

УДК 621.356.2

**О.Л. Ляшук, доц., д-р техн. наук, О. С. Голотенко, доц., канд. техн. наук, В.М. Клендій, канд. техн. наук**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя м. Тернопіль, Україна, E-mail: oleglashuk@ukr.net*

**А.П. Довбиш, асп.**

*ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», смт. Глеваха, Україна*

## Синтез конвеєрів з розширеними технологічними МОЖЛИВОСТЯМИ

Розроблено модель вибору конструктивних конвеєрів для транспортування сільськогосподарських матеріалів по криволінійних траєкторіях з урахуванням можливих обсягів витрат, що виникають внаслідок пошкодження матеріалу, сукупних витрат, які включають собівартість виготовлення, експлуатації, технічний огляд і ремонт.

Проведено синтез робочих органів конвеєрів методом ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. Обґрунтовано, що вибір варіанта конструкції робочих органів в першу чергу залежить від характеру виконання процесу і навантаження на робочий орган. Тому, виходячи з необхідності забезпечення проектування робочих органів, можна обмежити кількість варіантів конструктивних рішень і згенерувати значну кількість працездатних конструкцій конвеєрів для транспортування сипучих матеріалів по криволінійних трасах.

**конвеєр, експлуатація, ремонт, собівартість**

**О.Л. Ляшук, доц., д-р техн. наук, О.С. Голотенко, доц., канд. техн. наук, В.М. Клендій, канд. техн. наук**

*Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, г. Тернополь, Украина*

**А.П. Довбиш, асп.**

*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», с.м. Глеваха, Украина*

## Синтез конвейеров с расширенными технологическими возможностями

Разработана модель выбора конструктивных конвейеров для транспортировки сельскохозяйственных материалов по криволинейным траекториям с учетом вероятных объемов расходов, возникающих вследствие повреждения материала, совокупных расходов, которые включают себестоимость изготовления, эксплуатации, технического осмотра и ремонт.

Проведен синтез рабочих органов конвейеров методом иерархических групп с помощью морфологического анализа. Обосновано, что выбор варианта конструкции рабочих органов в первую очередь зависит от характера исполнения процесса и нагрузки на рабочий орган. Поэтому, исходя из необходимости обеспечения проектирования рабочих органов можно ограничить количество вариантов конструктивных решений и сгенерировать значительное количество трудоспособных конструкций конвейеров для транспортировки сыпучих материалов по криволинейным трассам.

**конвейер, эксплуатация, ремонт, себестоимость**

**Постановка проблеми.** На даний час проектування та розрахунок транспортно-технологічних механізмів проводиться за типовими схемами без врахування особливостей та специфіки виробництва, зокрема сільськогосподарського.

Сучасний стан розвитку транспортно-технологічних механізмів неперервної дії сільськогосподарського призначення вимагає пошуку нових шляхів покращення технологічних і експлуатаційних параметрів робочих органів, які дають змогу підвищити продуктивність та покращити якість транспортних процесів із метою зменшення травмування насінневих матеріалів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням конструювання та синтезу механізмів з гвинтовими робочими органами присвячені роботи П.М. Василенка, А.А. Вайнсона, А.А. Омельченка, А.М. Григор'єва, П.А. Преображенського, Р.Л. Зенкова [7], Б.М. Гевка, Р.М. Рогатинського [13], Р.Б. Гевко [5] та багато інших. Технологічні процеси виробництва, пов'язані з сипкими, порошкоподібними матеріалами нерозривно пов'язані з переміщенням великої кількості вантажів по прямолінійних і криволінійних трасах. Тому в забезпеченні транспортних потоків, комплексної механізації й автоматизації праці на підприємствах провідну роль відіграють системи трубчастих транспортно-технологічних механізмів з криволінійними трасами транспортування, як екологічно чистий вид транспорту.

До їх переваг відноситься велика герметичність, різноманітність просторових криволінійних трас, можливість використовувати для жолобів стандартні труби, а для скребків – круглі тонкостінні диски. Основним недоліком цих конвеєрів є недостатня експлуатаційна надійність і довговічність, особливо при переміщенні на криволінійних трасах. Тому обґрунтування параметрів гнучких робочих органів канатних конвеєрів є актуальним і має важливе значення для подальшого дослідження.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є розроблення моделі вибору конвеєрів для транспортування сипких вантажів по криволінійних траєкторіях з вибором раціональних конструкцій.

**Виклад основного матеріалу.** Для обґрунтування вибору транспортерів для транспортування сипких вантажів по криволінійних траєкторіях проведемо їх порівняльний техніко-економічний аналіз. До таких транспортерів можна віднести трубчасті скребкові, пневматичні, жорсткі складні (складаються з двох і більше перевантажувальних вузлів) та гнучкі гвинтові конвеєри. Розробляючи дану модель спочатку визначимо вартість цих конвеєрів.

При структурному синтезі і проектуванні транспортно-технологічних механізмів (ТТМ), а також їх оптимізації, необхідно згенерувати множину компоновок ТТМ, яка б максимально відповідала функціональному призначенню механізму за мінімальних затрат [10,12]. При цьому для виконання багатьох функціональних операцій з використанням ТТМ визначальною є транспортуюча здатність робочого органу (РО), що визначається продуктивністю, довжиною і складністю траєкторії транспортування [7,9,13, 14].

У результаті проведеного аналізу впливу різних факторів на процес транспортування сипких матеріалів канатними робочими органами шляхом структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу [10] було визначено обмежену кількість їх складових елементів та зв'язків між ними, які представляють конструктивні ознаки, на основні чого складено морфологічну матрицю у вигляді таблиці 1. Вона поділена на стовпці, в заголовках яких представлені морфологічні ознаки елементів канатного конвеєра і зв'язки між ними, а до їх складу внесено альтернативи кожної ознаки з коефіцієнтом їх важливості.

