

Дренаж в селі Хрестівка – систематичний закритий горизонтальний глибокого закладання з електрифікованою насосною станцією (рис. 2). Площа дренажу становить 123 га. Відстань між дренами – 50–100 м, глибина закладки дрен – 2,8–3,0 м, колекторів – 4–5 м. Довжина колекторно-дренажної мережі – 7730 км. Похили дрен – 0,0017–0,003, діаметр – 100–200 мм, діаметр колекторів – 200–300 мм. Матеріал дренажних труб – азбестоцемент, дренажного фільтра – скловолокно, пісок.

Дренажний стік відводиться у канал Р-2 за допомогою електрифікованої дренажної насосної станції і напірного трубопроводу. Спочатку станція була укомплектована двома насосними агрегатами КМ-45/40. У 1998 році після реконструкції станції, консольні насоси на ній замінені на глибинні, типу ЕЦВ. Дренажне гирло системи розташовано на 189 пікеті каналу. Довжина напірного трубопроводу – 4,8 км. Проектна середньомісячна витрата дренажного стоку системи – 3,1 л/с. Вартість будівництва дренажу у цінах 1984 року склала 623,39 тис. крб (у нинішніх цінах близько 11 млн грн).

Для контролю гідрогеолого-меліоративної ситуації на території села розміщено 12 спостережних свердловин, на яких велись режимні спостереження. З 1993 року обсяги спостережень істотно скоротилися.

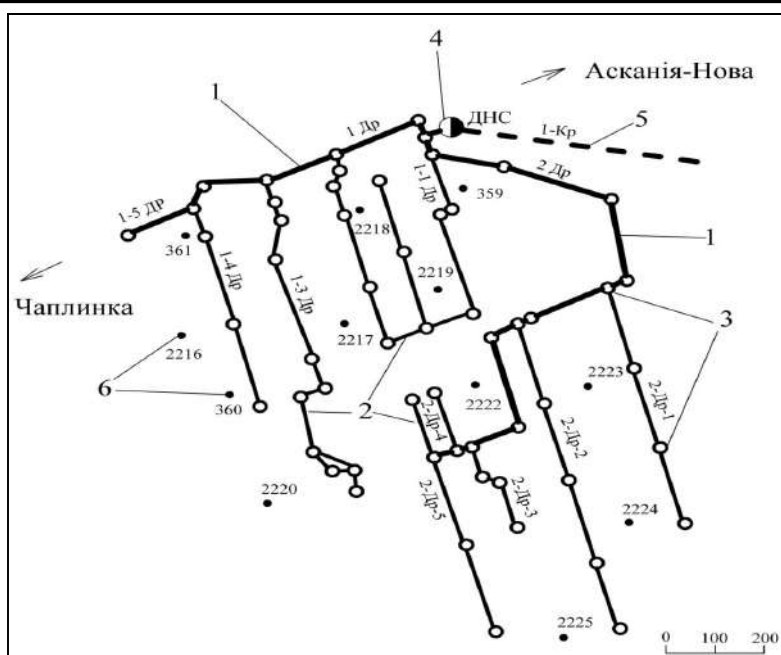


Рис.2. Схема колекторно-дренажної мережі с. Хрестівка:
1 – колектор; 2 – дрена; 3 – оглядові колодязі; 4 – дренажна насосна станція;
5 – напірний трубопровід; 6 – спостережні свердловини.

Результати досліджень

За даними Державної служби статистики Аналіз режиму глибин залягання РГВ засвідчив ефективне виконання дренажною системою функцій захисту територій села від підтоплення.

На початковому етапі роботи дренажу середньорічні рівні ґрунтових вод знаходилися переважно на глибинах 2–4 м і не перевищували критичних відміток (рис. 3; табл. 1).

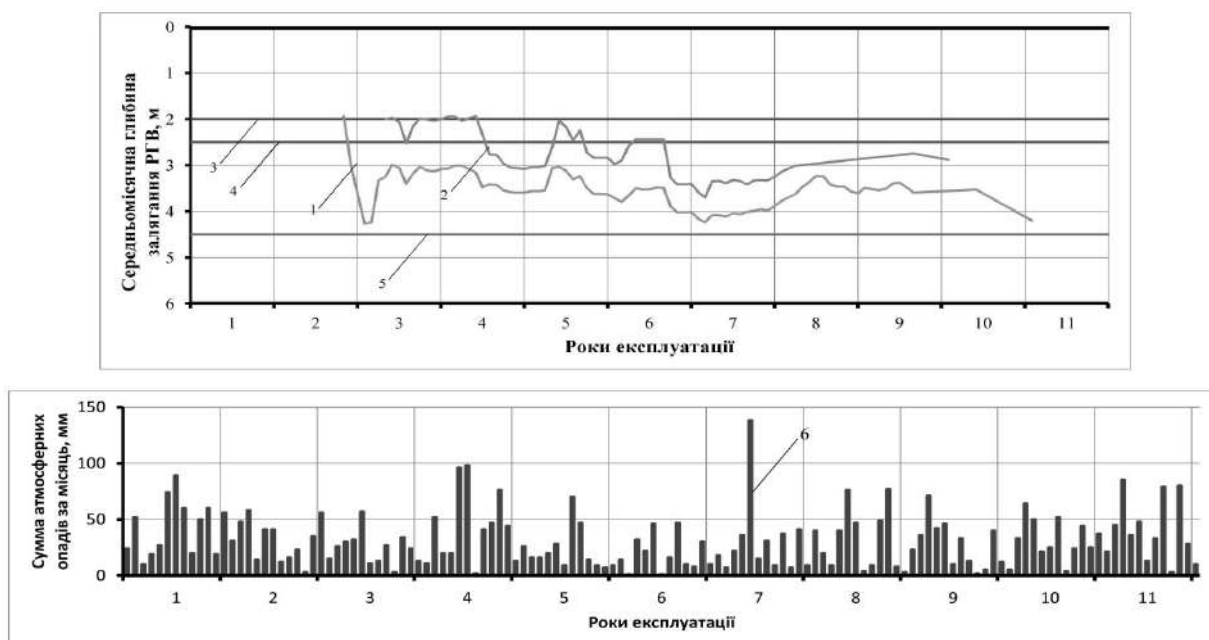


Рис. 3. Графік коливання рівнів ґрунтових вод:
1 – спостережна свердловина 2223; 2 – спостережна свердловина №2224; 3 – критична глибина
залягання РГВ; 4 – середня глибина закладання дрена; 5 – середня глибина закладання
колекторів; 6 – атмосферні опади за місяць.

Таблиця 1. Середньорічні глибини залягання рівнів ґрунтових вод на території села Хрестівка Чаплинського району

Номер спостережної свердловини	Абсолютна відмітка поверхні землі, м	Середньорічні глибини залягання РГВ від поверхні землі за роки експлуатації дренажу, м					
		3	4	5	6	7	8
359	25,19	-	3,42	3,43	3,58	3,85	-
360	25,09	-	3,60	2,88	3,02	3,59	-
2217	25,23	-	3,20	2,62	2,90	3,29	-
2218	25,06	-	3,19	3,29	3,49	4,16	-
2219	25,66	-	3,08	2,61	2,58	3,05	-
2222	25,80	-	3,06	3,03	3,31	3,93	-
2223	25,97	3,36	3,26	3,40	3,69	4,06	3,59
2224	26,44	2,09	3,40	2,64	2,80	3,40	3,00
Середньорічні атмосферні опади, мм		328	520	275	236	371	388

Загалом за весь період експлуатації систем зрошення і дренажу у селі сформувалася сприятлива гідрогеолого-меліоративна ситуація. Захист території села від підтоплення забезпечувався в умовах неповного використання потужностей дренажу. В результаті обстежень виявлено, що в роботі дренажної насосної станції періодично спостерігалися перерви. В окремі періоди гирло напірного трубопроводу знаходилось в сухому стані (рис. 4). Дрени на системі працювали періодично, головним чином, при поливах присадибних ділянок та інтенсивних опадах. Так, наприклад, у період ведення поливів питомий стік дрени 2Др2 становив $0,24 \text{ дм}^3/\text{с}\cdot\text{км}$, після їх припинення дрена не мала стоку (пересохла).



Рис. 4. Гирло напірного трубопроводу під час обстеження

Значну роль у відведенні надлишкових вод відіграють закриті колектори, які формують основну частину стоку. В робочі періоди на дренажному гирлі формувалася стік до $2,9 \text{ л/с}$, що практично відповідає проектному.

У січні 1998 року на території села, як і у південному регіоні у цілому, спостерігалось надзвичайне підтоплення (затоплення) [4,15,17,19]. Основними причинами цього критичного явища стали аномальні опади кінця 1997 р. – початку 1998 р., недостатня робота дренажу, відсутність системи відведення поверхневого стоку. Внаслідок інтенсивних опадів зазнали обводнення і затоплення безстічні зниження, низькі елементи місцевості, ґрунти поверхневої товщі. Вода заповнила підвали житлових будинків, цокольне приміщення школи, овочесховище. На території села істотно ускладнилися санітарно-епідемічна та водно-екологічна ситуації, виникла загроза стійкості будівель.

