

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

Петро Коруняк¹, к. т. н., Сергій Баранович¹, к. т. н.,
Вікторія Вечерік-Дриженко², Олександр Оліфер³

¹ Львівський національний аграрний університет
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський район,
Львівська обл., Україна

² Стрийський фаховий коледж
вул. Львівська, 169, м. Стрий, Львівська обл., Україна

³ Екологічний фаховий коледж

вул. Замарстинівська, 167, м. Львів, Україна

e-mail: petrokoruniak@gmail.com, baranovich1977@ukr.net, valova887@gmail.com,
super_igor22@ukr.net

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2020.24.033>

Коруняк П., Баранович С., Вечерік-Дриженко В., Оліфер О. Підвищення ефективності використання стрічкових конвеєрів

Робота присвячена розробці крутопохилого пересувного стрічкового конвеєра. У результаті проведеного літературного аналізу існуючих конструкцій похилих стрічкових конвеєрів запропоновано нескладну конструкцію, яка дозволяє забезпечити переміщення насипного вантажу на кут, більший за кут природного відкосу вантажу, без збільшення робочої вітки транспортера, а також зменшити час на регулювання зміни підйому вантажу, що зменшить собівартість навантажувально-розвантажувальних операцій сипких вантажів. Запропонована конструкція розробленого крутопохилого пересувного стрічкового конвеєра уможливує переміщення сипкого вантажу завдяки використанню транспортувальної стрічки, виконаної з накладним еластичним елементом, який розміщений на несучій стрічці складкоподібно із заданим кроком і по краях закріплений до неї. За умови транспортування вантажу під кутом, меншим за кут природного відкосу, він рухається суцільним потоком у робочу зону розвантаження. У разі встановлення конвеєра під кутом, більшим за кут природного відкосу, унаслідок відносного руху вантажу стрічкою під дією земного тяжіння (зсуву) накладні еластичні елементи розкриваються та утворюють своєрідні кишені, якими вантаж подається в зону розвантаження, після чого стрічка набуває попередньої форми. Проведено числове експериментальне дослідження в системі *Mathcad*, де розглянуто вплив зміни продуктивності конвеєра залежно від зміни кута нахилу стрічки конвеєра, а також впливу властивостей сипкого матеріалу, що транспортується. Представлені графічні результати досліджень продуктивності конвеєра за умови нахилу стрічки конвеєра під кутом, меншим від кута природного відкосу матеріалу, а також відображено продуктивність конвеєра за умови його роботи, коли кут нахилу стрічки конвеєра більший від кута природного відкосу матеріалу.

Ключові слова: крутопохилий конвеєр, стрічка, сипкий вантаж, еластичний елемент, кут природного відкосу.

Koruniak P., Baranovych S., Vecherik-Dryzhenko V., Olifer O. Improving the efficiency of belt conveyors use

The work is devoted to development of a steeply inclined mobile belt conveyor. Due to the literary analysis of the existing designs of inclined belt conveyors, a simple design was proposed. This design allows moving the bulk cargo to a bigger angle than the angle of repose of the cargo, without increasing the working branch of the conveyor. It can also reduce the time for adjusting the change of lifting of the cargo that reduces the cost of loading and unloading operations of bulk cargoes.

The proposed design of the developed steeply inclined mobile belt allows the movement of bulk cargoes. It is due to the use of a conveyor belt that is used with an overhead elastic element. The elastic element is placed on the carrier belt in a folded manner. It has a given step and it is attached to the edges of the belt. If the cargo is transported at an angle less than the angle of repose, it moves in a continuous stream into the working area for unloading. In the case of installing the conveyor at an angle that is bigger than the angle of repose and the relative movement of the cargo with the belt under the action of gravity (displacement), overhead elastic elements open and form certain pockets. In this way, these pockets feed the cargo into the unloading zone, and then the belt receives the previous shape.

