

РОЗРАХУНОК ТРУБЧАСТОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА З ПРОСТОРОВОЮ ТРАСОЮ ТРАНСПОРТУВАННЯ

О.Л. Ляшук, к.т.н, Дячун А.Є. к.т.н, Олексишин О.В.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

Приведено розрахункову схему для визначення силових характеристик канатного гнучкого конвеєра, які здійснюють транспортування сипких матеріалів в агропромисловому комплексі по криволінійних трасах і відносяться до екологічно-чистого виду транспорту. Виведені аналітичні залежності для визначення продуктивності і конструктивних параметрів

Постановка проблеми. Технологічні процеси виробництва в агропромисловому комплексі і других виробництвах нерозривно пов'язані з переміщенням великої кількості вантажів. В окремих виробництвах на одну тону готової продукції витрачають десятки тон сировини, що транспортується транспортно-технологічними системами. Тому в забезпеченні транспортних потоків і комплексної механізації праці на підприємствах з переміщенням сипких матеріалів агропромислового комплексу провідну роль відіграють транспортно-технологічні системи і в тому числі гнучкі канатні і ланцюгові конвеєри, як єдиний можливий транспорт для транспортування сипких матеріалів по криволінійних трасах з забезпеченням екологічно чистих умов праці.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням конструктивних і технологічних параметрів транспортно-технологічних систем сипких матеріалів присвячені роботи: Григорьева А.М.[1], Зенкова Р.Л. [2], Гевка Б.М. [3], Рогатинського Р.М. [4] та багатьох інших. Розроблення і дослідження технологічних процесів транспортування сипких матеріалів гнучкими канатними конвеєрами приділено недостатньо уваги і вони потребують свого подальшого вирішення.

Мета роботи. Розроблення нових конструкцій гнучких канатних конвеєрів і методики їх розрахунку.

Робота виконується згідно Постанови Кабінету Міністрів України „Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентною технікою” на 2010...2015 рр.

Реалізація роботи. Трубчасті скребкові конвеєри впроваджують у різних галузях промисловості та сільському господарстві для транспортування однорідних сипких вантажів. Вони економічно доцільні, оскільки дають змогу ефективно використовувати виробничі площі й транспортувати вантажі по трубчастому вантажопроводу, який можна прокласти по складній просторовій трасі.

Для визначення необхідної потужності двигуна на приводі канатного гнучкого конвеєра для переміщення сипкого вантажу на похилених і криволінійних ділянках розглянемо розрахункову схему на рис. 1.

Необхідну потужність двигуна для переміщення вантажу по трьох ділянках труби канатного конвеєра згідно розрахункової схеми на рис. 1 визначаємо за формулою:

$$N = \frac{k_1 \sum_{i=1}^n P_{oi} v_k}{1000\eta}, \quad (1)$$

де k_1 – коефіцієнт запасу потужності; P_{oi} – сила опору на i -тій ділянці, Н; n – кількість характерних ділянок конвеєра; v_k – швидкість переміщення робочого органу конвеєра, м/с; η – коефіцієнт корисної дії приводу.

На представленій розрахунковій схемі рис. 1 можна виділити три характерні ділянки: дві нахилені під кутами α_1 і α_2 та одну радіусну ділянку з кутом обхвату $d\beta$.

Визначимо силу опору на першій ділянці:

$$P_{01} = [(m_0 + m_1) \sin \alpha_1 + (m_0 f_1 + m_1 f_2) \cos \alpha_1] g L_1, \quad (2)$$

де m_0 – маса одного погонного метра каната із скребками, кг/м; m_1 – маса одного погонного метра вантажу, що переміщується конвеєром, кг/м; f_1 – коефіцієнт тертя між скребком конвеєра та внутрішньою поверхнею труби; f_2 – коефіцієнт тертя між вантажем та внутрішньою поверхнею труби; α_1 – кут нахилу конвеєра на першій ділянці, град; g – прискорення вільного падіння м/с; L_1 – довжина першої ділянки, м.