Обрані наступні основні морфологічні ознаки: механізм транспортування вантажу; гнучкий елемент; подавальні диски; конструкції привідних елементів; бункер; конструкція вивантаження пошкодженого матеріалу; двигун-редуктор. Склад морфологічної таблиці може розширюватися за рахунок нових альтернатив кожної ознаки, а також за рахунок додаткових ознак. Проте даний варіант морфологічної моделі отримано внаслідок виділення функціонально важливих елементів з метою спрощення моделі, що дозволить мінімізувати кількість генерованих варіантів.

Таблиця 1 – Морфологічна таблиця конструктивних елементів ТТМ

1. Механізми транспортування вантажу	2. Гнучкий елемент	3. Подавальні диски	4. Конструкції привідних елементів
1.1. U-подібне розміщення 1.2. S-подібне розміщення 1.3. Прямолінійне горизонтальне розміщення	2.1. Канат 2.2. Ланцюг	3.1. Круглий диск 3.2. Круглий диск з отворами 3.3. Фасонний диск	4.1. Привідна зірочка 4.2. Еласто – металічний шарнір (тип 1) 4.3. Еласто – металічний шарнір (тип 2)
5. Механізм завантаження		6. Конструкції вивантаження пошкодженого матеріалу	7. Привід
5.1. Гравітаційний 5.2. Примусовий 5.3. Роздільний 5.4. З калібруванням		6.1 Жорсткий шнек 6.2.Гнучкий шнек 6.3. Безвальний шнек 6.4. Секційний шнек	7.1. Електродвигун 7.2. Пневмопривід 7.3. Вібропривід 7.4. Гідропривід

Морфологічну модель (табл. 1) можна представити у вигляді морфологічної матриці, що утворена шляхом числового позначення відповідних альтернатив, розміщених у стовпцях морфологічної таблиці:

$$N = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_j = \prod_{j=1}^n K_j, \quad (1)$$

$$N_{TC} = \begin{matrix} |1.1| & |2.1| & |3.1| & |4.1| & |5.1| & |6.1| & |7.1| \\ |1.2| \cap & |2.2| \cap & |3.2| \cap & |4.2| \cap & |5.2| \cap & |6.2| \cap & |7.2| \\ |1.3| & & |3.3| & |4.3| & |5.3| \cap & |6.3| \cap & |7.3| \\ & & & & |5.4| & |6.4| & |7.4| \end{matrix} \quad (2)$$

Загальна кількість варіантів конструктивних виконань ГС, яка входять в морфологічну матрицю (2), є дуже значною  $N = 3456$  і важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень.

Тому, нами використано метод синтезу ієрархічних груп. Цей метод базується на морфологічному аналізі [2], проте він передбачає поділ механічної системи на певну кількість ієрархічних рівнів з віднесенням до кожного окремих конструктивних елементів системи. Цим методом нами розкладено загальні задачі на часткові та знайдено раціональне рішення у часткових областях пошуку з подальшим їх комбонуванням. До першого ієрархічного рівня відносяться конструктивні елементи механічної системи, які впливають на якість і продуктивність технологічного процесу (елементи першого порядку). До другого ієрархічного рівня відносяться конструктивні елементи, для реалізації функції відповідної механічної системи і мають вибірковий вплив на виконання технологічного процесу (елементи другого порядку). До третього ієрархічного рівня відносяться конструктивні елементи, що допомагають роботі механічної системи і не впливають на реалізацію технологічного процесу (елементи третього порядку). Економічна доцільність, ціни та вартість експлуатації повинні привертати особливу увагу, при створенні механічної системи.

Для забезпечення отримання найбільш раціональних конструктивних рішень при значно менших витратах зусиль та часу ніж при використанні морфологічного аналізу проводиться добір можливих альтернативних варіантів конструктивних елементів з нижчих рівнів на наступному етапі запропонованих конструктивних рішень. Визначена формула для використання запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу

$$N_{z\bar{A}} = (K_{11}k_{11} \cdot K_{12}k_{12} \cdot K_{13}k_{13} \cdot K_{1i}k_{1i}) + (K_{21}k_{21} \cdot K_{22}k_{22} \cdot K_{23}k_{23} \cdot K_{2i}k_{2i}) + \dots +$$

$$+ (K_{z1}k_{z1} \cdot K_{z2}k_{z2} \cdot K_{z3}k_{z3} \cdot K_{zi}k_{zi}) = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_{zi}k_{zi} \quad (3)$$

де  $z$  – ієрархічний рівень;

$l$  – кількість ієрархічних рівнів;

$K_{zi}$  – альтернатива конструктивного елементу певного ієрархічного рівня;

$m$  – кількість альтернатив конструктивного елементу певного ієрархічного рівня.

$k_{zi}$  – коефіцієнт, що визначає економічну доцільність використання того чи іншого конструктивного елемента (табл. 2).

Таблиця 2 – Коефіцієнти конструктивних елементів

1. Механізми транспортування вантажу	2. Гнучкий елемент	3. Подавальні диски	4. Конструкції приводних елементів	5. Механізм завантаження	6. Конструкції вивантаження пошкодженого матеріалу	7. Привід
1.1 $k_{11}=1,1\dots1,25$ 1.2 $k_{12}=1,2\dots1,35$ 1.3 $k_{13}=1,0\dots1,1$	2.1 $k_{21}=1,0\dots1,1$ 2.2 $k_{22}=1,3\dots1,6$	3.1 $k_{31}=1,0\dots1,2$ 3.2 $k_{32}=1,4\dots1,7$ 3.3 $k_{33}=1,5\dots1,8$	4.1 $k_{41}=1,6\dots1,9$ 4.2 $k_{42}=1,7\dots1,9$ 4.3 $k_{43}=1,8\dots2$	5.1 $k_{51}=1,0\dots1,1$ 5.2 $k_{52}=1,2\dots1,4$ 5.3 $k_{53}=1,4\dots1,6$ 5.4 $k_{54}=1,3\dots1,5$	6.1 $k_{61}=1,5\dots1,7$ 6.2 $k_{62}=1,6\dots1,9$ 6.3 $k_{63}=1,9\dots2,3$ 6.4 $k_{64}=1,7\dots2,2$	7.1 $k_{71}=1,1\dots1,2$ 7.2 $k_{72}=1,3\dots1,6$ 7.3 $k_{73}=1,4\dots1,8$ 7.4 $k_{74}=1,6\dots1,9$

