

УДК 631.358.42

О.М. Клендїй, к.т.н.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА ІЗ ЗАПОБІЖНОЮ МУФТОЮ

В статті представлена конструкція гвинтового конвеєра із запобіжною муфтою, використання якої дозволяє підвищити ефективність функціонування конвеєрів в екстремальних умовах експлуатації. З метою усунення заклинювання робочого органу конвеєра при переміщенні матеріалу запропоновано використовувати запобіжну муфту з розділеними в часі режимами буксування та осьового зміщення шнека для автоматичного відновлення робочого стану системи. Також проведений силовий аналіз роботи захисного механізму, який дає змогу оцінити зміну крутного моменту веденої півмуфти і шнека T від зміни кута відносного повертання півмуфт ρ . Виконані статичні експериментальні дослідження запобіжної муфти, за результатами яких встановлено, що представлені в статті аналітичні залежності можуть бути використані при інженерному проектуванні різних типорозмірів даного захисного механізму.

ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР, ЗАПОБІЖНА МУФТА, ПАРАМЕТРИ, ЗАХИСНИЙ МЕХАНІЗМ.

Постановка проблеми. Гвинтові конвеєри широко використовують під час переміщення сипких і кускових матеріалів у

різних виробничих процесах. Однак, при транспортуванні матеріалів внаслідок наявності зазору між поверхнею обертання шнека та внутрішньою поверхнею направляючої труби, можуть виникати заклинювання гвинтового робочого органу. Для відновлення працездатності конвеєра необхідно відвести в осьовому напрямку заклинене ребро шнека від контакту з матеріалом, і в подальшому, після зняття перевантаження, елементи приводу повинні забезпечити відновлення початкового положення робочого органу для подальшого транспортування матеріалу в зону вивантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі принципи реверсування заклиненого робочого органу, які виконуються за допомогою планетарних запобіжних муфт і забезпечують зворотне провертання шнека від незначного кута повороту до декількох обертів з наступним відновленням його початкового положення. Також можливий спосіб осьового відведення заклиненого гвинтового робочого органу за допомогою кулькових запобіжних муфт з профільним виконанням лунок, як при виході із зачеплення, так і при їх входженні [1 – 3].

Аналіз відомих досліджень показав, що основними недоліками існуючих запобіжних муфт, які забезпечують реверсування перевантажених робочих органів, є їх конструктивна та технологічна складність, велика матеріаломісткість, недостатня надійність. Також вони мають значні габаритні розміри, а при їх роботі виникають суттєві динамічні навантаження внаслідок дії сил інерції ведених ланок приводу та робочого органу з автоматичним відновленням його початкового положення.

Мета дослідження – підвищити ефективність функціонування гвинтових конвеєрів в екстремальних умовах експлуатації шляхом розроблення та обґрунтування раціональних параметрів запобіжної муфти шнекового робочого органу.

Результати дослідження. З метою підвищення експлуатаційних показників гвинтових конвеєрів розроблено запобіжну муфту для гвинтового конвеєра [5]. На рис. 1 зображена схема конвеєра із запобіжною муфтою.

Він складається з рами 13, на якій розміщений бункер 6 і корпус транспортера 7. У корпусі конвеєра розташований гвинтовий живильник 8, вал котрого виконаний у вигляді труби 9, в середину якої через підшипники 6 встановлено суцільний вал 11, жорстко закріплений правим фланцем 12 у корпусі. З лівої сторони суцільний вал жорстко закріплений у стійці 17. На лівому фланці 14 через радіально-упорний підшипник 15 встановлений запобіжний пристрій, виконаний у вигляді ведучої півмуфти 5, яка за допомогою кульок 16

взаємозв'язана з веденою півмуфтою 4. Вона жорстко закріплена на трубі живильника і за допомогою упорного підшипника 3 підтиснута пружним елементом 2. За допомогою гайки 1 відбувається регулювання крутного моменту, який передає запобіжна муфта.