Для ліквідації наслідків затоплення залучено військово-рятувальні підрозділи, фахівців водогосподарської галузі. Проводилися відкачування із затоплених підвалів, дворів, вулиць, понижень місцевості. Вода збиралась у цистерни на автомобілях і транспортувалась за межі села. Звичайно, що такий захід не давав швидкого ефекту. Також відновлено роботу дренажної станції. Для цього на ній змонтовано глибинний насос. При відкачуванні у колодязі на вході до станції дре-

нажний стік колектора сягав $10 \text{ дм}^3/\text{с}$, що в 3 рази перевищувало проектний.

Результати досліджень показали, що система захисту села залишається недосконалою. За таких умов при ускладненні гідрометеорологічних ситуацій, які останнім часом все частіше виникають внаслідок змін клімату, надзвичайні ситуації можуть повторитись.

Для підвищення рівня захищеності території села від затоплення та підтоплення запропоновано комплекс споруд і заходів з удосконалення існуючої системи захисту (рис. 5). Комплексом передбачено улаштування самопливної системи відведення поверхневого стоку за межі населеного пункту, вертикальне планування території, удосконалення елементів дренажної системи, забезпечення проектного режиму роботи існуючого дренажу, організацію контролю поливу присадибних ділянок, недопущення втрат води із водопровідних мереж, відновлення моніторингу РГВ і режимних спостережень.

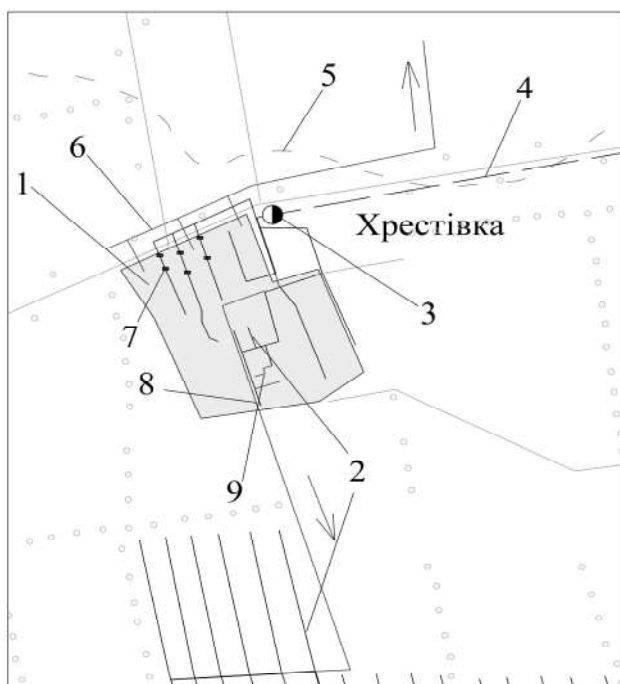


Рис. 5. Схема удосконалення

дренажної системи с. Хрестівка:

- 1 – населений пункт; 2 – дренажні системи села і прилеглих територій; 3 – дренажна насосна станція; 4 – напірний трубопровід; 5 – межа Хрестівського поду; 6 – самопливний відкритий колектор; 7 – водопоглиначі (шлюкери); 8 – самопливний закритий колектор; 9 – кільцевий дренаж школи**

Відведення поверхневого стоку за межі населеного пункту доцільно здійснити шляхом створення самопливної водовідвідної системи на основі кюветів, водопропускних труб через вулиці та автоtrasу Чаплинка–Асканія-Нова, водовідвідного каналу у напрямі днища поду.

Удосконалити також пропонується систему дренажу населеного пункту шляхом її з'єднання з дренажною системою прилеглих зрошуваних земель за допомогою закритого колектора та переведення на самопливний режим водовідведення. Позитивний досвід самопливного водовідведення шляхом підключення системи населеного пункту до польового дренажу має місце у с. Привілля Генічеського району.

У межах безстічних знижень на дренах доцільно влаштувати водопоглинальні ділянки (шлюкери). Для цього ґрунт дренажної засипки замінюється на щебінь на всю глибину дрени, що дозволить відводити поверхневі води у період сильних дощів. При цьому, щебінь захищається геотекстилем. На відповідальних об'єктах інфраструктури села (школа, лікарня тощо) дренаж доцільно підсилити кільцевим дренажем.

Забезпечення роботи дренажу у проектному режимі в основному досягається безперебійним відкачуванням стоку дренажною насосною станцією, підтриманням у належному стані дренажних оглядових колодязів.

Організація контролю поливу присадибних ділянок, недопущення втрат води із водопровідних мереж покладається на громаду та службу водного господарства села.

Відновлення моніторингу РГВ передбачає ревізію спостережних свердловин, оптимізацію кількості та частоти контрольних вимірювань, побудову карт та графіків коливання глибин залягання РГВ, виявлення підтоплених площ, своєчасне повідомлення про загрозу підтоплення.

На Каховській зрошувальній системі подібні проблеми захисту від підтоплення і затоплення за допомогою систем закритого горизонтального дренажу з насосними станціями характерні для таких населених пунктів, як Новопавлівка, Заозерне, Воскресенка, Олександрівка Новотроїцького району, Новодмитрівка, смт Новоолексіївка Генічеського району Херсонської області, Волчанськ, Юр'івка, Мала Терновка Якимівського району Запорізької області, а також у селах Борозенське, Трифонівка Великоолександрівського району, Біляєвка Нововорон

цовського району, смт Високопілля Херсонської області та ін. [20]. Аналогічна ситуація характерна для Північно-Рогачицького та Криворізького зрошуваних масивів, яким властиве істотне поширення безстічних знижень (подів) [6,16]. На практиці дренажні системи використовувались для прийому поверхневих вод через оглядові колодязі (с. Борозенське) [16]. В умовах підключення польового дренажу до дренажної системи населеного пункту істотно ускладнюється гідромеліоративна ситуація (с. Водяне Широківського району Дніпропетровської області) [6].

Висновки та перспективи подальших досліджень

Отримано позитивний досвід захисту сільського населеного пункту від затоплення і підтоплення за допомогою закритого горизонтального дренажу з насосною станцією, який знаходиться на схилах безстічної території у межах зрошуваного масиву і за природними і господарськими умовами є типовим для південного регіону.

Дренаж переважно забезпечував стабілізацію гідрогеолого-меліоративної та водно-екологічної ситуацій на території села за винятком періодів надзвичайного підтоплення (затоплення). Зменшення ефективності захисту територій зумовлюють нестійка робота дренажної насосної станції, відсутність ефективного відведення поверхневого стоку, недостатня експлуатація дренажної системи.

Для підвищення рівня захисту сільського населеного пункту від затоплення і підтоплення розроблено комплекс заходів, який включає самопливну систему відведення поверхневого стоку за межі населеного пункту у напрямі днища безстічної території, забезпечення належної експлуатації дренажної насосної станції і колекторно-дренажної мережі, задіяння потужностей дренажу на прилеглих зрошуваних масивах, підсилення водопоглинальної здатності дренажної засипки.

Перспективні дослідження дренажу з насосними станціями доцільно провести у напрямі визначення можливостей самопливного відведення поверхневих та дренажних вод у водоприймачі на прилеглих територіях, модернізації насосного обладнання, лічильників води, напірних трубопроводів, реконструкції дренажних систем, які об'єднують населений пункт і прилеглі території, обґрунтування технології улаш-

тування поглиначів поверхневих стоків, оптимізації експлуатації дренажу і моніторингу гідрогеолого-меліоративного стану.

