

М. Клендій

Бережанський агротехнічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СИПКОГО ВАНТАЖУ ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

В статті наведено результати теоретичних досліджень процесу переведення сипкого матеріалу із завантажувальної на вивантажувальну магістраль гвинтового конвеєра розробленим перевантажувальним патрубком, робочі органи в якому розташовані в горизонтальній площині.

М. Klendiy

RESEARCH OF CARBRO OF G-LOAD OF FRIABLE LOAD BY SPIRAL WORKING ORGANS

In the article the results of theoretical researches of process of translation of friable material are resulted from a load on the highway of spiral conveyer by the developed shifting union coupling, working organs in which are located in a horizontal plane.

Умовні позначення

T - крок шнека;

T_B - крок гвинтової лінії транспортування вантажу;

ω - кутова швидкість обертання шнека;

ω_B - кутова швидкість обертання транспортованого матеріалу;

μ - коефіцієнт тертя транспортованого матеріалу поверхнею шнека з врахуванням капілярних явищ;

v_0 - осьова швидкість транспортування матеріалу;

D - діаметр шнека;

X_B, Y_B, Z_B - координати точки відриву частинки від шнека;

v_x, v_y, v_z - складові швидкості частинки по відповідних осях;

$R = \frac{D}{2}$ - радіус шнека.

Збільшення шляху транспортування при збереженні мобільності та надійності робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів є перспективним напрямком подальшого вдосконалення таких транспортних засобів.

Тому під час транспортування сипких вантажів на великі відстані важливу роль відіграє забезпечення міцності та стійкості гнучкого гвинтового робочого органу. Збільшення його довжини призводить до значного зростання навантажень на робочу спіраль шнека, особливо у зоні розташування привідного механізму.

Питаннями підвищення надійності і довговічності цих механізмів присвячені роботи багатьох вчених [1, 2, 3]. Однак чимало питань не отримали свого вирішення і вимагають подальших досліджень.

Робота виконується в рамках Постанови Кабінету Міністрів України про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки “Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі” на 2002-2006 роки.

З метою зменшення цих зусиль пропонується транспортні магістралі гвинтового конвеєра розділити на дві частини з розташуванням посередині спеціального привідного пристрою з перевантаженням сипкого матеріалу від подаючого робочого органу на вивантажувальний. Також для зменшення енерговитрат, які виникають у відомих конструкціях перевантажувальних патрубків, де в зоні переведення матеріалу завантажувальна магістраль розташовується над вивантажувальною, рекомендується

переведення матеріалу здійснювати у горизонтальній площині.

Для цього запропоновано конструкцію перевантажувального патрубку гвинтового конвеєра [4], схема якого зображена на рис. 1. Він містить завантажувальну і розвантажувальну магістралі, виконані у вигляді кожухів 7 і 4 та паралельно встановлених у них завантажувальної 8 і вивантажувальної 5 робочих спіралей шнеків. Останні відповідно закріплені на привідних валах 9 і 6, котрі розташовані у перевантажувальному патрубку 3. Проміжний вал 2 встановлений паралельно до привідних валів та закріплений на перевантажувальному патрубку. Привідні та проміжний вали за межами перевантажувального патрубку кінематично з'єднані з валом електродвигуна 1. Привідні вали розташовані у горизонтальній площині, причому на валу 9 закріплені радіальні плоскі пластини 10, а з іншого боку встановлено сектор спіралі шнека 11, напрямком навивання якої є протилежним до робочої завантажувальної спіралі шнека 8. Вивантажувальна спіраль шнека 5 у перевантажувальному патрубку встановлена у напрямній циліндричній трубі 12, в якій з боку радіальних плоских пластин виконано клиноподібний виріз 13.