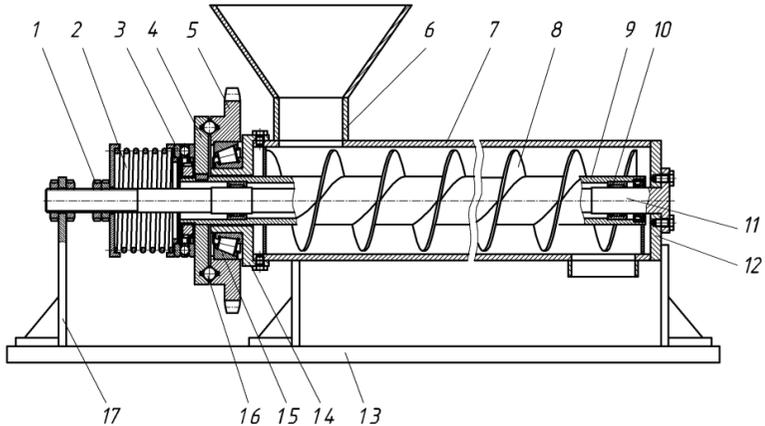


Рис. 1 – Гвинтовий конвеєр із запобіжною муфтою

Робота гвинтового конвеєра із запобіжною муфтою здійснюється наступним чином. Сипкий матеріал через бункер потрапляє в корпус конвеєра на гвинтовий живильник, який здійснює обертовий рух і транспортує його в напрямку вивантаження. При попаданні не подрібнювальних тіл в зону між поверхнею обертання шнека і внутрішньою поверхнею корпуса транспортера виникає заклинювання і зупинка гвинтового живильника.

З метою усунення заклинення робочого органу гвинтового конвеєра при передачі крутного моменту запропоновано використовувати запобіжну муфту [6] з розділеними в часі режимами буксування та осьового зміщення шнека для відновлення робочого стану конвеєра. На рис. 2 показано схема розгортки робочої поверхні ведучої півмуфти.

При виникненні заклинювання робочого органу гвинтового конвеєра ведена півмуфта запобіжної муфти зупиняється, а ведуча продовжує обертатись. Внаслідок цього відбувається основне розчеплення півмуфт, тобто здійснюється вихід кульок з лунок на величину δ_1 . Далі кульки рухаються по похилих робочих канавках з кутом нахилу β на торцевій поверхні ведучої півмуфти, і таким чином здійснюється плавне «м'яке» осьове відведення гвинтового робочого

органу на величину зазору δ_2 , що суттєво зменшує динамічне навантаження на привод шнекового транспортера. Внаслідок обертання ведучої півмуфти кульки заходять у початкове положення, рухаючись при цьому по похилих зворотних канавках з кутом нахилу γ на торцевій поверхні ведучої півмуфти, тобто відбувається плавне «м'яке» відновлення робочого стану шнекового транспортера.

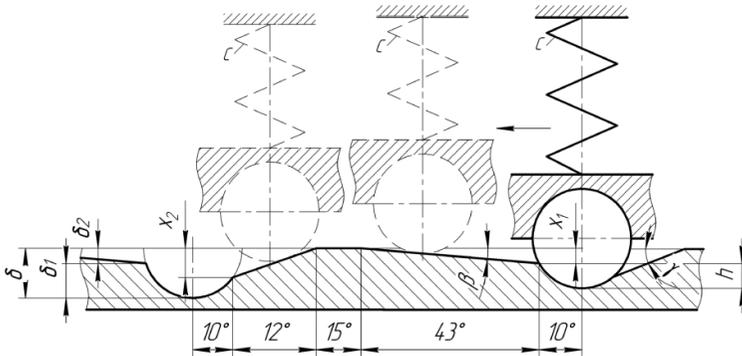


Рис. 2 – Схема розгортки робочої поверхні ведучої півмуфти

На рис. 3 зображені конструктивна схема та загальний вигляд робочої поверхні ведучої півмуфти даного запобіжного механізму. Запропонована конструкція запобіжної муфти дозволяє суттєво зменшити динамічне навантаження на привод та сили інерції в кульках, що значно підвищує довговічність та експлуатаційні характеристики.

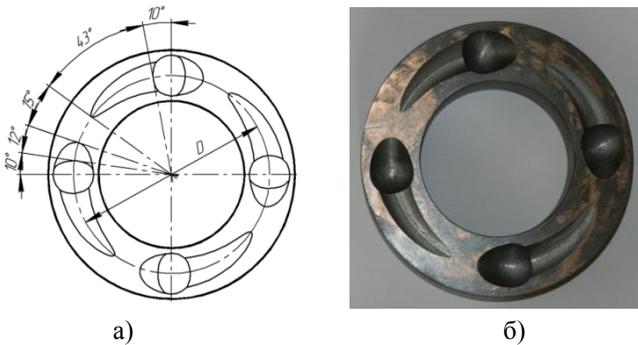


Рис. 3 – Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) робочої поверхні ведучої півмуфти запобіжної муфти

Для аналізу зміни величини крутного моменту від провертання півмуфт запобіжної муфти на різних етапах її спрацювання проведений силовий розрахунок [7, 8].

На першому етапі розглянемо зачеплення кульок з лунками ведучої півмуфти (рис. 2). При цьому початковий T_{1o} та максимальний T_{1max} крутний момент визначається за формулою (1):

$$T_{1o} = T_{1max} = \frac{Rc\delta_0}{\frac{r-h-tg\varphi\sqrt{r^2-(r-h)^2}}{\sqrt{r^2-(r-h)^2}+(r-h)tg\varphi}}, \quad (1)$$

де R – радіус розташування кульок;

c – жорсткість пружини;

δ_0 – попередній натяг пружини;

r – радіус кульки;

h – максимальна величина переміщення кульок по поверхні лунок;

φ – кут тертя.

