

УДК 62/825

І.Гевко, канд.техн.наук, М.Буряк

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДІВ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

*На основі аналізу характеристик приводів гвинтових конвеєрів розроблено низькочастотну та самовідключні кулькові запобіжні муфти. Подано результати теоретичних досліджень і визначено конструктивно-силові параметри запобіжних муфт.*

### Умовні позначення

$n_x$	– кількість холостих провертань;
$\Delta\varphi_1$	– кут зміщення півмуфт у режимі спрацювання, що утворюється при просуванні кульки по рівновіддаленій від центральної вісі муфти ділянці паза, виконаній у вигляді дуги кола;
$\Delta\varphi_2$	– кут зміщення півмуфт у режимі спрацювання, що утворюється при просуванні кульки від максимально віддалених до максимально наближених до центральної вісі ділянках паза;
$\Delta\varphi_3$	– кут зміщення півмуфт у режимі спрацювання, що утворюється при просуванні кульки від максимально наближених до максимально віддалених до центральної вісі ділянках паза.;
$n_k$	– кількість елементів зачеплення (кульок);
$k_{тер}$	– коефіцієнт, що враховує сповільнення переміщення кульки пазом за рахунок сил тертя;
$\beta$	– кут, що утворюється нахилою частиною паза до центральної вісі муфти з горизонтальною віссю;
$\alpha$	– кут, утворений від вихідної до кінцевої точки канавки виконаної у вигляді дуги Архімеда;
$c$	– жорсткість пружини;
$r_k$	– радіус кульок;
$\Delta$	– величина попереднього натягу пружини;
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	– кути нахилу лунок, що розташовані на різних орбітах щодо центральної вісі муфти;
$\Delta_1$	– відстань від торцевої поверхні веденої півмуфти до центру кульки при замкнутих півмуфтах;
$\rho$	– кут тертя в зоні контакту кульки з лункою;
$D_1 D_2 D_3$	– діаметри розташування кульок;
$d$	– діаметр розташування шліцевого з'єднання;
$f$	– коефіцієнт тертя у шліцевому з'єднанні;
$T$	– крутний момент, що передається муфтою.

При роботі гвинтових конвеєрів досить часто виникають перевантаження, зумовлені як технологічними процесами виконання операцій, так і випадковими явищами, що призводять до значних деформацій і навіть поломок робочих органів. Перевантаженням технологічного характеру можна запобігти при забезпеченні раціонального заповнення транспортованим матеріалом міжвиткового простору шнека [1], вдосконалюючи механізми завантаження (живильники та насадки). Виникнення випадкових (аварійних) перевантажень важко передбачити, і запобігти їм можна, використовуючи в конструкціях приводів гвинтових конвеєрів захисні пристрої, що спрацювують з високою точністю.

Як приклад, розглянемо компоувальну схему гвинтового конвеєра, зображеного на рисунку 1. Він складається з двигуна 1, привідних вузлів 2, запобіжної муфти 3 і гвинтового робочого органу 4. Жорсткість приводу і робочого органу відповідно позначена  $C_1$  і  $C_2$ . Залежно від її характеристик можна виділити такі можливі варіанти: 1-  $C_{1max}, C_{2max}$ ; 2-  $C_{1max}, C_{2min}$ ; 3-  $C_{1min}, C_{2max}$ ; 4-  $C_{1min}, C_{2min}$ .

Класифікація характерів перевантажень приводів і робочих органів гвинтових конвеєрів подана у вигляді схеми на рисунку 2. Загальні критерії поділу важко

встановити, але різкі перевантаження протікають в інтервалі сотих долей оберту привідного вала, і тривалість їх наростання визначається швидкістю обертання та жорсткістю приводу і робочого органу, а також жорсткістю предмета, який викликав дане перевантаження. Плавні перевантаження зростають в інтервалі долей оберту чи навіть кількох обертів привідного вала. Тому для надійності роботи гвинтових конвеєрів у їх приводах необхідно використовувати запобіжні муфти.