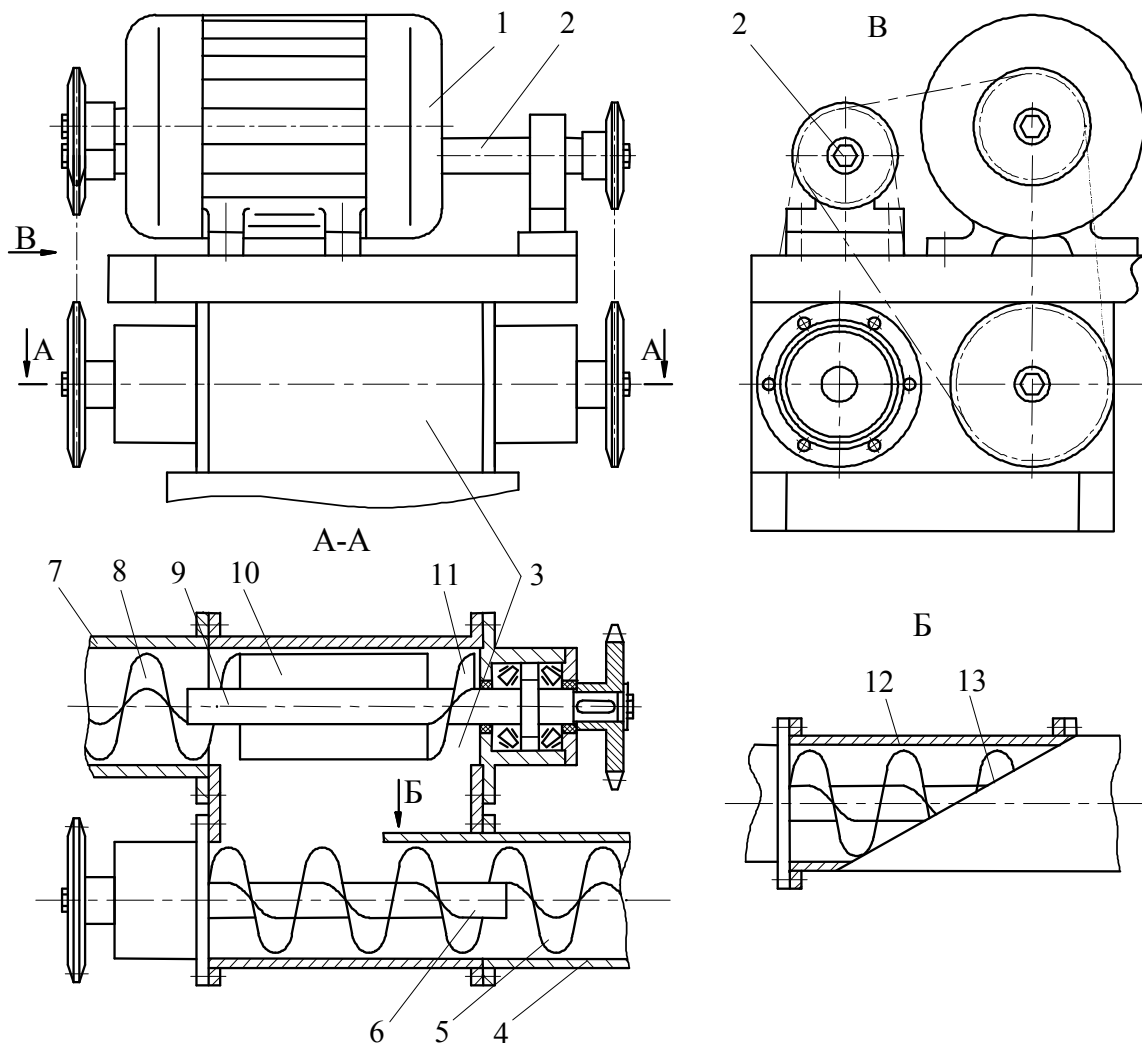


Рисунок 1- Конструктивна схема перевантажувального патрубку гвинтового конвеєра.

В процесі роботи кінематично з'єднані привідні вали, проміжний вал та вал електродвигуна забезпечують обертання робочих спіралей шнеків. При подачі сипкого матеріалу спіраль 8 переміщує його у кожуху в бік перевантажувального патрубку. Оскільки привідні вали розташовані у горизонтальній площині, то передача матеріалу на вивантажувальну магістралі здійснюється радіальними плоскими пластинами. Для виключення забивання завантажувальної магістралі на валу 9 встановлено сектор спіралі шнека з оберненим напрямком навивання до основної 8. Це забезпечує зведення

всієї маси сипкого матеріалу на радіальні плоскі пластини. Далі сипкий матеріал попадає на розвантажувальну робочу спіраль шнека, яка, зтягуючи його в клиноподібний виріз труби 12, переміщує по кожуху в зону вивантаження. Наявність клиноподібного вирізу забезпечує поступовий вхід матеріалу в циліндричну трубу, яка переходить у кожух 4, що сприяє зменшенню пошкодження сипкого матеріалу.

Основною перевагою такого типу перевантажувального патрубку є зменшення навантаження на кожен робочий орган у два рази, що дозволяє пропорційно збільшити довжину транспортування.

Для дослідження процесу перевантаження створено математичну модель процесу переведення сипкого матеріалу у патрубок та на її основі дано рекомендації з раціонального конструювання перевантажувального патрубку.

Математичну модель створено на основі моделі транспортування потоку сипкого матеріалу [5], де для швидкохідних шнекових транспортерів рекомендована математична модель параметрів транспортування у вигляді

$$\begin{aligned} \omega_B &= \frac{T(T - \mu\pi D \operatorname{sgn} \omega)}{(\pi D)^2 + T^2}, \\ T_B &= T \left(1 - \frac{\omega}{\omega_B} \right); \\ v_0 &= \frac{\omega T T_B}{2\pi(T - T_B)}, \end{aligned} \quad (1)$$

У системі (1) прийнято, що при $T > 0$ значення $\operatorname{sgn} \omega = -1$, і навпаки - при $T < 0$ значення $\operatorname{sgn} \omega = 1$ (тобто розрізняються ліво- та правонавиті шнеки).

Вказана математична модель придатна для швидкохідних шнеків, у яких коефіцієнт швидкохідності $\frac{\omega^2 D}{2g} > 1$.

Розглянемо умови транспортування та пересипання для двох різних напрямів навивання шнека - лівої та правої. Суттєва різниця між ними у процесі пересипання полягає у напрямку кидання сипкого вантажу при його виході з направляючого кожуха робочого органу у перевантажувальний патрубок. Для однозначності вважатимемо, що вхід шнека у патрубок перпендикулярний до осі шнека і кидання вантажу здійснюється на половині відкритого витка направо при осьовій подачі від спостерігача, як зображено на рис. 2. Для правонавитого шнека, при обертанні проти годинникової стрілки, кидання вантажу при вході у патрубок здійснюється знизу шнека, у випадку лівонавитого шнека - зверху.

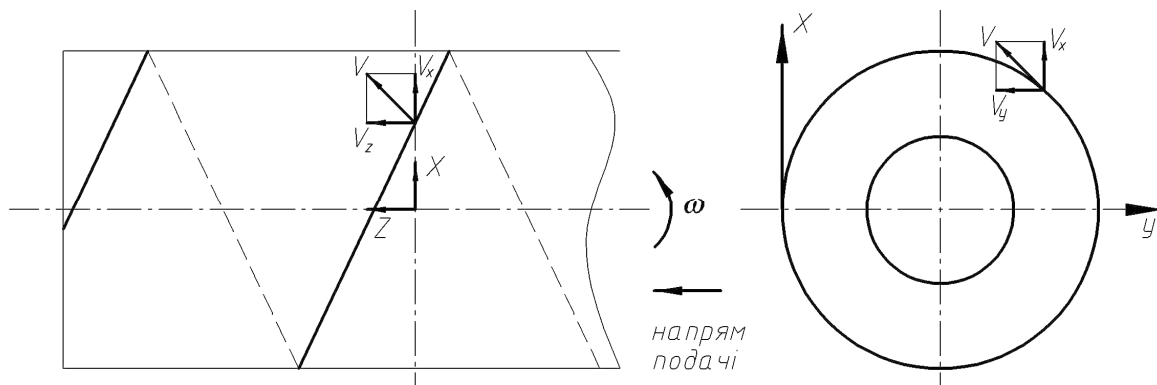


Рисунок 2 - Розрахункова схема для визначення характеру руху сипкого матеріалу.

Очевидно, що суттєва різниця між цими випадками потребує дослідження та проведення порівняльного аналізу і вибору оптимальних параметрів.

Для двох вказаних випадків запишемо формули для визначення точки кидання та швидкості вильоту частинки вантажу.

Для правонавитої спіралі шнека:

$$\begin{aligned} X_B &= R \sin \omega t; \\ Y_B &= R(1 - \cos \omega t); \\ Z_B &= 0; \\ v_x &= \omega_B R \cos \omega t; \\ v_y &= \omega_B R \sin \omega t; \\ v_z &= v_0. \end{aligned} \tag{2}$$

Для лівонавитої спіралі шнека (вважаємо $\omega > 0$, хоча обертання здійснюється за годинниковою стрілкою):

$$\begin{aligned} X_B &= R \sin \omega t; \\ Y_B &= R(1 + \cos \omega t); \\ Z_B &= 0; \\ v_x &= \omega_B R \cos \omega t; \\ v_y &= -\omega_B R \sin \omega t; \\ v_z &= v_0. \end{aligned} \tag{3}$$

Частинка здійснює рух із вказаними початковими умовами до падіння на нижню поверхню патрубку за час t , який визначається із умов вільного падіння під дією прискорення земного тяжіння

$$t = \frac{\sqrt{v_y^2 + 2gY_B} + v_y}{g}. \tag{4}$$

Координати точки падіння обчислюємо за формулами:

$$\begin{aligned} X_P &= X_B + v_x t; \\ Z_P &= Z_B + v_z t. \end{aligned} \tag{5}$$

Залежність координат точки падіння транспортованого вантажу від зміни різних параметрів шнекового конвеєра досліджено за допомогою програми, складеної на мові Delphi із графічним відображенням результатів.

Результати аналізу представлені у вигляді графічних залежностей, які зображені на рис. 3 – 9.

По осі ординат представлена шкала, яка є однаковою для координат точки відриву матеріалу від поверхні шнека X_b , Y_b , координат точки падіння матеріалу на нижню поверхню патрубку X_p , Z_p , а також часу перебування частинки матеріалу від моменту відриву до взаємодії з нижньою поверхнею патрубку t .

На рисунках 3–6 по осі абсцис вказано кут φ , який вимірюється від вертикалі, що проходить через вісь обертання шнека до лінії, яка з'єднує точку відриву матеріалу з поверхнею шнека і його центром.