The numerical experimental study was carried out in the *Mathcad* system. In this study, the authors of the research considered the influence of the change in the productivity of the conveyor depending on the change in the angle of the conveyor belt and the influence of the properties of the bulk material that was transported. The article presents graphical results of conveyor productivity research under the condition of an inclination of the conveyor belt at an angle that is less than the angle of repose of the material. Besides, productivity of the conveyor was shown under the condition of its operation when the angle of the conveyor belt was bigger than the angle of repose.

Key words: steeply inclined conveyor, belt, bulk cargo, an elastic element, angle of repose.

Постановка проблеми. Машини безперервного транспорту займають провідне місце серед підйимально-транспортувальних пристроїв різного призначення. Високопродуктивна робота сучасного підприємства неможлива без правильно організованих і надійно функціонуючих засобів промислового транспорту.

Стрічкові конвеєри знаходять широке застосування в багатьох галузях промисловості: машинобудуванні, приладобудуванні, металургійній, хімічній, будівельній промисловості тощо [2; 8]. Без цих засобів неможливі виробничі процеси не тільки у відкритих гірських розробках (відвалоутворення), шахтах, а й під час збирання та зберігання сільськогосподарської продукції [1].

Конвеєри є невід'ємною складовою частиною сучасного технологічного процесу – вони встановлюють і регулюють темп виробництва, забезпечують його ритм, сприяють підвищенню продуктивності праці і якості випуску продукції. Конвеєри є основними засобами комплексної механізації та автоматизації транспортувальних і завантажувально-розвантажувальних робіт і потокових технологічних операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Під час розв'язання задачі раціонального вибору типу конвеєра, з метою забезпечення найбільшого технічного і економічного ефекту, необхідно враховувати низку факторів. До них слід віднести властивості транспортувальних вантажів, розташування пунктів завантаження та розвантаження, а також відстань між ними; необхідну продуктивність машин, ступінь автоматизації вироб-

ничого процесу, в якому бере участь запроєктована транспортувальна машина, спосіб зберігання вантажу тощо.

Багатолітня історія розвитку техніки запропонувала широкий ряд схем та конструкцій стрічкових конвеєрів як загального, так і спеціального призначення. Стрічкові конвеєри використовують для транспортування в горизонтальному і похилому напрямках під кутом $18...20^\circ$ найрізноманітніших насипних та штучних вантажів. Вони використовуються як завантажувальні та перевантажувальні пристрої, а також такі, що здійснюють технологічні функції в гнучкому автоматизованому виробництві. Окремо варто виділити конвеєри, що влаштовані на мобільних машинах (комбайнах), специфіка їх роботи вносить конструктивні особливості щодо розміщення, схеми та типу приводу і несучої системи [2; 8].

Стрічковий конвеєр – це пристрій безперервної дії з робочим органом у вигляді замкнутої гнучкої стрічки, який здійснює функції переміщення та несучого елемента вантажу (рис. 1). Стрічка приводиться в рух під дією сили тертя між нею і привідним барабаном, спираючись по всій довжині транспортування на стаціонарні опорні конструкції. Оскільки це обладнання являє собою комплекс, який складається з пристроїв, механізмів та допоміжних механізмів, це дає змогу вдосконалення його конструкції в багатьох напрямках: завантаженні-розвантаженні транспортера, опорних елементів, поліпшенні умов зчеплення стрічки з барабанами, роботи і конструкції привідних і натяжних механізмів, поставу та загалом конструкції обладнання.

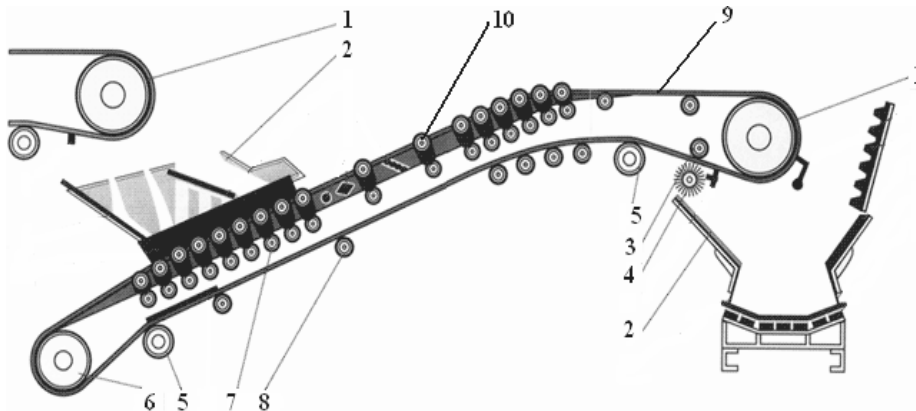


Рис. 1. Стрічковий конвеєр:

- 1 – привідний барабан; 2 – завантажувальний лоток; 3 – притискний ролик;
4 – очисний пристрій; 5 – відхиляючий барабан; 6 – кінцевий барабан;
7 – амортизуючі роликоопори; 8 – нижні роликоопори; 9 – стрічка; 10 – верхні роликоопори

Fig. 1. Belt conveyor:

- 1 – drive drum; 2 – loading tray; 3 – clamping roller; 4 – cleaning device;
5 – deflecting drum; 6 – the final drum; 7 – shock-absorbing roller supports;
8 – lower roller supports; 9 – tape; 10 – upper roller supports

Крутопохилий конвеєр – різновид стрічкового і призначений для переміщення вантажів під кутом до горизонту піднімання понад 18° . Порівняно зі звичайним стрічковим конвеєром він дає змогу значно скоротити довжину транспортування за однакової висоти піднімання і знизити обсяг капітальних витрат на транспортувальні роботи, зменшити виробничу площу, яку він займає у виробничому приміщенні або ж на території обслуговуваного об'єкта. Треба зауважити, що конструкція таких конвеєрів значно складніша від звичайних, містить додаткові механізми та елементи і вимагає додаткових розрахунків. Серед них відомі такі конвеєри, як двострічкові, трубчасті стрічкові, а також телескопічні стрічкові [11].

До прикладу, можна запропонувати одну з конструкцій стрічкового транспортера для переміщення сипких матеріалів стрічкою всередині напямної труби [10] і в подальшому нами вдосконаленою конструкцією, показаною на рис. 2.

Підвищення ефективності роботи таких конвеєрів, а саме збільшення кута нахилу транс-

портування до горизонту, можна досягти завдяки накладним еластичним елементам, розташованим на робочій поверхні транспортувальної стрічки із заданим кроком. Це досягається тим, що стрічка набуває жолобоподібної форми під час транспортування насипного вантажу у напямній трубі і накладні еластичні елементи, деформуючись, утворюють дугоподібні перегородки у вигляді кишень. Таке конструктивне рішення уможливорює сповільнення текучості вантажу на стрічці та переміщення його під більшим кутом до горизонту за тих самих виробничих умов.

Крутопохилий конвеєр можна використовувати в конструкціях звичайних перевантажувачів, мобільного технологічного обладнання, приймальних стріл роторних екскаваторів тощо.

На рис. 3 зображено стрічковий конвеєр (транспортер) зі змінним кутом нахилу, особливо зручний для виконання нескладних операцій, наприклад, для завантаження будь-яких видів транспорту, а гідравлічний привід дозволяє без зусиль змінювати кут його нахилу від 8 до 35 градусів.

Рис. 2. Стрічковий конвеєр для сипких вантажів: 1 – натяжна станція; 2 – транспортувальна стрічка; 3 – привідна станція; 4 – напямна труба; 5 – еластичні елементи у вигляді дугоподібних перегородок; 6 – завантажувальний бункер; 7 – розвантажувальний бункер

Fig. 2. Belt conveyor for bulk cargo: 1 – tension station; 2 – conveyor belt; 3 – drive station; 4 – guide pipe; 5 – elastic elements in the form of arcuate partitions; 6 – loading hopper; 7 – unloading hopper

