– С. 39-44. (Режим доступу: http://www.kntu.kr.ua/doc/zb_42_1/)
2. Сало В.М. Технічне забезпечення процесів подрібнення рослинних решток / [Електронний ресурс] В.М. Сало, Д.В. Богатирьов // Журнал «Пропозиція» – 2015. – №9 С.42-47. (Режим доступу: http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=5026&number=171)
3. Богатирьов Д.В. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху котка-подрібнювача на якість подрібнення рослинних решток кукурудзи / Д.В. Богатирьов, В.М. Сало, С.М. Лещенко, Ю.В. Мачок // [Електронний ресурс] Сільськогосподарські машини. – Луцьк, 2015. – вип.31.– С. 10-17. (Режим доступу: http://agrmash.info/zb/31/4.pdf ).
4. Influence of equal-area projection of the cylinder drum's cross-section height on the description accuracy of its overcoming the air resistance force/ Bohatyrov D.V., Salo V.M., Kyslun O.A., Skrynnik I.O., Kisilov R.V. // INMATEH - Agricultural Engineering Vol. 52, No. 2 / 2017. (Scopus) Режим доступу: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195529074
5. Ashford D.L. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crop / [Текст] D.L. Ashford, D.W. Reeves. // American Journal of Alternative Agriculture – 2003. – 18(1) – P.37-45.
6. Korniecki T.S. Perfomance of Different Roller Designs in terminating rye cover crop and reducing vibration / [Текст] T.S. Korniecki, A.J. Price // Aplied Eng. Agric – Alabama, USA – 22(5) – P.633-641.
7. Тагаев Х. Формула Тагаева по определению гидродинамического сопротивления воды / Х. Тагаев [Текст] // Technical science – Dubai, UAE –2015 – С.32-37.

УДК 613.312; 631.316.22

# *ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ПРОЕКЦІЇ ВИСОТИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КУТОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ТА КІЛЬКОСТІ НОЖІВ КОТКА-ПОДРІБНЮВАЧА РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ*

***К. Богатирьова***, група АІ-20,
***Т. Червоний***, аспірант
***Д. Богатирьов***, канд. техн. наук, доцент
***В. Онопа***, канд. техн. наук, доцент
*Центральноукраїнський національний технічний університет*

Останніми роками в Україні широкого застосування набули нетрадиційні, а в ряді випадків і невідомі до цього часу для працівників села технології виробництва продукції рослинництва [1]. Розпочалися зміни з використання імпортних комбайнів, які залишали на полях практично всю незернову частину врожаю. Такі прийоми дозволили підвищити продуктивність процесів збирання, скоротити загальні терміни жнив, але виникла проблема подальшої переробки рослинних решток. Для наших виробників найбільш простим шляхом її вирішення виявилося масове використання дискових ґрунтообробних знарядь. Як результат – руйнування структури поверхневих родючих шарів ґрунту, зминання цінних у агротехнічному відношенні агрегатів, переведення їх в пиловидний безструктурний стан, переущільнення нижніх шарів ґрунту, порушення процесів аерації і інфільтрації, зниження запасів продуктивної вологи в нижніх горизонтах [2]. За кордоном в таких випадках використовують спеціальні машини – подрібнювачі рослинних решток (ПРР) [1, 3]. В Україні подібні машини є маловідомими, дорогими та сприймаються виробниками сільськогосподарської продукції як процес в технології, що потребує додаткових затрат і може бути не обов'язковим [4, 5]. Крім цього, за характерними для кожного типу даних машин конструктивними особливостями, при використанні в традиційних для України технологіях виробництва, вони не завжди і не після кожної культури забезпечують необхідну якість подрібнення рослинних решток [1-3, 6].

На даний час не існує рівняння для визначення тягового опору безприводних ПРР з горизонтальною віссю обертання.

**Аналіз останніх досліджень.** Для точного визначення тягового опору котка-подрібнювача необхідно враховувати зусилля на подолання сили опору повітря. У відом.их

роботах [6-7] цьому питанню не приділено уваги. Вперше запропоновано враховувати опір повітря Х. Тагаєвим [8-9] для знаряддя, що знешкоджує бур'яни у рисових чеках.

