

**SYNTHESIS OF SCREW WORKING BODIES WITH ELASTIC SURFACES  
AND RESULTS OF WORKING BODY RESEARCH****I. Hevko\*, T. Dovbush, O. Tson, A. Dovbush, A. Stanko***Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine*

AGRICULTURAL MACHINES

**AM**  
**СМ**  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ**ABSTRACT**

*Screw conveyors are widely used in various sectors of the economy, including the pharmaceutical industry, food and processing industries, as well as agriculture. Screw conveyors have specific requirements that depend on the material being transported. One of the requirements is to be able to safely move materials that are easily damaged, in particular grain masses. The article presents a theoretical justification for improving the efficiency of transportation of bulk materials by screw conveyors. The article also analyzes the latest research on this issue. As a result of the review of sources of information the problems which need to be solved are defined. The aim of the research is to experimentally determine the productivity of bulk material transportation and to establish the degree of injury of grain material by developed screw working bodies with elastic surfaces. To find new variants of screw working bodies with elastic surfaces that would ensure minimal damage to grain materials, the method of synthesis of hierarchical groups using morphological analysis was used. The experiments were performed for different types of working bodies with elastic surfaces: with a continuous chamber-like element; with peripheral elastic brush part; with a brush-like element. The article offers recommendations for choosing the speed of the auger to minimize damage to bulk materials. The rational angle of inclination of the screw working body at which productivity of the screw conveyor will be the maximum is also established. It is established that the productivity increases with the increase of the inner diameter of the auger casing and the frequency of rotation of the screw working bodies in the case of horizontal arrangement. As the angle of inclination of the screw working bodies increases, the productivity of the conveyor decreases.*

**Key words:**

screw conveyor,  
elastic element of the conveyor,  
screw working body,  
screw conveyor parameters,  
degree of grain damage

**Article history:**

Received 25.10.2021

Accepted 08.12.2021

**\*Corresponding author:**

gevkoivan1@ukr.net

**DOI:** 10.36910/acm.vi47.649**To cite this article:**

Hevko, I., Dovbush, T., Tson, O., Dovbush, A., & Stanko, A. (2021). Synthesis of screw working bodies with elastic surfaces and results of working body research. *Agricultural Machines*, 47, 63-72. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.649>

УДК 621.86

**СИНТЕЗ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ІЗ ЕЛАСТИЧНИМИ ПОВЕРХНЯМИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Ів.Б. Гевко\*, Т.А. Довбуш, О.П. Цьонь, А.Д. Довбуш, А.І. Станько

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Тернопіль, Україна

AGRICULTURAL MACHINES



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

**АНОТАЦІЯ**

Гвинтові транспортери мають широке використання у різних галузях економіки, зокрема у фармацевтичній галузі, харчовій та переробній промисловості, а також у сільському господарстві. До гвинтових транспортерів висуваються вимоги, що залежать від матеріалу, який транспортується. Однією з вимог є забезпечення можливості безпечного переміщення матеріалів, що легко пошкоджуються, зокрема зернових мас. У статті представлено теоретичне обґрунтування підвищення ефективності транспортування сипких вантажів гвинтовими транспортерами. Також у статті проведено аналіз останніх досліджень за цією проблематикою. У результаті огляду джерел інформації визначена проблема, яку необхідно вирішити. Метою проведеного дослідження є визначення продуктивності транспортування сипких матеріалів та встановлення ступеня травмування зернового матеріалу розробленими гвинтовими робочими органами із еластичними поверхнями. Для пошуку нових варіантів гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями, які б забезпечували мінімальне пошкодження зернових матеріалів, використано метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. Експерименти проведені для різних типів робочих органів із еластичними поверхнями: із суцільним камероподібним елементом; із периферійною еластичною щіткоподібною частиною; із щіткоподібним елементом. У статті запропоновані рекомендації щодо вибору частоти обертання шнеку для мінімізації пошкоджень сипких матеріалів. Також встановлено раціональний кут нахилу гвинтового робочого органу, за якого продуктивність шнекового транспортера буде максимальною. Встановлено, що продуктивність зростає із збільшенням внутрішнього діаметра кожуха шнека і частоти обертання гвинтових робочих органів у випадку горизонтального розташування.

**Ключові слова:**

гвинтовий транспортер,  
еластичний елемент  
транспортера,  
гвинтовий робочий орган,  
параметри гвинтового  
транспортера,  
ступінь пошкодження зерна

**Історія публікації:**

Отримано 25.10.2021

Затверджено 08.12.2021

**\*Автор для листування:**

gevkoivan1@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi47.649

**Цитувати цю статтю:**

Гевко, Ів. Б., Довбуш, Т. А., Цьонь, О. П., Довбуш, А. Д., & Станько, А. І. (2021). Синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями та результати їх дослідження. *Сільськогосподарські машини*, 47, 63-72. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.649>

## СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Гвинтові транспортери мають широке використання у різних галузях економіки, зокрема у фармацевтичній галузі, харчовій та переробній промисловості, а також у сільськогосподарському виробництві для переміщення зерна, міңдобрив тощо. З огляду на галузь застосування, до гвинтових транспортерів висуваються специфічні вимоги, зокрема щодо безпечності переміщення сипких матеріалів (зерна та насіння різних сільськогосподарських культур), які легко пошкоджуються. Незважаючи на значну кількість проведених наукових досліджень у цьому напрямі все ж існує проблема, що пов'язана із забезпеченням зменшення пошкодження насінневих зернових матеріалів під час їх транспортування гвинтовими транспортерами. Відтак, постала проблема зумовлює потребу у проведенні подальшого наукового пошуку і дослідження прогресивних конструкцій гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями.