Refereces

1. Babenko, Yu. O. & Dupliak, V. D. (1988). Okhorona pryrody pry iryhatsii zemel [Nature protection when irrigating land]. Kyiv : Urozhai [in Ukrainian].
2. Bulaevskaya, I. D. & Drachinskaya, E. S. (2006). Aspekty analiza dolgosrochnoy dinamiki urovnya gruntovyih vod v Hersonskoy oblast [Aspects of analysis of long-term dynamics of groundwater level in the Kherson region]. *Ekolohiia i resursy* : zb. nauk. prats In-tu problem natsionalnoi bezpeky RNBOU, 14, 68–72 [in Ukrainian].
3. Hranovska, L. M. & Zhuzha, P. V. (2015). Teoretychne obhruntuvannia inzhenernykh zakhodiv z borotby zi shkidlyvoiu diieiu vod na terytorii smt Nova Maiachka Tsiurupynskoho raionu Khersonskoi oblasti [Theoretical substantiation of the engineering measures to control harmful water effect on the territory of the urban-type settlement of Nova Maiachka, Tsiurupynsk Raion, Kherson oblast]. *Zroshuvane zemlerobstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb., 64, 79–82 [in Ukrainian].
4. Deziron, O. & Protasevych, M. (1999). Uskladnennia vodohospodarskoi obstanovky u pivdenomu rehioni Ukrainy na pochatku 1998 roku [Complication of the water management situation in the southern region of Ukraine in early 1998]. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*, 4, 18–19 [in Ukrainian].
5. Demchenko, O. (2007). Efektyvnist vertykalnogo drenazhu shchodo zakhystu vid pidtoplennia naselenykh punktiv ta silskohospodarskykh uhid v Khersonskii oblasti [Efficiency of vertical drainage protection against flooding of settlements and agricultural lands in Kherson region]. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*, 6, 32–37 [in Ukrainian].
6. Pivovar, N. G., Bugai, N. H. & Frydrykhson, V. L. (2000). Drenaj s voloknistyimi filtrami dlya zaschityi territoriy ot podtopleniya [Drainage with fibrous filters to protect the territories from flooding]. Kiev : Institut gidromehaniki NANU [in Ukrainian].
7. Oleynik, A. YA. (Ed.). (1986). Drenajnyie sistemy v zone orosheniya [Drainage systems in the irrigation zone]. Kiev : Uroжай [in Ukrainian].
8. Natsionalnyi standart Ukrainy. (2017). Nastanova shchodo inzhenernoho zakhystu terytorii, budivel i sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia

[Guidelines engineering protection of the territory, building and structure from water logging and flooding]. (DSTU-N B V.1.1-38:2016). Kyiv : DP "UkrNDNTs" [in Ukrainian].

9. Duplyak, V. D., Savchuk, D. P., Lesnichiy, V. N., Kezemka, I. P., Matiakh, N. M. & Shevchenko, Yu. A. (1992). Kahovskiy oroshaemyiy massiv: drenaj i ohrana prirody [Kakhovsky irrigated area: drainage and nature conservation]. *Melioratsiya i vodnoe hozyaystvo*, 9/12, 31–35 [in Ukrainian].

10. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (2016). Kilkist administratyvno-terytorialnykh odynyts za rehionamy Ukrainy na 1 sichnia 2016 roku [Number of administrative-territorial units by regions of Ukraine as of January 1, 2016]. Retrieved from http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/ds/ator/ator2016_u [in Ukrainian].

11. Lipynskiy, V. M., Diachuk, V. A. & Babichenko, V. M. (Eds.). (2003). Klimat Ukrainy [The climate of Ukraine]. Kyiv : Vydavnytstvo Raievskoho [in Ukrainian].

12. Kolesnikov, V. V. (2010). Analiz hidroheoloho-melioratyvnykh obstavyn u silskykh naselenykh punktakh Dzhankoiskoho raionu AR Krym [Analysis of hydrogeological and reclamation conditions in rural settlements of Dzhankoy district of the Autonomous Republic of Crimea]. *Tavriiskiy nauk. visnyk*, 70, 150–155 [in Ukrainian].

13. Medvedev, O. YU. (2014). Izuchenie protsessov podtopleniya selskih naselennykh punktov pri otsutstvii statsionarnykh rejimno-nablyudatelnykh skvajin (na primere yugo-zapada Odesskoy oblasti) [Investigation of the processes of flooding of rural settlements in the absence of stationary regime observation wells (for example, the southwest of the Odessa region)]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Ser.: heohrafichni ta heolohichni nauky*, 4, 319–327 [in Ukrainian].

14. Oleynik, A. YA. i dr. (1986). Metodicheskie rekomendatsii po raschetam zaschityi territoriy ot podtopleniya v zone orosheniya [Methodical recommendations on calculations of protection of territories from flooding in the irrigation zone]. Kiev : Minvodhoz USSR [in Ukrainian].

15. Nadzvychna sytuatsiia na Khersonshchyni [Emergency situation in the Kherson region]. (1998, sichnia 13). *Uriadovyi kurier*, 8 [in Ukrainian].

16. Savchuk, D., Shevchenko, A., Babitska, O., Kotykovich, I. & Kharlamov, O. (2016). Pivnichno-Rohachytska zroshuvalna systema ta perspektyvy yii vykorystannia [North Rhagitsky Irrigation System and prospects for its use]. *Vodne gospodarstvo Ukrainy*, 3, 38–45 [in Ukrainian].

17. Ushkarenko, V. O., Morozov, V. V., Snigovyi, V. S. & Safonova, O. P. (2001). Pidtoplennia zroshuvanykh zemel : problema i perspektyvy [Flooding of Irrigated Lands Problem and Perspectives]. *Tavriiskiy nauk. visnyk*, 20, 127–131 [in Ukrainian].

18. Romashchenko, M., Savchuk, D. & Shevchenko, A. (2007). Skhema kompleksnoho zakhystu vid zatoplennia i pidtoplennia u Khersonskii oblasti [Scheme of complex protection against flooding and under flooding in the Kherson region]. *Vodne gospodarstvo Ukrainy*, 5, 20–28 [in Ukrainian].

19. Romashchenko, M. I. & Savchuk, D. P. (1998). Pidtoplennia Pivdnia Ukrainy: prychny ta zapobizhni zakhody. [Flooding of the South of Ukraine: Causes and Precautions]. *Vodne gospodarstvo Ukrainy*, 5/6, 6–12 [in Ukrainian].

20. Romashchenko, M., Savchuk, D. & Shevchenko, A. (2005). Problema zatoplennia y pidtoplennia terytorii Khersonskoi oblasti ta shliakhy yii rozviazannia [The problem of flooding and under flooding of the territories of the Kherson region and ways of its solution]. *Pidtoplennia-2005: Nahalni problemy zapobihannia ta borotby z rehionalnym pidtoplenniam zemel : zb. materialiv 3-oi nauk.-prakt. konf. (20–24 chervnia 2005 r., smt Lazurne, Khersonska obl.)*. (pp. 13–16). Kyiv : NPTs «Ekolohiia, nauka, tekhnika» [in Ukrainian].

21. Riabtsev, M. P. & Khemich, I. M. (2004). Prychny pidtoplennia zemel i naselenykh punktiv prymorskoi zony Krasnoznamianskoho masyvu zrosheniya [Causes of flooding of lands and settlements of the coastal zone of Krasnoznamennyi array of irrigation]. *Melioratsiia i vodne gospodarstvo*, 91, 171–180 [in Ukrainian].

22. Savchuk, D. P., Kharlamov, O. I. & Kotykovich, I. V. (2018). Efektyvnist zakrytoho horyzontalnoho drenazhu na foni zrosheniya DM «Frehat» [Effectiveness of closed horizontal drainage on the background of irrigation by the SM «Fregat»]. *Melioratsiia i vodne gospodarstvo*, 1 (107), 30–36 [in Ukrainian].

23. Semenčuk, I. M., Biriukova, O. O. & Breslavets, V. V. (2018). Ekonomichni zbytky vid pidtoplennia terytorii Ukrainy [Economic losses from flooding of the territories of Ukraine]. *Ahrosvit*, 2, 40–44 [in Ukrainian].

24. Hmel'nitskaya, N. L. (1990). Prognoz mineralizatsii podzemnyih vod vtorogo i tretogo ot poverhnosti zemli vodonosnogo gorizontov [Groundwater salinity forecast for the second and third aquifer from the earth's surface]. *Melioratsiya i vodnoe hozyaystvo*, 72, 33–37 [in Ukrainian].

25. Chirva, YU. A. & Berlya, V. N. (1990). Rayonirovanie teritoriy selskih naseleennykh punktov dlya likvidatsii ee podtopleniya [Zoning the territories of rural settlements to eliminate its flooding]. *Melioratsiya i vodnoe hozyaystvo*, 72, 27–32 [in Ukrainian].

EXPERIENCE IN THE PROTECTION OF RURAL SETTLEMENTS FROM FLOODING IN THE IRRIGATED ZONE

Savchuk D., Kharlamov O., Kotykovych I.

e-mail: savchuk.igim@gmail.com

Institute of water problems and melioration of NAAS,
Vasylkivska Str., 37, Kyiv, 03022, Ukraine

The experience of engineering protection of the territories of rural settlements using systematic closed horizontal drainage with a pumping station for pumping drainage flow into a water receiver as a basis for scientific substantiation and improvement of drainage for irrigation in drainage areas in the southern region is summarized.

The studies were conducted on a pilot drainage site typical for the southern region, which is located on the Kakhovsky irrigated area in the village of Krestovka, Chaplynsky district, Kherson region. For natural and water conditions, the Krestovka belongs to rural settlements that suffer from surface flooding and underflooding with groundwater.

It was determined that horizontal drainage provided reliable protection of rural areas from flooding, with the exception of periods with intense precipitation, when flood areas were formed in areas of lowering terrain, emergency situations arose and living conditions became much more complicated. The average annual depths of the groundwater levels on the background of drainage mainly fluctuated within 2-4 m and did not exceed the critical levels.

The research results showed that the village protection system remains imperfect and requires improvement. Under such conditions, with the complication of the hydrometeorological situation, which lately more and more often arise as a result of climate change, excessive situations can recur.

