

УДК 621.81

І.Б. Гевко, Р.О. Любачівський, А.Є. Дячун

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ ГВИНТОВИМ ЗМІШУВАЧЕМ З ПЕРЕСИПОМ

Описано будову спроектованого та виготовленого гвинтового змішувача з пересипом для проведення експериментальних досліджень змішування сипких матеріалів. Проведено експериментальні дослідження змішування сипких матеріалів і за їх результатами побудовано графічні залежності крутильного моменту на приводі та коефіцієнта неоднорідності суміші від частоти обертання шнека, коефіцієнта завантаження та кута нахилу шнека.

Ключові слова: експериментальні дослідження, гвинтовий змішувач з пересипом, коефіцієнт завантаження.

Постановка проблеми. Гвинтові транспортно-технологічні механічні системи використовують у різних галузях економіки для транспортування, змішування, збирання, сортування, подрібнення тощо. Проте ефективність і якість виконання цих технологічних процесів пов'язано з конструктивними особливостями даних систем і відповідними енерговитратами. Тому, для забезпечення ефективного і якісного виконання технологічних процесів гвинтовими транспортно-технологічними механічними системами необхідний правильний підбір окремих параметрів їх виконання та конструктивних характеристик.

Аналіз відомих досліджень та публікацій. Основи експериментальних досліджень виконання технологічних процесів гвинтовими транспортно-технологічними механічними системами заклали такі вітчизняні вчені, як А. Віденбаум, Р. Мор, М. Данквертс, Д. Лейсі, Ю.І. Марков, А.М. Ластовцев, Г. Шенкель, В. Штербачек, Г.Г. Кошелєв, Р.В. Торнер, М.В. Тебін, Д. Мак-Кельві, Р.М. Рогатинський та інші [1, 2]. Проте розробка кожної окремої гвинтової транспортно-технологічної механічної системи для змішування сипких матеріалів має свою специфіку, що зумовлює потребу в їх подальших розробках і дослідженнях.

Мета роботи. Проведення експериментальних досліджень для визначення якості та ефективності змішування сипких матеріалів гвинтовим змішувачем з пересипом. Роботу виконано згідно з постановою Кабінету Міністрів України «Високоєфективні технології у машинобудуванні, енергетиці та агропромисловому комплексі на 2010...2015 рр.».

Реалізація результатів досліджень. З метою проведення експериментальних досліджень визначення якості та ефективності змішування сипких матеріалів гвинтовим змішувачем з пересипом, встановлення його основних функціонально - експлуатаційних характеристик, на базі створених винаходів [3, 4] спроектовано та виготовлено дослідну установку. З її допомогою проведені експериментальні дослідження в широких діапазонах частоти обертання та зміни кута нахилу гвинтового змішувача з отриманням даних у персональному комп'ютері (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Загальний вигляд дослідної установки: а) гвинтового змішувача з пересипом; б) експериментальної апаратури

Конструкція дослідної установки (рис. 2а) включає гвинтовий змішувач з пересипом 1, який приводиться в рух з персонального комп'ютера (ПК) 2 через перетворювач частоти (серії Altivar) 3. Гвинтовий змішувач з пересипом складається з рами 4, на якій з можливістю осьового повертання і зміни кута нахилу відносно горизонту завдяки опорі 5 розташовано корпус 6, в якому знаходиться шнек 7, що приводиться в рух трьохфазним асинхронним електродвигуном (АИР90L4УЗ) 8. У корпусі 6 закріплено бункер 9 та вивантажувальний 10 і завантажувальний 11 отвори – виходи, в які встановлено пересипний патрубок 12. На двигуні 8 закріплено датчик частоти обертання вала двигуна (Е40S6-10Z4-6L-5) 13.