На другому етапі, при якому кульки з веденою півмуфтою переміщуються по похилій робочій канавці ведучої півмуфти, що спричиняє осьове відведення перевантаженого шнека (рис. 2), початковий T_{2o} та максимальний T_{2max} крутний момент визначається за залежністю (2)

$$T_{2o} = T_{2max} = \frac{cR(\delta_0 + h + x_1)}{tg(90^\circ - \beta - \varphi)}, \quad (2)$$

де x_1 - біжуча величина виходу кульки з робочої канавки.

На третьому етапі, при якому кульки з веденою півмуфтою переміщуються по похилих плоских поверхнях ведучої півмуфти в напрямку лунок для відновлення початкового положення всієї системи (рис. 2), початковий T_{3o} та максимальний T_{3max} крутний момент визначається за залежністю (3):

$$T_{3o} = T_{3max} = -\frac{cR(\delta_0 + h - x_2)}{tg(90^\circ - \gamma + \varphi)}, \quad (3)$$

де x_2 - біжуча величина входу кульки у зворотну канавку.

На рис. 4 представлена залежність зміни крутного моменту ведучої півмуфти і шнека T від кута відносного провертання півмуфти ρ ,

в стачичному стані при різних кутових положеннях півмуфт при одному циклі спрацювання запобіжної муфти.

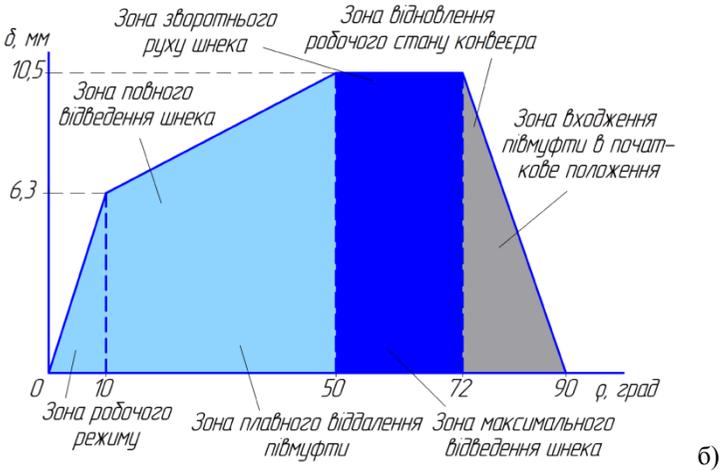
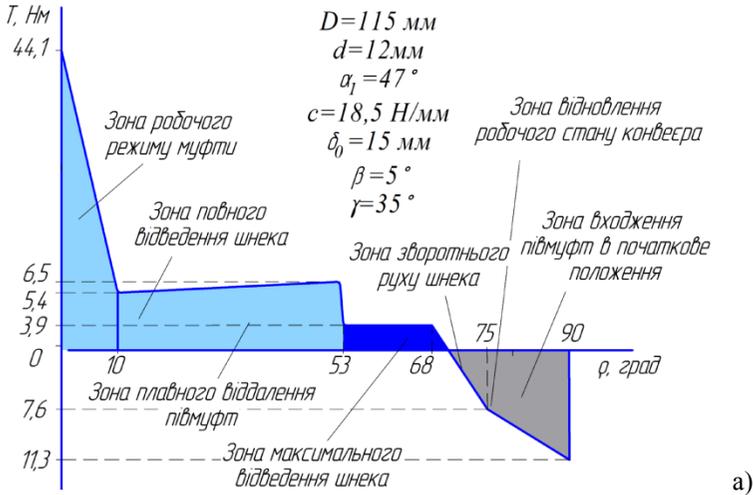


Рис.4 – Залежність крутного моменту T (а) та осевого переміщення веденої півмуфти δ (б) від зміни кута відносного провертання півмуфти ρ

З метою визначення характеру зміни максимального крутного моменту на різних етапах спрацювання запобіжної муфти, а також встановлення адекватності теоретичних розрахунків проведено її статичні експериментальні дослідження.

Для цього півмуфти запобіжного механізму закріплювали у захватах дослідної машини КМ–50–1. Навантаження ведучої півмуфти здійснювали за допомогою обертання нижнього захвату електродвигуном через систему передач. Значення крутного моменту визначали за коловою шкалою, при цьому, фіксували відносне зміщення півмуфт за допомогою кутової шкали. Також машина оснащена записуючим пристроєм, за допомогою якого викреслюється крива залежності моменту від кута повороту нижнього захвату.



Рис. 5 – Загальний вигляд станду, на якому встановлена запобіжна муфта

Загальний вигляд даного станду, на якому встановлена запобіжна муфта зображено на рис. 5.