Запропонована модель транспортно-технологічної системи з канатним робочим органом, зображена на рис. 1. Згідно запропонованого групування до першої ієрархічної групи слід віднести такі конструктивні елементи: 1 – механізм транспортування вантажу; 2 – гнучкий канат, ; 3 – подавальні диски; до другої ієрархічної групи: 4 – приводної зірочки; 5 – бункер; до третьої ієрархічної групи: 6 - конструкції вивантаження пошкодженого матеріалу; 7 – привід. Відповідно при кодуванні використаємо наступну схему кодів конструктивних елементів канатних конвеєрів з використанням символу «i» (де «i» змінюється в межах від 1 до  $\infty$ ):  $1_i$  – механізми транспортування вантажу;  $2_i$  – гнучкі канати; ланцюг;  $3_i$  – подавальні диски;  $4_i$  – приводні зірочки;  $5_i$  – бункери;  $6_i$  – конструкції вивантаження пошкодженого матеріалу,  $7_i$  – приводи. Якщо в конструкції міститься декілька ідентичних конструктивних елементів, то їх кількість доцільно записати відповідним степенем, наприклад: дві приводні зірочки –  $(4_{12})^2$ , а якщо міститься декілька різних конструктивних елементів одного виду, то їх доцільно записати наступним чином: два бункери -  $(5_7 \cup 5_{92})$ .

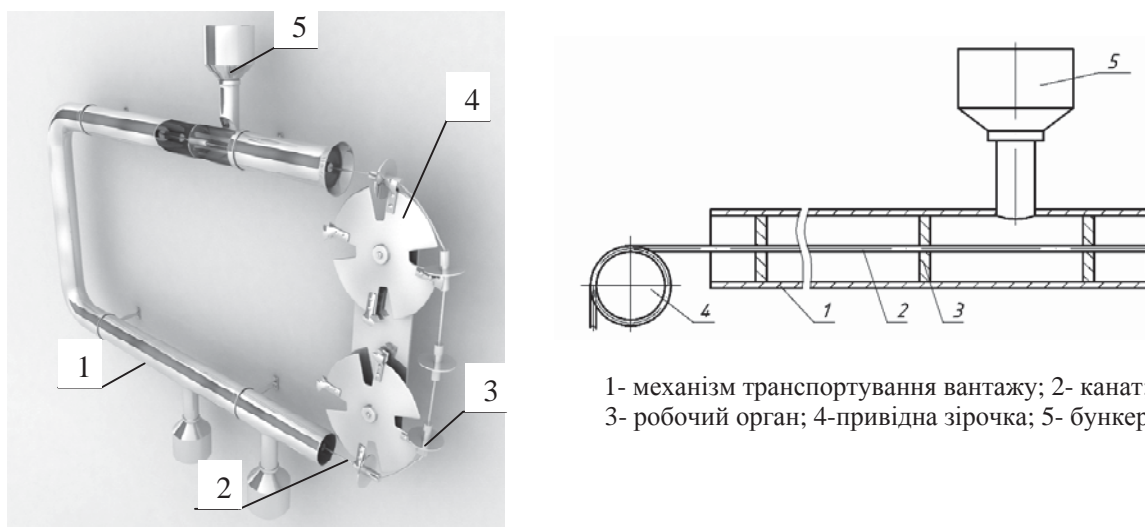
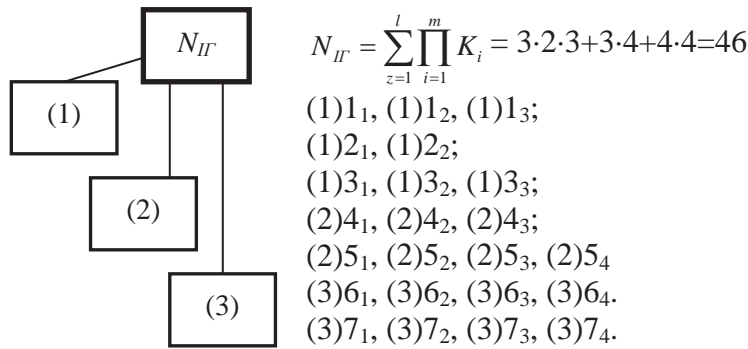


Рисунок 1 – Структурна схема канатного гнучкого конвеєра [15]

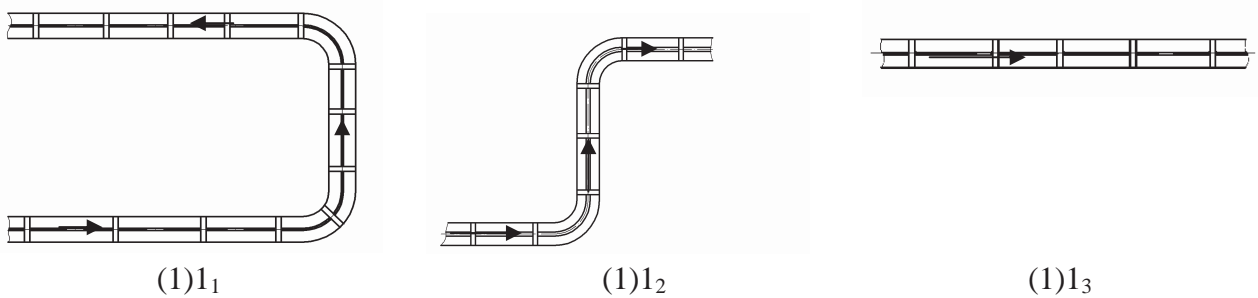
В результаті генерування альтернатив конструкцій, на першому ієрархічному рівні одержано такі альтернативи (рис. 2.):



(1) – перший ієрархічний рівень; (2) - другий ієрархічний рівень; (3) - третій ієрархічний рівень  
 Рисунок 2 – Модель механічної системи «гнучкий канатний і ланцюговий конвеєр»