Дослідна установка працює наступним чином. З персонального комп'ютера 2 подається необхідна інформація на перетворювач частоти 3, який приводить у рух електродвигун 8 гвинтового змішувача 1. Двигун відповідно обертає шнек 7 у потрібному напрямку. Змішувані сипкі матеріали дозовано подаються у бункер 9, звідки потрапляють у корпус 6 у зону обертання шнека 7. Далі матеріали перемішуючись шнеком транспортуються до вивантажувального отвору – виходу 10, з якого потрапляють до пересипного патрубку 12, де під дією гравітаційної сили зсипаються у завантажувальний отвір – вихід 11, і, відповідно, з нього знову ж попадають у зону транспортування шнека 7. Таким чином змішувані матеріали проходять циклічне змішування механічною дією шнека і силою гравітації. Кількість циклів (тривалість одного змішування) для забезпечення повного змішування сумішей визначається експериментально і залежить від реологічних властивостей змішуваних матеріалів, коефіцієнту заповнення гвинтового змішувача та кута нахилу корпусу 6 відносно горизонту. Після здійснення відповідної кількості циклів (визначеного згідно методики експериментальних досліджень часу виконання технологічного процесу змішування) проводилось виймання пересипного патрубку 12 із завантажувального отвору – виходу 11 і наповнення мірного посуду змішаним сипким матеріалом з подальшою зупинкою установки (рис. 2.б). При цьому визначалась якість змішаної суміші з відібраних проб, крутильного моменту на приводі від частоти обертання шнека змішувача, кута нахилу корпусу та коефіцієнта завантаження.

Для роботи експериментальної апаратури використовувалась програма PowerSuite для налаштування перетворювачів частоти серії Altivar [5], в якій проводився вибір тих характеристик, які необхідні були при проведенні експериментів згідно розробленої методики проведення випробувань. В процесі проведення випробувань вони відображаються на моніторі ПК у вигляді табличних даних та графічних залежностей у процентному співвідношенні до номінальної потужності із наперед заданою частотою (рис. 3). Завдяки програмі PowerSuite також здійснювався вибір необхідної частоти обертання вала двигуна і напрям його обертання. Частота обертання задавалась у вікні осцилографа в ПК у вигляді кратних чисел 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Гц, що відповідало відповідній швидкості обертання шнека змішувача відповідно 56.8, 85.2, 113.6, 142, 170.4, 198.8, 227.2, 255.6, 284, 312.4, 340.8 об/хв.

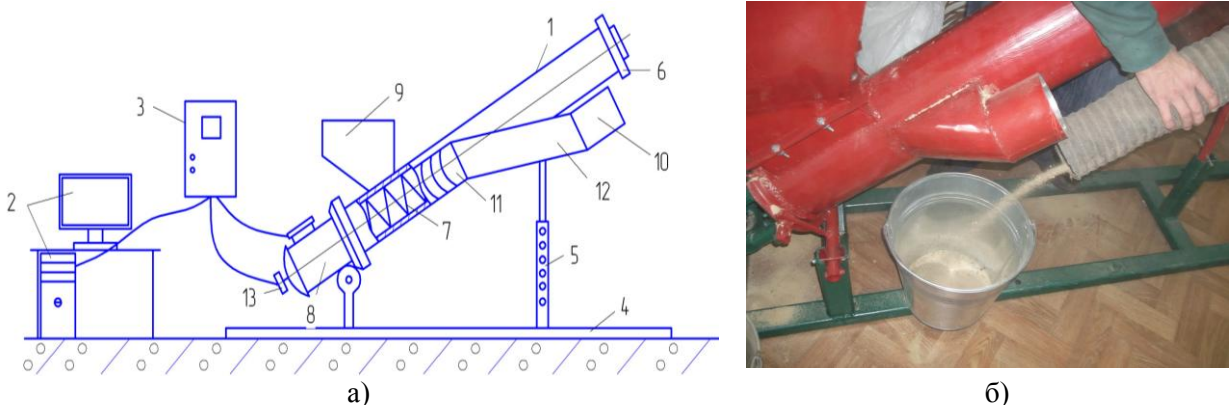


Рис. 2. Дослідна установка: а) конструкція; б) наповнення мірного посуду змішаним сипким матеріалом

