

УДК 631.356

DOI 10.36910/6775-2313-5352-2022-20-02

**Білик С.Г. к.т.н., доцент, Диня В.І. к.т.н., доцент.**

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

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОВЕДЕННЯ РОЗМІРІВ ГНУЧКОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ТРОСОВОГО КОНВЕЄРА

Приведена конструкція гнучкого робочого органу тросового конвеєра, яка забезпечує транспортування сипучих матеріалів в переробній та інших галузях зменшує силу транспортування сипучих матеріалів в циліндричних трубах і покращує умови транспортування що підвищує експлуатаційну надійність і довговічність робочого органу. Виведені аналітичні залежності для визначення продуктивності тросового конвеєра і конструктивних параметрів. Технологічні процеси виробництва, пов'язаних з сипкими, порошкоподібними матеріалами нерозривно пов'язані з переміщенням великої кількості вантажів по прямолінійних і криволінійних лініях. Тому в забезпеченні транспортних потоків, комплексної механізації і автоматизації праці на підприємствах провідну роль відіграють системи циліндричних транспортно-технологічних механізмів, як одного із надійних видів транспорту. Перевагами такого транспортування є велика герметичність, різноманітність просторових криволінійних ліній, 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 ділянках транспортувальних ліній. Тому обґрунтування параметрів гнучких робочих органів тросових конвеєрів є актуальним і має важливе значення.

**Ключеві слова:** тросовий конвеєр, гнучкий робочий орган, сипучі матеріали.

**Огляд та аналіз попередніх досліджень.** Питаннями транспортування сипких матеріалів по прямих і криволінійних лініях присвячені праці Омельченка О.О.[1], Григор'єва А.М. [2], Гевка Б.М. [3] Рогатинського Р.М. [5] та багатьох інших. Транспортування сипучих матеріалів по криволінійних лініях циліндричними конвеєрами з використанням гнучких тросових робочих органів недостатньо досліджені і потребують свого подальшого опрацювання з метою зменшення зусилля транспортування і підвищення експлуатаційної надійності і довговічності робочих органів і транспортних циліндричних мереж.

**Мета роботи.** підвищення експлуатаційної надійності гнучких тросових робочих органів при транспортуванні сипучих матеріалів по криволінійних ділянках конвеєрів.

**Виклад основного матеріалу.** Підвищення експлуатаційної надійності і довговічності гнучких тросових робочих органів можна здійснювати відповідними робочими органами в яких прикладання сили подачі сипучих матеріалів здійснюється в циліндричних трубах по центрі поперечного сечення маси потоку з автоматичним саморегулюванням. В еліптичних отворах це здійснюється саморегулюванням розміщення троса в еліпсному отворі подавальних дисків.

Конструкція такого робочого органу представлена на рис.1, який виконано у вигляді гнучкого троса 1 до якого перпендикулярно до його осі жорстко закріплено подавальні диски 2 через певний крок. З двох сторін подавальні диски 2 є у взаємодії з упорними шайбами 3 з видовженими ступицями 4, в центральних отворах 5 яких жорстко закріплено гнучкий канат 1.

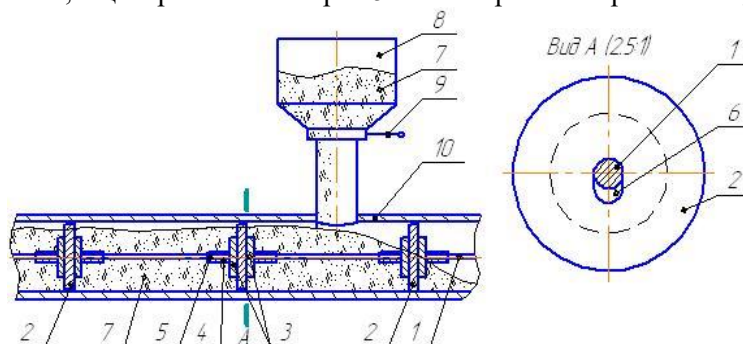


Рис. 1. Робочий орган гвинтового тросового конвеєра

По центру подавальний дисків 2 виконані вертикальні еліпсні отвори 6, менший діаметр яких є більшим зовнішнього діаметра гнучкого троса 1, а більший діаметр є рівним 2...3 зовнішнім діаметрам гнучкого троса з можливістю радіального переміщення. Таке розміщення гнучкого троса в еліпсному вертикальному отворі забезпечує самоцентрування прикладання сили подачі по центру поперечного січення транспортного потоку. Зовнішній діаметр упорних шайб 3 є меншим зовнішнього діаметра подавальних дисків 2. Для завантаження сипких матеріалів 7 в зону транспортування використовують бункер 8 з шибером 9, які встановлені зверху транспортної труби 10.