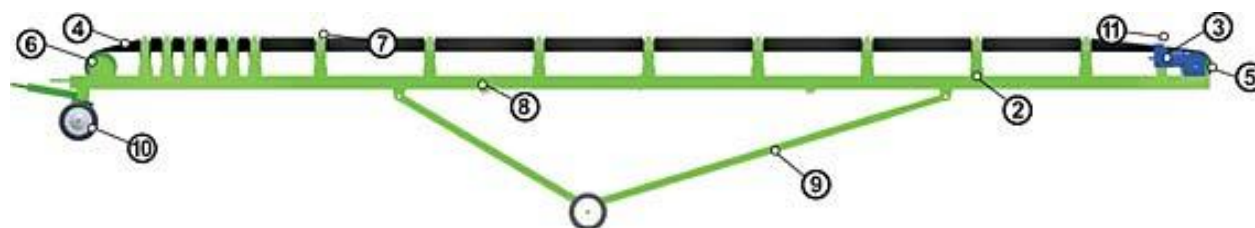
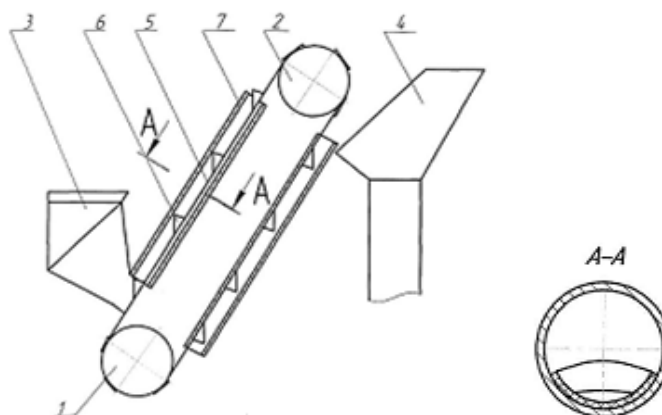


Рис. 3. Стрічковий завантажувальний транспортер: 1 – опорна конструкція; 2 – рама конвеєра; 3 – мотор-редуктор; 4 – транспортувальна стрічка; 5 – привідний барабан; 6 – барабан натяжний; 7 – роликоопори верхні несучі; 8 – роликоопори нижні; 9 – опори кутові; 10 – вертикальна опора (вертикальна поворотна за наявності коліс); 11 – ролики кінцеві

Fig. 3. Belt loading conveyor: 1 – supporting structure; 2 – conveyor frame; 3 – motor-reducer; 4 – conveyor belt; 5 – drive drum; 6 – tension drum; 7 – roller supports upper bearing; 8 – lower roller supports; 9 – angular supports; 10 – vertical support (vertical swivel in the presence of wheels); 11 – the final rollers

Основними напрямками розвитку стрічкових конвеєрів є збільшення довжини транспортування без перевантаження, продуктивності (завдяки зростанню швидкості і корисного навантаження на стрічку) та кута нахилу. Важливою задачею є також зменшення ваги конструкції, підвищення терміну служби і надійності роботи, забезпечення повного автоматичного керування в комплексному обладнанні.

Практика й дослідження показують, що стрічкові конвеєри за своїм призначенням та конструктивним виконанням характеризуються значною різноманітністю. Крім того, велику кількість актуальних виробничих завдань можна реалізувати зі застосуванням відповідних і спеціальних конвеєрних стрічок. Проте слід зауважити, що найдорожчим і найменш довговічним елементом конвеєра є стрічка, яка й визначає його основні параметри роботи.

Тому це питання, як ніколи, на сьогодні є актуальним для нашої держави в розвитку малого і середнього підприємництва, особливо в галузях агропромислового комплексу. В умовах недофінансування вказаного напрямку економіки такі конструктивні вдосконалення існуючого обладнання будуть корисними і знайдуть своє місце на окремо взятому виробництві.

Окресленими питаннями займаються і співробітники кафедри машинобудування ЛНАУ.

Впроваджуючи конструкторські новації, зокрема у стрічкові конвеєри, вони пропонують способи розширення функціональних можливостей існуючого обладнання та підвищення ефективності його роботи [3–6; 9].