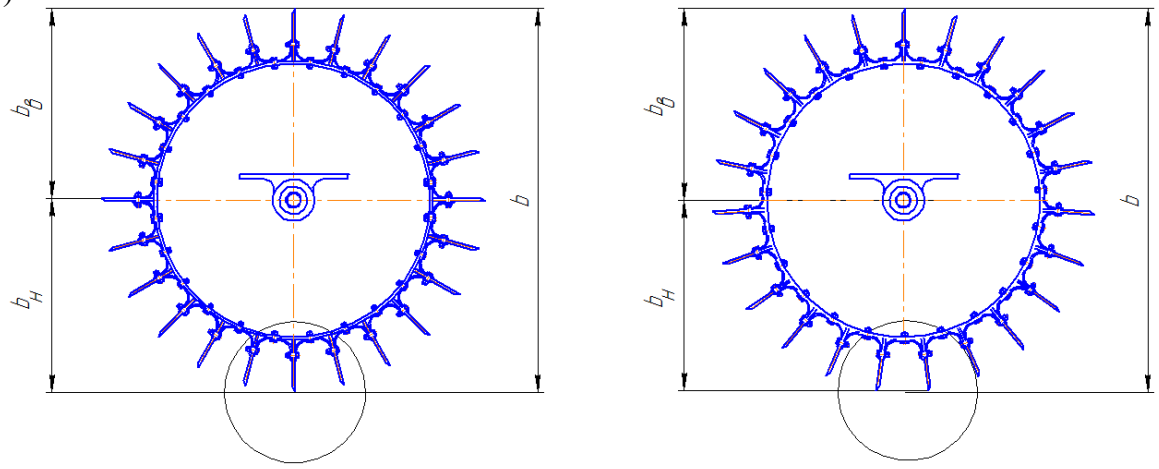
**Мета дослідження** полягає у теоретичному визначенні впливу проекції висоти перетину барабана на точність опису подолання ним сили опору повітря.

**Викладення основних результатів дослідження.** Експериментально визначений діапазон швидкостей від 15 до 24 км/год враховує особливості роботи котка-подрібнювача у польових умовах, а саме рух агрегата (рис. 1) на схилах-підйомах, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині [4]. При таких значеннях швидкості руху доцільно враховувати силу опору повітря.



Рис. 1. Коток-подрібнювач КП-4,5

Розглянемо висоту $b_в$ перетину півбарабана з ножем при значеннях кута $-\frac{\beta}{2} \le \varphi \le \frac{\beta}{2}$ (рис. 2).




а б

Рис. 2. Випадки розташування ножів:
а – парна кількість ножів (z=24 шт.); б – непарна кількість ножів (z=23 шт.);

β - кут між ножами, $\beta = \frac{2 \cdot \pi}{z}$;

$b$ - проекція висоти перетину півбарабана з ножем на вісь 0Y.

Визначаємо проекцію висоти $b_в$ в залежності від кута $\varphi$

якщо $b_в \ge R$,

$$b_в = (h + R) \cdot \cos\varphi \,, \qquad (1)$$

де $R$ – радіус барабану, м;

$h$ – висота ножа, м.

Під час роботи котка-подрібнювача при деякій кількості ножів $z$ може виникнути випадок, коли поверхню барабану видно за ножів $b_в < R$ (рис. 2, б), то приймається $b_в = R$.

Розглянемо випадки при парному значені кількості ножів $z$. При парній кількості ножів значення проекції висоти $b_в$ на вісь 0Y набуває значення $b_н = b_в$.

Розглянемо випадок з непарною кількістю ножів на барабані котка.

При не парній кількості ножів: $b_н = (h+R)\cdot\cos\left(\frac{\beta}{2}-\varphi\right)$, при $0 \le \varphi \le \frac{\beta}{2}$;

$b_н = (h+R)\cdot\cos\left(\frac{\beta}{2}+\varphi\right)$, при $-\frac{\beta}{2} \le \varphi \le 0$.