To improve the system of protection of rural areas, a complex of structures and measures has been developed, which includes the construction of gravity drainage and drainage systems, discrete backfilling with gravel of drainage trenches, management of irrigation plots and lands, monitoring of hydrogeological and land improvement status of rural areas.

Similar problems of protection here are flooding and underflooding using closed horizontal drainage systems with pumping stations, characters for Kakhovsky, North Rogachinsky, Krivorozhsky and other irrigated arrays of the southern region.

Key words: flooding, flooding, rural settlement, closed horizontal drainage, groundwater levels.

ОПЫТ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

Д.П. Савчук, А.И. Харламов, И.В. Котикович

e-mail: savchuk.igim@gmail.com

Институт водных проблем и мелиорации НААН
вул. Васильковская, 37, г. Киев, 03022, Украина

Обобщен опыт инженерной защиты территорий сельских населенных пунктов при помощи систематического закрытого горизонтального дренажа глубокого заложения с электрифицированной насосной станцией для перекачки дренажного стока в водоприемник как основания научного обоснования и усовершенствования дренажа для орошения в условиях бессточных территорий в южном регионе.

Исследования проводились на типичном для южного региона опытно-производственном участке дренажа, который находится на Каховском орошаемом массиве в селе Крестовка Чаплынского района Херсонской области. По природным и водохозяйственным условиям Крестовка относится к сельским населенным пунктам, которые страдают от затопления поверхностными и подтопления грунтовыми водами.

Определено, что горизонтальный дренаж обеспечивал надежную защиту сельских территорий от подтоплений за исключением периодов с интенсивными осадками, когда в понижениях местности формировались зоны затопления, возникли чрезвычайные ситуации и существенно усложнились условия проживания. Среднегодовые глубины залегания уровней грунтовых вод на фоне дренажа преимущественно колебались в пределах 2–4 м и не превышали критических отметок.

Результаты исследований показали, что система защиты села остается недостаточной и требует усовершенствования. При таких условиях, при усложнении гидрометеорологической ситуации, которые последнее время все чаще возникают вследствие изменений климата, чрезвычайные ситуации могут повторяться.

Для усовершенствования системы защиты территорий сельских населенных пунктов разработан комплекс сооружений и мероприятий, который включает в себя устройство самопо-

ливных систем дренажа и водоотведения, дискретных засыпок гравием дренажных траншей, управление поливами приусадебных участков и земель, мониторинг гидрогеолого-мелиоративного состояния сельских территорий. Подобные проблемы защиты от подтопления и затопления, при помощи систем закрытого горизонтального дренажа с насосными станциями, характерны для Каховского, Северо-Рогачинского, Криворожского и других орошаемых массивов южного региона.

Ключевые слова: затопление, подтопление, сельский населенный пункт, закрытый горизонтальный дренаж, уровни грунтовых вод.

doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-105-111

УДК 639.3.06

**РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАМКНУТОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ****Г. А. Голуб¹, О. А. Завадська¹, В. В. Кухарець²***e-mail: gagolub@ukr.net*¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15В, м. Київ, 03041, Україна²Житомирський національний агроекологічний університет
Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008

Виробництво продукції аквакультури в установках замкнутого водопостачання набуває все більшого поширення, а обсяги вирощування, за допомогою таких систем прісноводних риб зростають. Використання установок замкнутого водопостачання – найбільш перспективна світова тенденція. При вирощуванні в установках замкнутого водопостачання всі параметри технологічного процесу підтримуються за допомогою автоматизованих пристроїв, а вплив природних факторів на хід технологічного процесу мінімальний. Однак такі системи потребують складного технологічного забезпечення, яке потребує постійно удосконалення. Під час роботи в установках замкнутого водопостачання утворюється осад, який потребує утилізації. Утилізацію цих осадів доцільно здійснювати методами, які дозволяють отримати додаткове тепло і електроенергію для потреб установок замкнутого водопостачання при виробництві аквакультури.

На основі узагальнення та аналізу літературних джерел встановлено, що середнє значення величини коефіцієнта конверсії комбікорму при відгодівлі свиней становить від 2,8 до 3,2 кг корму на один кг приросту маси. Середнє значення величини коефіцієнта конверсії комбікорму при відгодівлі ВРХ становить від 6,3 до 7,2 кг корму на один кг приросту маси. При вирощуванні бройлерів коефіцієнт конверсії корму становить від 1,6 до 2 кг, на один кг приросту маси. Середнє значення величини коефіцієнта конверсії комбікорму при вирощуванні форелі становило 1,6 кг корму на один кг приросту маси, а при годівлі сомів – 1,2 кг комбікорму на один кг приросту маси.

Наведено результати розроблення блок-схем установки замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури із забезпеченням часткової енергетичної автономності за рахунок тепла і електроенергії, отриманих при когенерації біогазу, який утворюється при метановому зброджуванні органічних складових осаду, що утворюється за функціонування установки замкнутого водопостачання.

Ключові слова: коефіцієнт конверсії корму, парникові гази, біогаз, ракоподібні, двостулкові молюски, біомаса водоростей.

Постановка проблеми

Нині однією із глобальних проблем Ринок риби і морепродуктів в Україні значною мірою є залежним від імпорتنих поставок. Крім того, якість поверхневих вод не завжди відповідає нормам, прийнятим для розведення риби через їх забрудненість стічними водами міст та тваринницьких комплексів. Виходом з даної ситуації може стати використання установок замкнутого водопостачання (УЗВ) для аквакультури.

Виробництво продукції аквакультури в УЗВ набуває все більшого поширення, а обсяги вирощування за допомогою таких систем прісноводних риб (найчастіше вугра і сома) становлять в Європі декілька тисяч тонн. Зростає використання прісноводної аквакультури також в країнах Азії. Використання УЗВ – найбільш перспективна світова тенденція. При вирощуванні в УЗВ всі параметри технологічного процесу підтримуються за допомогою автоматизованих пристроїв, а вплив природних факторів на хід технологічного процесу мінімальний. Однак такі системи потребують складного технологічного забезпечення, яке потребує постійно удосконалення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасних умовах кліматичних змін людство має приділяти максимум уваги ефективному використанню енергії та природних ресурсів. Що стосується кормової бази, то ефективність використання корму характеризується коефіцієнтом конверсії (відношення кількості витраченого корму до одиниці отриманого приросту маси).

Загальновідомо, що, за 180 днів відгодівлі свиней до досягнення маси 110 кг, витрачається 321 кг повнораціонних комбікормів. Це говорить про те, що конверсія комбікорму становить 2,9 кг корму на один кг приросту маси (межі зміни від 2,81 до 3,03 кг корму на один кг приросту маси) [1].

Опубліковані багатьма авторами результати наукових досліджень свідчать про те, що молодняк ВРХ до 6 місяців на кілограм приросту маси потребував від 3,8 до 4,5 кормових одиниць, ВРХ від 6 до 12 місяців – від 5,6 до 6,7 кормових одиниць, а від 12 до 18 місяців на кілограм приросту маси потребувалось уже до 9 кормових одиниць. Крім того, відгодівля ВРХ від 15–20-денного віку до реалізації в 16 місяців живою масою 450 кг із середньодобовим приростом маси від 850 до 950 г потребує 30 ц кормових одиниць на весь період вирощування до реалізації на м'ясо. Середнє значення величини коефіцієнта конверсії корму при відгодівлі ВРХ становить від 7 до 8 кормових одиниць. Також відомо, що інтенсивна відгодівля ВРХ до віку від 15 до 18 місяців і ваги від 450 до 500 кг потребує від 7 до 8 кормових одиниць на 1 кг приросту маси за середньодобового приросту маси в межах від 0,8 до 1,2 кг [2].

За останні роки жива маса бройлерів збільшилася в 2,3 рази, термін відгодівлі до 2 кг скоротився із 63 до 37 днів. При цьому, коефіцієнт конверсії корму знизився із 2,5 до 1,67 кг корму на один кг приросту маси [3].

При годівлі форелі до повного насичення виявилось, що найбільший приріст маси був отриманий за температури води 14 °С. Межі зміни величини коефіцієнта конверсії комбікорму становили від 1,2 до 2 кг корму на один кг приросту маси, причому більші його значення відповідали більшій масі риби [4].

Серйозне значення на сучасному етапі розвитку людства мають також викиди парникових газів CO₂ у результаті виробництва продукції тваринництва. Так, викиди метану (CH₄) за рахунок внутрішньої ферментації та під час збору і

зберігання гною та викиди оксиду азоту (N₂O) під час збору і зберігання гною становлять відповідно 60 і 0,62 кг/рік на одну голову при відгодівлі ВРХ, 4,64 кг/рік і 0,33 кг/рік на одну голову при відгодівлі свиней та по 0,02 кг/рік під час збору і зберігання посліду на одну голову при відгодівлі бройлерів [5].

На думку спеціалістів ФАО, аквакультура набагато менше здійснює викидів парникових газів у порівнянні з виробництвом м'яса у тваринництві. Це означає, що розведення та споживання білка, отриманого із риби, може сприяти пом'якшенню наслідків зміни клімату.