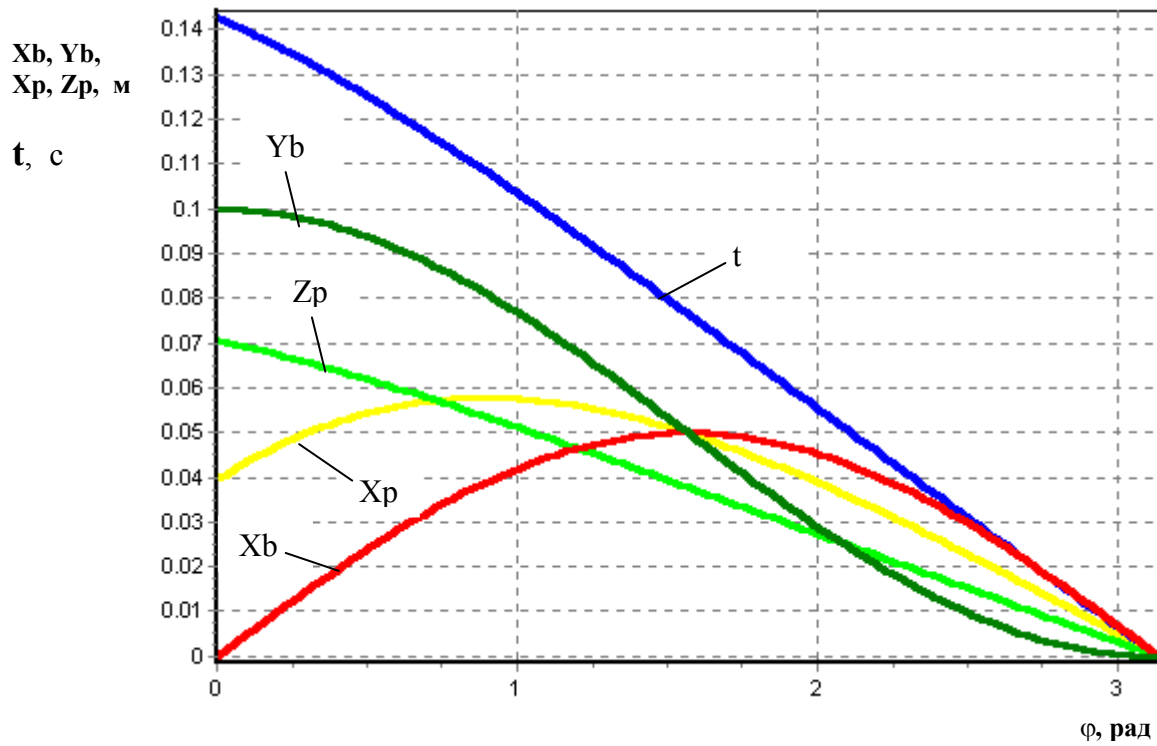


Рисунок 3 - Швидкості та точки падіння частинок матеріалу при киданні лівоनावитим шнеком з виходу циліндричної поверхні.

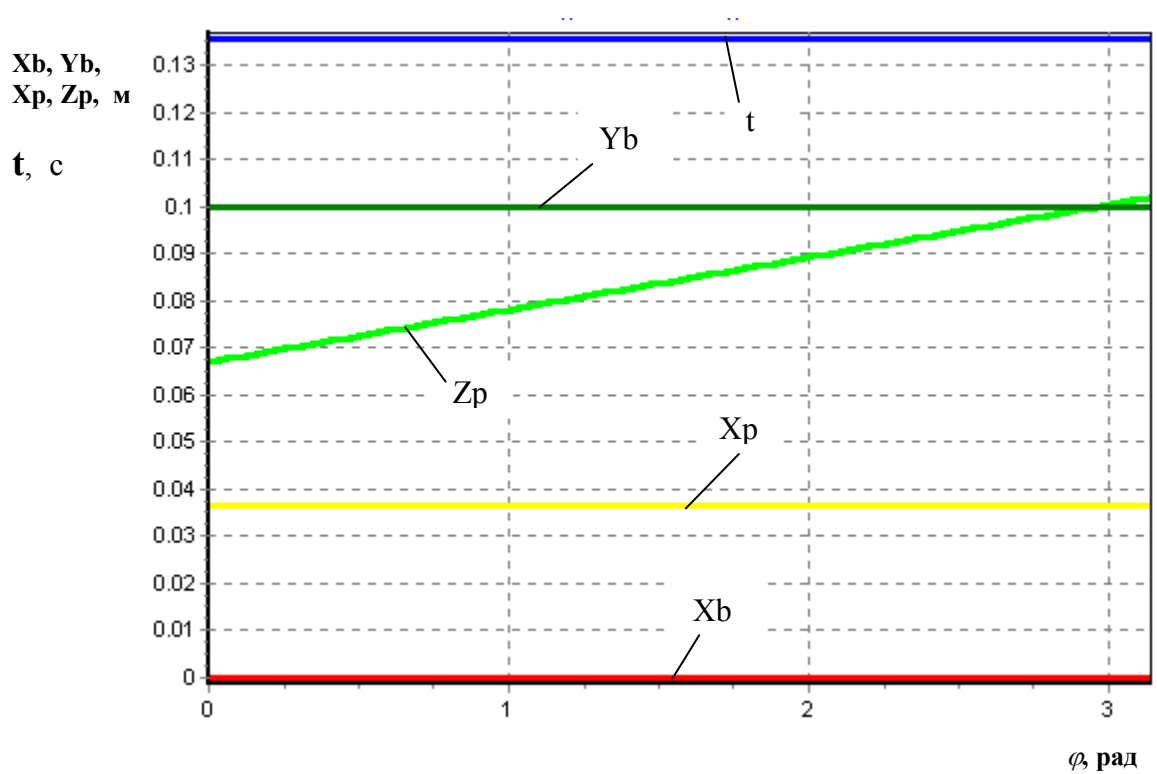


Рисунок 4 - Швидкості та точки падіння частинок матеріалу при киданні лівоनावитим шнеком з верхньої точки шнека.

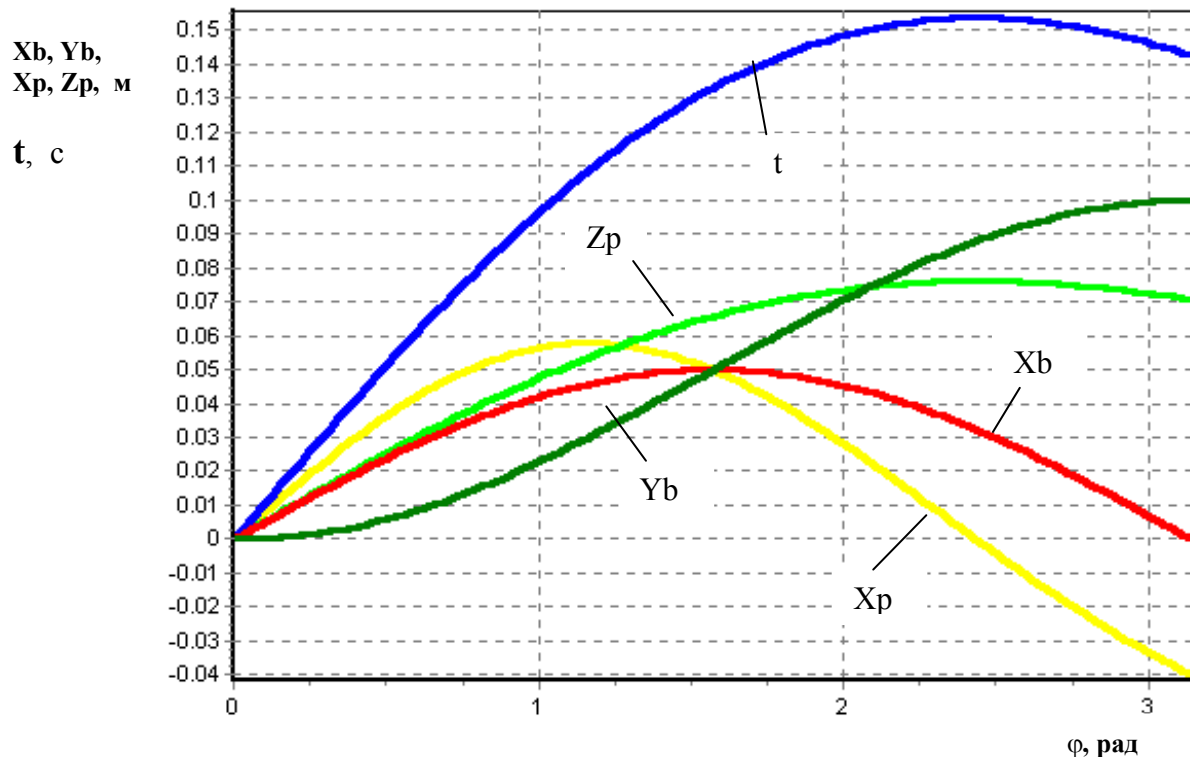


Рисунок 5 - Швидкості та точки падіння частинок матеріалу при киданні правонавитим шнеком з виходу циліндричної поверхні.