Проектуванню гвинтових транспортерів та теоретичному обґрунтуванню процесів їх функціонування присвячені наукові праці (Невко *et al.*, 2015; Невко *et al.*, 2016; Гевко *та ін.*, 1993; Герман, 1975; Григорьев, 1967; Ловейкін & Рогатинська, 2005; Рогатинський *та ін.*, 2013; Рогатинський *та ін.*, 2019).

Проблемам синтезу машинобудівних конструкцій методом морфологічного аналізу присвячені наукові праці (Кузнецов, 2004; Одрин & Картавов, 1977; Половинкин, 1988). У дослідженнях (Бойко & Куликівський, 2021; Залуцький, 2018; Мерчалова, 1992) було встановлено, що руйнування зернини залежить від напружень її защемлення у зазорі «виток гвинтового робочого органу – кожух» та у випадку збільшення цього зазору від 2 мм до 7 мм, за постійної швидкості переміщення зерна, травмування зерна зростає. Тому для зменшення ступеня пошкодження зерна і забезпечення його надійного переміщення були розроблені гвинтові робочі органи із еластичними поверхнями. Разом із тим, питанню, що пов'язане з пошуком конструкцій шнеків для переміщення сипких матеріалів із мінімальним пошкодженням, на сьогодні недостатньо приділено уваги, що зумовлює потребу в подальших дослідженнях.

**Мета дослідження** – проведення синтезу гвинтових робочих органів транспортерів методом ієрархічного групування із використанням морфологічного аналізу для отримання конструкцій гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями, які не пошкоджують зернові матеріали, а також проведення дослідження функціонування цих робочих органів.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для пошуку нових варіантів гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями, які б забезпечували мінімальне пошкодження зернових матеріалів, використано метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу (Гевко *та ін.*, 2016). У результаті проведеного аналізу впливу різних факторів на процес транспортування зернових сипких матеріалів шляхом структурно-схематичного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу було визначено обмежену кількість їх складових елементів та зв'язків між ними, які представляють конструктивні ознаки. На основі цього складена морфологічна матриця у вигляді **таблиці**. Таблиця містить стовпці, в яких представлені морфологічні ознаки елементів гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями, що забезпечують мінімальне пошкодження зернових матеріалів, і зв'язки між ними, а також альтернативи кожної ознаки без критичного аналізу. Обрані такі основні морфологічні ознаки: привод, шнек, який поділяється на гвинтовий робочий орган із еластичними поверхнями та кожух, і завантажувальний механізм.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Морфологічну модель конструктивних ознак та елементів гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями (**таблиця**) можна представити у вигляді морфологічної матриці, що утворена із використанням методу синтезу ієрархічних груп та морфологічного аналізу. У випадку використання цього методу синтезу кількість варіантів визначатиметься за формулою (Гевко *та ін.*, 2016):

$$N = \sum_{z=1}^l \sum_{x=1}^q \prod_{i=1}^m K_i, \quad (1)$$

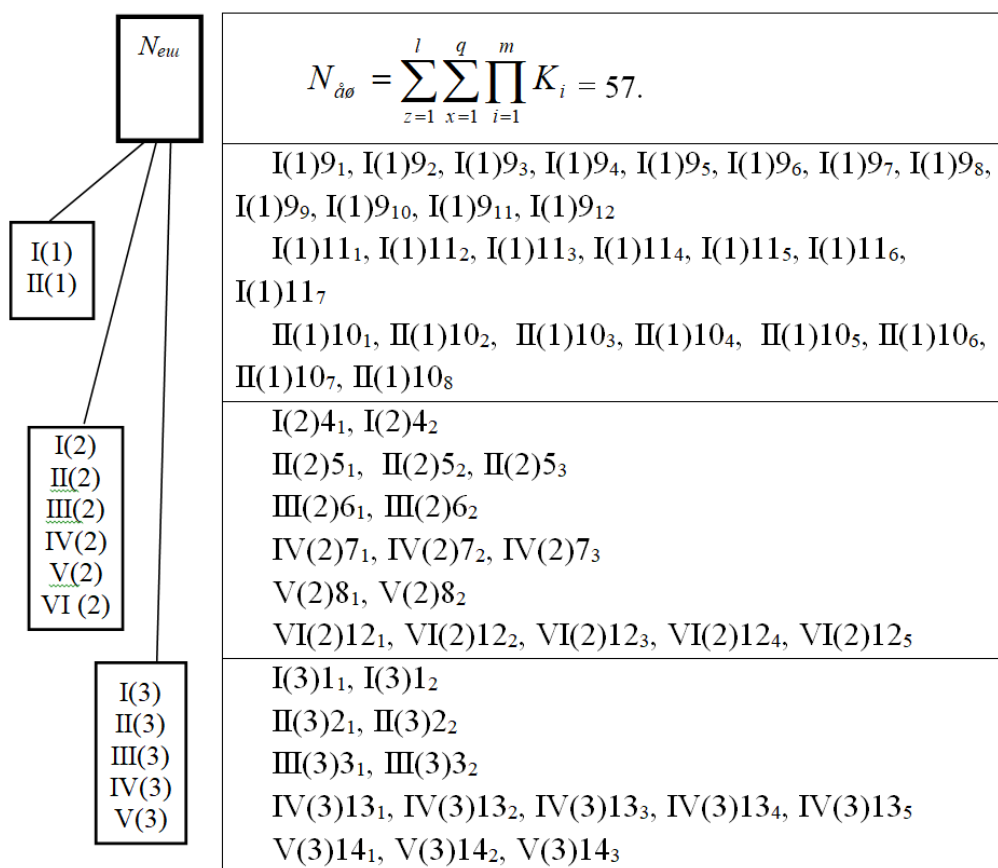
Таблиця – Морфологічна таблиця ознак конструктивних елементів гвинтових транспортерів із гвинтовими робочими органами, що оснащені еластичними поверхнями