Отже маємо загальний вираз для визначення проекції висоти перетину півбарабана з ножем при $-\frac{\beta}{2} \le \varphi \le \frac{\beta}{2}$:

$$b_н = (h+R)\cdot\cos\left(\frac{\beta}{2}-|\varphi|\right). \qquad (2)$$

Аналогічно, під час роботи котка-подрібнювача при деякій кількості ножів $z$ може виникнути випадок, коли поверхню барабану видно за ножів $b_н < R$, то приймається $b_н = R$.

Конструктивно на барабан котка-подрібнювача ножі встановлюються таким чином, щоб випадок коли $b_в < R$ та $b_н < R$ був не можливим.

В загальному випадку для парної та не парної кількості ножів z проекція висоти перетину барабану з ножами буде визначатись:

$$b(\varphi) = (h+R)\cdot\left(\frac{3-(-1)^{z+1}}{2}\cdot\cos(\varphi)+\frac{1-(-1)^{z}}{2}\cdot\cos\left(\frac{\pi}{z}-|\varphi|\right)\right), \quad (3)$$

де значення кута в межах $-\frac{\pi}{z} \le \varphi \le \frac{\pi}{z}$.

Для подальших розрахунків використовувати формулу (3) не доцільно. Із-за неможливості встановлення початкового кутового положення барабана з ножами, а необхідні довизначення з урахуванням похибок розрахунку дають можливість ввести еквівалентну проекцію висоти його перетину.

Визначаємо еквівалентну висоту $b_{ек}$ для

$$b_{ек} = \frac{z}{2\cdot\pi}\cdot\int_{-\frac{\pi}{z}}^{\frac{\pi}{z}} b(\varphi)\,d\varphi \qquad (4)$$

Для парної кількості ножів

$$b_{ек} = \frac{z}{2\cdot\pi}\cdot\int_{-\frac{\pi}{z}}^{\frac{\pi}{z}} b(\varphi)\,d\varphi = \frac{2\cdot z\cdot(R+h)}{\pi}\cdot\sin\left(\frac{\pi}{z}\right). \qquad (5)$$

Знайдемо відносну похибку $\delta$, яка формується в результаті врахування еквівалентної проекції висоти перетину барабана з ножами за один повний оберт.

Функція $\cos\left(\varphi-\frac{\pi}{2\cdot z}\right)$ при $-\frac{\pi}{z}\le\varphi\le 0$ зростає до найбільшого значення на границі при $\varphi=0$.

Розглянемо при оберті барабану на один ніж $-\frac{\pi}{z}\le\varphi\le\frac{\pi}{z}$ для парної кількості ножів

$$\frac{b(\varphi)}{b_{ек}}=\frac{2\cdot(R+h)\cdot(\cos\varphi)}{\frac{2}{\pi}\cdot(R+h)\cdot z\cdot\sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}=\frac{\pi\cdot\cos(\varphi)}{z\cdot\sin\left(\frac{\pi}{z}\right)},$$

де $-\frac{\pi}{z}\le\varphi\le\frac{\pi}{z}$.

Найбільше значення похибки $\delta$ при обертанні барабану при значеннях кута $\varphi=-\frac{\pi}{z}$ та $\varphi=\frac{\pi}{z}$, становить

$$\delta=\left|1-\frac{\pi\cdot\cos\frac{\pi}{z}}{z\cdot\sin\frac{\pi}{z}}\right|\cdot 100\%=\left|1-\frac{\pi}{z}\cdot ctg\frac{\pi}{z}\right|\cdot 100\%. \qquad (6)$$

Визначимо похибку $\delta_T$, що вноситься невизначеністю початкового кутового положення барабану з ножами при використанні точного визначення проекції висоти перетину $b$.

Для парної кількості ножів

$$\delta_T=\left|1-\frac{2\cdot(h+R)\cdot\cos 0^o}{2\cdot(h+R)\cdot\cos\frac{\pi}{z}}\right|\cdot 100\%=\left|1-\frac{1}{\cos\frac{\pi}{z}}\right|\cdot 100\%. \qquad (7)$$

Графічні інтерпретації (рис. 3) результатів досліджень впливу врахування еквівалентної проекції висоти $b_{ек}$ на точність опису сили опору повітря барабана з ножами показали, що відносна похибка зменшується у 1,5 рази, що пояснюється виключенням впливу невизначеності початкового кутового положення барабану і становить для парної кількості ножів (z=24 шт.) $\delta=2,2\%$, $\delta_T=3,5\%$.