Постановка завдання. Наше завдання – вдосконалення конструкції пересувного стрічкового конвеєра з гофрованою стрічкою та розширення його функціональних можливостей у транспортуванні сипких вантажів у похилому напрямку.

Виклад основного матеріалу. Огляд літературних джерел показує, що за останні роки запропоновано багато конструкцій з підвищеним кутом нахилу стрічкових конвеєрів та різні варіанти їх конструктивного виконання [1; 11; 12]. Аналізуючи їх роботу, запропонована конструкція (рис. 4), яка уможливіє більш ефективне використання стрічки під час транспортування сипких вантажів у похилому напрямку.

Під час розробки конструкції конвеєра до неї ставили такі вимоги:

- простота конструкції,
- можливість регулювання параметрів його роботи в широких межах;
- стійкість режимів роботи і стабільна продуктивність.

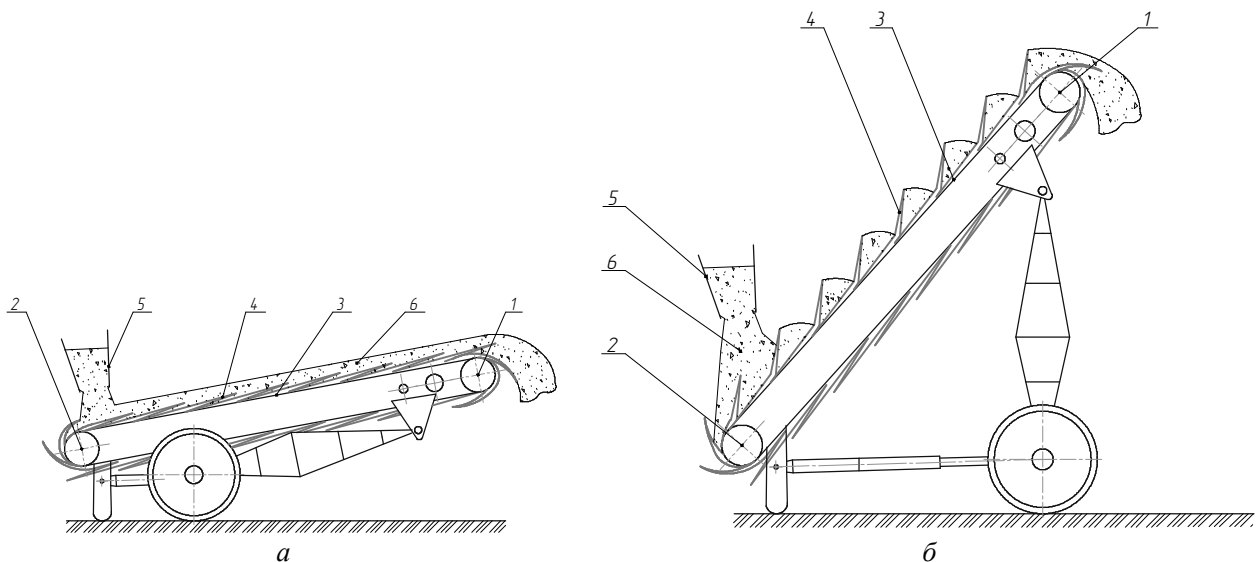


Рис. 4. Схема крутопохилого стрічкового конвеєра: *а)* кут нахилу стрічки конвеєра менший за кут природного відкосу матеріалу; *б)* кут нахилу стрічки конвеєра більший за кут природного відкосу матеріалу;

1 – привідний барабан, 2 – натяжний барабан, 3 – транспортувальна стрічка,
4 – накладний еластичний елемент, 5 – завантажувальний бункер, 6 – насипний вантаж

Fig. 4. Scheme of a steep belt conveyor: *a)* the angle of the conveyor belt is less than the angle of natural slope of the material; *б)* the angle of the conveyor belt is greater than the angle of natural slope of the material; 1 – drive drum, 2 – tension drum, 3 – conveyor belt, 4 – overhead elastic element, 5 – loading hopper, 6 – bulk cargo

