

Abstract

Results of experimental researches of conveyer-separator for root crops

Flonts I.V.

In the article the construction of conveyer-separator is offered for root-bulb crops which allows to improve his technological properties.

УДК 621.87

ДО ПИТАННЯ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Гурик О.Я. к.т.н., Гевко І.Б. к.т.н., Солтисюк В.І. к.т.н., Любачівський Р.О.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

В статті наведено конструкцію багатофункціонального шнекового транспортера для змішування і транспортування сипких матеріалів, представлено дифузійну модель процесу змішування та основні аналітичні залежності визначення параметрів процесу змішування. Експериментально встановлено залежності коефіцієнтів зовнішнього змішування від частоти обертання робочого органу.

Постановка проблеми. В сучасних умовах народного господарства виникає необхідність якісної та продуктивного змішування і транспортування сипких матеріалів. Це і змішування сипких матеріалів в порошковій металургії, абразивних матеріалів в інструментальному виробництві, в сільському господарстві – насінневого матеріалу його протруювання, приготування кормових добавок біологічних стимуляторів і тому подібне. При цьому велике значення набуває конструювання засобів механізації процесів змішування та транспортування компонентів суміші.

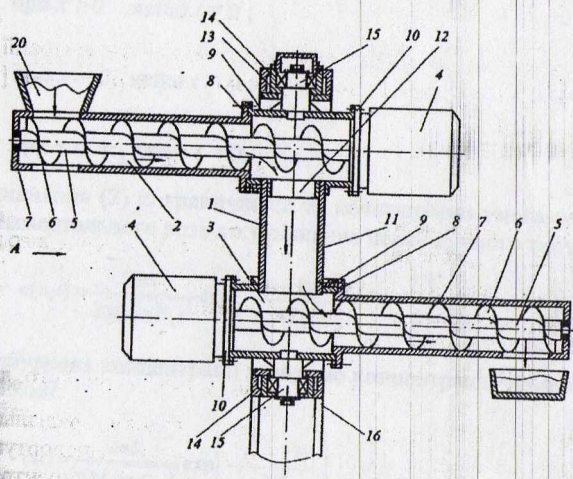
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням технологічних процесів подачі і змішування сипких матеріалів присвячені праці Макарова [1], Гевка Б.М. [2], Груздева І.Э [3], Кукти Г.М. [4], однак дифузійна модель процесу змішування компонентів не була достатньо досліджена.

Мета роботи. Метою роботи є встановлення раціональних конструктивних параметрів технологічного обладнання з гвинтовими робочими органами через оцінку якості виконання даної технологічної операції в сільськогосподарському виробництві.

Робота виконується згідно постанови Кабінету Міністрів України "Про розвиток сільського господарства і забезпечення агропромислового конкурентоздатною технікою" на 2010-2015 роки.

Основна частина. Досягнути підвищення продуктивності та якості змішування і транспортування можна змішуванням компонентів суміші в транспортному каналі. Для цього можна використовувати змішувачі неперервної дії. Одним з них є багатофункціональний шнековий транспортер, який представлено на рис. 1, який виконано у вигляді завантажувальної і розвантажувальної частини.

які відповідно закріплені на валах 3 і 11, що приводяться в дію двигунами 9 і 18. Спіралі закріплені на кожухах 4 та 12 завантажувальної і розвантажувальної віток з можливістю обертання на підшипниках 10. Завантажувальні і розвантажувальні вітки є ідентичними і виконані у вигляді двох вузлів з індивідуальними приводами. Для завантаження компонентів у завантажувальний кожух 4 передбачено отвір. В розвантажувальному кожуху 12 отвір передбачено знизу для вільного просипання суміші. Обидві вітки закріплені до фланців 5 і 15, які в свою чергу можуть обертатись навколо осі вертикальної труби 14. Труба прикріплена до вертикальної колони 17, яка є частиною агрегату. Поворотні механізми 7 та 16 призначені для повороту завантажувальної та розвантажувальної секцій на певний кут, який визначається швидкістю подачі змішаної суміші. Фіксування завантажувальної та розвантажувальної віток в заданому положенні здійснюється механізмами