Робота робочого органу гнучкого тросового конвеєра здійснюється наступним чином. Сипкий матеріал 7 з бункера 8 при відкритому шибері 9 поступає в трубу 10 тросового конвеєра. При його переміщенні в трубі подавальні диски 2 захоплюють сипкий матеріал і переміщують до вивантажувальних вікон. Так як поперечне січення труби 10 заповнено не повністю то сила подачі сипучих матеріалів 7 буде автоматично центруватися в транспортній трубі автоматичним зміщенням троса 1 у вертикальних еліптичних отворах подавальних дисків по центру поперечного січення маси потоку. При цьому упорні шайби 3 з видовженими ступицями 4 будуть сприяти дотриманню перпендикулярного положення подавальних дисків 2 до осі троса чим будуть покращувати умови транспортування сипучих матеріалів і відповідно при цьому зменшуватимуться зусилля переміщення.

Особливістю цього робочого органу є покращення умов транспортування і зменшення зусилля переміщення вантажів в транспортних трубах 10 і відповідно збільшувати експлуатаційну надійність і довговічність робочих органів, особливо на радіусних переходах.

Для розрахунку зусиль, які діють на ланку приводу гнучкого тросового конвеєра використаємо розрахункову схему зображену на рисунку 2. Оскільки Г-подібні штовхачі привода кріпляться до привідного диска мінімум у двох локалізованих точках то внаслідок зусилля  $Q$ , яке уособлює дію маси вантажу і сил тертя транспортуючих дисків до поверхні U-подібної траси конвеєра, Г-подібний штовхач функціонує як типовий важіль і основні зусилля сконцентровані у відповідних точках його взаємодії із транспортуючим диском і місць кріплення до привідного диска, тобто точки 1, 2, 3.

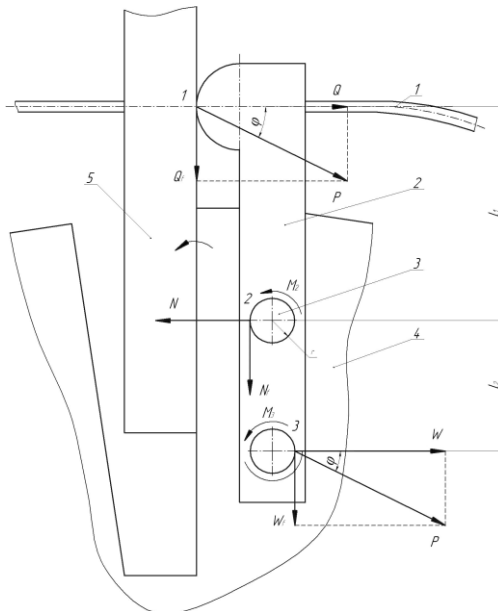


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення зусиль, які діють на ланку приводу гнучкого тросового конвеєра

1 – канат; 2 – Г-подібний штовхач; 3 – заклепки; 4 – привідний диск; 5 – подавальний диск

Відповідно для визначення співвідношення між зусиллям  $Q$  і силою  $W$ , яка діє на крайню точку кріплення Г-подібного штовхача 2 до привідного диска 4, розглянемо їх сумарну дію на прямий важіль роль якого в даному випадку виконує Г-подібний штовхач. Тобто зусилля  $Q$ , яке уособлює дію маси вантажу і сил тертя транспортуючих дисків до поверхні U-подібної траси конвеєра, діє на один кінець Г-подібного штовхача на деякій відстані  $l_1$ , числове

значення якої є конструктивною величиною, від так званої осі коливання, яка знаходиться в точці 2. Відповідно коли подавальний диск контактує із поверхнею Г-подібного штовхача зусилля  $Q$  дещо зміщує його навколо осі в точці 2, а на протилежному боці штовхача, в місці його фіксації, виникає сила  $W$ , яка діє на місце фіксації Г-подібного штовхача до привідного диска і може спричинити руйнування кріплення. Попередньо можна припустити, що внаслідок різниці між значеннями плечей  $l_1$  і  $l_2$ , а також з врахуванням втрат на тертя, що значення сил  $Q$  і  $W$  будуть різними. Для визначення співвідношення даних сил використаємо принцип обертання важеля, тобто точкою обертання у нашому випадку буде т.2. Відповідно позначимо реакцію на осі даного важеля через  $N$  від якої виникає сила тертя  $Nf$ , яка перешкоджає провертанню.