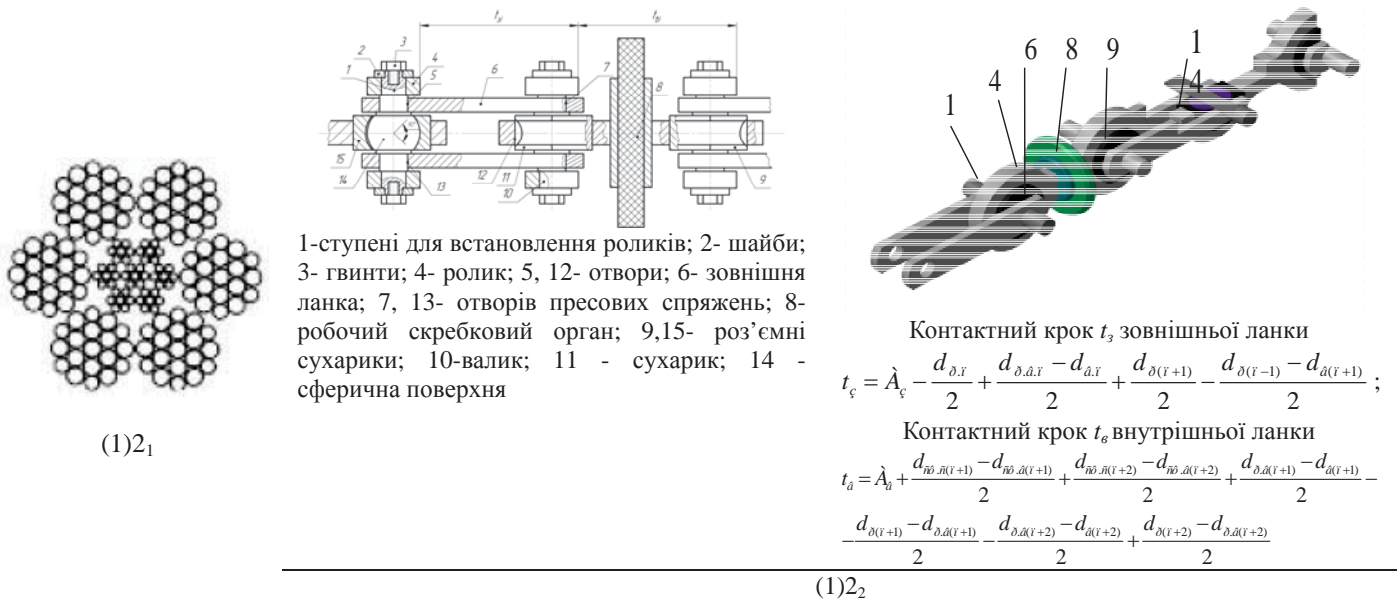
- для першого ієрархічного рівня: (1)<sub>1</sub><sub>1</sub> - (1)<sub>1</sub><sub>3</sub> (рис. 3.); (1)<sub>2</sub><sub>1</sub> - (1)<sub>2</sub><sub>2</sub> (рис. 4.); (1)<sub>3</sub><sub>1</sub> - (1)<sub>3</sub><sub>3</sub> (рис. 5);
- для другого ієрархічного рівня: (2)<sub>4</sub><sub>1</sub> - (2)<sub>4</sub><sub>3</sub>; (рис. 6.) (2)<sub>5</sub><sub>1</sub> - (2)<sub>5</sub><sub>3</sub>;
- для третього ієрархічного рівня: (3)<sub>6</sub><sub>1</sub> - (3)<sub>6</sub><sub>4</sub>. та (3)<sub>7</sub><sub>1</sub> - (3)<sub>7</sub><sub>4</sub>.

Приклади компоновок конструктивних елементів першого ієрархічного рівня представлені згідно морфологічної таблиці 1 на рис. 3.



(1)<sub>1</sub><sub>1</sub> – U-подібне розміщення; (1)<sub>1</sub><sub>2</sub> – S-подібне розміщення;  
 (1)<sub>1</sub><sub>3</sub> – прямолінійне горизонтальне розміщення

Рисунок 3 – Варіанти розміщення механізмів транспортування вантажу

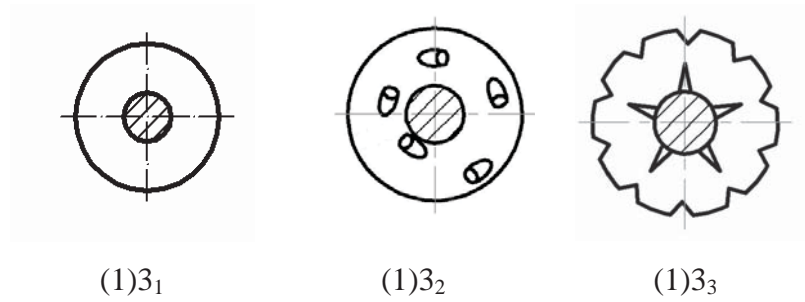


(1)<sub>2</sub><sub>1</sub> - канат сталевий подвійної завивки типу ЛК-Р;