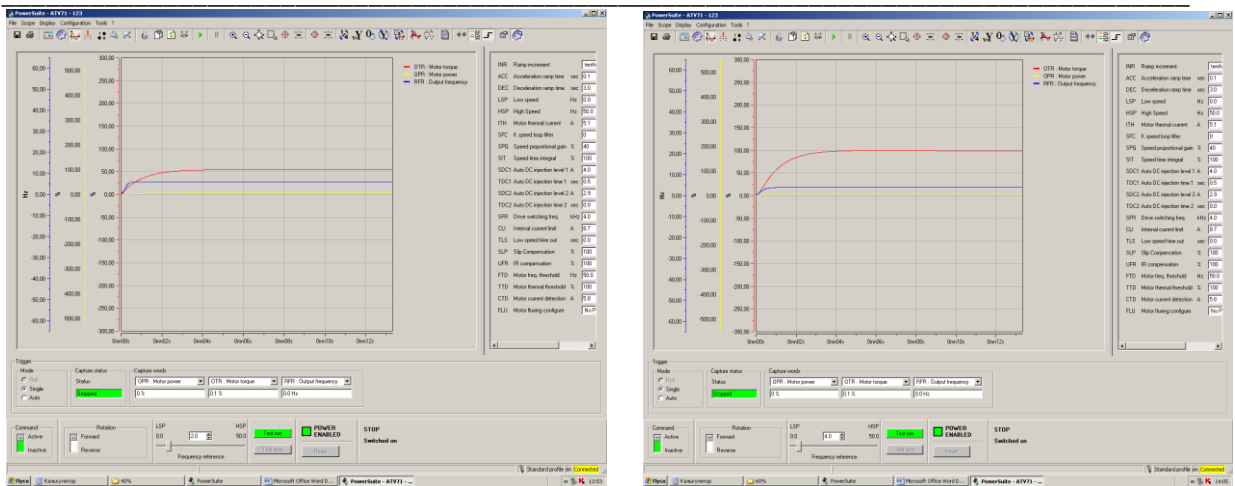


Рис. 3. Відображення на моніторі результатів експериментів

Коефіцієнт завантаження змішувача регулювали зміною швидкості подачі компонентів суміші із завантажувального бункера заслінками.

Для забезпечення якісного процесу змішування декількох компонентів у відповідному співвідношенні основної і контрольної фракції при завантаженні змішувача, це співвідношення повинно зберігатися по всьому об'єму змішаної суміші. Це співвідношення можна дотримати за рахунок виконання відповідної величини кроків спіралі у зоні завантаження компонентів змішування.

Якість змішування компонентів суміші оцінювали по вмісту контрольного компоненту. Вміст визначали по масі компоненту у вибірці, що відбиралась у вивантажувальному рукаві гвинтового змішувача. Результати експериментальних досліджень зміни вмісту контрольного компоненту залежно від частоти обертання робочого органу змішувача для трьох значень коефіцієнту завантаження робочого органу у вигляді графічних залежностей наведено на рис. 4. Графічні залежності зміни вмісту контрольного компоненту залежно від коефіцієнту завантаження робочого органу представлені на рис. 5.

Як видно із наведених графічних залежностей, із зміною частоти обертання робочого органу гвинтового змішувача вміст контрольного компоненту в суміші змінюється, а оптимальною частотою для забезпечення якісного змішування суміші – тобто коли забезпечується рівномірне перемішування компонентів та вміст контрольного компонента лежить в межах 9-11%, буде частота обертання гвинтового робочого органу в межах від 160 до 180 об/хв. При такій частоті обертання робочого органу оптимальним буде коефіцієнт завантаження міжжиткового простору в межах від $0,5 \div 0,7$ та крок спіралі робочого органу в межах $(0,7 \div 0,8)D$ спіралі.

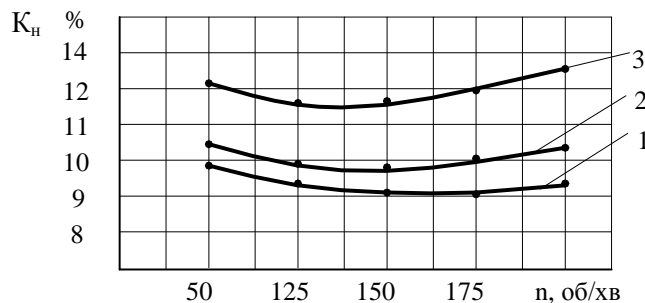


Рис. 4. Залежність коефіцієнта неоднорідності суміші K_n від частоти обертання шнека гвинтового змішувача (необхідний вміст компонентів: контрольного – 10%, інших – 90%): 1 - коефіцієнт завантаження $K_z = 0,3$; 2 - коефіцієнт завантаження $K_z = 0,5$; 3 - коефіцієнт завантаження $K_z = 0,7$