багатофункціональний транспортер для змішування та транспортування сипких матеріалів. Багатофункціонального транспортеру здійснюється наступним чином. Завантажувальну вітку з бункером подають компоненти суміші сипкого матеріалу, які рухаються вздовж кожуха за допомогою гвинтової спіралі 3. Попадаючи в розвантажувальну вітку, де транспортується гвинтовою спіраллю 2 до бункера 5. Для транспортування відбувається змішування компонентів суміші. Для змішування компонентів суміші в якості робочого органу використано спіраль (рис. 2), яка кріпиться до приводного валу із зазором, який лежить в межах 0,5-1,0 мм в залежності від розмірів частинок сипкого матеріалу. Для змішування транспортером можна оцінити за рівномірністю складників суміші в кінцевому продукті. Для більшості із змішувачів можна застосувати дифузійну модель змішування [1], яка описує

процес перемішування компонентів суміші в припущенні, що конструкція змішувача і наявні, компоненти суміші можуть утворити псевдозріджений шар, частинки якого рухаються за законами броунівського руху.

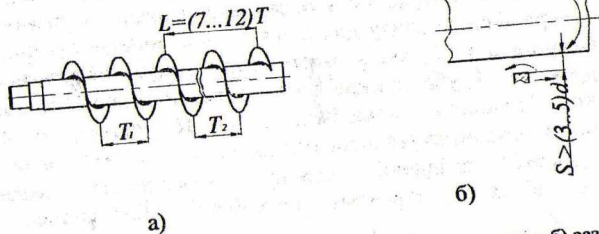


Рис. 2. Гвинтовий робочий орган: а) - загальний вигляд робочого органу; б) зазор між гвинтою спіраллю і приводним валом

У цьому випадку загальне рівняння зміни концентрації контрольного компонента в суміші описується таким диференціальним рівнянням [1]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -V \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{D_R}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial c}{\partial R} \right), \quad (1)$$

де c - концентрація компонента;
 $\overline{D_L}, \overline{D_R}$ - відповідно, коефіцієнти поздовжнього та поперечного змішування;
 V - швидкість переміщення суміші вздовж шнека;
 x - координата, направлена вздовж осі шнека;
 R - радіальна координата шнека.

Внаслідок малого співвідношення радіуса шнека до його довжини можна вважати, що перемішування суміші вздовж радіальної координати відбувається набагато швидше, ніж вздовж напрямку транспортування, а достатньою для практики точністю, можна вважати, що концентрація компонента при певному значенні координати x визначається лише цією координатою і залежить від R . У цьому випадку задача стає однопараметричною і рівняння вигляду:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -V \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

Дослідження якісних характеристик процесу змішування як правило на встановленні реакції моделі на стандартне збурення, яке часто описується імпульсом за допомогою дельта - функції Дірака:

$$p = \frac{m}{M} \delta(t)$$

де m - маса введеної речовини на вході;
 M - загальна маса речовини у змішувачі.

В результаті розв'язку задачі отримаємо характерний розмір пристрою (довжину гвинтового змішувача), при якому вплив початкового збурення p на зорідність вихідної концентрації Δc не перевищує заданого значення. Відомо, що нескінчений змішувач зведе збурення до нуля, але незначні коливання концентрації з межах допустимої норми можуть бути досягнуті при певних значеннях з конструктивної точки зору, значеннях габаритних розмірів змішувача. Тому значну роль відіграють конструктивні особливості змішувача, коефіцієнт змивання шнека матеріалом, величина зазору між валом і шнеком, кут нахилу робочої лінії, швидкість обертання тощо, їх сумарний вплив на процес змішування характеризується зведеним коефіцієнтом \overline{D}_L , збільшення якого інтенсифікує процес змішування і сприяє зменшенню загальної довжини робочої частини змішувача.