Аквакультура – одна із галузей харчової індустрії, яка має значні темпи розвитку. Для забезпечення потреб людства у рибній продукції до 2030 року її річне виробництво повинно зрости до 120 млн т. В установках аквакультури виробляється більше половини рибної продукції.

Використання УЗВ – найбільш перспективна світова тенденція. Такі системи забезпечують низький рівень впливу на навколишнє середовище, а також зменшують потреби у воді та енергії. Вихід риби в таких системах є постійним і передбачуваним. Мають вони також суттєвий недолік – високі капітальні та експлуатаційні витрати.

УЗВ – це системи, у яких вода після механічної та біологічної очисток використовується повторно під час виробництва продукції аквакультури. Такі системи забезпечують низький рівень впливу на навколишнє середовище, а також зменшують потреби у воді. Вихід продукції в таких системах є постійним і передбачуваним. Головний їх недолік – високі капітальні та експлуатаційні витрати. Основні параметри, які впливають на процес розвитку та вирощування риби в таких система – температура і концентрація розчиненого кисню у воді.

Рибоводні системи з УЗВ, розташовані в закритих будівлях, використовують близько 0,2 м³ свіжої води на кілограм виробленої риби, а під відкритим небом – до 3 м³. У той же час, традиційна проточна система для вирощування форелі зазвичай використовує близько 30 м³ свіжої води на кілограм [6].

Підвищення попиту на рибу і морепродукти супроводжується стабільним зростанням обсягів виробництва аквакультури. Згідно з оцінками, середньорічні темпи зростання обсягів виробництва аквакультури за період із 1990 по 2005 рр. становив 8,5 %. Внесок аквакультури у забез-

печення населення рибними продуктами значно виріс, досягнувши майже половини (47 %) світового обсягу в 2008 році, у порівнянні із 8 % з 1970 роком. Згідно з прогнозами ця тенденція продовжиться, при цьому, внесок аквакультури у виробництво рибних продуктів досягне до 2020 року 60 % [7].

Собівартість виробництва товарного коропа в таких установках становила близько двох американських доларів, що приблизно в 4–5 разів вище вартості коропа, вирощеного в ставках і майже в 2 рази – в садкових господарствах. Тому установки такого типу найчастіше використовуються для вирощування делікатесної дорогої продукції, такої як осетрові, вугри, річкові раки та креветки. Інший шлях використання УЗВ – вирощування посадкового матеріалу різних видів риб. Подібні господарства можуть бути розміщені поблизу великих міст або в густонаселених зонах, звідки вони легко можуть поставляти свіжу рибу споживачам.

Знизити собівартість виробництва риби в УЗВ можна за рахунок підвищення продуктивності, використовуючи технологію безперервного вирощування у порівнянні з вирощуванням партій риби [8, 9]. У цьому випадку відбувається постійне і безперервне зариблення та збір риби, а сама система постійно працює за максимального навантаження, частота годування риби у кожній ємності підтримується на максимальному рівні. Цей принцип успішно реалізується на прикладі вирощування форелі [10].

Однак, під час роботи в УЗВ утворюється осад, який потребує утилізації. Утилізацію цих осадів доцільно здійснювати методами, які дозволяють отримати додаткове тепло і електроенергію для потреб УЗВ при виробництві аквакультури.

Мета, завдання та методика досліджень

Метою досліджень є розробка блок-схем УЗВ для виробництва продукції аквакультури на основі аналізу існуючих та перспективних УЗВ.

Завдання досліджень:

- провести порівняльну оцінку середніх значень коефіцієнта конверсії корму при виробництві продукції тваринництва;
- провести порівняльну оцінку викидів парникових газів за виробництва продукції тваринництва;
- розробити блок-схеми установок замкнутого водопостачання для виробництва про-

дукції аквакультури із забезпеченням часткової енергетичної автономності за рахунок тепла і електроенергії, отриманих при когенерації біогазу, який утворюється за метанового зброжування органічних складових осаду, що утворюється при функціонуванні установки замкнутого водопостачання.

Методика досліджень базувалася на використанні порівняльного аналізу значень коефіцієнта конверсії корму та викидів парникових газів при виробництві продукції тваринництва, а розробка блок-схем УЗВ для виробництва продукції аквакультури проводилася на основі аналізу існуючих та перспективних УЗВ.

Результати досліджень

На основі узагальнення та аналізу літературних джерел встановлено, що середнє значення величини коефіцієнта конверсії комбікорму при відгодівлі свиней (90 кг приросту маси) становить від 2,8 до 3,2 кг корму на один кг приросту маси. Враховуючи, що одну кормову одиницю можна перевести в 0,9 кг комбікорму, середнє значення величини коефіцієнта конверсії комбікорму при відгодівлі ВРХ становить від 6,3 до 7,2 кг корму на один кг приросту маси. У середньому значення коефіцієнта конверсії корму при вирощуванні бройлерів становить від 1,6 до 2 кг, на один кг приросту маси. Середнє значення величини коефіцієнта конверсії комбікорму при вирощуванні форелі становило 1,6 кг корму на один кг приросту маси. При годівлі сомів комбікормом для форелі середнє значення величини коефіцієнта конверсії комбікорму становило 1,2 кг корму на один кг приросту маси. Гістограму середніх значень коефіцієнта конверсії корму наведено на рис. 1.

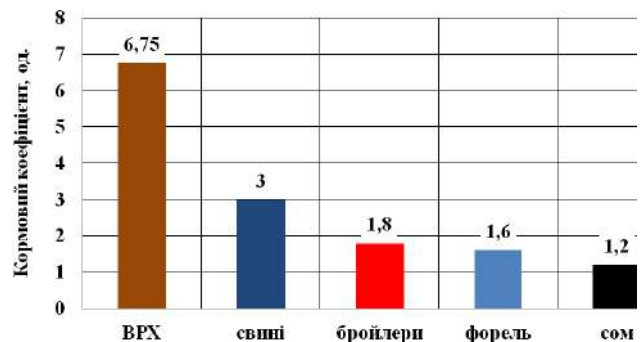


Рис. 1. Гістограма середніх значень коефіцієнта конверсії корму

Із урахуванням коефіцієнтів перерахунку викидів парникових газів в еквівалентні викиди

CO₂ (21 для метану та 310 для оксиду азоту) отримаємо значення еквівалентних викидів CO₂ за рахунок внутрішньої ферментації та під час збору і зберігання гною 1452,2 кг/рік на одну голову при відгодівлі ВРХ, 199,74 кг/рік на одну голову при відгодівлі свиней та 6,62 кг/рік на одну голову при відгодівлі бройлерів. У той же час, виробництво продукції аквакультури характеризується відсутністю викидів парникових газів, що робить таке виробництво надзвичайно перспективним, з точки зору збереження середовища.

Було встановлено, що, в більшості випадків, у ході попередньої обробки потоку циркулюючої води, яка надходить із центрального резервуара з рибою, вода відстоюється для видалення осаду, після чого надходить у біо-фільтр, де амоній, за допомогою бактерій, пере-творюється на нітрат. Із потоку води, в по-альшому, видаляють надлишок вуглекислого газу і насичують воду киснем за допомогою обладнання для оксигена-

ції. Нарешті, потік води дезінфікується за допомогою УФ-стерилізації та озонування. Найбільшою мірою осад у таких установках утворюється за відстоювання води у біофільтрах. Для забезпечення виробництва біогазу при метановому зброджуванні органічних складових осаду, який утворюється при функціонуванні установки замкнутого водопостачання, систему очистки води доцільно дообладнати біогазовою установкою. Таке дообладнання дозволить забезпечити часткову енергетичну автономність УЗВ для виробництва аквакультури за рахунок тепла і електроенергії, отриманих при когенерації біогазу. Зброджений осад, після подальшого компостування, може бути утилізований в якості органічних добрив. На компостування подається також вода та осад після промивки фільтрів. Нами розроблена блок-схема виконання УЗВ для виробництва продукції аквакультури, яка приведена на рис. 2.