При проведенні досліджень фіксували значення крутних моментів в залежності від кута провертання ведучої півмуфти в десятикратній повторюваності.

За результатами досліджень встановлено, що розчеплення півмуфт відбувалось при максимальному крутному моменті, який значно зменшується при виході кульок на похилі робочі канавки ведучої півмуфти. Під час руху кульок по робочих канавках крутний момент зростає не суттєво. У випадку руху кульок по похилих зворотних канавках виникає протимомент, однак його значення не перевищує момент спрацювання запобіжної муфти.

На рис. 6 представлені результати теоретичних (суцільна лінія) і експериментальних (штрихова лінія) досліджень.

З аналізу даних графічних залежностей видно, що похибка між результатами теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться в межах 3,5...19,1%.

Таким чином, за результатами порівняльних досліджень встановлено, що попередньо виведені аналітичні залежності (1), (2) і (3) для визначення крутного моменту, який передає запобіжна муфта,

адекватно відображають реальні процеси спрацювання розробленого захисного механізму. Тому дані аналітичні залежності можуть бути використані при інженерному проектуванні різних типорозмірів запобіжної муфти.

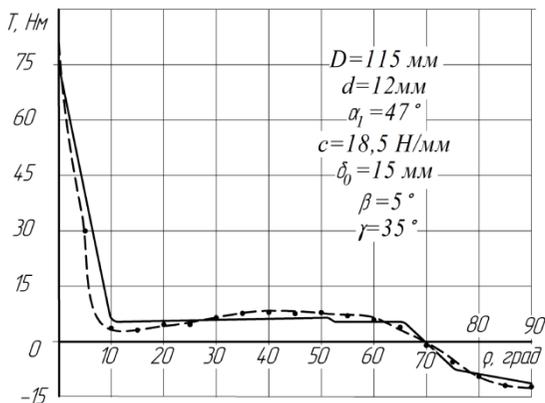


Рис. 6 – Графічні залежності зміни крутного моменту запобіжної муфти від кута відносного повертання півмуфт

Висновки. На основі проведеного патентного огляду, та аналізу існуючих конструктивно-технологічних схем захисних пристроїв гвинтових конвєсерів запропоновано нову конструкцію запобіжної муфти, яка дозволяє суттєво зменшити динамічні навантаження на привод, що значно підвищує довговічність та експлуатаційні характеристики шнекових транспортерів. Також проведений силовий аналіз роботи запобіжної муфти, який дає змогу оцінити зміну крутного моменту веденої півмуфти і шнека T від зміни кута відносного повертання півмуфт ρ . Виконані статичні експериментальні дослідження запобіжного пристрою, за результатами яких встановлено, що похибка між результатами теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться в межах 3,5...19,1%. Тому представлені в статті аналітичні залежності можуть бути використані при інженерному проектуванні різних типорозмірів запобіжної муфти.

Література

1. А.с. 1456342, МКИ В65G 33/24. Предохранительное устройство/ Б.М. Гевко, Р.Б. Гевко. – №4102349. Опубл. 07.02.89. Бюл. №5. – 3 с.

2. Клендій О.М. Вдосконалення робочого стану гвинтових конвеєрів/ О.М. Клендій, А.О. Вітровий // Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей. – Випуск 22. – Луцьк: Ред.- вид. Відділ Луцького НТУ, 2012. – С. 100 – 107.

3. Поляков В.С., Барабаш И.Д., Ряховський О.А. Справочник по муфтам/ – Л.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

4. Hevko R.B., Zalutskiy S.Z., Tkachenko I.G., Klendiy O.M. (2015) – Development and investigation of reciprocating screw with flexible helical surface, INMATEH: Agricultural engineering, vol. 46, no.2, pg. 133-138.

5. Пат. №62097 Україна, МПК В65G 53/00. Шнековий транспортер із запобіжним пристроєм / Шинкарик М.І., Клендій О.М., Вітровий А.О.: заявник і власник патенту Тернопільський національний економічний університет. - № u201101100, опубл. 10.08.2011, Бюл. №15, 2011 р.

6. Пат. №71785, МПК F16D 7/00. Запобіжний пристрій / Гевко Р.Б., Клендій О.М.: заявник і власник патенту Тернопільський національний економічний університет. - № u201200608; заявл. 19.01.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14, 2012 р.

7. Hevko R.B. The investigation of the process of a screw conveyer safety device actuation / Hevko R.B., Klendiy O.M. // INMATEH: Agricultural engineering, vol. 42, no.1, 2014 - pg. 55-60.

8. Гевко Р. Обґрунтування параметрів захисних механізмів шнекових транспортерів / Р. Гевко, О. Клендій // Вісник Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Науковий журнал № 2 (70). – Тернопіль, 2013. – С. 103 – 114.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух