

УДК 631.374:631.362:633.1

В.Л. Куликівський, асп.

Житомирський національний агроекологічний університет

Методика експериментальних досліджень ефективності роботи та довговічності гвинтового робочого органу транспортера

Наведена методика експериментальних досліджень ефективності роботи і довговічності гвинтового робочого органу транспортера. Представлена лабораторна установка для проведення досліджень зі встановленими на ній необхідними пристроями, механізмами і приладами для зміни, регулювання та вимірювання конструктивно-кінематичних параметрів експериментального гвинтового транспортера. Визначені критерії оптимізації, а також фактори, що впливають на них.

гвинтовий транспортер, методика, параметри, зазор, робочий орган, довговічність, дослідження

Постановка проблеми. Технологічний процес сільськогосподарського виробництва нерозривно пов'язаний із переміщенням великої кількості вантажів, починаючи від подачі сировини, міжопераційного транспортування, до видачі готової продукції.

Гвинтові транспортери широко використовуються в сільськогосподарських машинах, виконуючи роль транспортуючих (комбайни, зерноочисні машини, зерносушарки) та основних робочих органів (змішувачі кормів, протруювачі, навантажувачі).

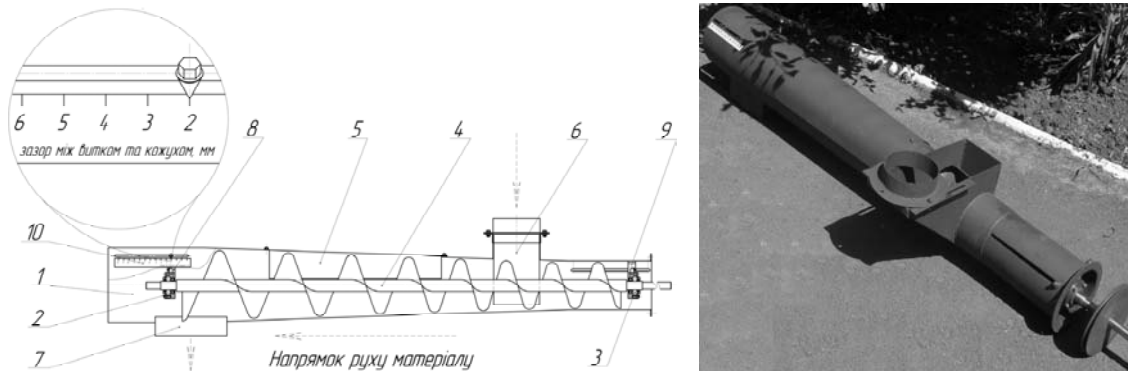
Ефективність роботи транспортерів залежить від багатьох факторів, що характеризують умови їх використання. Також слід відмітити значний вплив конструктивних і кінематичних параметрів транспортерів, що впливають на процес переміщення зернового матеріалу та довговічність гвинтових робочих органів. Тому, постає проблема у виборі оптимальних параметрів транспортерів, які забезпечать максимальний ресурс гвинтових робочих органів і найбільшу продуктивність при найменшій потужності та мінімальній степені травмування зерна, що переміщується.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З метою покращення ефективності переміщення зернового матеріалу та підвищення ресурсу гвинтового робочого органу, було запропоновано конструкцію експериментального транспортера [1], який складається з кожуха 1 (рис. 1), всередині якого у підшипникових вузлах 2, 3 обертається вал із закріпленим на ньому конусним гвинтом 4 зі змінним кроком, що дозволяє рівномірно переміщувати сипкий матеріал від завантажувального лотка 6 до розвантажувального патрубка 7.

Кожух в місцях встановлення підшипникових вузлів, має механізми переміщення 8, 9 конусного гвинта по осі вала, величина переміщення регулюється шкалою 10 нерухомо закріпленою на поверхні кожуха з ціною поділки рівною зазору між торцями витків гвинта та внутрішньою стінкою кожуха. У верхній частині кожуха транспортера розміщений оглядовий люк 5, який дозволяє контролювати процес переміщення матеріалу та фіксувати відхилення параметрів гвинтового робочого органу в процесі експлуатації.

Така конструкція гвинтового транспортера дасть змогу збільшити строк експлуатації шнекового робочого органу, зменшити травмування зернового матеріалу

та знизити енергозатрати на його переміщення.