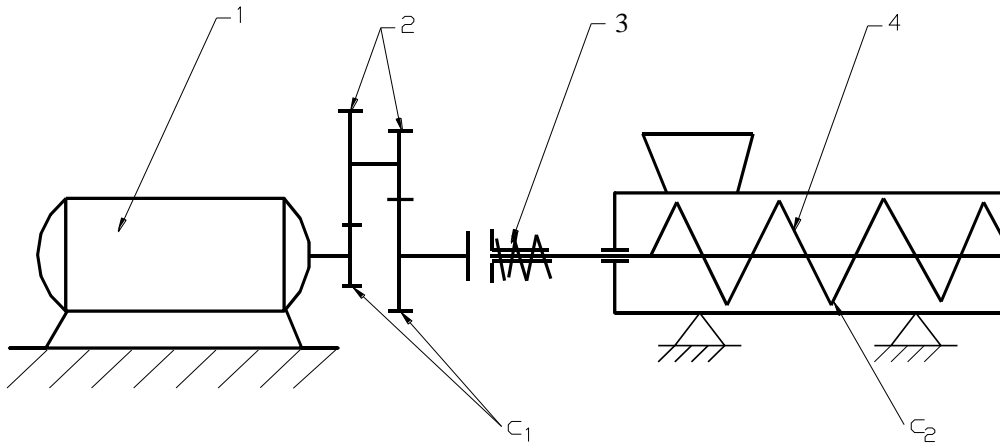


Рис. 1. Компонувальна схема.

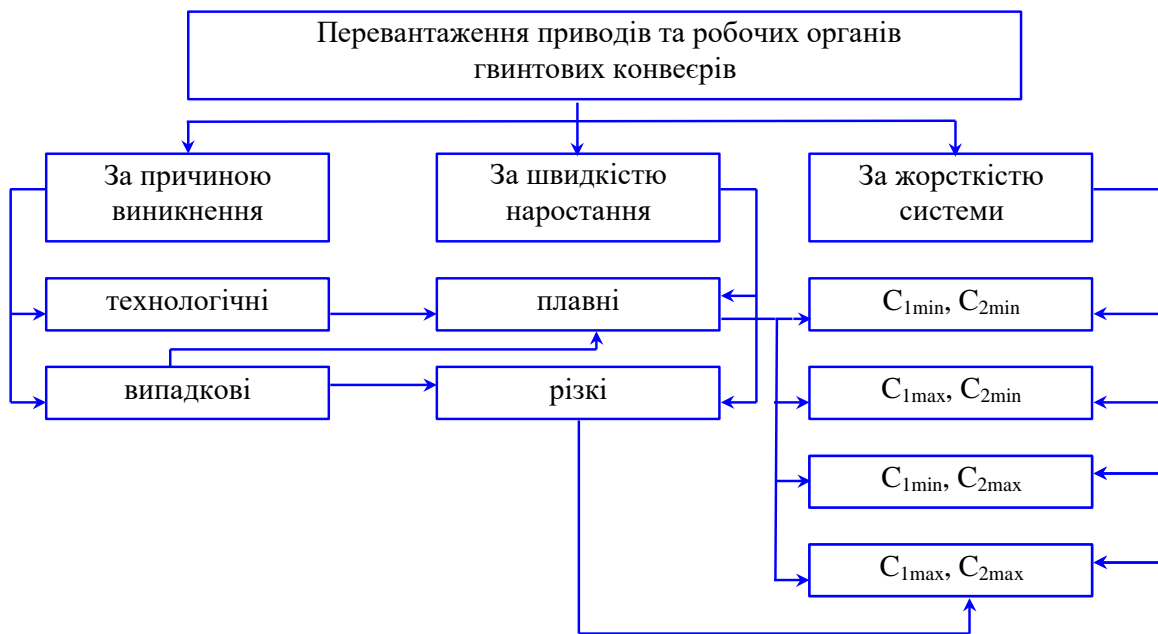


Рис. 2. Характеристики перевантажень гвинтових конвеєрів.