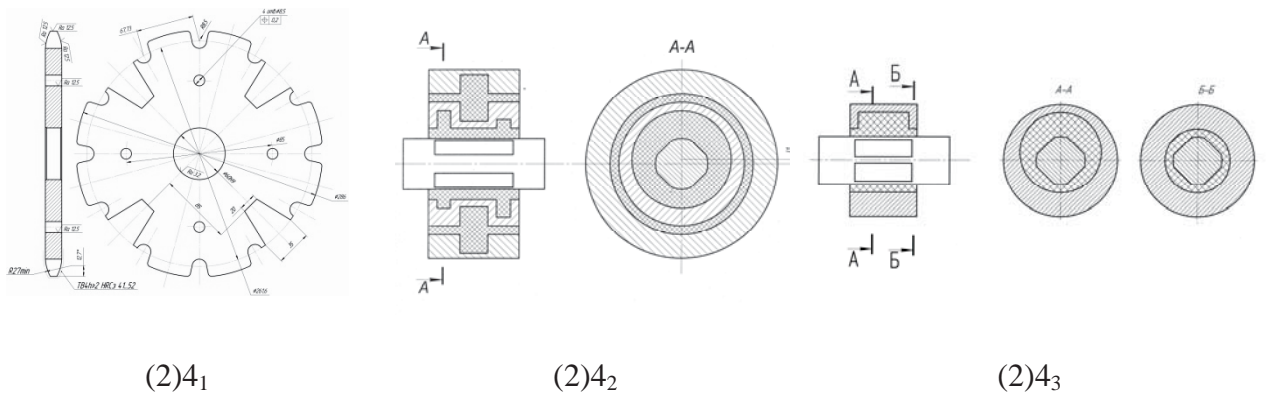
(1)<sub>2</sub><sub>2</sub> - пластинчастий тяговий безвулковий ланцюг підвищеної шарнірної рухомості

Рисунок 4 – Варіанти конструкцій тягових елементів





(1)3<sub>1</sub> – круглий диск; (1)3<sub>2</sub> – круглий диск з отворами; (1)3<sub>3</sub> – фасонний диск  
Рисунок 5 – Варіанти конструкцій подавальних дисків



(2)4<sub>1</sub> – привідна зірочка; (2)4<sub>2</sub> – еласто – металічний шарнір; (2)4<sub>3</sub> – еласто – металічний шарнір  
Рисунок 6 – Конструкції привідних елементів

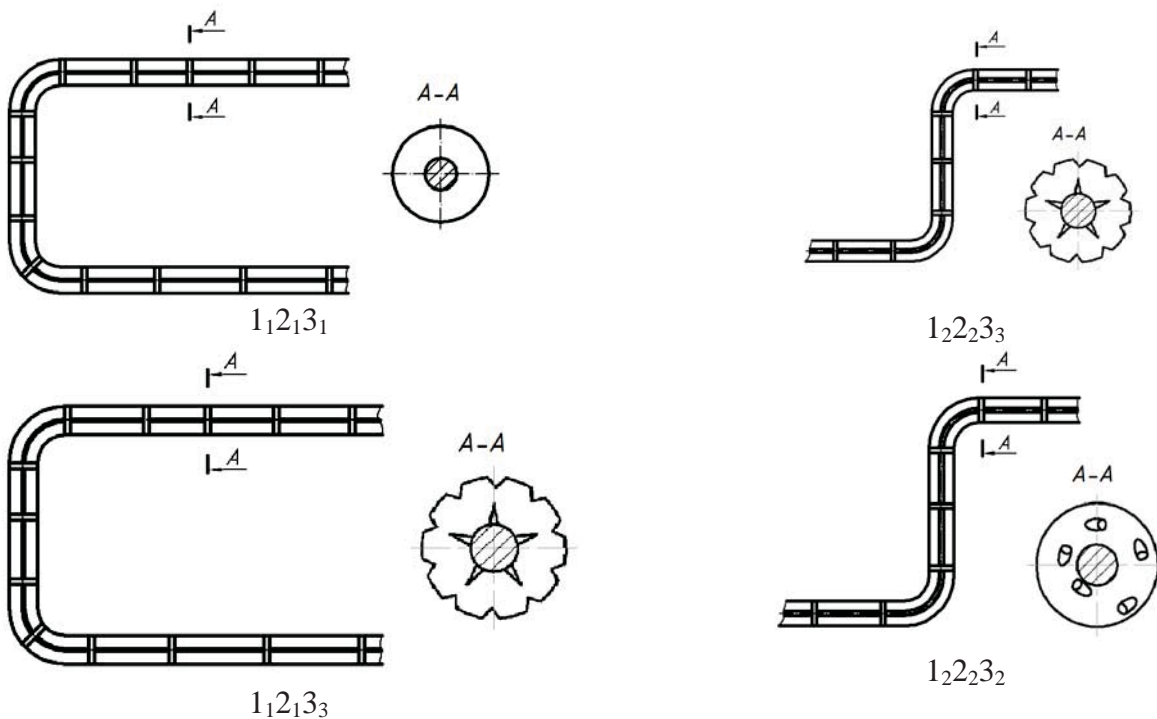


Рисунок 7 – Приклади компоновок конструктивних елементів першого ієрархічного рівня

Якщо при синтезі альтернативних конструктивних варіантів канатних конвеєрів використовувати традиційний метод морфологічного аналізу, то кількість альтернатив становитиме:  $N = \prod_{j=1}^n K_j = 3456$  варіанти, що майже у 75 рази більше, ніж при використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу:  $N_{II} = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i = 46$ . Це вказує на доцільність використання запропонованого методу, що значно полегшує перебір альтернатив та пошук найкращих.

Кінцевий вибір може проводитись шляхом пошуку конструкції з певної групи шляхом максимізації очікуваних позитивів із загальної сукупності альтернативних варіантів за формулою:

$$An = \frac{k_{cob} \cdot k_{ваз1} + k_{np} \cdot k_{ваз2} + k_{як} \cdot k_{ваз3} + k_{ми} \cdot k_{ваз4}}{k_{ваз1} + k_{ваз2} + k_{ваз3} + k_{ваз4}}, \quad (4)$$

де  $k_{cob}$ ,  $k_{np}$ ,  $k_{як}$ ,  $k_{ми}$  – відповідно коефіцієнти зведеної собівартості, продуктивності, якості виконання процесу та запасу міцності з врахуванням динамічного навантаження слабшої ланки;

$k_{ваз1}$ ,  $k_{ваз2}$ ,  $k_{ваз3}$ ,  $k_{ваз4}$  – відповідно ваги показників сумарної собівартості, продуктивності, якості виконання процесу та запасу міцності з врахуванням динамічного навантаження слабшої ланки, що враховують їх важливість і пріоритетність,  $k_{ваз} = 1 \dots 10$ .