1 – кожух; 2, 3 – підшипникові вузли; 4 – конусний гвинт; 5 – оглядовий люк; 6 – завантажувальний лоток; 7 – розвантажувальний патрубок; 8, 9 – механізми переміщення гвинта; 10 – регульовальна шкала

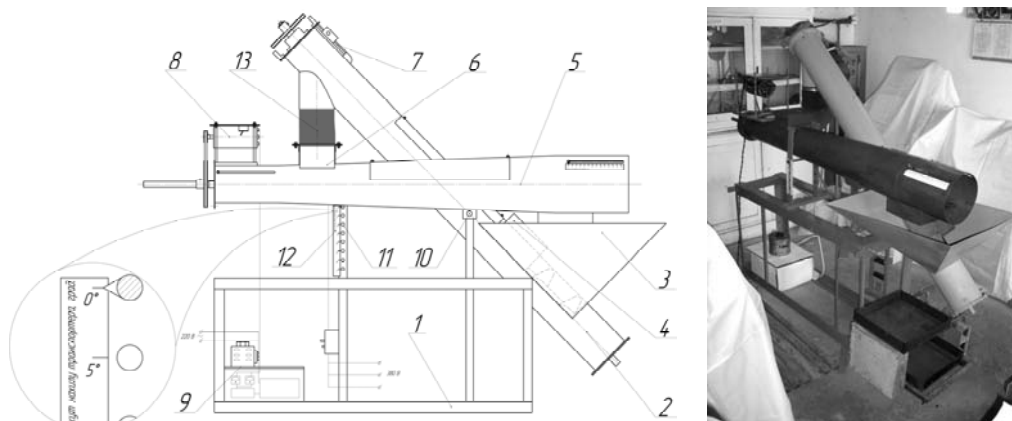
Рисунок 1 – Гвинтовий транспортер

Мета досліджень. Розробити методику для дослідження процесу переміщення зернового матеріалу транспортерами та встановити закономірності динаміки зношування гвинтових робочих органів.

Результати досліджень. Для визначення ефективності роботи гвинтового транспортера при лабораторних випробуваннях вирішувалися наступні задачі:

- визначення впливу конструктивних та кінематичних параметрів гвинтового транспортера на продуктивність і травмування зернового матеріалу, що переміщується;
- визначення нерівномірності зношування профілю витка та його вплив на ефективність транспортування зернового матеріалу;
- визначення потужності на привід робочого органу при зміні конструктивних параметрів і режимів роботи гвинтового транспортера.

Для проведення лабораторних досліджень розроблено конструкцію експериментальної установки (рис. 2), яка складається з рами 1 на якій під кутом 45° встановлений крутопохилий шнек 2 в нижній частині якого розміщений бункер 3 об'ємом 0,1 м³ із регульовальною заслінкою. Привід шнека здійснюється за допомогою трьохфазного асинхронного двигуна 7 потужністю 1,4 кВт.



1 – рама; 2 – крутопохилий шнек; 3 – бункер; 4 – заслінка; 5 – гвинтовий транспортер; 6 – лоток завантажувальний; 7 – двигун; 8 – електродвигун постійного струму; 9 – перетворювальний блок; 10 – шарнірний механізм; 11 – направляючі; 12 – регульовальна шкала; 13 – рукав

Рисунок 2 – Установка для дослідження та випробування гвинтових транспортерів

На верхній частині рами жорстко закріплений шарнірний механізм 10 на якому встановлений гвинтовий транспортер 5 з приводом від електродвигуна постійного струму 8 та перетворювального блоку 9, розташованого в нижній частині рами. Ліворуч від шарнірного механізму на верхній частині рами закріплені направляючі 11 з отворами в які встановлюється фіксуєчий палець, переміщення якого дозволяє змінювати кут нахилу гвинтового транспортера, що контролюється за допомогою нерухомо закріпленої регулювальної шкали 12.

Для запобігання втратам зернового матеріалу під час перевантаження, між вивантажувальним патрубком крутопохилого шнека та завантажувальним лотком 6 гвинтового транспортера встановлений рукав 13, довжина якого змінюється в залежності від кута нахилу транспортера.

Лабораторна установка працює наступним чином. Зерновий матеріал надходить до гвинтового транспортера через завантажувальний лоток і переміщується робочим органом, що приводиться в дію від електродвигуна, потрапляючи в бункер. З перевантажувального бункера матеріал самопливом потрапляє до гвинтового робочого органу крутопохилого шнека, який транспортує зерно на висоту 1 м під кутом 45° до вивантажувального патрубка розміщеного у верхній частині.

В залежності від поставлених задач і отримання необхідних даних, гвинтовий транспортер та крутопохилий шнек можуть працювати поодиноці або експлуатуватися разом створюючи замкнутий цикл процесу переміщення сипкого матеріалу гвинтовими робочими органами.

При проведенні експериментальних досліджень гвинтового транспортера фіксувалися наступні параметри:

- частота обертання гвинтового робочого органу;
- зазор між торцями витків гвинта та внутрішньою стінкою кожуха транспортера;
- кут нахилу гвинтового транспортера;
- потужність на двигуні (сила струму і напруга на вході в двигун).