Враховуючи те, що традиційні запобіжні муфти імпульсного типу (кулачкові, кулькові), півмуфти яких повторно змикаються декілька разів за одне відносне повертання в режимі буксування, створюють високі динамічні навантаження і навіть можуть призвести до поломок робочого органу гвинтового конвеєра (як правило в місці кріплення спіралі з ведучим валом), їх використання треба обмежити у даних конструкціях. Для захисту робочих органів гвинтових конвеєрів широко використовують реверсивні планетарні запобіжні пристрої, застосування яких призводить при зміні напрямку обертання робочого органу в процесі буксування до виникнення високих навантажень у транспортній спіралі навіть при незначних кутових швидкостях привідного вала. Причому такі запобіжні пристрої, як і низькочастотні планетарно-кулькові захисні пристрої [2], є технологічно складними при виготовленні. Тому з метою зменшення динамічних навантажень у процесі буксування і забезпечення надійного захисту гвинтових конвеєрів від перевантажень, розроблено низькочастотну

та самовідключні кулькові запобіжні муфти, елементи яких зображено на рисунках (4, 5, 6, 7 і 8).

На рисунку 3 подано загальний вигляд кулькової запобіжної муфти, що складається з маточини 1, на якій вільно розташована ведена півмуфта 2. На торцевій поверхні веденої півмуфти виконані лунки 3 під кульки 4, що розташовані в отворах 6 ведучої півмуфти 5. Ведуча півмуфта притиснута пружинами 7, величину затиску яких регулюються гайками 8.

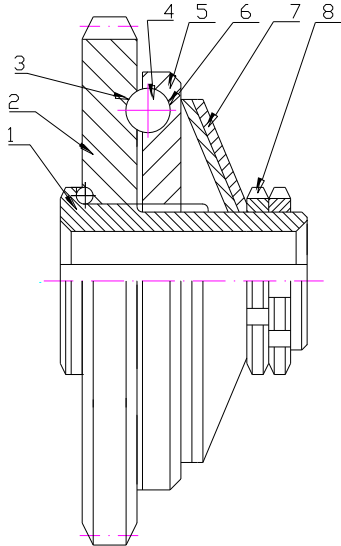


Рис.3. Загальний вигляд кулькової запобіжної муфти.

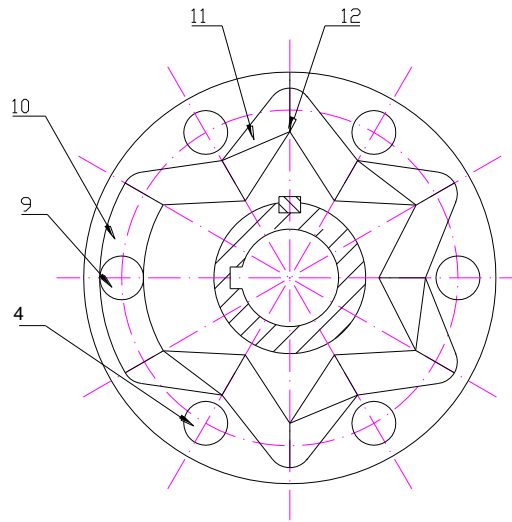


Рис.4. Ведуча півмуфта низькочастотної кулькової запобіжної муфти.

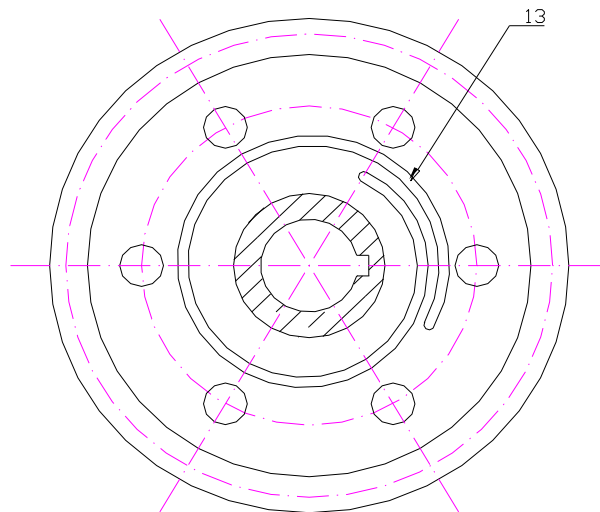


Рис.5. Ведена півмуфта низькочастотної кулькової запобіжної муфти.