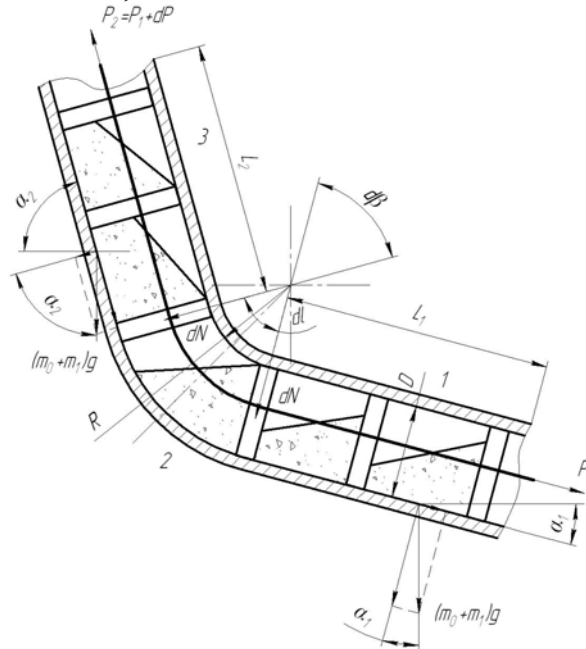


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення силових характеристик канатного гнучкого конвеєра

Аналогічно знаходимо силу опору на третій ділянці:

$$P_{03} = [(m_0 + m_1) \sin \alpha_2 + (m_0 f_1 + m_1 f_2) \cos \alpha_2] g L_2, \quad (3)$$

де α_2 – кут нахилу конвеєра на третій ділянці, град; L_2 – довжина третьої ділянки, м.

На радіусній ділянці 2 конвеєра появляються додаткові сили опору внаслідок переміщення скребків конвеєра по криволінійній внутрішній поверхні труби радіусом R .

Розглянемо радіусну частину конвеєра як елементарну ділянку обмежену кутом $d\beta$. Визначаємо нормальну силу реакції труби на скребок:

$$dN = 2P \sin \frac{d\beta}{2}, \quad (4)$$

де P – сила натягу каната, Н; $d\beta$ – елементарний кут радіусної ділянки, рад.

Для малих кутів на елементарних ділянках $\sin \frac{d\beta}{2} = \frac{d\beta}{2}$, тоді

$$dN = Pd\beta. \quad (5)$$

Приріст натягу каната на елементарній ділянці dl визначаємо як приріст на переміщення ваги вантажу і елементів конвеєра та зростання опору переміщення на радіусній поверхні конвеєра:

$$dP = \left[(m_0 + m_1) \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + m_1 f_2 \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right] gdl + f_3 dN, \quad (6)$$

де f_3 – коефіцієнт тертя між скребком та внутрішньою радіусною поверхнею труби.

Довжину елементарної ділянки визначаємо за формулою:

$$dl = Rd\beta. \quad (7)$$

Підставляючи формули (5) і (7) у формулу (6) одержимо:

$$dP = \left[(m_0 + m_1) \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + m_1 f_2 \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right] gRd\alpha + f_3 Pd\alpha. \quad (8)$$

Проводимо розв'язок диференціального рівняння (8):

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{\left[(m_0 + m_1) \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + m_1 f_2 \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right] \frac{gR}{f_3} + P} = \int_0^\beta d\beta. \quad (9)$$

де P_1 – натяг канату до радіусної поверхні, Н; P_2 – натяг канату після радіусної поверхні, Н.

Після інтегрування рівняння (9) одержимо:

$$\ln \left(\left[(m_0 + m_1) \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + m_1 f_2 \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right] \frac{gR}{f_3} + P_2 \right) - \ln \left(\left[(m_0 + m_1) \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + m_1 f_2 \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right] \frac{gR}{f_3} + P_1 \right) = \beta. \quad (10)$$

Після спрощення рівняння (10) одержимо:

$$P_2 = P_1 e^{f_3 \beta} + \left[(m_0 + m_1) \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + m_1 f_2 \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right] \frac{gR}{f_3} (e^{f_3 \beta} - 1). \quad (11)$$

Тоді силу опору на другій радіусній ділянці конвеєра визначаємо за формулою:

$$P_{o2} = P_2 - P_1; \quad (12)$$

$$P_{o2} = \left(P_1 + \left[(m_0 + m_1) \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + m_1 f_2 \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right] \frac{gR}{f_3} \right) (e^{f_3 \beta} - 1). \quad (13)$$

Масу погонного метра вантажу визначаємо за формулою:

$$m_1 = \frac{Q}{3,6 v_k}, \quad (14)$$

де Q – продуктивність конвеєра, т/год.