За допомогою автотрансформатора типу ЛАТР змінювалась частота обертання гвинтового робочого органу, яка визначалась за показами лазерного тахометра DT-0071, що дозволяє здійснювати вимірювання в діапазоні від 10 до 10 тис. об/хв. з точністю $\pm 0,02\%$.

Зазор між торцями витків гвинтового робочого органу і внутрішньою стінкою кожуха та кут нахилу транспортера контролювався за допомогою регулювальних шкал, що встановлені на кожусі (рис. 3, а) над механізмом переміщення із підшипниковим вузлом і направляючих з отворами (рис. 3, б).

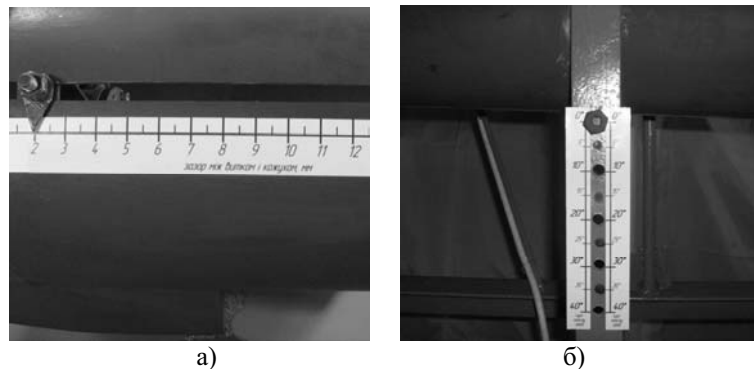


Рисунок 3 – Регулювальні механізми, шкали (а, б) експериментальної установки

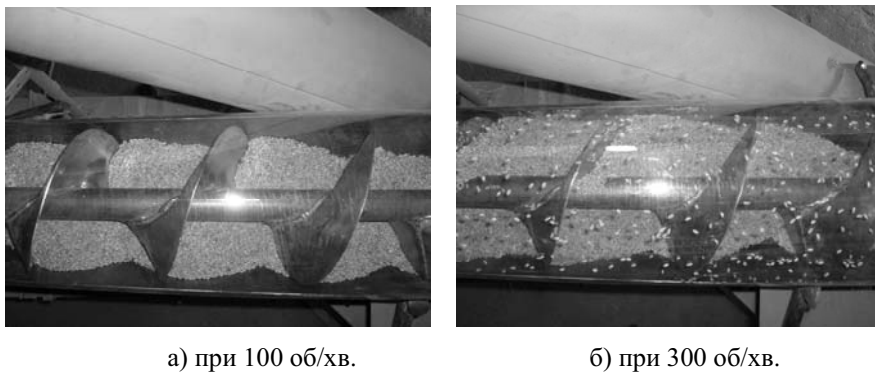
Продуктивність гвинтового транспортера визначалася за масою зернового матеріалу і часом заповнення мірного посуду, що встановлювався в бункері навпроти вивантажувального патрубку [2].

При визначенні травмування матеріалу після переміщення гвинтовим робочим органом, з бункера відбиралися проби зерна відповідно до діючих державних стандартів [3, 4].

Дослідження зміни форми профілю витка гвинтового робочого органу виконувались методом зняття відбитків (реплік) з досліджуваних ділянок. Для цього використовувався конденсаційний силіконовий відбитковий матеріал STOMAFLEX та каталізатор (активатор).

Зняття відбитків з досліджуваних ділянок здійснювалось через рівні проміжки напрацювання в характерних перерізах що мають відмітки на пасивних ділянках гвинта.

Візуальним спостереженням і обробкою зображень після знімання цифровою камерою встановлювались напрямки руху частинок при зміні конструктивних параметрів в тихохідному (а) та швидкохідному (б) режимах роботи гвинтового транспортера (рис. 4).



а) при 100 об/хв.

б) при 300 об/хв.

Рисунок 4 – Дослідження руху зернового матеріалу

Енергетична оцінка роботи гвинтового транспортера проводилась в стаціонарних умовах з підключенням електровимірювальних приладів до загальної схеми електроприводу транспортера експериментальної установки. Вимірявши силу струму за допомогою амперметра і напругу вольтметром на вході в двигун визначалася потужність $N_{\text{дв}} = IU$ на двигуні.

При проведенні дослідів використовувався метод математичного планування експерименту [5, 6]. Для опису досліджуваних процесів була вибрана математична модель виду:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

де y – параметр оптимізації;

b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти регресії, по величині яких, можна з'ясувати ступінь впливу відповідних факторів;

x_1, x_2, \dots, x_n – фактори, що впливають на параметр, який вивчається.