Принцип роботи крутопохилого пересувного стрічкового конвеєра полягає в тому, що завдяки натяжному барабану 2 транспортувальна стрічка 3 з накладним еластичним елементом 4 приводиться в робочий стан і урухомлюється привідним барабаном 1. Вантаж 6 надходить зі завантажувального бункера 5 на стрічку конвеєра. За умови транспортування вантажу під кутом, меншим за кут природного відкосу, він рухається суцільним потоком у робочу зону розвантаження. У разі встановлення конвеєра під кутом, більшим за кут природного відкосу, завдяки відносному руху вантажу стрічкою (зсуву) накладні еластичні елементи 4 розкриваються і загальмовують цей рух, утворюючи своєрідні кишені, якими вантаж подається в зону розвантаження, після чого стрічка набуває попередньої форми.

Під час проведення числового експерименту в середовищі віртуального моделювання роботи стрічкового пересувного крутопохилого конвеєра в системі *Mathcad* досліджували зміну продуктивності конвеєра залежно від зміни кута нахилу стрічки конвеєра, а також впливу властивостей сипкого матеріалу, що транспортується.

На рис. 5 наведено графічні результати досліджень продуктивності конвеєра за умови нахилу стрічки конвеєра під кутом, меншим від

кута природного відкосу матеріалу. Кут нахилу конвеєра під час розрахунку задається коефіцієнтом, який приймається з довідкової літератури [2; 8] і відповідає певному куту.

За умови роботи конвеєра, коли кут нахилу стрічки менший від кута природного відкосу матеріалу, бачимо, що зі збільшенням кута нахилу стрічки або відповідно зменшенням коефіцієнта нахилу продуктивність зменшується і може дійти до 0. Така зміна є характерною для всіх видів вантажу. Також зі зменшенням кута природного відкосу матеріалу зменшується й продуктивність.

На графіку (рис. 6) відображено продуктивність конвеєра за умови його роботи, коли кут нахилу стрічки конвеєра більший від кута природного відкосу матеріалу. За умови роботи конвеєра з кутом нахилу стрічки, більшим від кута природного відкосу, із збільшенням кута нахилу стрічки продуктивність збільшується, оскільки матеріал потрапляє в кишеню стрічки, а продуктивність буде обмежена її об'ємом. Зміна продуктивності також є характерною для всіх видів вантажу і незначно залежить від природного кута відкосу матеріалу, оскільки отримані графічні результати залежності від типу вантажу накладаються. Варто зауважити, що зі зменшенням кута природного відкосу матеріалу зменшується й продуктивність.

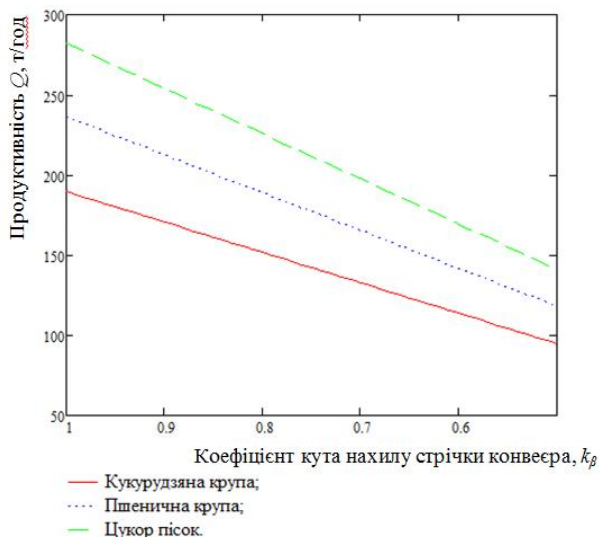


Рис. 5. Графік залежності продуктивності конвеєра за умови, коли кут нахилу стрічки менший від кута природного відкосу матеріалу

Fig. 5. Graph of the dependence of the conveyor productivity under condition when the angle of the belt is less than the angle of the material natural slope