1.1. Електропривод. 1.2. Двигун внутрішнього згорання.	1. Вид	Привод		
2.1. Безперервний. 2.2. Циклічний (з прискоренням і сповільненням).	2. Вид руху			
3.1. Один. 3.2. Два.	3. Кількість			
4.1. Суцільна. 4.2. Секційна.	4. Конструкція гвинта	Конструкція гвинта з еластичними поверхнями	Шнек	
5.1. Жорсткий. 5.2. Гнучкий. 5.3. Комбінований.	5. Жорсткість гвинта			
6.1 Одно типова. 6.2. Багато типова.	6. Комбінація спіралі			
7.1. Однозахідний. 7.2. Двозахідний. 7.3. Багатозахідний.	7. За кількістю спіралей			
8.1. З одним кроком. 8.2. З різним кроком.	8. За кроком			
9.1. З суцільним прорізом основи для кріплення еластичних елементів. 9.2. З круглими отворами основи для кріплення еластичних елементів. 9.3. З еліпсоподібними отворами основи для кріплення еластичних елементів. 9.4. Із суцільним полімерним покриттям спіралі. 9.5. Із суцільним полімерним покриттям спіралі та основи. 9.6. Із кріпленням еластичних гвинтових пелюстків на спіралі. 9.7. Із торцевим кріпленням еластичних елементів в отворах спіралі. 9.8. Із кріпленням еластичних елементів у швелероподібній основі спіралі. 9.9. Спіраль із подвійною основою кріплення еластичних елементів. 9.10. З периферійними стичними накладками на спіралі. 9.11. З периферійною еластичною щіткоподібною частиною на спіралі. 9.12. З суцільним периферійним камеро-подібним елементом на спіралі.	9. Тип гвинта			
10.1. Спіральний. 10.2. Стрічковий. 10.3. Гофрований. 10.4. Лопатевий.	10. Профіль			
11.1. Додатковою внутрішньою основою. 11.2. Гвинтами.	11. Спосіб кріплення			
12.1. Суцільна. 12.2. Секційна. 12.3. З еластичною внутрішньою основою.	12. Конструкція жолоба			
13.1. Гравітаційний. 13.2. Примусовий. 13.3. Роздільний. 13.4. З калібруванням. 13.5. З подрібненням.	13. Процес			Завантажувальний механізм
14.1. Бункер. 14.2. Насадка. 14.3. Завантажувальний пристрій (підбирач).	14. Тип			

де  $z$  – ієрархічний рівень;  $l$  – кількість ієрархічних рівнів;  $x$  – підгрупа ієрархічного рівня;  $q$  – кількість підгруп ієрархічного рівня;  $K_i$  – альтернатива конструктивної ознаки елемента підгрупи ієрархічного рівня;  $m$  – кількість альтернатив конструктивної ознаки елементів підгрупи ієрархічного рівня.

Модель механічної системи гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями, складена відповідно до запропонованого групування, представлена на **рис. 1**. Загальна кількість генерованих варіантів гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями у випадку використання методу синтезу:

$$N_{eu} = \begin{matrix} 9.1 \\ 9.2 \\ 9.3 \\ 9.4 \\ 9.5 \\ 9.6 \\ 9.7 \\ 9.8 \\ 9.9 \\ 9.10 \\ 9.11 \\ 9.12 \end{matrix} + \begin{matrix} 10.1 \\ 10.2 \\ 10.3 \\ 10.4 \\ 10.5 \\ 10.6 \\ 10.7 \\ 10.8 \end{matrix} + \begin{matrix} |4.1| \\ |4.2| \end{matrix} + \begin{matrix} |5.1| \\ |5.2| \\ |5.3| \end{matrix} + \begin{matrix} |6.1| \\ |6.2| \end{matrix} + \begin{matrix} |7.1| \\ |7.2| \\ |7.3| \end{matrix} + \begin{matrix} |8.1| \\ |8.2| \end{matrix} + \begin{matrix} |12.1| \\ |12.2| \\ |12.3| \\ |12.4| \\ |12.5| \end{matrix} + \begin{matrix} |1.1| \\ |1.2| \end{matrix} + \begin{matrix} |2.1| \\ |2.2| \end{matrix} + \begin{matrix} |3.1| \\ |3.2| \end{matrix} + \begin{matrix} |13.1| \\ |13.2| \\ |13.3| \\ |13.4| \\ |13.5| \end{matrix} + \begin{matrix} |14.1| \\ |14.2| \\ |14.3| \end{matrix} = 127. \quad (2)$$

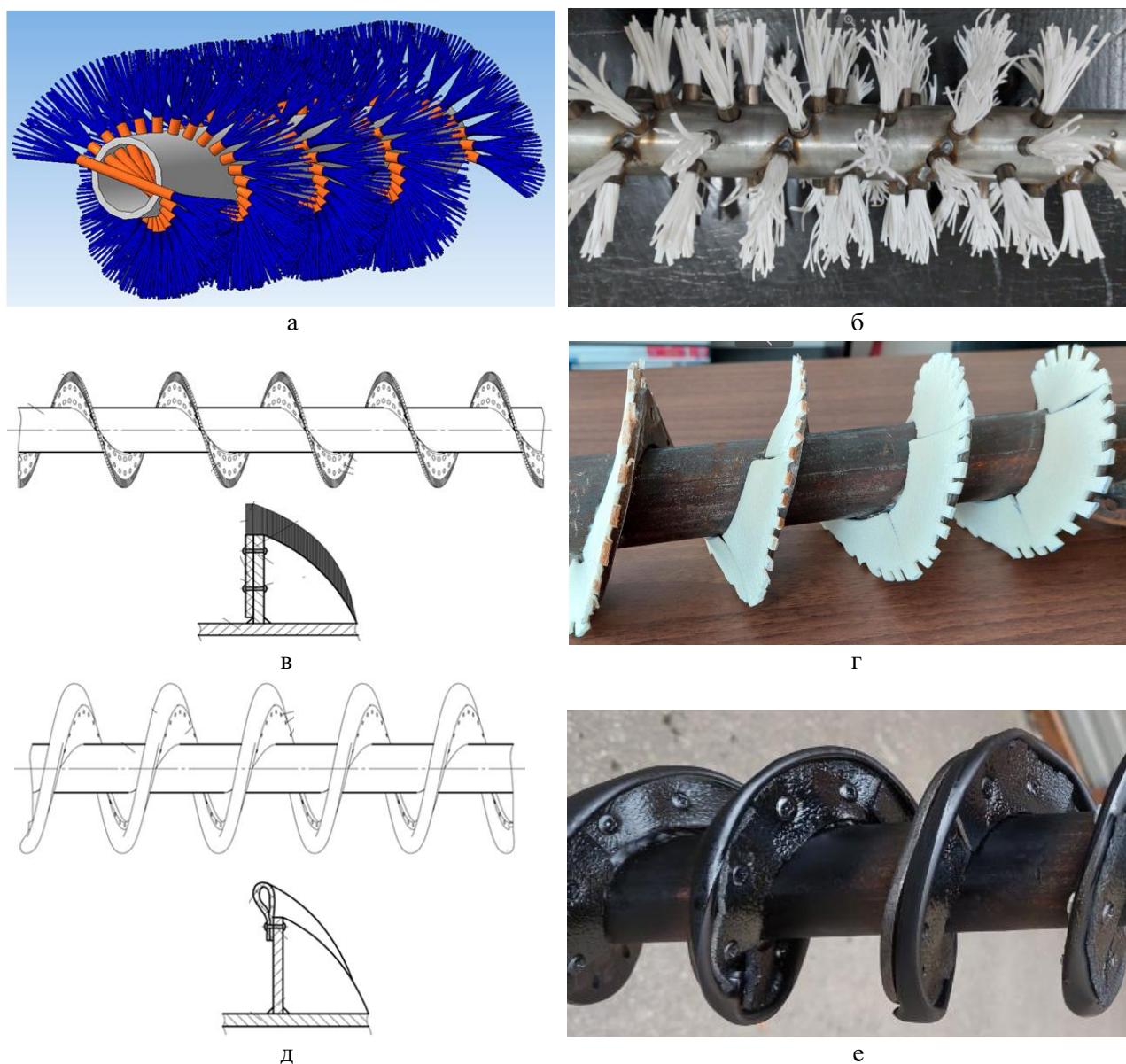


**Рис. 1** – Модель механічної системи «Конструктивні ознаки та елементи гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями»: I–VIII – підгрупи ієрархічного рівня; (1)–(3) – відповідні ієрархічні рівні