Швидкість переміщення конвеєра:

$$v_k = \frac{4Q}{3600 \pi D^2 \gamma \psi}, \quad (15)$$

де D – внутрішній діаметр труби, м; γ – питома густина вантажу т/м³; ψ – коефіцієнт заповнення конвеєра.

Загальну продуктивність гнучкого гвинтового конвеєра визначають за формулою [1]:

$$Q_3 = \psi_1 \varphi (1 + \sqrt{1 - \varphi}) \sin \alpha_3 (\cos \alpha_3 - \mu \sin \alpha_3) \frac{\pi D_1^3 \omega}{16} \gamma k_1 k_4, \quad (16)$$

де ψ_1 – коефіцієнт, що враховує відхилення швидкості переміщення матеріалу від середньої швидкості; φ – коефіцієнт заповнення міжвиткового об'єму гвинтового робочого органу; α_3 – кут нахилу витка шнека, град; μ – коефіцієнт тертя між матеріалом і шнеком; k_1 – коефіцієнт, який враховує зміну продуктивності транспортування від просипання через проміжки та перекидання матеріалу через гвинт для нахилених транспортерів; k_4 – коефіцієнт, що враховує кут нахилу гвинтового конвеєра; ω – кутова швидкість гвинтового робочого органу, рад/с; D_1 – зовнішній діаметр гвинтового робочого органу, м.

Потужність транспортування матеріалу на основі попередніх досліджень [2]:

$$N = \frac{k_{np} k_b k_d Q_3 (H + k_5 L)}{367}, \quad (17)$$

де k_{np} – коефіцієнт, що враховує витрати на переміщення матеріалу по гвинтовій лінії; k_b – коефіцієнт, що враховує неточність виготовлення шнека; k_d – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості гвинтового конвеєра;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; H – висота піднімання вантажу, м ; k_5 – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя по довжині транспортера; L – довжина шляху переміщення вантажу, м .

Коефіцієнти у рівняннях (16) та (17) визначаємо на основі експериментальних досліджень.

Довжину шляху переміщення вантажу визначаємо за формулою:

$$L = L_1 + L_2 + \left(R + \frac{D}{2} \right) \beta. \quad (18)$$

Висота піднімання вантажу:

$$H = L_1 \sin \alpha_1 + L_2 \sin \alpha_2. \quad (19)$$

На основі формул (1) та (17) будемо графічні залежності необхідної потужності для транспортування матеріалів від продуктивності канатного гнучкого конвеєра і гвинтового гнучкого конвеєра.

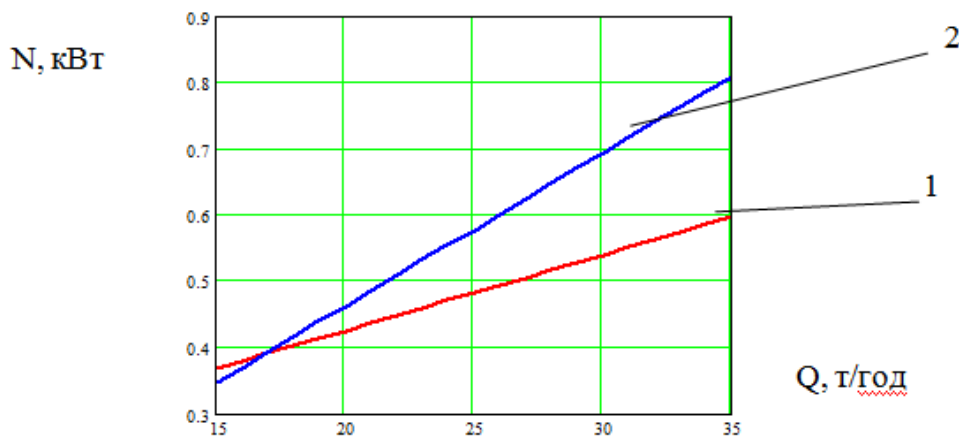


Рис. 2. Залежність потужності конвеєрів від продуктивності: 1 – для гнучкого канатного конвеєра, 2 – для гнучкого гвинтового конвеєра