Параметрами (критеріями) оптимізації при проведенні досліджень вибрані: Q_m – продуктивність транспортера, кг/с, $T_{\text{зм}}$ – травмування зернового матеріалу, що переміщується, %, $N_{\text{пр}}$ – потужність на привід робочого органу, Вт/м. Критерії досліджуються на екстремум: $T_{\text{зм}}$, $N_{\text{пр}}$ – на мінімум, а критерій Q_m – на максимум.

Факторами, що суттєво впливають на критерії оптимізації є:

- частота обертання гвинтового робочого органу – $n_{про}$;
- зазор між витком та кожухом транспортера – H ;
- кут нахилу гвинтового транспортера – β_m .

В плануванні експерименту фактори змінюються на двох крайніх рівнях, а також на нульовому рівні (табл. 1). Таким чином проводився багатофакторний експеримент типу 2^3 .

Таблиця 1 – Інтервали та рівні варіювання факторів

| Показники | Кодове позначення | Фактори та їх позначення | | |
|---------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | | Частота обертання $n_{про}$, об/хв. | Зазор між витком та кожухом H , мм | Кут нахилу транспортера β_m , град. |
| Умове позначення | x_i | x_1 | x_2 | x_3 |
| Верхній рівень | +1 | 300 | 12 | 20 |
| Основний рівень | 0 | 200 | 7 | 10 |
| Нижній рівень | -1 | 100 | 2 | 0 |
| Інтервал варіювання | ε | 100 | 5 | 10 |

Планування проведення експериментів здійснювалось по типу симетричного не композиційного плану Бокса-Бенкена [7].

Перед проведенням досліджень визначався ряд показників [2, 8-10], що характеризують умови проведення випробувань. Після чого, експериментальний гвинтовий транспортер встановлений на лабораторній установці здійснював переміщення зернового матеріалу від завантажувального лотка до розвантажувального патрубку, паралельно фіксувалися покази вимірювальних приладів (тахометр, амперметр і вольтметр). Перед використанням приладів виконувалось їх тарування.

Обробка даних, отриманих в результаті проведення дослідів, здійснювалась на ПЕОМ з використанням методів математичної статистики. При цьому визначались оцінні статистичні показники.

Висновки. Розроблена методика проведення експериментальних досліджень гвинтових транспортерів. Заплановано проведення серії багатофакторних експериментів із визначення впливу конструктивно-кінематичних параметрів транспортера на ефективність переміщення зернового матеріалу та довговічність гвинтового робочого органу.

Список літератури

1. Пат. 58312 Україна, МПК В65G 33/00. Гвинтовий транспортер / А.І. Бойко, В.М. Савченко, В.Л. Куликівський; заявник та патентотримач Куликівський В.Л. – № u201010970; заяв. 13.09.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.
2. ГОСТ Р 52758-2007. Погрузчики и транспортеры сельскохозяйственного назначения. Методы испытаний. – М.: ФГУП СТАНДАРТИНФОРМ, 2007. – 54 с.
3. ГОСТ 13586.3-83. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 62 с.
4. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. – К.: Редакційно-видавничий відділ УкрНДІССІ, 2003. – 172 с.
5. Листопад І.А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства / И.А. Листопад. – М.: Агропромиздат, 1989. – 88 с.
6. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Ленинград: Колос, 1972. – 200 с.

7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Изд. 2-е переработ. и доп. / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.:Наука, 1976. – 279 с.
8. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатынский. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 176 с.
9. ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 118 с.
10. Кузнецов В.В. Методы уменьшения износа поверхностей трения зерноочистительных агрегатов / В.В. Кузнецов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 132 с.

В. Куликовский

Методика экспериментальных исследований эффективности работы и долговечности винтового рабочего органа транспортера

Приведена методика экспериментальных исследований эффективности работы и долговечности винтового рабочего органа транспортера. Представлена лабораторная установка для проведения исследований с установленными на ней необходимыми устройствами, механизмами и приборами, для изменения, регулирования и измерения конструктивно-кинематических параметров экспериментального винтового транспортера. Определены критерии оптимизации, а также факторы, которые влияют на них.

V. Kulikovskiy

Method of experimental researches of work and longevity of spiral working organ of conveyer

The method of experimental researches of work and longevity of spiral working organ of conveyer is resulted. A laboratory fluidizer is presented lead through of researches with the necessary devices mechanisms and devices set on it for a change, adjusting and measuring of structurally kinematics parameters of experimental spiral conveyer. The criteria of optimization, and also factors which influence on them, are certain.

Одержано 09.09.11