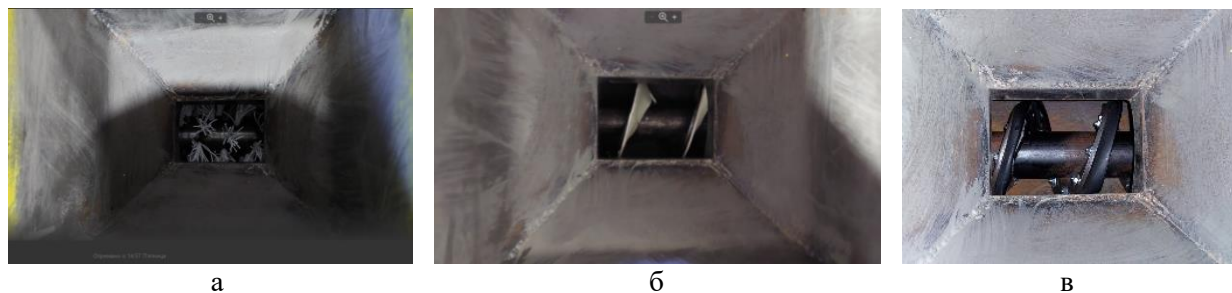
Використовуючи метод синтезу були розроблені конструкції транспортерів із гвинтовими робочими органами, що оснащені еластичними поверхнями, які порівняно із традиційними мають кращі характеристики. Так, на **рис. 2** представлено досліджувані гвинтові робочі органи (ГРО) із еластичними поверхнями, а на **рис. 3** їх загальний вигляд у бункері дослідної установки (*Гевко та ін., 2021*). Зокрема, на **рис. 2, а**, **рис. 2, в** і **рис. 2, д** представлені їх конструктивні схеми, а на **рис. 2, б**, **рис. 2, г** та **рис. 2, е** – загальний вигляд ГРО, що представлений на **рис. 2, а** і **рис. 2, б**,

виконано із щіткоподібним елементом. Під час розроблення та виготовлення цього ГРО використана конструктивна ознака 9.2.

На **рис. 2, в** та **рис. 2, г** представлено ГРО із периферійною еластичною щіткоподібною частиною. Під час розроблення і виготовлення цього ГРО використана конструктивна ознака 9.11. На **рис. 2, д** та **рис. 2, е** представлено розроблений ГРО, що оснащений суцільним периферійним камеро-подібним елементом. Під час розроблення та виготовлення цього ГРО було використано конструктивну ознаку 9.12 (*таблиця*).



**Рис. 2** – Гвинтові робочі органи із еластичними поверхнями:  
а, в, д – конструктивні схеми; б, г, е – загальний вигляд



**Рис. 3** – Загальний вигляд бункера шнека із еластичними поверхнями:

а – із щіткоподібним елементом; б – із периферійною еластичною щіткоподібною частиною; в – із суцільним камеро-подібним елементом

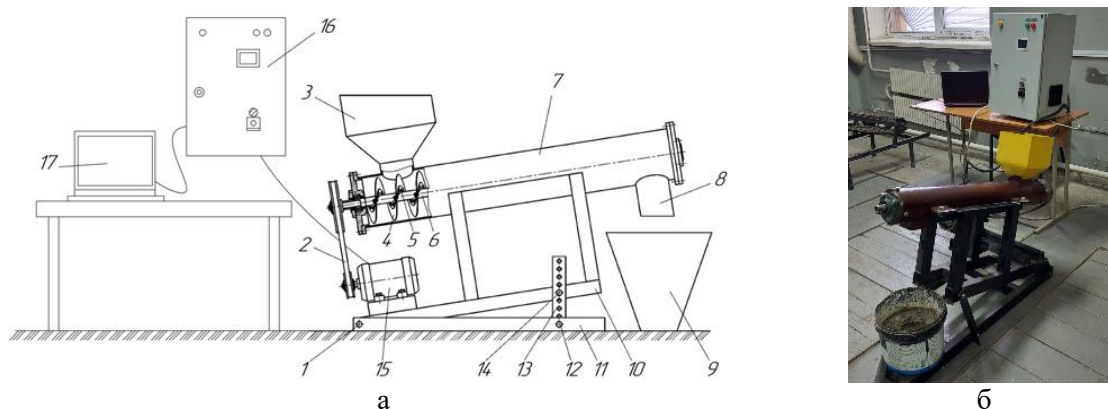
Використовуючи розроблену дослідну установку (Гевко та ін., 2021) (рис. 4) та представлені гвинтові робочі органи із еластичними поверхнями були проведені експерименти із дослідження продуктивності гвинтового транспортера  $Q$  (т/год), який оснащений розробленими ГРО, під час транспортування проса.

Дослідження проводилися за відсутності зазору між кожухом і ГРО ( $\Delta = 0$  мм) та за таких параметрів: частота обертання шнека  $n = 284$  об/хв,  $n = 397,6$  об/хв та  $n = 511,2$  об/хв (що відповідало 10, 14 та 18 Гц показникам регулювання частоти осцилографа ALTI-NAR-71); внутрішній діаметр кожуха  $D = 96$  мм,  $D = 102$  мм та  $D = 108$  мм; кут нахилу ГРО  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$  та  $\alpha = 30^\circ$ .