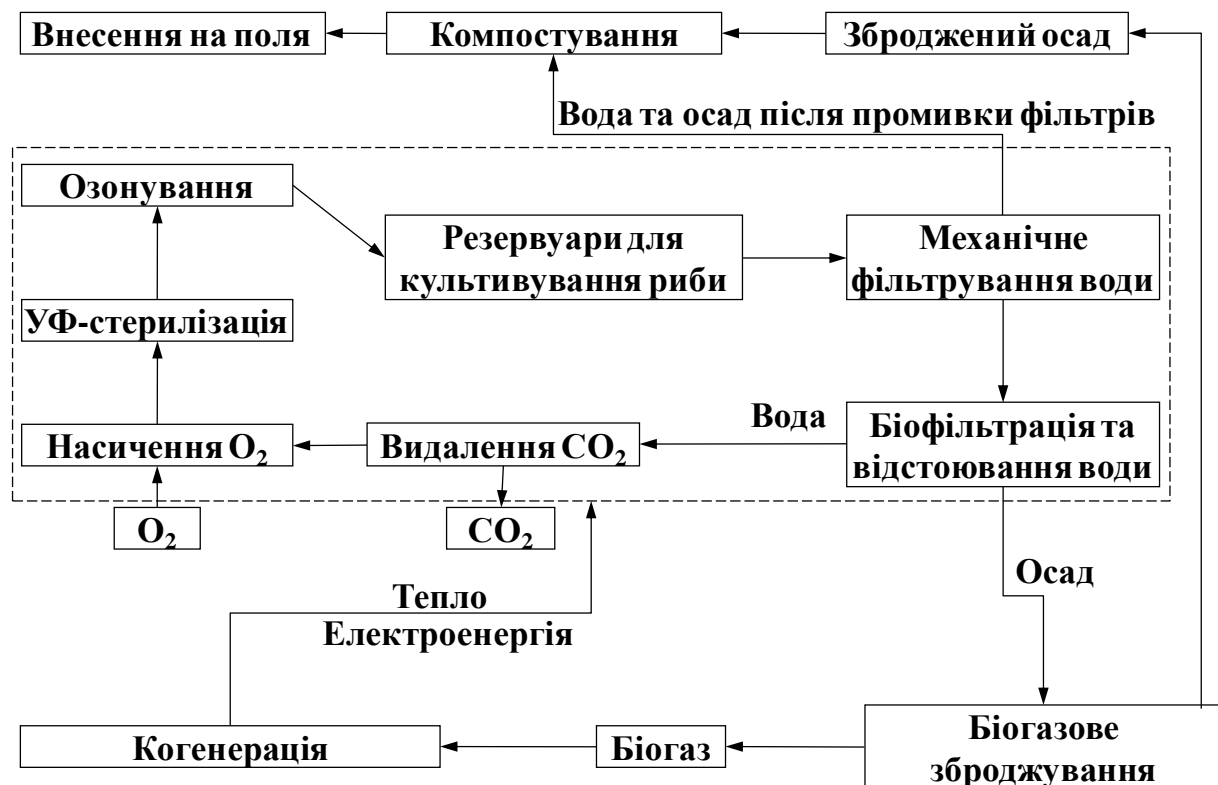


Рис. 2. Блок-схема установки замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури із виробництвом біогазу

Дана система культивування риби в УЗВ дозволяє забезпечити часткову енергетичну автономність за рахунок тепла і електроенергії, отриманих при когенерації біогазу, який

утворюється за метанового зброджування органічних складових осаду (залишки кормів, продукти метаболізму, відходи переробки риби

тощо), що відстоюється при функціонуванні системи.

Розроблена також блок-схема УЗВ (рис. 3), в якій, в ході обробки потоку циркулюючої води, що послідовно проходить резервуари із ракоподібними, рибою та двостулковими моллюсками і надходить у біофільтр, де очищається та відстоюється для видалення осаду. Із потоку води, в подальшому, за допомогою блоку для культивування водоростей, видаляють вуглекислий газ і насичують воду киснем. Надлиш-

кова біомаса водоростей та осад, що утворюється при відстоюванні води у біофільтрах, направляється у біогазову установку для забезпечення виробництва біогазу за метанового зброджування органічних складових осаду. Утворений біогаз направляється у когенераційну установку для виробництва тепла і електроенергії.

Зброджений осад, після подальшого компостування, може бути утилізований в якості органічних добрив. На компостування подається також вода та осад після промивання фільтрів.

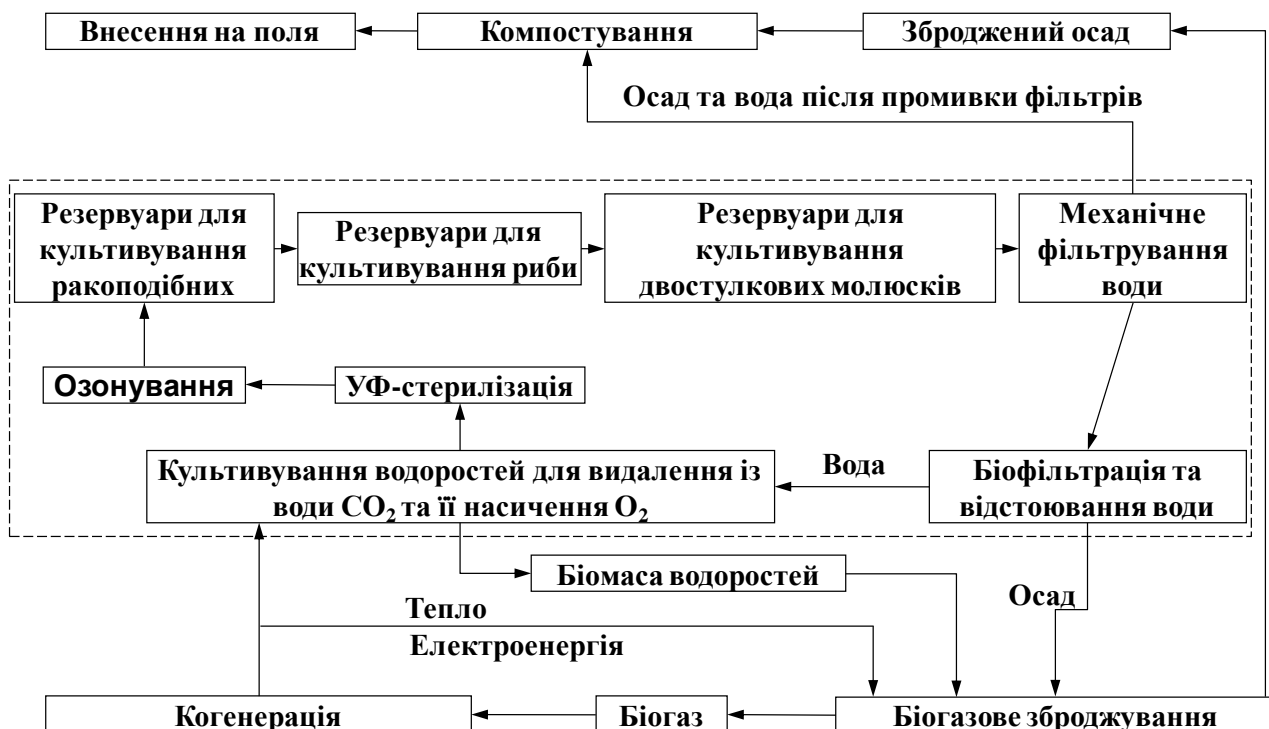


Рис. 3. Удосконалена блок-схема установки замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури (в т. ч. ракоподібних і двостулкових моллюсків) із виробництвом біогазу, в т. ч. із біомаси водоростей

Висновки та перспективи подальших досліджень

Розроблені блок-схеми УЗВ для виробництва продукції аквакультури із забезпеченням часткової енергетичної автономності за рахунок тепла і електроенергії, отриманих при когенерації біогазу, який утворюється за метанового зброджування органічних складових осаду, дозволяють, із використанням надлишкової біомаси водоростей забезпечити можливість підвищення рівня енергетичної автономності УЗВ для виробництва аквакультури. У подальшому, на основі блок-схем установок замкнутого водопостачання для виробництва продукції

аквакультури, необхідно розробити технічну реалізацію цих систем, провести їх дослідження та випробування.

Refereces

1. Topikha, V. S., Lykhach, V. Ia., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V. & Kramarenko S. S. (2016). *Osnovy normovanoi hodivli svynei: vyrobnycho-praktychni rekomendatsii* [Basis of normalized feeding of pigs: production-practical recommendations]. Mykolaiv : MNAU [in Ukrainian].
2. Busenko, O. T., Stoliuk, V. D., Mohylnyi, O. I., Shtompel, M. V., Nozdrin, M.T., Umanets, V. D. & Brovarskyi, V. D. (2005). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva* [Technology

of livestock production]. Kyiv : Vyshcha osvita [in Ukrainian].

3. Iehorov, B. V. & Vorona, N. V. (2013). Suchasni problemy na shliakhu vyrobnytstva vysokoiakisnykh kombikormiv dlia molodniaka silskohospodarskoi ptytsi [Modern problems on the way of production of high quality fodder for young birds of farm birds]. *Zernovi produkty i kombikormy*, 1 (49), 42–44 [in Ukrainian].

4. Goduvannya Foreli 1 [Walking forline 1] (2019). Retrieved from <http://jak.magey.com.ua/articles/goduvannja-foreli-1.html> [in Ukrainian].

5. Iggleston, Kh. S., Buendia, L., Miva, K., Ngara, T. & Tanabe K. (Eds.) (2006). Rukovodyashchiye printsipy natsionalnykh inventarizatsiy parnikovykh gazov [Guidelines for national inventories of greenhouse gases]. Hayama : IGES [in Russian].