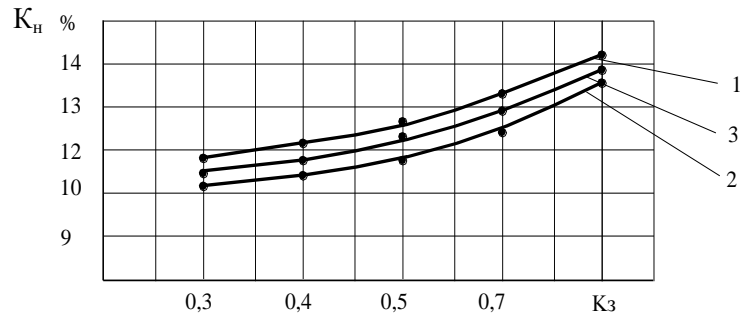


Рис. 5. Залежність коефіцієнту неоднорідності суміші від коефіцієнту завантаження робочого органа гвинтового змішувача (необхідний вміст компонентів: контрольного-10%, інших - 90%): 1 - частота обертання робочого органа 56,8 об/хв; 2 - частота обертання робочого органа 142 об/хв; 3 - частота обертання робочого органа 255,6 об/хв

Результати експериментальних досліджень крутильного моменту на приводі змішувача представлено у вигляді графічних залежностей на рисунках 6, 7.

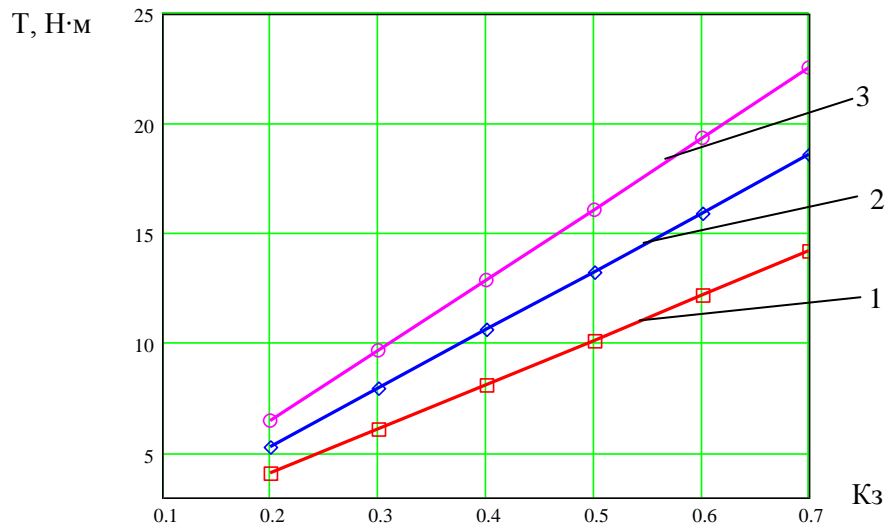


Рис. 6. Графіки залежності крутильного моменту на приводі змішувача від коефіцієнту завантаження робочого органа: 1 – кут нахилу корпусу відносно горизонталі $\gamma=20$ град; 2 – кут нахилу корпусу відносно горизонталі $\gamma=30$ град; 3 - кут нахилу корпусу відносно горизонталі $\gamma=40$ град.