Торцеву поверхню ведучої півмуфти низькочастотної кулькової запобіжної муфти, в якій кульки 4 і 9 відповідно розташовані в отворах 6 і пазу змієвидної замкнутої форми 10, зображено на рисунку 4. Паз 10 виконано з більшими 11 і меншими 12 заглибленнями. На рисунку 5 зображена ведена півмуфта, в якій на торцевій поверхні виконана канавка 13 у вигляді спіралі Архімеда.

Момент обертання передається з маточини (рис.3) через ведучу півмуфту і кульки на ведену півмуфту. При виникненні перевантаження ведена півмуфта зупиняється, а ведуча, з кульками і маточиною, обертається далі. При відносному

провертанні півмуфт кульки викочуються з лунок на торцеву поверхню веденої півмуфти, а кулька 9 починає зміщуватися пазом у напрямку, зворотньому руху ведучої півмуфти до виступу 12, після чого попадає в канавку і викочується на виступ. Після прокочування канавкою, виконаній у вигляді спіралі Архімеда, кулька 5 скочується на поверхню 11 паза і далі зміщується у ньому до наступного потрапляння на виступ і у канавку. Процес буксування в режимі одного спрацювання триває до моменту потрапляння всіх кульок до лунок.

Методика визначення моменту спрацювання даної муфти не відрізняється від загальноприйнятої [3].

Кількість холостих обертів півмуфт розглянутої запобіжної муфти у режимі одного спрацювання можна визначити за формулою:

$$n_x = \frac{\Delta\varphi_1}{2\pi} + \frac{\Delta\varphi_2}{2\pi} + \frac{\Delta\varphi_3}{2\pi} \quad (1)$$

Отже, провівши певні розрахунки формула (1) для розробленої низькочастотної муфти матиме вигляд:

$$n_x = \frac{1}{n_k} \cdot k_{мер} + \frac{(n_k - 1) \sin\left(\frac{360^\circ}{2n_k}\right)}{2\pi \sin\left(180^\circ - \frac{360^\circ}{2n_k} - \beta\right)} \cdot \left( k_{мер} + \frac{(n_k - 1) \cdot \alpha}{2\pi} \cdot k_{мер} \right) \quad (2)$$

В таблиці 1 подано числові залежності кількості холостих повертань при спрацюванні від довжини канавки і кількості елементів зачеплення при таких даних: габаритні радіальні розміри  $D = 120$  мм; діаметр вала  $d_1 = 40$  мм; радіус розташування елементів зачеплення  $R_1 = 50$  мм; радіус кульки  $r_k = 8,5$  мм.

Таблиця 1

		Кількість елементів зачеплення				
		4	5	6	7	8
		Кількість холостих повертань при спрацюванні / $k_{мер}$				
Довжина канавки, що виконана у вигляді спіралі Архімеда	$\alpha=0^\circ$	0,95	1,01	1,07	1,12	1,16
	$\alpha=360^\circ$	3,6	4,65	5,62	6,63	7,64
	$\alpha=720^\circ$	6,6	8,65	10,62	12,63	14,64
	$\alpha=1080^\circ$	9,6	12,65	15,62	18,63	21,64

Аналізуючи дані таблиці 1, можна зробити висновок, що число холостих повертань при спрацюванні низькочастотної кулькової запобіжної муфти змінюється майже пропорційно як від кількості елементів зачеплення, так і від довжини канавки.

На рисунках 6, 7 і 8 зображено ведучу і ведені півмуфти кулькових самовідключних запобіжних муфт (рисункові 3 відповідають позначення 1, 2, 5, 7, 8). На торцевій поверхні ведучої півмуфти (рис.6) виконано пази 3, в яких розташовані кульки 4, притиснуті пружинами 9. Ведені півмуфти (рис.7 і рис. 8) мають лунки 10 під кульки 4, напрямні і кільцеві пази 11 і 12 і відповідно пази включення 13 і 14.