Загальна кількість варіантів конструктивних виконань, що входять в морфологічну матрицю, є дуже великою і важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень. Тому вибір варіанту конструкції залежатиме, у першу чергу, від характеру виконання транспортно-технологічного процесу. Якщо конструювання здійснювати виходячи з певних умов роботи (заданої продуктивності, розмірів та нехтування якістю виконання процесу), то в даній моделі кількість коефіцієнтів скоротиться до двох, і принцип вибору зведеться до пошуку альтернативи з вимоги забезпечення оптимальної міцності та зведеної собівартості.

В результаті синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу на основі коефіцієнта, що визначає економічну доцільність використання того чи іншого конструктивного елемента було відібрано працездатні конструкції альтернативних варіантів транспортно-технологічних систем з канатними робочими органами (табл.3.).

а)  $1_1 2_1 3_1 (4_1)^2 5_1 7_1$

$$k_{констр.} = k_{11} k_{21} k_{31} (k_{41})^2 k_{51} k_{71} = (1,1 \dots 1,25)(1,0 \dots 1,1)(1,0 \dots 1,2)(1,6 \dots 1,9)^2 (1,0 \dots 1,1)(1,1 \dots 1,2) = (3,09 \dots 7,86)$$

б)  $1_2 2_1 3_2 (4_1)^3 5_1 7_1$

$$k_{констр.} = k_{12} k_{21} k_{32} (k_{41})^3 k_{51} k_{71} = (1,2 \dots 1,35)(1,3 \dots 1,6)(1,4 \dots 1,7)(1,6 \dots 1,9)^3 (1,0 \dots 1,1)(1,1 \dots 1,2) = (10,8 \dots 33,24)$$

в)  $1_1 2_2 3_3 (4_1)^2 5_2 7_1$

$$k_{констр.} = k_{11} k_{22} k_{33} (k_{41})^2 k_{52} k_{71} = (1,1 \dots 1,25)(1,3 \dots 1,6)(1,5 \dots 1,8)(1,6 \dots 1,9)^2 (1,2 \dots 1,4)(1,1 \dots 1,2) = (7,24 \dots 21,83)$$

г)  $1_3 2_2 3_2 (4_1)^3 5_4 7_1$

$$k_{\text{констр.}} = k_{13} k_{22} k_{32}(k_{41})^3 k_{54} k_{71} = (1,0 \dots 1,1)(1,3 \dots 1,6)(1,4 \dots 1,7) (1,6 \dots 1,9)^3(1,3 \dots 1,5) (1,1 \dots 1,2) = (10,66 \dots 36,93)$$

д)  $1_2 2_1 3_3 (4_1)^2 5_1 7_1$

$$k_{\text{констр.}} = k_{12} k_{21} k_{33}(k_{41})^2 k_{51} k_{71} = (1,2 \dots 1,35)(1,3 \dots 1,6)(1,5 \dots 1,8) (1,6 \dots 1,9)^3(1,0 \dots 1,1) (1,1 \dots 1,2) = (10,54 \dots 35,20)$$

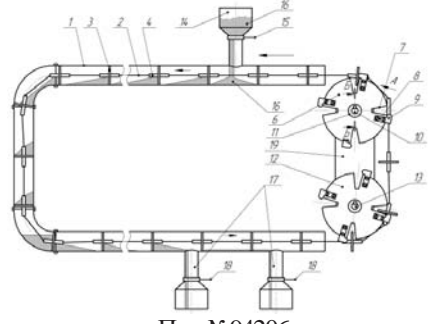

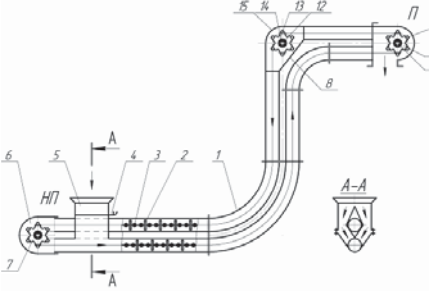

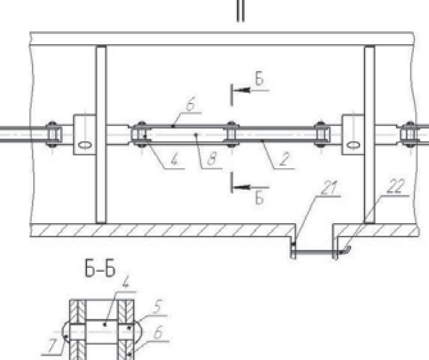

е)  $1_2 2_2 3_3 (4_1)^3 5_1 6_4 7_1$

$$k_{\text{констр.}} = k_{12} k_{22} k_{33}(k_{41})^3 k_{51} k_{64} k_{71} = (1,1 \dots 1,25)(1,3 \dots 1,6)(1,5 \dots 1,8) (1,6 \dots 1,9)^3(1,0 \dots 1,1) (1,6 \dots 1,9) (1,1 \dots 1,2) = (15,46 \dots 61,92)$$