6. Brainballe, Ya. (2010). Rukovodstvo po akvakulture v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniya. Vvedeniye v novyye ekologicheskiye i vysokoproduktivnyye zamknutyie rybovodnyye sistemy [Guide to aquaculture in installations of closed water supply. Introduction to new ecological and highly productive closed aquaculture systems]. Kopenhagen : AKVA group Denmark [in Russian].

7. Vashington, S. & Ababush, L. (2013). Chastnyye standarty i sertifikatsii v rybolovstve i akvakulture. Sovremennaya praktika i vznikayushchiye problemy [Private standards and certification in fisheries and aquaculture. Current practice and emerging issues]. Ankara [in Russian].

8. Watten, B. J. (1992). Modeling the effects of sequential rearing on the potential production of controlled environment fish-culture systems. In *Private standards and certification in fisheries and aquaculture* (pp. 33–46). Rome : FAO.

9. Summerfelt, S. T., Hankins, J. A., Summerfelt, S. R. & Heinen, J. M. (1993). Modeling continuous culture with periodic stocking and selective harvesting to measure the effect on productivity and biomass capacity of fish culture systems. In *Techniques for Modern Aquaculture* (Proc.) (pp. 581–593). Spokane, WA : American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph.

10. Heinen, J. M., Hankins, J. A., Weber, A. L. & Watten, B. J. (1996). A semiclosed recirculating-water system for high-density culture of rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.*, 58, 11–22.

DEVELOPMENT OF BLOCK-SCHEME OF INSTALLATION OF CLOSED WATER SUPPLY FOR PRODUCTION OF AQUACULTURE PRODUCTS

G. Golub¹, O. Zavadska¹, V. Kukharets²

e-mail: gagolub@ukr.net

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Heroyiv Oborony Street, 11, Kyiv, 03041, Ukraine

²Zhytomyr National Agroecological University, Stary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10002, Ukraine

The production of aquaculture products in closed water supply plants is becoming more widespread, and the volume of cultivation with such systems of freshwater fish is increasing. The use of closed water supply plants is the most promising global trend. When growing in closed water supply facilities, all parameters of the technological process are supported by automated devices, and the influence of natural factors on the process of the process is minimal. However, such systems require complex technological support, which needs constant improvement.

When working in closed water supply plants, a precipitate is formed that needs to be recycled. It is expedient to utilize these sediments using methods that allow to receive additional heat and electricity for the needs of closed water supply plants in the production of aquaculture.

On the basis of generalization and analysis of literary sources, it was found that the average value of the coefficient of conversion of mixed fodder during fattening of pigs is from 2.8 to 3.2 kg of feed per kg of weight gain. The average value of the coefficient of conversion of mixed fodder during fattening cattle is from 6.3 to 7.2 kg of feed per kg of weight gain. When growing broilers, the feed conversion rate is from 1.6 to 2 kg per kg of weight gain. The average value of the coefficient of conversion of mixed fodder during the cultivation of trout was 1.6 kg of feed per kg of weight gain, and at feeding sows – 1.2 kg of feed per kg of weight gain.

The results of the development of block diagrams for the installation of closed water supply for the production of aquaculture with the provision of partial energy autonomy due to heat and electricity generated during the cogeneration of biogas generated during methane digestion of organic constituents of the sediment formed during the operation of the closed water supply system are presented.

Key words: *feed conversion rate, greenhouse gases, biogas, crustaceans, bivalve molluscs, biomass of algae.*

РАЗРАБОТКА БЛОК-СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ АКВАКУЛЬТУРЫ

Г. А. Голуб¹, О. А. Завадская¹, В. В. Кухарець²
e-mail: gagolub@ukr.net

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ул. Героев Оборонь, 12В, г. Киев, 03041,
Украина

²Житомирский национальный агроэкологический университет
Старый бульвар, 7, г. Житомир, Украина, 10008

Производство продукции аквакультуры в установках замкнутого водоснабжения приобретает все большее распространение, а объемы выращивания, с помощью таких систем, пресноводных рыб растут. Использование установок замкнутого водоснабжения – наиболее перспективная мировая тенденция. При выращивании в установках замкнутого водоснабжения все параметры технологического процесса поддерживаются с помощью автоматизированных устройств, а влияние природных факторов на ход технологического процесса минимален. Однако такие системы требуют сложного технологического обеспечения, которое требует постоянного совершенствования.

Во время работы в установках замкнутого водоснабжения образуется осадок, который требует утилизации. Утилизацию этих осадков

целесообразно осуществлять методами, которые позволяют получить дополнительное тепло и электроэнергию для нужд установок замкнутого водоснабжения при производстве аквакультуры.

На основе обобщения и анализа литературных источников установлено, что среднее значение величины коэффициента конверсии комбикорма при откорме свиней составляет от 2,8 до 3,2 кг корма на один кг прироста массы. Среднее значение величины коэффициента конверсии комбикорма при откорме КРС составляет от 6,3 до 7,2 кг корма на один кг прироста массы. При выращивании бройлеров коэффициент конверсии корма составляет от 1,6 до 2 кг, на один кг прироста массы. Среднее значение величины коэффициента конверсии комбикорма при выращивании форели составил 1,6 кг корма на один кг прироста массы, а при кормлении сомов – 1,2 кг комбикорма на один кг прироста массы.

Приведены результаты разработки блок-схем установки замкнутого водоснабжения для производства продукции аквакультуры с обеспечением частичной энергетической автономности за счет тепла и электроэнергии, полученных при когенерации биогаза, образующегося при метановом сбраживании органических составляющих осадка, образующегося при функционировании установки замкнутого водоснабжения.

Ключевые слова: *коэффициент конверсии корма, парниковые газы, биогаз, ракообразные, двусторчатые моллюски, биомасса водорослей.*

ВИМОГИ

до матеріалів, що подаються до наукового журналу НАУКОВІ ГОРИЗОНТИ • SCIENTIFIC HORIZONS

«Наукові горизонти» є науковим фаховим виданням, що видається 12 разів на рік, в якому друкуються статті зі сільськогосподарських, ветеринарних, технічних і економічних галузей науки.

Редакційна колегія збірника приймає до друку наукові статті українською, англійською та російською мовами, що відповідають вимогам п. 3 Постанови Президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7-05/1 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України» та Наказу МОНу України № 32 від 15.01.2018 р. «Про затвердження Порядку формування Переліку наукових фахових видань України».

Структура статті:

1. Індекс УДК (виключка по лівому краю).
2. Назва статті повинна відповідати її змісту (не більше 12 слів), (виключка по центру, прописними літерами, напівжирним шрифтом).
3. Ініціали та прізвища авторів (виключка по центру).
4. Електронна адреса авторів (виключка по центру).
5. Повна офіційна назва та юридична адреса установи авторів (виключка по центру).
6. Анотація мовою статті (не менше 1800 знаків, включаючи ключові слова).
7. Ключові слова: 4–10 слів (словосполучень), (курсив, виключка по ширині).
8. Текст статті (вирівнювання по ширині).

Виклад основного матеріалу здійснюється у такому порядку:

- постановка проблеми;
- аналіз останніх досліджень і публікацій;
- мета, завдання та методика досліджень;
- результати досліджень;
- висновки та перспективи подальших досліджень.

9. Література (виключка по ширині).

Список використаної літератури оформляється відповідно до існуючих стандартів бібліографічного опису (ДСТУ 8302:2015). Посилання на джерела слід позначати в тексті у квадратних дужках за порядковим номером. У списку літератури мають переважати посилання на джерела останніх років. Слід уникати

посилань на власні наукові праці (не більше одного автопосилання). Не бажано використовувати інтернет-публікації, окрім наукових (джерела мають бути доступними), тези доповідей, звіти, автореферати та дисертації.

10. References (виключка по ширині).

Окремий транслітерований список використаної літератури подавати латиницею (бажано в стилі APA – American Psychological Association, (<http://www.apastyle.org/>) згідно з вимогами світових реферативних баз даних, з індексами DOI, наведеними на сайті <https://www.crossref.org>.

Транслітерувати український (російський) алфавіт латиницею потрібно відповідно до постанови КМУ від 27.01.2010 № 55. Іншомовні літературні джерела наводять мовою оригіналу. Для автоматичної транслітерації можна також скористатися сайтом <http://translate.meta.ua/ua/translit/>. Приклади оформлення літературних джерел додаються.

11. Анотація англійською та російською мовами (не менше 1800 знаків, включаючи ключові слова), із зазначенням ініціалів та прізвищ авторів, назви статті, повної офіційної назви та юридичної адреси установи. Якщо стаття англійською мовою, то резюме подаються, відповідно, українською та російською мовами.

Англійський варіант статті приймається лише за умови її фахового перекладу. У разі надсилання англійського варіанту, перекладеного за допомогою інтернет-перекладачів (наприклад, Google), матеріали будуть відхилені.

Рукопис наукової фахової статті слід подавати разом з його електронною версією у форматі *doc.*, виконаною у редакторі *Microsoft Word* (будь-яка версія). Обсяг статті до 12 сторінок тексту формату А4 (210x297 мм), включаючи таблиці, ілюстративний матеріал і бібліографічний список.