За результатами оброблення дослідних даних побудовані поверхні відгуку зміни продуктивності гвинтових транспортерів  $Q$ , оснащених робочими органами із еластичними

поверхнями, залежно від діаметра  $D$  кожуха та частоти обертання шнека  $n$ . На рис. 5, а представлені поверхні відгуку продуктивності  $Q$  для ГРО, що оснащений щіткоподібним елементом, на рис. 5, б – продуктивності  $Q$  для ГРО, оснащеного периферійною еластичною щіткоподібною частиною, а на рис. 5, в – продуктивності  $Q$  для ГРО, що оснащений суцільним камеро-подібним елементом.

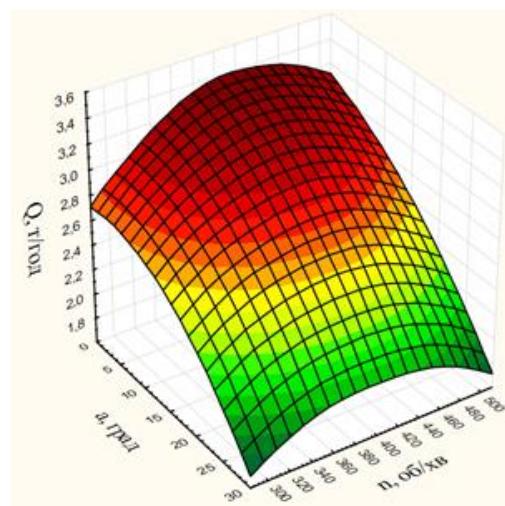
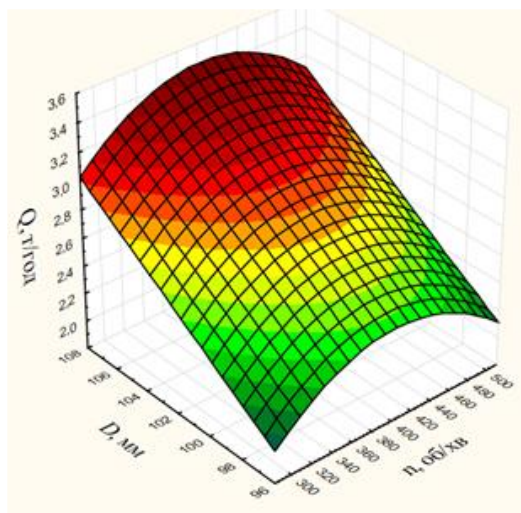
Аналіз отриманих даних показує (рис. 5), що найбільша продуктивність  $Q = 6,8$  т/год досягається у випадку використання ГРО із суцільним камеро-подібним елементом (за параметрів  $D = 108$  мм,  $n = 511,2$  об/хв,  $\alpha = 0^\circ$ ). Дещо менша продуктивність  $Q = 5,6$  т/год досягається у випадку використання ГРО із еластичною щіткоподібною частиною (за параметрів  $D = 108$  мм,  $n = 511,2$  об/хв,  $\alpha = 0^\circ$ ). Найнижча продуктивність  $Q = 3,9$  т/год у ГРО, що оснащений щіткоподібним елементом (за параметрів  $D = 108$  мм,  $n = 397,6$  об/хв,  $\alpha = 0^\circ$ ).



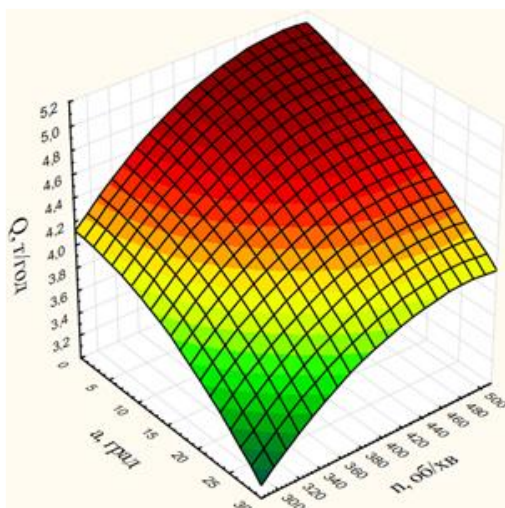
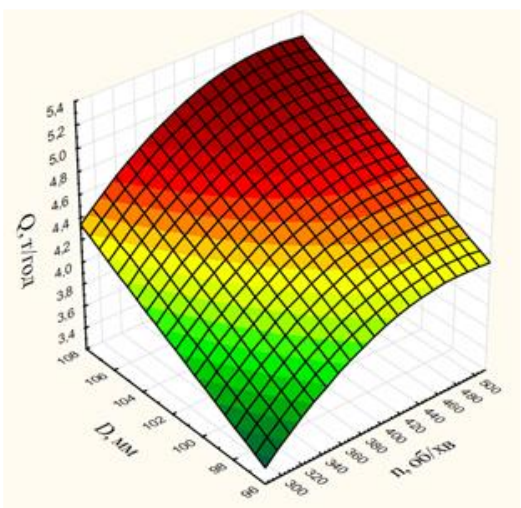
**Рис. 4** – Схема (а) установки для дослідження ГРО із еластичними поверхнями та її вигляд (б):