є)  $1_2 2_2 3_3 (4_1)^2 5_4 6_2 7_3$

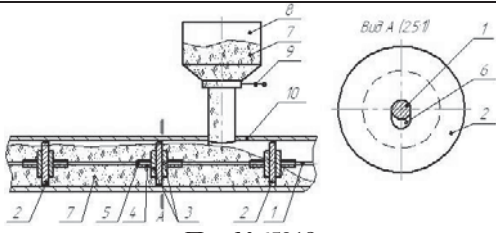

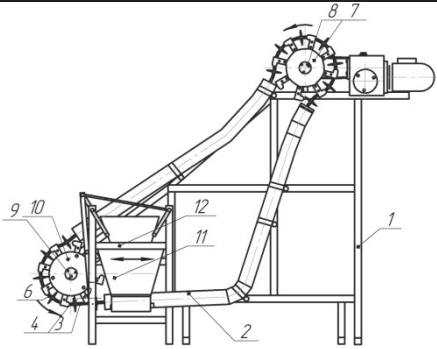

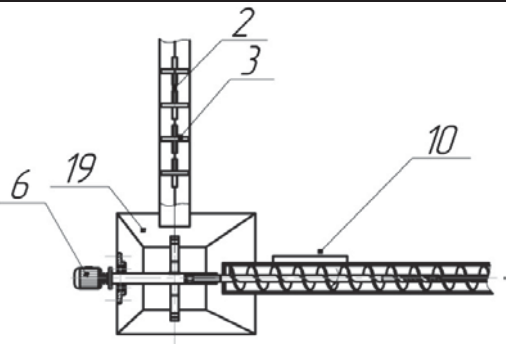


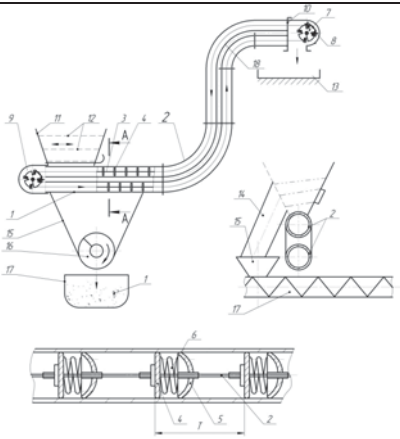


$$k_{\text{констр.}} = k_{12} k_{22} k_{33}(k_{41})^2 k_{54} k_{62} k_{73} = (1,1 \dots 1,25)(1,3 \dots 1,6)(1,5 \dots 1,8) (1,6 \dots 1,9)^3(1,3 \dots 1,5) (1,6 \dots 1,9) (1,4 \dots 1,8) = (25,58 \dots 126,67)$$

Таблиця 3 – Синтезовані конструкції енергоощадних транспортно-технологічних систем з канатними робочими органами

Код конструкції	Схема з кодами конструктивних елементів	Робочий орган
$1_1 2_1 3_1 (4_1)^2 5_1 7_1$	 <p>Пат. №94206</p>	<p>2<sub>1</sub></p> 
$1_2 2_1 3_2 (4_1)^3 5_1 7_1$	 <p>Пат. №94205</p>	<p>2<sub>1</sub></p> 
$1_1 2_2 3_3 (4_1)^2 5_2 7_1$	 <p>Б-Б</p>	<p>2<sub>2</sub></p> 



Продовження таблиці 3.

<p><math>1_3 2_2 3_2 (4_1)^3 5_4 7_1</math></p>	 <p>Пат. №65918</p>	<p>2<sub>2</sub></p> 
<p><math>1_2 2_1 3_3 (4_1)^2 5_1 7_1</math></p>		<p>2<sub>1</sub></p> 
<p><math>1_2 2_2 3_3 (4_1)^3 5_1 6_4 7_1</math></p>	 <p>Пат. №85011</p>	<p>2<sub>2</sub></p>  <p>6<sub>4</sub></p> 
<p><math>1_2 2_2 3_3 (4_1)^2 5_4 6_2 7_3</math></p>	 <p>Пат. №85233</p>	<p>2<sub>2</sub></p>  <p>6<sub>2</sub></p> 

**Висновки:**

1. Розроблена модель структурного синтезу робочих органів сільськогосподарських конвеєрів методом морфологічного аналізу з покращеними техніко-економічними характеристиками; встановлено раціональні межі вибору типів транспортних механізмів альтернативної дії для виконання типових сільськогосподарських операцій.

2. Розроблена система кодування й синтезу конструктивних елементів робочих органів з розширеними технологічними можливостями дозволяє при встановленні

відповідних обмежень і використанні програмного забезпечення розробити та відібрати конкурентноздатні конструкції, які забезпечують якісне й продуктивне виконання технологічних процесів, що дозволило зменшити кількість варіантів синтезованих альтернатив у порівнянні з класичною моделлю, що суттєво скорочує терміни проектування транспортних засобів.

3. Встановлено, що при генеруванні конструкцій враховано сукупність витрат, які включають собівартість виготовлення, експлуатації, технічний огляд та ремонт, собівартість кожного КЕ (приводи, передачі і редуктори, запобіжні і пружні муфти, гвинтові робочі органи, трубопровід, елементи завантаження і розвантаження, елементи з'єднувальні та опорно-поворотні, елементи керування).