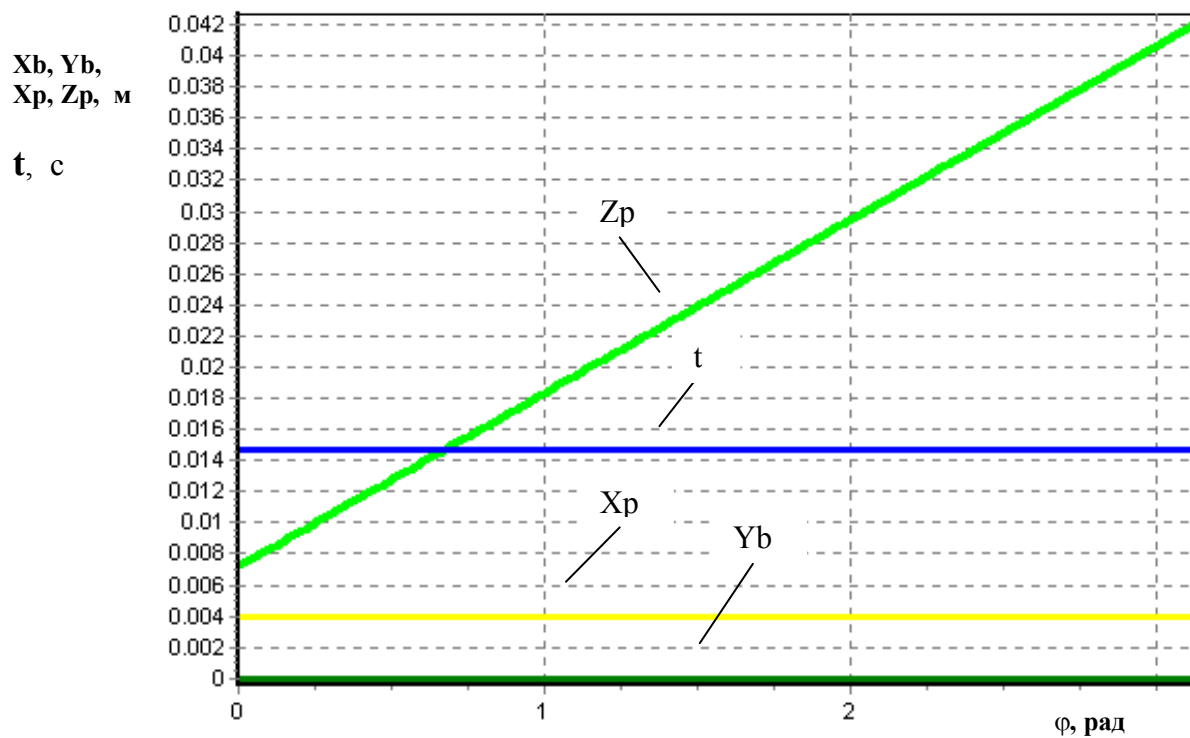


Рисунок 6 - Швидкості та точки падіння частинок матеріалу при киданні правонавитим шнеком з нижньої точки шнека.

Як видно із аналізу графіків (рис.3 - рис. 6), у випадку лівоनावитого шнека частинки транспортованого матеріалу викидаються на більшу відстань (параметр X_p), що забезпечує їх потрапляння на прийомний (вивантажувальний) шнек без створення заторів. Додатне значення величини Z_p показує, що поздовжній напрямком польоту частинки матеріалу відбувається у напрямку транспортування матеріалу, тому доцільним є взаємне осьове зміщення подаючого та прийомного шнеків на величину порядку половини кроку шнека. Крім того, із аналізу графіків випливає, що всередині перевантажувального патрубку повинно бути приблизно два витки кожного із шнеків, щоб забезпечити перевантаження матеріалу без заторів та пошкоджень.

З метою надійного транспортування сипкого матеріалу, який потрапляє на прийомний шнек, останній слід виготовляти таким чином, щоб при його обертанні матеріал захоплювався всередину шнека із нижньої поверхні патрубку, тобто необхідно, щоб цей шнек був правонавитим. Вказані рекомендації стосуються перевантажувального патрубку, у якого подаючим є лівий шнек, а прийомним - правий, якщо дивитись з боку подаючого шнека. В іншому випадку рекомендації дзеркально протилежні. Основне, щоб подаючий шнек здійснював кидання матеріалу при своєму обертанні переважно з верхньої точки, а прийомний шнек захоплював матеріал всередину із нижньої точки.

Важливим є встановлення характеру процесу перевантаження від зміни параметрів шнекового конвеєра: діаметра, кроку та коефіцієнта тертя сипкого матеріалу. Дослідження проведемо для випадку лівоनावитого шнека, як більш конструктивно доцільного (рис. 7 - 9).

В результаті аналізу виявлено, що важливу роль у покращенні процесу перевантажування відіграє крок та коефіцієнт тертя матеріалу. Незначна залежність відстані кидання від діаметра шнека пояснюється тим, що при сталому кроці збільшення діаметра призводить до зменшення кута підйому шнека. Тому раціональний метод проектування таких типів перевантажувальних патрубків повинен передбачати вибір шнека за його продуктивністю, причому крок повинен складати 0,6...0,8 від величини діаметра шнека, швидкість обертання потрібно вибирати максимально можливою з огляду на продуктивність та пошкоджуваність матеріалу, причому для матеріалів із меншим коефіцієнтом тертя слід обирати більшу швидкість обертання, щоб досягнути належної швидкості кидання частинки для її потрапляння на прийомний шнек.

Збільшення швидкості обертання робочого органу пропорційно збільшує лінійну швидкість вильоту матеріалу та відстань до точки падіння. Надто збільшувати швидкість обертання недоцільно через значний удар частинки об поверхню прийомного шнека.

Наприклад, для шнекового конвеєра з діаметром $D = 0,1$ м, кроком $T = 0,065$ м і коефіцієнтом тертя $\mu = 0,4$ при частоті обертання робочого органу $\omega = 50$ с⁻¹ мінімальна відстань від центра подаючого шнека до точки падіння X_p становитиме близько 0,05 м, тобто матеріал буде викинутий за межі подаючого транспортера.