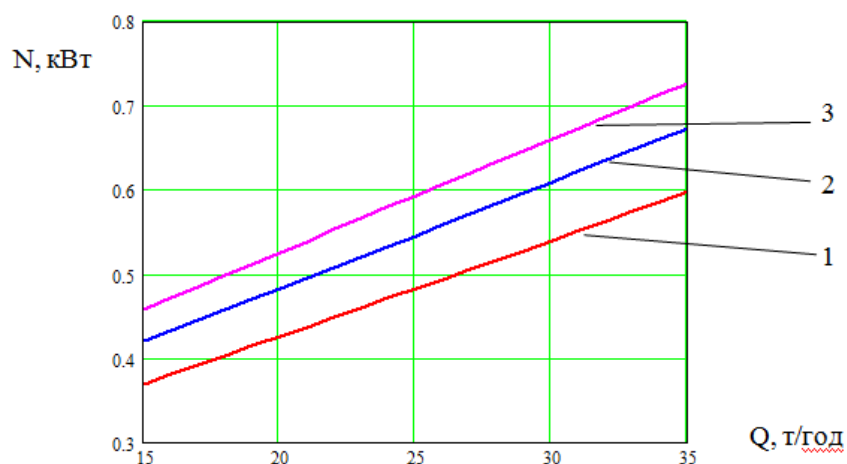


Рис. 3. Залежність потужності гнучкого канатного конвеєра від продуктивності: 1. $\alpha_1=10^\circ$, $\alpha_2=70^\circ$; 2. $\alpha_1=20^\circ$, $\alpha_2=80^\circ$; 3. $\alpha_1=30^\circ$, $\alpha_2=90^\circ$

Висновок. 1. Приведено розрахункову схему для визначення силових характеристик канатного гнучкого конвеєра, які здійснюють транспортування

сипких матеріалів в агропромисловому комплексі по криволінійних трасах і відносяться до екологічно-чистого виду транспорту.

2. Наведені графічні залежності необхідної потужності для транспортування матеріалів від продуктивності канатного гнучкого конвеєра і гвинтового гнучкого конвеєра.

Список використаних джерел

1. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры. [Текст] / А.М. Григорьев // –М.: Машиностроение., 1972.–184с.

2. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. [Текст] / Р.Л. Зенков // –М.: Машиностроение., 1964.–250с.

3. Гевко Б.М., Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. [Текст] / Б.М. Гевко, Р.М.Рогатинський // –Львов : Из-во при Львовском университете, 1969.–176.

4. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів із сировиною сільськогосподарського виробництва. Дис.док.техн.наук. –К.1997.–502с.

5. Любін М.В. Механізація транспортуючих та вантажопідйомних робіт. [Текст] / М.В. Любін, П.С. Берник //– Київ – Вінниця : Урожай, 1996. -191с.

Анотация

Расчет трубчатого скребкового конвейера с пространственной трассой транспортировки

Ляшук О.Л., Дячун А.Е., Олексішин О.В.

Приведена расчетная схема для определения силовых характеристик канатного гибкого конвейера, которые осуществляют транспортировку сыпучих материалов в агропромышленном комплексе по криволинейным трассам и относятся к экологически чистого виду транспорта. Выведены аналитические зависимости для определения производительности и конструктивных параметров

Abstract

Calculation of tubular scraper conveyer with spatial route of transporting

O. Layshyk, A. Dyachun, O.Oleksishin

A calculation chart is resulted for determination of power descriptions of rope flexible conveyer, which carry out transporting of friable materials in an agroindustrial complex on curvilinear routes and belong to ecologically clean to the type of transport. Analytical dependences are shown out for determination of the productivity and structural parameters