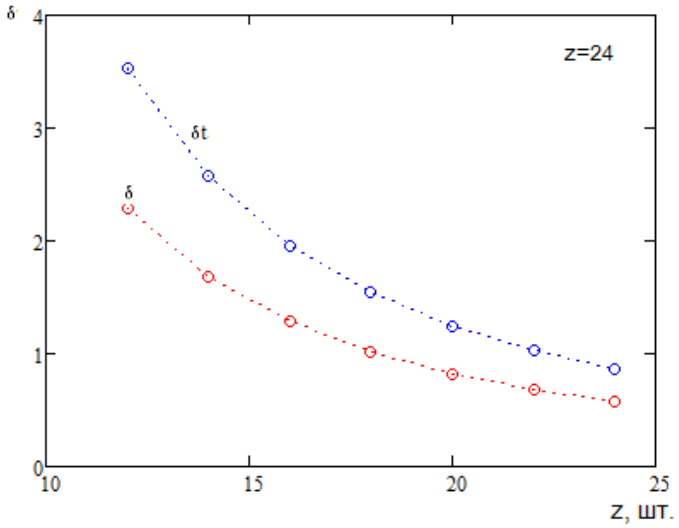



Рис. 3. Залежність відносних похибок $\delta$ та $\delta_T$ від кількості ножів z:

$\delta$ – похибка, яка формується в результаті введення $b_{ек}$ еквівалентної проекції висоти барабана з ножами;

$\delta_T$ – похибка, яка формується в результаті невизначеності початкового кутового положення проекції висоти барабана з ножами.

Враховуючи формули (5, 6) зусилля на подолання опору повітря можна визначити як

$$P_c = k \cdot k_0 \cdot L_н \cdot b_{ек} \cdot \left(\vartheta_0 - \vartheta_{агр}\right)^2, \qquad (8)$$

де $k$ – кількість барабанів з ножами на котку-подрібнювачі, шт.;

$k_0$ – коефіцієнт, що враховує тип середовища;

$L_н$ – довжина леза ножа, м;

$\vartheta_0$ – швидкість вітру, м/с;

$\vartheta_{агр}$ – швидкість агрегату, м/с.

Висновки. Можливість теоретичного визначення еквівалентної проекції висоти в залежності від кутового положення та кількості ножів дозволить встановити значення зусилля на подолання сили опору повітря котком подрібнювачем. Наведені дослідження потребують подальшого теоретичного обґрунтування раціональних конструктивних та технологічних параметрів котка-подрібнювача.

**Список літератури**

1. Богатирьов Д.В. Обґрунтування перспективних напрямів конструкцій подрібнювачів рослинних решток. / Д.В. Богатирьов, В.М. Сало, В.І. Носуленко, Д.В. Мартиненко // [Електронний ресурс] Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 42. – С. 39-44. (Режим доступу: http://www.kntu.kr.ua/doc/zb_42_1/)

2. Сало В.М. Технічне забезпечення процесів подрібнення рослинних решток / [Електронний ресурс] В.М. Сало, Д.В. Богатирьов // Журнал «Пропозиція» – 2015. – №9 С.42-47. (Режим доступу: http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=5026&number=171)

3. Богатирьов Д.В. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху котка-подрібнювача на якість подрібнення рослинних решток кукурудзи / Д.В. Богатирьов, В.М. Сало, С.М. Лещенко, Ю.В. Мачок // [Електронний ресурс] Сільськогосподарські машини. – Луцьк, 2015. – вип.31.– С. 10-17. (Режим доступу: http://agrmash.info/zb/31/4.pdf ).