Для визначення нормальної сили  $N$  запишемо умову рівноваги Г-подібного штовхача відносно точки 3 розрахункової схеми, але без врахування сили тертя. Відповідно

$$M_3 = Nl_2 - Q(l_1 + l_2), \quad (1)$$

але

$$N = \frac{Q(l_1 + l_2)}{l_2}, \quad (2)$$

тобто

$$N = Q + W. \quad (3)$$

Для визначення співвідношення між зусиллям  $Q$ , яке уособлює дію маси вантажу і сил тертя транспортуючих дисків до поверхні U-подібної траси конвеєра та силою  $W$ , яка діє на місце фіксації Г-подібного штовхача до привідного диска, знайдемо рівняння рівноваги штовхача відносно т.2 з урахуванням тертя від сили  $N$ .

$$M_2 = Ql_1 - N \cdot f \cdot r - Wl_2 = 0, \quad (4)$$

Відповідно

$$Ql_1 = Wl_2 + N \cdot f \cdot r; \quad W = \frac{(Ql_1 - N \cdot f \cdot r)}{l_2}. \quad (5)$$

Підставивши у формулу (5) значення сили  $N$  згідно рівності (3) отримаємо

$$W = \frac{(Ql_1 - (Q + W) \cdot f \cdot r)}{l_2} = \frac{(Ql_1 - Qfr - Wfr)}{l_2}; \quad (6)$$

$$Wl_2 = Ql_1 - Qfr - Wfr; \quad (7)$$

$$Wl_2 + Wfr = Ql_1 - Qfr, \quad (8)$$

відповідно

$$W = \frac{Q(l_1 - fr)}{(l_2 + fr)}, \quad (9)$$

$$Q = \frac{W(l_2 + fr)}{(l_1 - fr)}. \quad (10)$$

Передаточне відношення рівне

$$i = \frac{W}{Q} = \frac{Q(l_1 - fr) \cdot (l_1 - fr)}{W(l_2 + fr) \cdot (l_2 + fr)} = \frac{Q(l_1 - fr)^2}{W(l_2 + fr)^2}. \quad (11)$$

Згідно даних, отриманих шляхом підстановки різних варіантів даних конструктивних параметрів з'єднуючих елементів, отримані наступні графічні залежності зміни навантаження, яке здатне сприймати з'єднання без порушення його цілісності (рис. 3, 4) для сталі Ст2, 10кп і 20кп і різних діаметрів заклепок.

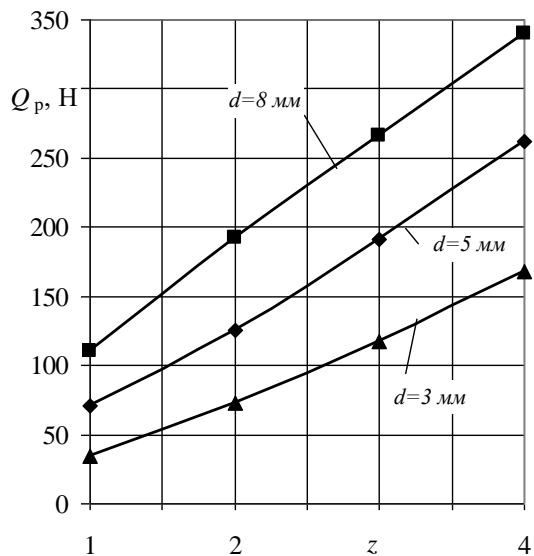


Рис. 3. Графічні залежності зміни зусилля відривання головок (розриву) з'єднання від кількості площин розриву (кількості заклепок) для різних типорозмірів заклепок