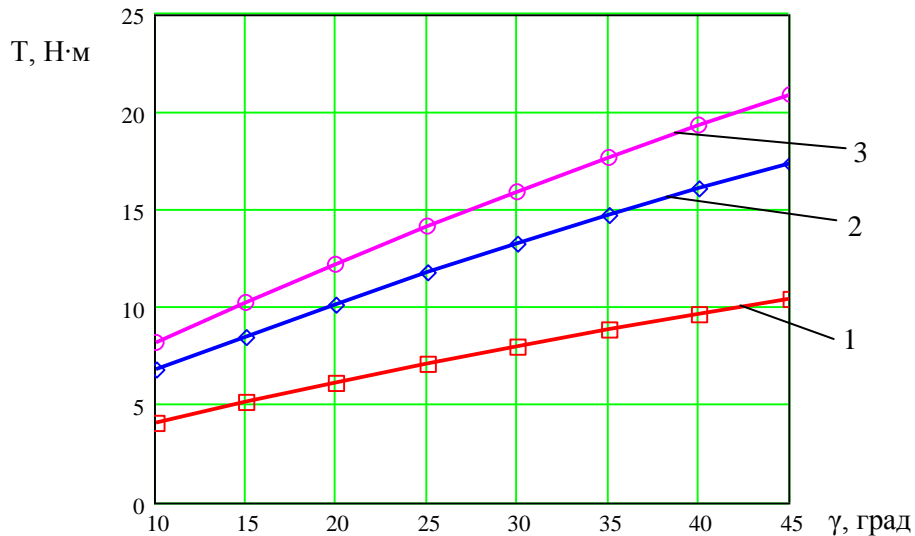


Рис. 7. Графіки залежності крутильного моменту на приводі змішувача від кута нахилу корпуса відносно горизонталі: 1 – коефіцієнт завантаження робочого органа $K_z=0,3$; 2 – коефіцієнт завантаження робочого органа $K_z=0,5$; 3 – коефіцієнт завантаження робочого органа $K_z=0,6$

Результати експериментальних досліджень, представлених на графіках рис. 6 і 7 показують, що крутильний момент на приводі змішувача в значній степені збільшується від збільшення коефіцієнта завантаження робочого органа та кута нахилу корпуса.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження змішування сипких матеріалів гвинтовим змішувачем з пересипом дозволили зробити ряд висновків:

- розроблена конструкція гвинтового змішувача з пересипом може ефективно використовуватись для змішування різноманітних сипких матеріалів;
- для забезпечення якісного змішування суміші – тобто коли забезпечується рівномірне перемішування компонентів та вміст контрольного компонента лежить в межах 9-11%, буде частота обертання гвинтового робочого органа в межах від 160 до 180 об/хв.
- для підвищення ефективності гвинтового змішувача з пересипом бункер необхідно виконувати збоку, а пересипний патрубок повинен входити в бункер у боковій частині корпусу.

1. Рогатинський Р. М. Змішувач комбікормів / Р. М. Рогатинський, Ю. Б. Капаціла, Д.В. Дмитрів // Змішувач комбікормів : зб. наук. праць НАУ. – К. : НАУ, 2000. – Т. 7. – С. 156-159.

2. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Макаров Ю. И. – М. : Машиностроение, 1993. – 216 с.

3. Пат. 62656 Україна, МПК В 01 F 7/08. Змішувач гвинтовий з підйально-пересипним механізмом / Любачівський Р. О., Дячун А. Є., Гевко І. Б., Чвартацький Р. І.; заявники і патентовласники Любачівський Р. О., Дячун А. Є., Гевко І. Б., Чвартацький Р. І. – № u201101236 ; заявл. 04.02.11 ; опубл. 12.09.11, Бюл. №17.

4. Пат. 62633 Україна, МПК В 01 F 7/00. Змішувач гвинтовий вібраційний / Любачівський Р. О., Дячун А. Є., Гевко І. Б., Комар Р. В., Диня І. І., Одендр В. М.; заявники і патентовласники Любачівський Р. О., Дячун А. Є., Гевко І. Б., Комар Р. В., Диня І. І., Одендр В. М. – № u201100256 ; заявл. 10.01.11 ; опубл. 12.09.11, Бюл. №17.

5. Казачковський Н. Н. Програма PowerSuite для настройки преобразователей частоты и устройств плавного пуска (версия 2.3.0): методичні вказівки [для слухачів курсів підвищення кваліфікації та студентів спеціальності 7.092203 «Електромеханічні системи автоматизації та електропривід»] / Н. Н. Казачковський, Д.В. Якупов. – Дніпропетровськ : НГУ, 2006. – 45 с.