У випадку перевантаження ведена півмуфта зупиняється, а ведуча обертається далі. При цьому кульки викочуються з лунок у напрямні пази і потрапляють до наступних лунок. Після трьох спрацювань кульки викочуються у кільцевий паз і муфта відключається. Муфта (рис. 7) включається після зменшення кількості обертів на ведучій ланці завдяки переміщенню кульок пружинами 9 у вихідне положення. Муфта (рис.8) включається після зупинки ведучої ланки шляхом реверсування.

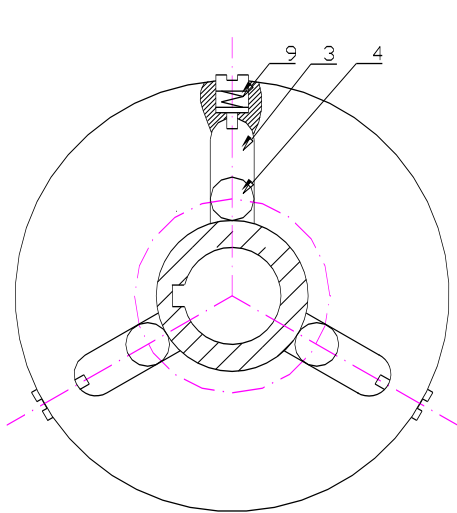


Рис.6. Ведуча півмуфта самовідкjučної кулькової запобіжної муфти.

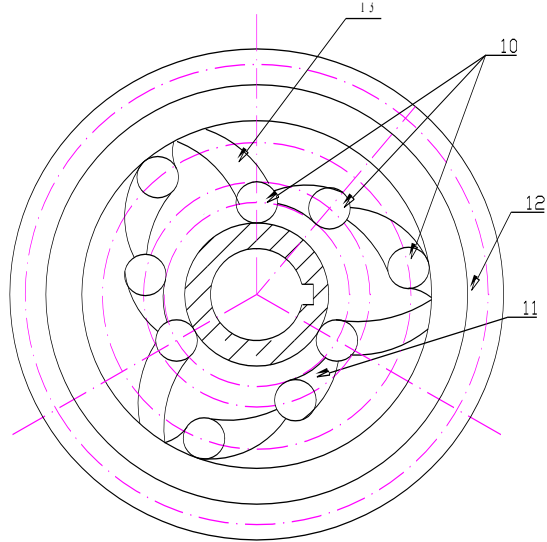


Рис.7. Ведена півмуфта самовідкjučної кулькової запобіжної муфти.

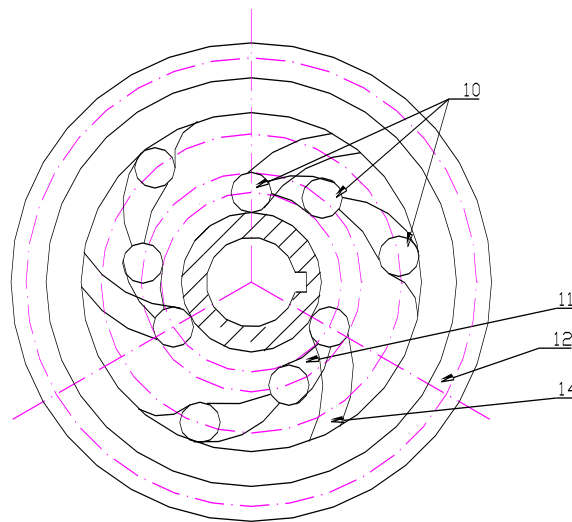


Рис.8. Ведена півмуфта самовідкjučної реверсивної кулькової запобіжної муфти.