1, 12, 14 – шарнірне з'єднання; 2 – кінематична передача; 3 – бункер; 4 – шнек;

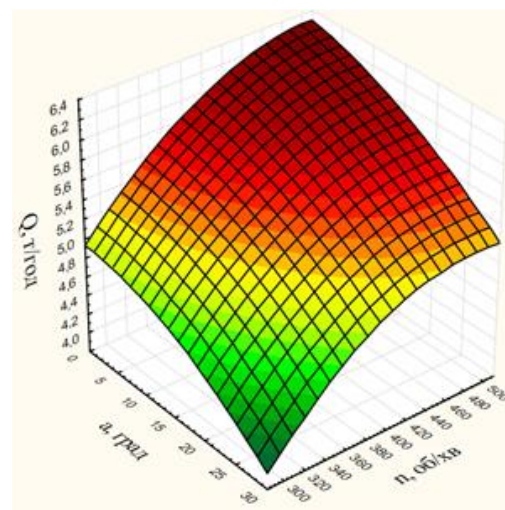
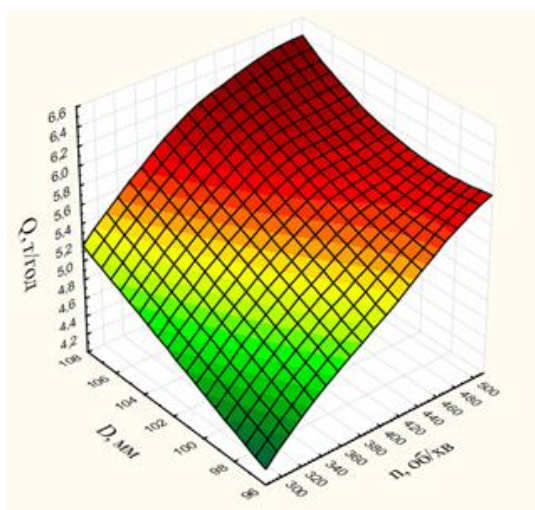
5 – еластична поверхня; 6 – вал шнека; 7 – корпус шнека; 8 – вивантажувальний патрубков;  
9 – місткість; 10 – рухома рама; 11 – нерухома рама; 13 – регульовальні отвори; 15 – двигун;  
16 – пульт керування; 17 – монітор



а



б



в

**Рис. 5** – Поверхні відгуку  $Q(D,n)$  та  $Q(\alpha,n)$  для випадків переміщення проса транспортером із гвинтовими робочими органами, що оснащені:  
 а – щіткоподібним елементом; б – периферійною еластичною щіткоподібною частиною;  
 в – суцільним камеро-подібним елементом



Максимальна продуктивність гвинтового транспортера у випадку переміщення проса ГРО із суцільним камеро-подібним елементом на 21,4% більша, ніж у випадку використання ГРО із еластичною щіткоподібною частиною, і на 74,4% більша порівняно із використанням ГРО із щіткоподібним елементом.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що продуктивність зростає із збільшенням внутрішнього діаметра кожуха та частоти обертання ГРО. Лише для ГРО із щіткоподібним елементом із зростанням частоти понад 400 об/хв спостерігається зменшення продуктивності. Продуктивність ГРО із суцільним камеро-подібним елементом, зростає на 54,5% (за кута  $\alpha = 0^\circ$ ), а у випадку ГРО із еластичною щіткоподібною частиною – на 55,6%. Із зростанням кута нахилу ГРО продуктивність знижується для усіх типів гвинтових робочих органів.

Дослідження із визначення ступеня травмування проса показали, що ступінь його травмування ГРО із суцільним камеро-подібним елементом порівняно з ГРО із щіткоподібним елементом є дещо вищим і майже не відрізняється від показників для випадку використання ГРО із периферійною еластичною щіткоподібною частиною.

Порівнюючи одержані результати із травмування зернового матеріалу під час переміщення жорстким шнеком, які представлені у праці (Залуцький, 2018), можна констатувати, що ступінь травмування проса розробленими ГРО із еластичними елементами є значно меншим. Разом із тим, це питання потребує більш глибокого вивчення та аналізу.

### ВИСНОВКИ

Проведено структурний синтез ГРО із еластичними поверхнями, що забезпечують мінімальне пошкодження зерна, методом ієрархічного групування із використанням морфологічного аналізу за результатами якого отримано декілька прогресивних конструкцій.

На основі згенерованих конструктивних рішень було розроблено та виготовлено ГРО із еластичними поверхнями, а також досліджено його функціонування під час транспортування проса. Зокрема встановлено, що максимальна продуктивність переміщення зерна гвинтовим транспортером досягається у випадку використання ГРО, що оснащений суцільним камеро-подібним елементом ( $Q = 6,8$  т/год за

параметрів  $D = 108$  мм,  $n = 511,2$  об/хв,  $\alpha = 0^\circ$ ). Менша продуктивність досягається у випадку використання ГРО з периферійною еластичною щіткоподібною частиною ( $Q = 5,6$  т/год за параметрів  $D = 108$  мм,  $n = 511,2$  об/хв,  $\alpha = 0^\circ$ ). Значно нижчу продуктивність гвинтового конвеєра забезпечує ГРО, що оснащений щіткоподібним елементом ( $Q = 3,9$  т/год за параметрів  $D = 108$  мм,  $n = 397,6$  об/хв,  $\alpha = 0^\circ$ ).