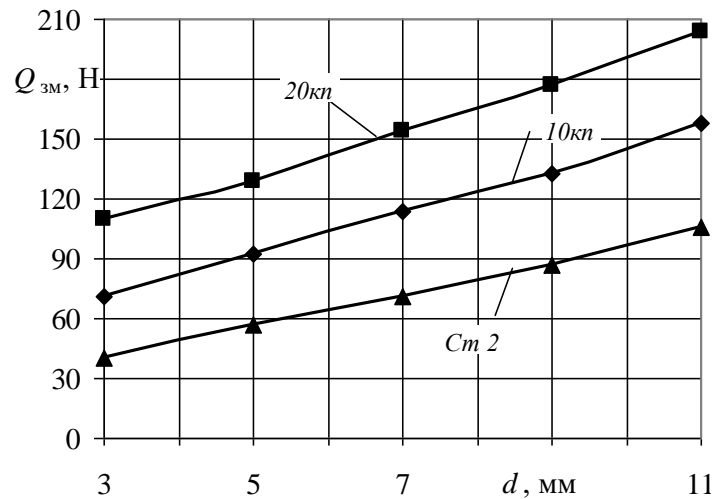


Рис. 4. Графічні залежності зміни зусилля зминання від діаметра заклепок для різних матеріалів

Як видно із графічних залежностей, отриманих розрахунком теоретичних даних, міцність з'єднання можна забезпечити підбором матеріалу заклепки, її діаметром, а також їх кількістю. Проте кожен із цих параметрів має своє обмеження, зокрема матеріали з підвищеними значеннями допустимих напружень і збільшені типорозміри заклепки (діаметри) вимагають значних зусиль при формуванні головок, а отже і відповідного обладнання. Крім того великі значення діаметрів і кількості заклепок обмежуються габаритами зони фіксації і викликають послаблення з'єднання. Тобто завищені вимоги до матеріалу заклепки, її діаметральних значень, а також кількості  $\epsilon$ , з певної точки зору, нетехнологічними, а отже недоцільними, а для вибору оптимальних значень необхідно проводити попередні перевірочні розрахунки за вище запропонованою методикою. Однак остаточний вибір раціональних значень параметрів можна провести лише після серії експериментальних досліджень.

На основі проведених теоретичних досліджень можна зробити наступні висновки:

- конструкція гнучкого робочого органу тросового конвеєра, забезпечує зменшення сили транспортування сипучих матеріалів в циліндричних трубах з радіусними ділянками і відповідно підвищує експлуатаційну надійність і довговічність цих конвеєрів;
- описані аналітичні залежності для визначення технологічних і конструктивних параметрів тросових конвеєрів і рекомендації щодо їх проектування.

#### Інформаційні джерела

1. О.О. Омельченко, Б.Д. Ткач. Довідник по механізації тваринницьких і пташинницьких ферм і комплексів. К.: Урожай, 1992. 271 с.
2. Г.М. Кухта, А.К. Колесник. Механізація и автоматизація животноводства. К.: Вища школа, 1990. 385 с.
3. В.Т. Павлице. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
4. Пат. № 54102 МПК В65G 33/00 Україна. Гнучкий канатний конвеєр. Гевко Б.М.; Ляшук О. Л.; Стефанів В. М.; Олексин О.В.; Комар Р.В.; Гевко І.Б.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201005330 заявл. 30.04. 10; опубл. 25.10. 10, Бюл. № 20.

**Bilyk S., Dynja V.**

Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine Berezhan Agrotechnical institute

## THEORETICAL PROOFS OF THE DIMENSIONS OF A FLEXIBLE WORKING BODY CABLE CONVEYOR

*The design of the flexible working body of the cable conveyor is presented, which ensures a reduction in the force of transporting bulk materials in cylindrical pipes and improves the conditions of transportation and, accordingly, increases the operational reliability and durability of the working body. Analytical dependencies are derived for determining the productivity of the cable conveyor and design parameters. Technological production processes related to loose, powdery materials are inextricably linked with the movement of a large number of loads along straight and curved lines. Therefore, systems of cylindrical transport-technological mechanisms, as one of the reliable types of transport, play a leading role in ensuring transport flows, complex mechanization and automation of work at enterprises.*

*The advantages of such transportation are great tightness, variety of spatial curvilinear lines, the possibility of using standard pipes for chutes, and round thin-walled discs for scrapers. The main disadvantage of these conveyors is insufficient operational reliability and durability, especially when moving on curved sections of transportation lines.*

*Therefore, the substantiation of the parameters of flexible working bodies of cable conveyors is relevant and important.*

**Key words:** *cable conveyor, flexible working body, loose materials.*