4. Influence of equal-area projection of the cylinder drum's cross-section height on the description accuracy of its overcoming the air resistance force/ Bohatyrov D.V., Salo V.M., Kyslun O.A., Skrynnik I.O., Kisilov R.V. // INMATEH - Agricultural Engineering Vol. 52, No. 2 / 2017. (Scopus) Режим доступу: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195529074

5. Ashford D.L. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crop / [Текст] D.L. Ashford, D.W. Reeves. // American Journal of Alternative Agriculture – 2003. – 18(1) – P.37-45.
6. Korniecki T.S. Perfomance of Different Roller Designs in terminating rye cover crop and reducing vibration / [Текст] T.S. Korniecki, A.J. Price // Aplied Eng. Agric – Alabama, USA – 22(5) – P.633-641.
7. Тагаев Х. Формула Тагаева по определению гидродинамического сопротивления воды / Х. Тагаев [Текст] // Technical science – Dubai, UAE –2015 – С.32-37.

УДК 338:330

# *СУЧАСНІ ТРЕНДИ РОЗВИТКУ ПРОДУКТОВОГО ІТ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ*

***І. Русол,*** група ІТ-23М
***О. В'юник,*** канд. екон. наук, доцент
*Центральноукраїнський національний технічний університет*

ІТ-галузь на сьогодні належить до тих видів економічної діяльності, що найбільш швидко та динамічно розвиваються як в світі, так і в Україні. Водночас, наслідки повномасштабного воєнного вторгнення негативно позначилися й на динаміці розвитку вітчизняного ІТ-сектору. Так, щоквартальна динаміка обсягів експорту ІТ-послуг України мала тенденцію до зростання, досягнувши свого максимального значення у 4-му кварталі 2021 року (2,1 млрд дол. США). Для порівняння, у 1-му кварталі 2018 року цей показник дорівнював 0,7 млрд дол. США. Разом з тим, починаючи з 2022 року зафіксовано зниження обсягів експорту ІТ-послуг, а за даними 2-го кварталу 2023 року він складав 1,7 млрд дол. США. Частка ІТ у структурі експорту України є доволі вагомою та коливалася наступним чином: складала 5,0% у 1-му кварталі 2018 року, досягала максимального значення 15,0% у 2-му кварталі 2022 року, а в 2-му кварталі 2023 року дорівнювала 13,4% [2].

Становлення вітчизняної ІТ-сфери започатковано фактично із набуттям незалежності України (прикладами найперших вітчизняних ІТ-компаній є «ELEKS» та «Infopulse»), після чого мало місце суттєве її зростання й масштабування. Важливий поштовх до подальшого розвитку ІТ-сфери надало відкриття у нашій державі представництв світових компаній-лідерів у цій сфері: Microsoft (2003 р.), IBM (2004 р.), Ubisoft (2008 р.) та ін. Наступні періоди ознаменувалися появою та стрімких нарощуванням конкурентних позицій низки вітчизняних продуктових ІТ-компаній (Grammarly, MacPaw, Preply, Petcube, Ajax тощо) [1].

На сьогодні активну позицію на вітчизняному ринку ІТ займають такі компанії, як Genesis (що здійснила, у т.ч., розробку й впровадження, а також продовжує масштабувати віртуальні освітні курси у співпраці із Міністерством цифрової трансформації України, Міністерством освіти і науки України, численними закладами вищої освіти) [6], SoftServe (яка здійснює консалтинг і надає послуги у сфері цифрових технологій) [7] та ін.

Загалом, розрізняють продуктові, сервісні та аутстафінгові ІТ-компанії. Продуктові компанії займаються розробкою власних ІТ-продуктів на всіх етапах їх життєвого циклу. Прикладами таких продуктів виступають різноманітні програми, застосунки, у тому числі мобільні, антивіруси та ін. Сервісні компанії отримують замовлення на виконання певних розробок від бізнес-структур, а найбільш поширеною сферою їх діяльності є розробка кодів. Робота ІТ-компаній за моделлю аутстафінгу передбачає надання ними «в оренду» власних фахівців, які на певний період часу виконують професійні задачі під керівництвом організації-клієнта [3].

На думку фахівців з питань розвитку ІТ-галузі, саме продуктові ІТ-компанії мають низку переваг порівняно з сервісними та аутстафінговими, головна з яких зумовлена тим, що такі компанії переважно беруть на себе основні ризики, зумовлені невизначеністю й загрозами