## Список літератури

1. Гевко, І. Б. Організація виробництва: теорія і практика: підручник [Текст] / І. Б. Гевко, А. О. Оксентюк, М. П. Галушак. – К. : Кондор, 2008. – 178 с.
2. Гевко, І. Б. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів: підручник [Текст] / І. Б. Гевко, Б. М. Гевко. – Тернопіль : ТДТУ імені Івана Пулюя, 2010. – 199 с.
3. Гевко, І. Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05. 02.02 «Машинознавство» / І. Б. Гевко. – Львів, 2013. – 42 с.
4. Гевко, Ів. Обґрунтування економічної ефективності використання конвеєрів при транспортуванні насінневого матеріалу по криволінійних траєкторіях [Текст] / Ів. Гевко, О. Ляшук, Ю. Тарасюк // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2014. — Том 74. — № 2. — С. 137-143.
5. Gevko, R. V. 2011. Obgruntuvannya parametriv konstruktsiyi robochogo organu shaybovogo transportera. Visnik Kharkivskogo natsionalnogo tehnicnogo universitetu Imeni Petra Vasilenka. – Vipusk 114. –241-246.
6. Gevko, I.B., Lyashuk O.L., Rogatinska L.R., Zolotuy R.Z., Lyubachivskyy R.O. (2013). – Investigation of the radius of bending for flexible screw sectional conveyer. International symposium: ISB-INMA TEN'2013. «Agricultural and Mechanical Engineering » 2013. pg. 175-182, Bucharest. ISIN 2344-4118.
7. Zenkov, R. L. 1980. Mashiny nepreryvnogo transporta. – М.: Mashinostroenie, – 367.
8. Кроп Л. И. Обработка и хранение семенного зерна. / Л. И. Кроп. - Москва: “Колос”, 1974. – 176 с.
9. Loveykin, V. S. 2011. Bagatomasova model dinamiki ruhu kormozmishuvacha gvintovogo tipu zi zminnim oporom // MOTROL. Commis-sion of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 124-129.
10. Ляшук, О.Л. Синтез транспортно-технологічних систем з гнучким канатним і ланцюговим робочим органам [Текст] / О.Л. Ляшук, В.І. Бадишук, О.О. Олексішин // Збірник наукових статей. Луцький національний технічний університет Випуск 21, том 1 «Сільськогосподарські машини» Луцьк.: 2013 - С. 251-261.
11. Oleg Lyashuk Andriy Dyachun, Roman Zolotuy, Olexandr Oleksyshyn, Yroslav Zamora, Zdenko Tkáč. 2013. – Results of Experimental Research of Granular Materials Transportation by Tubular Scraper Conveyors. In acta technologica agriculturae, 2013, no. 4, p.101-105, Nitra, Slovak Republic. ISBN 1335-2555.
12. Ляшук, О.Л. Структурний синтез гвинтових робочих органів механізмів машин. [Текст] / О.Л. Ляшук, Р.О. Любачівський І.М. Кучвара // – Вісник машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: серія «Машинобудування». – 2013. - № 68. – с.25-31.
13. Рогатинський, Р. Модель конструювання і вибору гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями [Текст] / Р. Рогатинський, І. Гевко // Вісник ТНТУ. – 2012. – № 3 (67). – С.197–210.
14. Sirotyuk, V. M. 2011. Eksperimentalne doslidzhennya rezhimiv roboty energooschadnogo vibratsiynogo dozatora sipuchih kormiv // MOTROL. Commission of Motorization and Ener- getics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 62-67.
15. Пат. №54102 Україна, МПК В65G 33/00. Гнучкий канатний конвеєр. Заявники: Ляшук О.Л., Гевко Б. М., Стефанів В. М., Олексішин О. В., Комар Р. В., Гевко І. Б., Дячун А. Є. патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – № u201005330; заявл 30.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. №20.
16. Пат. №65918, Україна, МПК (2011.01) В65G 35/00. Робочий орган гнучкого канатного конвеєра. Заявники: Ляшук О.Л., Диня В.І.; Олексішин О.В.; Гевко І.Б.; Грабар А.В.; власник патенту

- Ляшук О.Л.; Диня В.І.; Олексишин О.В.; Гевко І.Б.; Грабар А.В. – № u201101683; заявл. 14.02.2011, опубл. 26.12.2011. Бюл. № 24.
17. Пат. №85011, Україна, МПК (2006.01): B65G 35/14. Секційна гвинтова спіраль / Ляшук О.Л.; Любачівський Р. О.; Дзюра В.О.; Клендій В.М.; Гевко Іг. Б.; заявник і власник патенту Ляшук О.Л.; Любачівський Р. О.; Дзюра В.О.; Клендій В.М.; Гевко Іг. Б.; – № u201304973; заявл. 18.04.2013., опубл. 11.11.2013. Бюл. №21.
  18. Пат. №85233, Україна, МПК (2013.01): B65G 35/00. Бочкоподібний робочий орган трубчастого канатного конвеєра / Ляшук О. Л.; Комар Р.В.; Олексишин О.В.; Лотоцький Р. І.; заявник і власник патенту Ляшук О. Л.; Комар Р.В.; Олексишин О.В.; Лотоцький Р. І.; – № u201306971; заявл. 03.06.2013., опубл. 11.11.2013. Бюл. №21.
  19. Пат. №94205, Україна, МПК (2014.01): B65G 33/00. Гнучкий трубчастий змішувач з вертикальною подачею сипких матеріалів / Ляшук О.Л.; заявник і власник патенту Ляшук О.Л.; – № u201402119; заявл. 03.03.2014., опубл. 10.11.2014. Бюл. №21.
  20. Пат. №94206, Україна, МПК (2014.01): B65G 33/00. A01F 12/44 (2006.01) Гнучкий канатний сепаратор / Ляшук О.Л.; заявник і власник патенту Ляшук О.Л.; – № u201402121; заявл. 03.03.2014., опубл. 10.11.2014. Бюл. №21.

**Oleg Lyashuk, Assoc. Prof., DSc., Olexander Golotenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Volodymyr Klendiy, PhD tech. sci.**

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine*

**Andriy Dovbish, post-graduate**

*NSC "Institute of Mechanization and Electrification of Agricultural" NAAS of Ukraine, town Glevaha, Kiev region, Ukraine*

### **Synthesis of Conveyers With Improved Technological Characteristics**

The model of choosing construction conveyers for transporting agricultural cargo along the curvilinear trajectory taking into account possible expenditures caused by the damage of cargo and total expenditures, which include manufacturing, operation. Maintenance and repair cost price has been developed.

The synthesis of conveyer operating members taking advantage of the hierarchic groups method and using morphological analyses has been carried out. It was interpreted, that the choice of option of the operating members desing depends first of all on the nature of the performed process and loading on the operating member.

That is why for the purpose to proside the desing of the operation members, the number of construction solution options can be reduced and one may develop a great number of conveyer designs capable to operate officiently for the transporting of bulk cargo along the curvilinear trajectory.

**conveyer, operation, maintenance, cost price**

Одержано 28.11.17

**УДК 62-752**

**Ю.А. Невдаха, доц., канд. техн. наук, В.О. Дубовик, доц., канд. техн. наук, А.Ю. Невдаха, доц., канд. техн. наук, В.В. Пукалов, доц., канд. техн. наук.**

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна, E-mail: uanepvdakha@ukr.net*

## **До визначення швидкості ковзання та зусилль, які діють в зачепленні черв'ячної передачі**

В статті розглянута величина швидкості ковзання і її напрям відносно лінії дотикання черв'яка і черв'ячного колеса, визначені швидкості ковзання та зусилля, які діють в зачепленні. **черв'ячна передача, зубець, контактна лінія, ковзання, масляний клин, зусилля**

© Ю.А. Невдаха, В.О. Дубовик, А.Ю. Невдаха, В.В. Пукалов, 2017