Також встановлено, що продуктивність шнека, переважно, зростає із збільшенням внутрішнього діаметра кожуха і частоти обертання ГРО за його горизонтального положення. Із зростанням кута нахилу ГРО гвинтового конвеєра продуктивність завжди зменшується.

Аналіз результатів експериментальних досліджень із визначення ступеня травмування проса показав, що ступінь травмування проса ГРО із суцільним камеро-подібним елементом порівняно з ГРО із щіткоподібним елементом є дещо вищим і майже не відрізняється від показника для випадку використання ГРО з периферійною еластичною щіткоподібною частиною. Крім того, ступінь травмування проса запропонованими ГРО є значно нижчим порівняно з жорсткими шнеками.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Hevko, R. B., Zalutskyi, S. Z., Tkachenko, I. G., & Klendiy, O. M. (2015). Development and investigation of reciprocating screw with flexible helical surface. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 46(2), 133-138.
- Hevko, R., Dzyadykevych, Y., Tkachenko, I., & Zalutskyi, S. (2016). Parameter justification for interworking relationship of elastic screw operating element with grain material. *Scientific Journal of TNTU*, 81(1), 77-87.
- Бойко, А. І., & Куликівський, В. Л. (2021). Дослідження контактної взаємодії зерна в зазорі «виток-кожук» шнекових живильників зерноочисних машин (*Investigation of contact interaction of grain in the gap «coil-shell» of screw feeders of grain cleaning machines*). *Науковий вісник НУБіПУ. Техніка та енергетика АПК*, 166(1), 267-274.
- Гевко, Б.М., Данильченко, М.Г., Рогатинський, Р.М. та ін. (1993). *Механізми з гвинтовими пристроями (Mechanisms with screw devices)*. Львів: Світ.
- Гевко, Ів. Б., Гудь, В. З., Шуст, І. М. та ін. (2016). Синтез телескопічних гвинтових конвеєрів (*Synthesis of telescopic screw conveyors*). *Вісник Харківського національного технічного*

- університету сільського господарства імені Петра Василенка. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві, 168, 85-91.
- Гевко, Ів. Б., Гевко, М. Р., Залуцький, С. З., & Станько, А. І. (2021). Установка для дослідження параметрів шнекових механізмів з еластичними змінними поверхнями (*Equipment for research of parameters of screw mechanisms with elastic variable surfaces*). В *Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф., присвячена пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича*. Тернопіль, Україна, (С. 70-71).
- Герман, Х. (1975). *Шнековые механизмы в технологии (Screw mechanisms in technology)*. Ленинград: Химия.
- Григорьев, А. М. (1967). *Гибкие шнеки (Flexible augers)*. Киев: Знание.
- Залуцький, С. З. (2018). *Обґрунтування параметрів шнеків з робочою еластичною поверхнею для транспортування сільськогосподарських матеріалів (Substantiation of parameters of screws with a working elastic surface for transportation of agricultural materials)* [Дисертація канд. техн. наук]. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль.
- Кузнецов, Ю. М. (2004). *Прогнозування розвитку технічних системи (Forecasting the development of technical systems)*. ТОВ «ЗМОК», ПП «ГНОЗІС».
- Ловейкін, В. С., & Рогатинська, О. Р. (2005). Вибір раціональних параметрів та режимів роботи вертикальних гвинтових конвеєрів (*Selection of rational parameters and regimes of operation of vertical screw conveyors*). *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*, 23, 181-195.
- Мерчалова, М. Е. (1992). *Снижение травмирования зерна пшеницы за счет совершенствования технологического процесса его послеуборочной обработки (Reducing injury to wheat grain by improving the technological process of its post-harvest processing)* [Автореф. диссертации канд. техн. наук]. ВГАУ, Воронеж.
- Одрин, В. М., & Картавов, С. С. (1977). *Морфологический анализ систем: построение морфологических матриц (Morphological analysis of systems: construction of morphological matrices)*. Київ: Наукова думка.
- Половинкин, А. И. (1988). *Основы инженерного творчества (Fundamentals of engineering creativity)*. Москва: Машиностроение.
- Рогатинський, Р. М., Гевко, І. Б., Ляшук, О. Л. та ін. (2019). *Перспективні гвинтові конвеєри: конструкції, розрахунок, дослідження (Promising screw conveyors: design, calculation, research)*. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А.
- Рогатинський, Р., Гевко, Ів., & Рогатинська, Л. (2013). Оптимізація параметрів гвинтових транспортно-технологічних системи (*Parameter optimization of screw transport-technological systems*). *Вісник ТНТУ*, 1(69), 116-125.