Параметри сторінки: орієнтація книжкова; поля – 20 мм з усіх боків. Параметри абзацу: відступ першого рядка (абзац) – 1,0 см, шрифт – гарнітура *Times New Roman*, розмір шрифту – 14 pt, інтервал – 1,0, вирівнювання – по ширині сторінки.

Таблиці, рисунки, графіки, формули подаються після посилання на них у тексті і мають бути пронумеровані арабськими літерами (орієнтація книжкова). Всі аббревіатури слід розшифровувати. У таблицях слова повинні бути написані повністю та вірно розставлені переноси.

Формули мають бути написані у редакторі *Equation Editor*, змінні математичні величини у тексті відповідно до формул набираються курсивом.

Рисунки та фото мають бути розташовані по центру, без обтікання текстом, спосіб заливки «Узор» у чорно-білих тонах.

Всі розмірності фізичних величин повинні подаватися відповідно до Міжнародної системи одиниць (СИ). Між одиницями виміру та символами і цифрами, до яких вони належать, ставиться пробіл.

Статті направляються до редколегії тільки в електронному вигляді. Відповідальність за достовірність змісту і наявність плагіату поданих матеріалів несуть автори. Для зручності авторів рекомендуємо у якості зразка використовувати статті, опубліковані в останньому номері збірника.

До статті додаються відомості про авторів, оформлені окремим файлом, де вказуються: прізвище, ім'я, по батькові автора; науковий ступінь, вчене звання; місце роботи, посада; адреса для листування; телефон, адреса електронної пошти (обов'язково). Назва файлів повинна відповідати прізвищу автора. Наприклад: Іванчук_Стаття, Іванчук_Відомості.

Наукові статті, що надійшли до редколегії, обов'язково проходять незалежне рецензування

провідними спеціалістами у відповідній галузі науки. У разі повернення статті на доопрацювання, автор має врахувати всі зауваження редколегії. Статті, повернуті після доопрацювання пізніше, ніж через місяць, розглядаються як нові надходження. Редколегія зберігає за собою право виправляти та редагувати текст. Рукописи, відхилені редакційною колегією, авторам не повертаються. Стаття, не рекомендована рецензентом до публікації, до повторного розгляду не приймається.

Остаточне рішення про опублікування статті приймає редколегія збірника.

Адреса редколегії:

Т. М. Тимошук

тел.: (096) 493–30–24,

e-mail: visnyk_znau@ukr.net

(сільськогосподарські та ветеринарні науки);

Н. О. Куровська

тел.: (096) 680–02–95,

e-mail: kurovska@gmail.com

(економічні та технічні науки)

Житомирський національний

агроєкологічний університет,

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

ЗМІСТ

Б. А. Шелудченко, Ю. І. Тростенюк, С. М. Кухарець, П. М. Забродський, В. І. Котков, О. Б. Плужніков СИНХРОНІЗАЦІЯ ДИНАМІКИ КОЛЕКТИВНОГО РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У ВУЗЛАХ АВТОТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ	3
І. Г. Грабар, Т. Ю. Дубишевська ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ВІДНОСНОЇ ВАРТОСТІ МЕТАЛІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЗАДАНОГО РЕСУРСУ.....	8
Д. А. Дерев'янку, О. М. Сукманюк, С. Б. Чичилюк, О. Д. Дерев'янку РУХ, ДЕФОРМАЦІЯ ТА МІКРОТРАВМУВАННЯ ЗЕРНІВОК ЗГІДНО РІВНЯННЯ ЕЛІПСОЇДА ОБЕРТАННЯ	16
Е. Б. Алієв ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОТО- ЕЛЕКТРОННОГО СЕПАРАТОРА НАСІННЯ СОНЯШНИКА	23
Б. В. Ємець ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОЗГАНЯННЯ АВТОМОБІЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПО- ДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІД ЧАС РОБОТИ НА ГЕНЕРАТОРНОМУ ГАЗУ	31
Г. А. Голуб, А. В. Дворник ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СЕКЦІЇ АГРЕГАТУ ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ НА ПОПЕРЕЧНУ НЕРІВНІСТЬ ҐРУНТУ.....	40
О. В. Медведський, О. М. Ачкевич, В. І. Ачкевич ДИНАМІКА ВАКУУМЕТРИЧНОГО ТИСКУ МОЛОЧНОЇ КАМЕРИ КОЛЕКТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	51
Я. В. Євчук, В. В. Любич УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО, ЗБАГАЧЕНОГО НЕТРАДИЦІЙНИМИ РОСЛИННИМИ ІНГРЕДІЄНТАМИ	58
А. Ю. Ліннік, В. І. Диня, І. І. Семенів ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА КІНЕМАТИЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ГИЧКО- ОЧИСНОГО ПРИСТРОЮ	68
Ю. С. Цаль-Цалко, Ю. Ю. Мороз, Н. О. Рябцева БЮДЖЕТНІ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ: ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ, ЇХ ОБЛІКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І АНАЛІЗ	75
О. М. Овдіюк ВПЛИВ ШКОЛИ НАУКОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ НА ФОРМУВАННЯ ТЕОРІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ.....	82
А. П. Войцицький, Ю. П. Гончаренко ДВОКАНАЛЬНИЙ П'ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧ ВИМІРЮВАННЯ ВІБРОЗМІЩЕННЯ ВНАСЛІДОК ВІБРАЦІЇ ВУЗЛІВ ТА АГРЕГАТІВ СІЛЬГОСПМАШИН	88
Д. П. Савчук, О. І. Харламов, І. В. Котикович ДОСВІД ЗАХИСТУ СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ У ЗОНІ ЗРОШЕННЯ	95

Г. А. Голуб, О. А. Завадська, В. В. Кухарець РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАМКНУТОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ	105
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Вимоги	112
---------------------	-----

CONTENT

B. Sheludchenko, Yu. Trostenyuk, S. Kuharets, P. Zabrodskiy, V. Kotkov, O. Pluzhnikov SYNCHRONIZATION OF THE DYNAMICS OF THE COLLECTIVE MOVEMENT OF TRAFFIC FLOWS.....	3
I. Grabar, T. Dubishevskaya EXPRESS EVALUATION OF THE RELATIVE COST OF METAL STRUCTURAL MATERIALS FOR THE SPECIFIED OPERATING CONDITIONS AND THE SPECIFIED RESOURCE.....	8
D. Derevjnko, E. Sukmaniuk, S. Chychylyuk, O. Derevjnko PROGRESSION, DEFORMATION AND GRAINS MICRO INJURY ACCORDING TO ELIPSOID EQUIPMENT EQUALIZATION	16
E. Aliiev JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE-MODE PARAMETERS OF A PHOTO-ELECTRON SEPARATOR OF SUNFLOWER SEEDS	23
B. Yemets THE IMPROVEMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY DISPERSAL RATES WORKING ON GENERATOR GAS	31
G. Golub, A. Dvornyk INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE UNIT SECTION AGGREGATE FOR STRIP-TILL ON THE MULTIPLICABLE OF SOIL.....	40
O. Medvedskiy, O. Achkevych, V. Achkevych DYNAMICS OF THE VACUUMMETRIC PRESSURE OF THE DAIRY CHAMBER OF THE COLLECTOR OF MILKING MACHINE	51
Ya. Yevchuk, V. Lyubich IMPROVEMENT OF WHEAT BREAD TECHNOLOGY ENRICHED WITH NONCONVENTIONAL PLANT INGREDIENTS	58
A. Linnik, V. Dynja, I. Semeniv CONSTRUCTIONS AND CINEMATIC MODE OF OPERATION CLEANER OF ROOT CROPS	68
Yu. Tsal-Tsalko, Yu. Moroz, N. Ryabtseva BUDGETARY PROGRAMS OF TOURISM DEVELOPMENT: FORMATION OF PERFORMANCE INDICATORS, ACCOUNTING SUPPORT AND ANALYSIS	75
O. Ovdiuk THE IMPACT OF SCIENTIFIC MANAGEMENT ORGANIZATION SCHOOL ON THE FORMATION OF THE THEORY OF MANAGEMENT DECISIONS	82

A. Voitsitsky, Y. Goncharenko

TWO CHANNEL PIEZE CONVERTERS MEASUREMENT OF VIBRATION
ACCELERATION CAUSED BY VIBRATION OF AGRICULTURAL KNOTS AND UNITS ... 88

Savchuk D., Kharlamov O., Kotykovych I.

EXPERIENCE IN THE PROTECTION OF RURAL SETTLEMENTS FROM FLOODING IN
THE IRRIGATED ZONE 95

G. Golub, O. Zavadska, V. Kukharets

DEVELOPMENT OF BLOCK-SCHEME OF INSTALLATION OF CLOSED WATER SUPPLY
FOR PRODUCTION OF AQUACULTURE PRODUCTS 105

Requirements 112