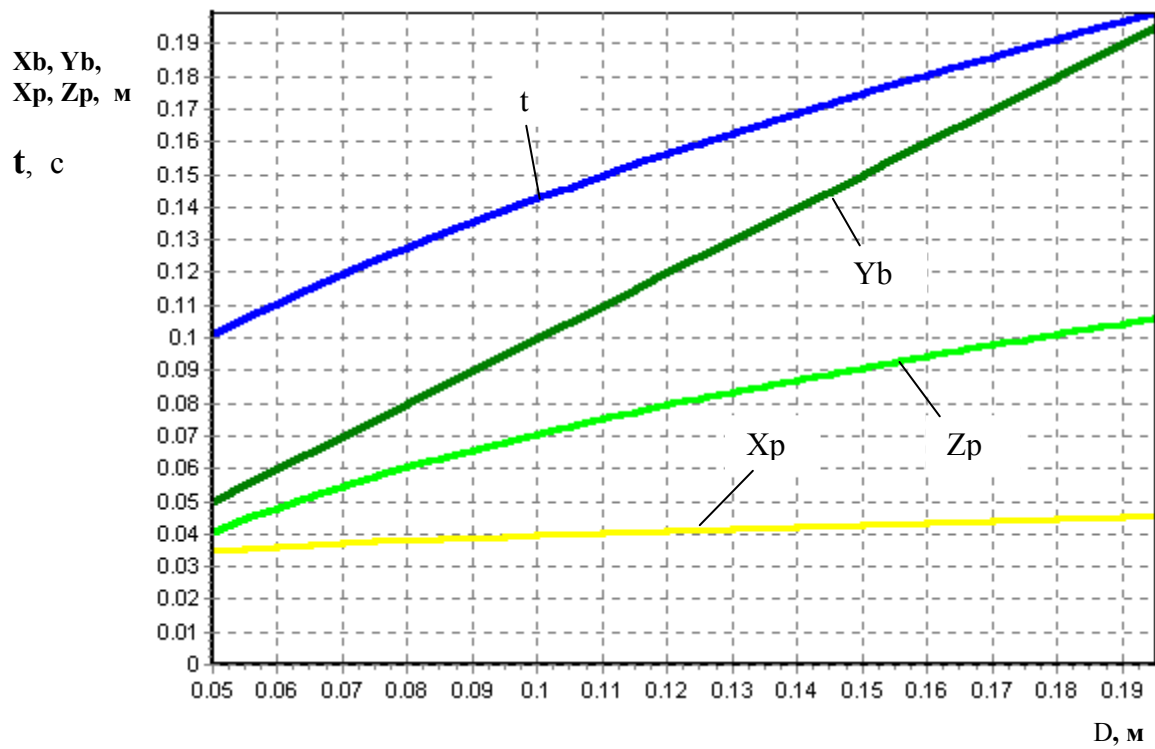


Рисунок 7 - Швидкості та точки падіння частинок матеріалу при киданні лівоनावитим шнеком при зміні діаметра.