Розв'язок рівняння (2) проведемо при таких початкових і граничних умовах

$$\begin{aligned} c &= 0 && \text{при } x > 0 \text{ якщо } t = 0; \\ c &= p && \text{при } x = 0, \text{ якщо } t > 0; \\ c &= 0 && \text{при } x = \infty, \text{ якщо } t > 0; \end{aligned} \quad (4)$$

Диференціальне рівняння (2) із граничними та початковими умовами (4) має у вигляді фундаментального розв'язку рівняння параболічного типу [1,2]:

$$c(x,t) = \frac{mx}{2M\sqrt{\pi D_L t^3}} \exp\left[-\frac{(x-Vt)^2}{4D_L}\right] \quad (5)$$

Якщо створеного збурення концентрації знайдемо концентрацію компоненту в $x=L$, тобто на виході:

$$c(t) = \frac{mL}{2M\sqrt{\pi D_L t^3}} \exp\left[-\frac{(L-Vt)^2}{4D_L}\right] \quad (6)$$

Якщо L — довжина шнекового змішувача з умови заданої дисперсії часу частинок у змішувачі становить:

$$L = \frac{\sqrt{2D_L t}}{S'} \quad (7)$$

Якщо S' — дисперсія логарифма часу перебування частинок матеріалу у

змішувачі, то значення коефіцієнту повздовжнього змішування буде визначено теоретичного розрахунку довжини змішувача з робочим органом (валом та гвинтовою спіраллю, на якій процес змішування буде забезпеченням необхідної якості перемішування компонентів суміші, зорідність компонентів суміші по всьому, об'єму не буде перевищувати

якогось заданого значення, тому його можна представити як $\overline{D_{L0}}$. Теоретичне значення коефіцієнта поздовжнього змішування можна визначити за формулою

$$\overline{D_{L0}} = \frac{V^3}{4\mu^2\pi L} \quad (8)$$

де μ - коефіцієнт згладжування нерівномірності концентрації контрольного компоненту, $\mu = 0,5 \sqrt{\frac{V^3}{\pi L D_{L0}}}$.

Конструктивні параметри гвинтового змішувача суттєво впливають на величину D_{L0} . Як видно із наведених результатів експерименту, збільшення об'єму робочого органу, коефіцієнта завантаження та кроку спіралі збільшує концентрацію контрольного компоненту у суміші, що еквівалентно зменшенню коефіцієнта згладжування μ і покращенню процесу змішування.

Вплив наявності зазору між гвинтовою спіраллю та валом забезпечує наявність певного режиму пересипання частини суміші у попередній виток спіралі. Реальний процес пересипання суттєво матиме місце лише у випадку, коли коефіцієнт заповнення матеріалу перевищуватиме певне значення, достатнє для того, щоб суміш досягнула верхньої відмітки спіралі. В реальних режимах заповнення (0,3 .. 0,7) пересипання завжди матиме місце. Збільшення зазору, очевидно, збільшує кількість матеріалу, який пересипається із одного витка на інший, а це, в свою чергу, призводить до більш інтенсивного перемішування суміші, збільшення часу перебування частини матеріалу у змішувачі, а також до зменшення продуктивності роботи змішувача. Доцільним є вибір зазору, при якому продуктивність зменшується незначно (до 10%), а кількість матеріалу, який повернувся назад, становитиме приблизно 10% на кожному витку гвинтової спіралі.

Вплив зазору можна запропонувати описати збільшенням коефіцієнта змішування у вигляді емпіричної залежності:

$$D_L = D_{L0}(1 + Ks^t) \quad (9)$$

де D_{L0} - коефіцієнт змішування без врахування зазору;
 K - коефіцієнт впливу зазору на роботу змішувача, залежить від матеріалу суміші, співвідношення зазору та діаметра спіралі тощо;
 s - зазор;

t - показник степеневі залежності, визначається в основному коефіцієнтом заповнення матеріалу, який можна визначити експериментальним шляхом.

Значення коефіцієнтів впливу зазору k та n визначається експериментально. Для певного режиму роботи, характеристики матеріалу та конструктивні параметри змішувача їх можна вважати постійними. Збільшення коефіцієнта поздовжнього змішування D_L покращує якість процесу змішування, що призводить до зменшення довжини шнека при заданому коефіцієнті згладжування нерівномірності концентрації μ . При правильно обраних параметрах коефіцієнт D_L може значно збільшитись, що еквівалентно зменшенню довжини шнека.