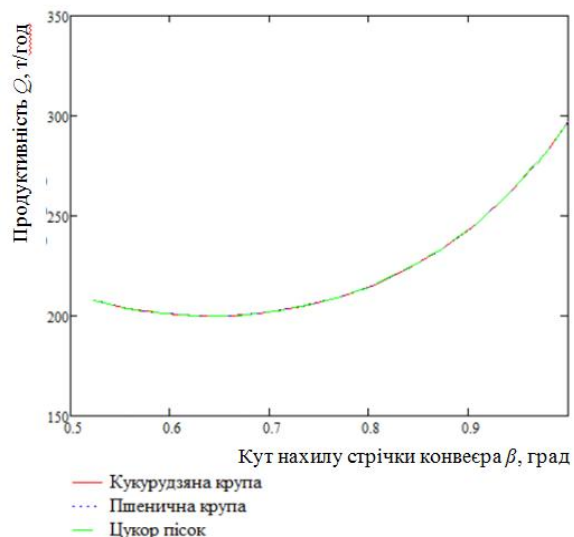


Рис. 6. Графік залежності продуктивності конвеєра за умови, коли кут нахилу стрічки більший від кута природного відкосу матеріалу

Fig. 6. Graph of the dependence of the conveyor productivity under condition when the angle of the belt is greater than the angle of the material natural slope

У результаті числового експерименту моделювання роботи крутопохилого стрічкового конвеєра було встановлено, що з використанням кишені на стрічці підвищується продуктивність і вона буде обмежена об'ємом кишені на стрічці. Це, своєю чергою, дозволить застосовувати конвеєр у широкому діапазоні кутів нахилу стрічки.

Висновки

Запропонована конструкція крутопохилого пересувного стрічкового конвеєра є нескладною і може забезпечити переміщення насипного вантажу під значним кутом нахилу на більшу висоту без збільшення його робочої вітки і виробничих площ, що є ефективним у роботі та зручним в обслуговуванні. Використання запропонованої конструкції конвеєра стане в пригоді в умовах малого і середнього підприємництва. Їх можна використовувати в машинах для переміщення вантажів (виробів) згідно з технологічним процесом поточного виробництва від одного робочого місця до іншого, від однієї технологічної операції до іншої, встановлюючи, організовуючи і регулюючи темп виробництва і поєднуючи, у низці випадків, функції накопичувача.

Бібліографічний список

1. Вайсон А. А. Подъемно-транспортные машины. Москва: Машиностроение, 1989. 536 с.
2. Зенков Р. Л., Ивашков И. И., Колобов Л. Н. Машины непрерывного транспорта. Москва: Машиностроение, 1980. 304 с.
3. Коруняк П., Баранович С., Ковальчук Т. Шляхи вдосконалення конструкцій стрічкових конвеєрів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2014. № 18. С. 245–250.
4. Коруняк П. С., Малащенко В. О. Спосіб регулювання форми поперечного перерізу стрічки стрічкового конвеєру. *Підйомно-транспортна техніка*. 2015. № 1. С. 48–51.
5. Пасіка В. Р., Малащенко В. О., Коруняк П. С. Проектування стрічкових конвеєрів з розширеними функціональними можливостями. *Матеріали XIV Міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків*, 23-24 трав. 2019 р. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2019. С. 65–67.
6. Пасіка В. Р., Малащенко В. О., Коруняк П. С. Пропозиції до проектування стрічкових конвеєрів з розширеними функціональними можливостями. *Підйомно-транспортна техніка*. 2020. № 1. С. 61–66.
7. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник / В. С. Бондарев та ін. Київ: Вища шк., 2009. 734 с.
8. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроительных вузов. 3-е изд., перераб. Москва: Машиностроение, 1983. 487 с.
9. Стрічковий конвеєр: пат. 95317 Україна: МПК В65G 17/00; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24.
10. Стрічковий транспортер для насипних вантажів: пат. 56890 Україна: МПК В65G 25/00; опубл. 25.01.11, Бюл. № 2.
11. Черненко В. Д. Теория и расчет крутонаклонных конвейеров. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1985. 292 с.
12. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. Москва: Машиностроение, 1987. 336 с.

Стаття надійшла 17.10.2020