Методика визначення моменту спрацювання розроблених самовідкључних муфт має певні особливості, які полягають в тому, що при спрацюванні кульки віддаляються від центральної вісі муфти. Це призводить при однакових параметрах всіх лунок до збільшення крутного моменту, що передається муфтою. Тому для забезпечення передачі однакової величини моменту при розташуванні кульок на різних орбітах щодо центральної вісі муфти потрібно змінювати параметри лунок. Крутний момент, що передаватиметься самовідкључними муфтами, визначатиметься за формулою [4]:

$$T = \frac{c((r_k \sin \alpha_1 - \Delta_1) + \Delta) \cdot D_1}{2 \left[ \operatorname{tg}(\alpha_1 - \rho) - \left( \frac{D_1}{d} \right) \cdot f \right]} = \frac{c((r_k \sin \alpha_2 - \Delta_1) + \Delta) \cdot D_2}{2 \left[ \operatorname{tg}(\alpha_2 - \rho) - \left( \frac{D_2}{d} \right) \cdot f \right]} = \frac{c((r_k \sin \alpha_3 - \Delta_1) + \Delta) \cdot D_3}{2 \left[ \operatorname{tg}(\alpha_3 - \rho) - \left( \frac{D_3}{d} \right) \cdot f \right]} \quad (3)$$

Кут нахилу лунки можна знайти із залежності [4]:

$$\alpha_x = \arcsin \left( \frac{\frac{r_k}{\sqrt{4 \cdot \Delta_1^2 - \left(4 \left(1 - \frac{r_k}{r_x}\right)^2\right) (\Delta_1^2 - r_k^2)}}}{2 \cdot \left(1 - \left(\frac{r_k}{r_x}\right)^2\right)} + \Delta_1 \right), \quad (4)$$

де  $r_x = \left(\frac{D_x}{D_1}\right) \cdot \left(\left(\frac{r_k}{\cos \alpha_1}\right) - \Delta_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1\right)$

Превага розроблених кулькових самовідключних запобіжних муфт полягає у тому, що розчеплення при перевантаженні кінематичного кола "двигун - робочий орган" відбувається при триразовому включенні - виключенні муфти в режимі одного спрацювання, що дозволяє у випадку зникнення перевантаження після першого чи другого виключення муфти відновити роботу гвинтового конвеєра. Якщо навантаження не спадає, то муфта самовідключається, не створюючи постійних ударних навантажень (включення - виключення) при буксуванні.

Отже, розроблені кулькові запобіжні муфти є низькочастотними і самовідключними. Тому широке застосування в приводах гвинтових конвеєрів даних муфт дасть високий економічний ефект порівняно із захисними пристроями [5,6,7] при забезпеченні надійного виконання технологічних процесів транспортування, очищення, змішування, дозування та інших, що виконуються з допомогою гвинтових конвеєрів.

*On the basis of the analysis of screw conveyer drives characteristics, the low-frequency and self-disconnecting ball safety clutches are worked out. The results of theoretical investigations are presented and the structural and power parameters of the developed safety clutches are determined.*

### Література

1. Гевко Б.М., Рогатынский Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозйственных машин. - Львов: Выща школа, 1989. - 176с.
2. Гевко І.Б. Дослідження характеристик запобіжних пристроїв машин //Машинознавство.- Львів - 1997. - №4-6. - С.17-21.
3. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам / Под ред. проф. В.С. Полякова. - Л.: Машиностроение, 1979. - 343с.
4. Гевко І. Б. Розробка і дослідження низькочастотних пристроїв для виконання технологічних процесів гнучкими гвинтовими конвеєрами. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. - Луцьк: - 1997. - 18с.
5. Гевко И.Б. Шариковые предохранительные муфты //Машиностроитель. - Москва. - 1993. - №9 - С.9.
6. АС СССР №1300222 Предохранительное устройство /Оболенский А.Ю., Тарасова Т.В., Сулимов В.К.,Гевко Р.Б. - Опубл.30.03.1987, Бюл. №12.
7. АС СССР №1437597 Предохранительное устройство /Сулимов В.К., Сулимова Т.В., Гевко Р.Б. Опубл.15.11.1988, Бюл. №42.

Одержано