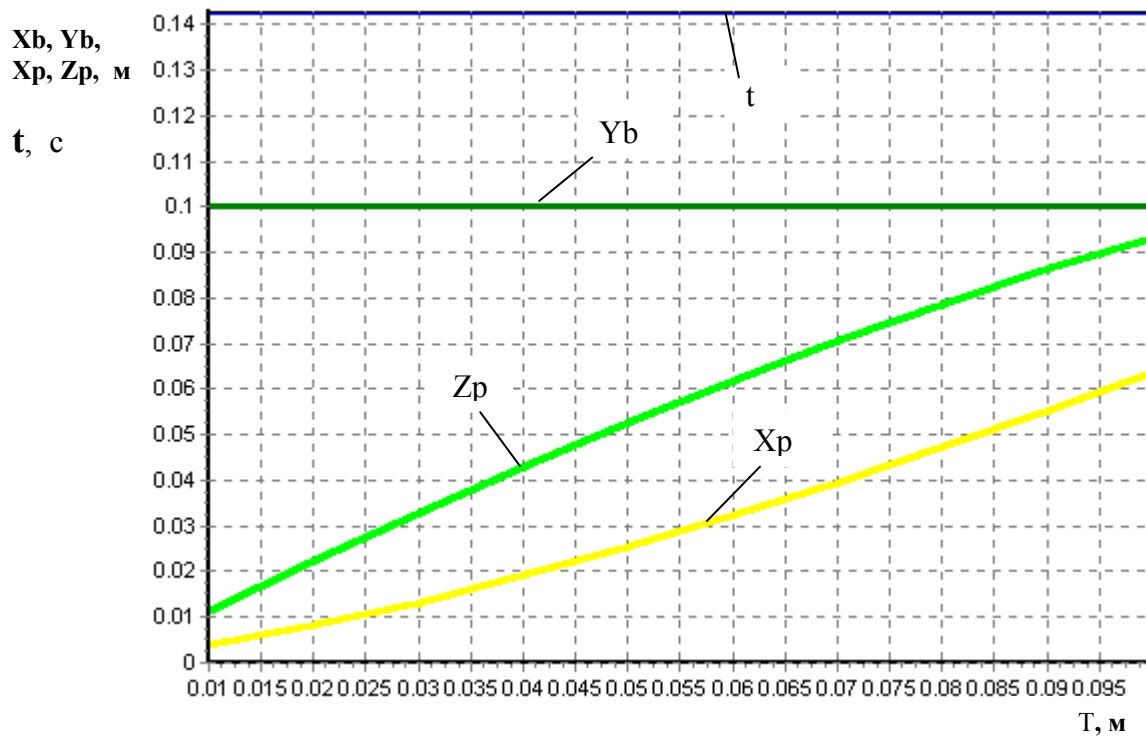


Рисунок 8 - Швидкості та точки падіння частинок матеріалу при киданні лівоनावитим шнеком при зміні кроку.

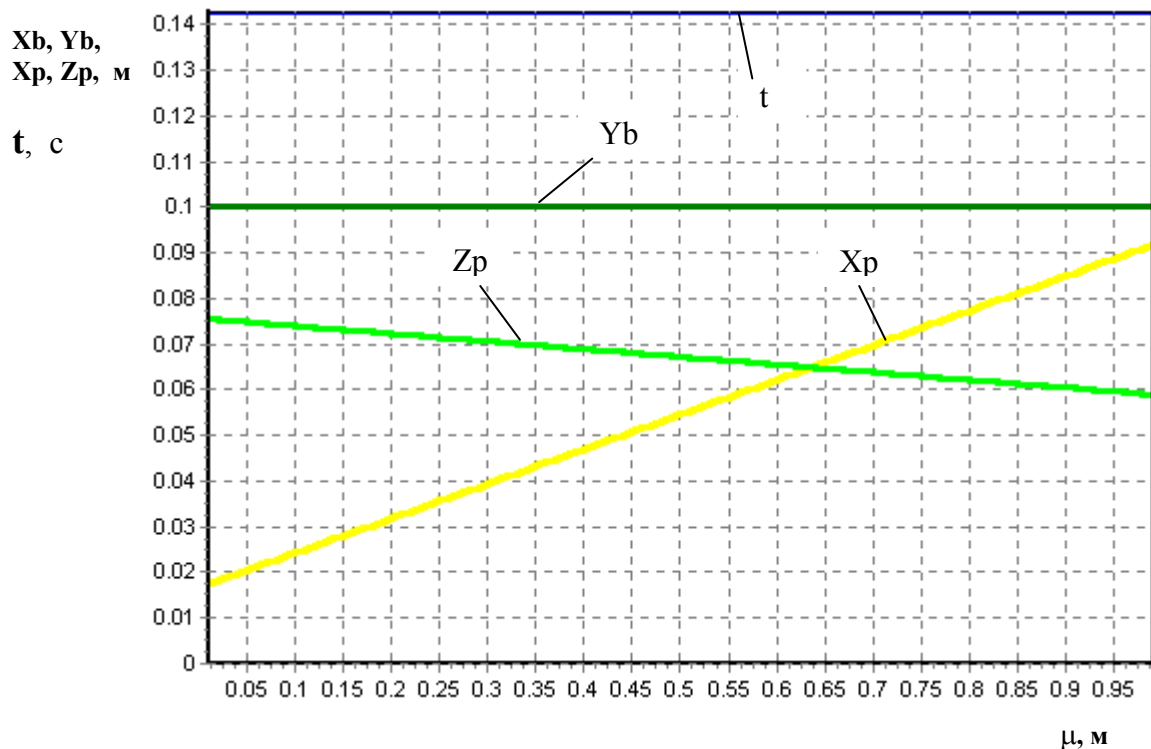


Рисунок 9 - Швидкості та точки падіння частинок матеріалу при киданні лівоनावитим шнеком при зміні коефіцієнта тертя.

Таким чином, наведені результати теоретичних досліджень повинні бути враховані при проектуванні конструкції перевантажувального патрубку, а саме при виборі його конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів.

Остаточні значення параметрів можуть бути встановлені при проведенні експериментальних досліджень.

Література

1. Гевко Б.М., Рогатинский Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. – Львов: Выща школа, 1989. – 175 с.
2. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: Дис. докт. тех. наук: 05.20.01/05.05.05. - К., 1997. - 502с.
3. Пилипець М.І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин: Дис. к. т. н.: 05.02.08. - Л., 2001. - 467с.
4. Пат. № 67426А Україна, В65633/16. Гвинтовий конвейер / Клендій М.Б., Павлова І.О., Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г. – № 2003010046; Заявл. 02.01.2003; Опубл. 15.08.2003. Бюл. № 8. – 3 с.
5. Механізми з гвинтовими пристроями / Гевко Б.М., Данильченко М.Г., Рогатинський Р.М., Пилипець М.І., Матвійчук А.В. – Львів: Світ, 1993. – 208 с.

Одержано 21.06.2006 р.