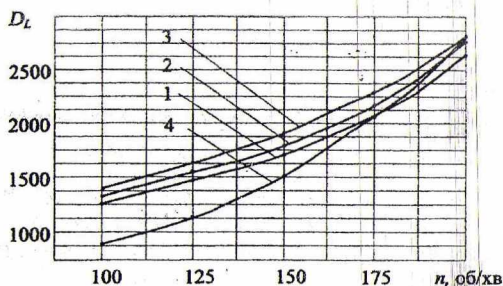


Рис. 3. Експериментальні залежності коефіцієнту повздовжнього змішування D_L від частоти обертання робочого органу гвинтового змішувача 1 - при зазорі між валом і гвинтовою спіраллю $S = 7$ мм; 2 - при зазорі між валом і гвинтовою спіраллю $S = 14$ мм; 3 - при зазорі між валом і гвинтовою спіраллю $S = 21$ мм; 4 - теоретична залежність коефіцієнту повздовжнього змішування D_{L0} .

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

Розроблено конструкцію шнекового агрегата для транспортування і змішування сипких матеріалів.

Виведені аналітичні залежності для оцінки процесу змішування сипких матеріалів, які експериментально уточнені.

Використаних джерел

Махаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. М.: Машиностроение, 1973. - 216 с.

Механізми з гвинтовими пристроями / Гевко Б.М., Данильченко М.Г., Росганський Р.М., Пилипець М.І., Матвійчук А.В. - Львів: Світ, 1993. - 208 с.

Груздев И.Э., Мирзоев В.Г., Янков В.И. Теория шнековых устройств. - Л.: Изд-во Ленинград у-та. 1978. - 144 с.

Кукта Г.М., Колесник А.Л., Кукта С.Г. Механизация и автоматизация животноводства. - К.: Вища школа. 1990. - 335 с.

Патент № 402897А, Україна. Шнековый агрегат для подачи и смешивания материалов. Гурик О.Я., Гевко І.Б. та інші. Бюл. №6, 2001.

Процесу змішування сипких матеріалів винтовими робочими органами

Гевко І.Б., Гурик О.Я., Любачивський Л.Я.

У статті приведена конструкція багатофункціонального шнекового агрегата для змішування і транспортування сипких матеріалів, приведена математична модель процесу змішування і основні аналітичні залежності для визначення параметрів процесу змішування.

АНОТАЦІЯ

Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ) включає статті, в яких приведені результати науково-дослідних робіт, проведених в університеті, а також в інших навчальних закладах України, Росії, Білорусії на підприємствах, що мають сільськогосподарський профіль.

Вісник за № 93 складений з двох томів. В перший том включені статті за напрямками: сільськогосподарські машини; трактори і автомобілі; механізація тваринницьких ферм. В другий том цього випуску включені статті за напрямками: експлуатація машинно-тракторного парку; якість, стандартизація та сертифікація; безпека життєдіяльності.

Вісник розрахований на наукових співробітників, викладачів, аспірантів, магістрів, студентів інженерно-технічних факультетів вузів сільськогосподарського профілю, фахівців сільськогосподарського виробництва.

АННОТАЦИЯ

Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко (ХНТУСХ) включает статьи, в которых приведены результаты научно-исследовательских работ, проведенных в университете, а также в других учебных заведениях Украины, России, Белоруссии на предприятиях сельскохозяйственного профиля.

Вестник № 93 состоит из двух томов. В первый том включены статьи по направлениям: сельскохозяйственные машины; трактора и автомобили; механизация животноводческих ферм. Во второй том этого выпуска включены статьи по направлениям: эксплуатация машинно-тракторного парка; качество, стандартизация и сертификация; безопасность жизнедеятельности.

Вестник представляет интерес для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистров, студентов инженерно-технических факультетов вузов сельскохозяйственного профиля, специалистов сельскохозяйственного производства.