

## МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ ЗНОШУВАННЯ ВИТКІВ ШНЕКІВ

Куликівський В.Л., к.т.н.

*Житомирський національний агроекологічний університет*

*Наведена методика експериментальних досліджень динаміки зношування витків шнекових робочих органів. Представлений експериментальний фіксатор для зняття відбитків з досліджуваних робочих ділянок гвинтів. Визначений критерій оптимізації, а також фактори, що впливають на нього.*

**Постановка проблеми.** Шнекові робочі органи сільськогосподарського призначення працюють в складних умовах взаємодії з зерновим матеріалом, який в своєму складі містить певну кількість абразивних частинок.

Спостереження за зношуванням шнеків вказують на нерівномірність його розподілу як в радіальному напрямленні витка, так і по довжині шнека.

В процесі роботи профіль зношування переміщується в тіло витка, характеризуючи зміну геометрії і маси витка. Однак, при цьому, якщо розмір зазору між рухомим витком і кожухом шнека не змінюється, то зношування витка практично не впливає на показники його роботи. Зміни в працездатності робочого органу починають проявлятися при збільшенні зазору внаслідок подальшого зношування витка.

Таким чином, важливим параметром в роботі шнекових транспортерів є зазор між кожухом і витком. Цей параметр найбільш змінний в результаті протікання процесів зношування витків зерною масою. Від його величини залежать основні показники роботи шнека. Особливе значення даний параметр має для шнеків сільськогосподарського призначення, де від його величини залежить ступінь травмування зерна при транспортуванні і змішуванні. Вивчення закономірностей зношування витків шнека зерною масою з метою підвищення їх довговічності, для збереження працездатності є науковим завданням, що вимагає проведення додаткових експериментальних досліджень, для його вирішення.

**Аналіз останніх досліджень.** Досвід експлуатації шнекових робочих органів і проведені дослідження [1, 2] показують, що найбільше зношування спостерігається на периферії витків. Особливо це відмічається для нижніх витків похилих шнеків, що орієнтовані під кутом до горизонту,

який перебільшує кут тертя зернової маси по матеріалу кожуха.

Зношування робочих поверхонь шнеків слід розглядати, як природній процес втрати форми і маси при контактній взаємодії робочого органу з матеріалом, що транспортується. Проте, на особливу увагу заслуговує нерівномірність його розподілення по окремих ділянках. Так, найбільша інтенсивність зношування спостерігається на робочій поверхні витка в периферійній його частині. Поступово початкова, практично прямокутна форма нового витка при зношуванні заокруглюється і набуває в перерізі криволінійного робочого профілю [1, 2].

Збільшення величини зазору між кожухом і витком шнека до розмірів близьких до параметрів частинки зерна, а також криволінійна форма поверхні зношування витка, сприяють утворенню умов заклинюванню частинки. При цьому різко підвищується зусилля в контактах між зерниною і деталями зазору, що при наявності переміщень вздовж витка активізує його зношування та руйнування зернової частинки. Обидва ефекти носять негативний характер і знижують можливість раціонального використання шнекових робочих органів.

**Мета досліджень.** Розробити методику для встановлення закономірності динаміки зношування робочих органів шнеків залежно від їх конструктивно-технологічних параметрів та властивостей матеріалу, що переміщується.

**Результати досліджень.** Для встановлення закономірності динаміки зношування витків шнеків при лабораторних випробуваннях вирішувалися наступні задачі:

- встановлення динаміки зношування і зміни геометричних параметрів робочих поверхонь витків шнеків;
- визначення нерівномірності зношування профілю витка гвинтового робочого органу в залежності від напрацювання (кількості переміщеного матеріалу);
- визначення нерівномірності зношування витків по довжині гвинта в залежності від кута нахилу шнека.

Для проведення лабораторних досліджень розроблено конструкцію експериментального стенду [3]. 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 шнека фіксувалися наступні параметри: частота обертання гвинтового робочого органу; зазор між торцями витків гвинта та внутрішньою стінкою кожуха шнека; кут нахилу шнека; потужність на двигуні (сила струму і напруга на вході

в двигун).

Дослідження зміни форми профілю витка гвинтового робочого органу виконувались методом зняття відбитків (реплік) з досліджуваних ділянок. Для цього використовувався конденсаційний силіконовий відбитковий матеріал STOMAFLEX (технічні дані якого наведені в табл.1) та катализатор.

Таблиця 1. Технічні дані відбиткового матеріалу

Тип відбиткового матеріалу по стандарту ISO 4823	Stomaflex Putty	
	Тип 0 – дуже висока в'язкість	
	Гель катализатор	Рідкий катализатор
Повний час роботи, включаючи час на змішування, хв	1 – 1,3	1,3 – 2
Час виконання відбитка, хв	2,15 – 3	3 – 3,45
Мінімальний час на фіксацію відбитка у місці дослідження, хв	3,3	4
Відновлення після деформації, %	$\geq 97,5$	$\geq 97,5$
Відносна лінійна деформація, %	- 1 – 0	- 1 – 0

Закріплення відбиткового матеріалу на досліджуваній ділянці здійснювалось за допомогою спеціально розробленого і виготовленого відбиткового фіксатора (рис.1), робоча частина якого копіює форму витка.



а)



б)

Рис. 1. Зняття відбитка за допомогою фіксуючого пристосування:

- а) зняття відбитка з досліджуваної ділянки; б) загальний вигляд відбиткового фіксатора

Зняття відбитків з торцевої поверхні гвинта виконувалось наступним чином. В робочу частину фіксатора встановлювався завчасно підготовлений відбитковий матеріал. Пристрій разом з матеріалом за допомогою

тримача фіксувався на робочому органі шнека та вдавлювався у гвинт до отримання чіткого відбитка досліджуваної ділянки профілю витка.

Зняття відбитків з експериментальних ділянок здійснювалось через рівні проміжки напрацювання в характерних перерізах, що мають відмітки (бази) на неробочих місцях гвинта.

При проведенні дослідів використовувався метод математичного планування експерименту [4, 5]. 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.

Параметром (критерієм) оптимізації при проведенні досліджень вибрано – швидкість зношування  $J_z$ , мм/год. Критерій досліджувався на екстремум – мінімум.

Факторами, що суттєво впливають на критерій оптимізації є: частота обертання гвинтового робочого органу –  $n_{zpo}$ ; зазор між витком та кожухом шнека –  $H$ ; кут нахилу шнека –  $\beta_{ш}$ .

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

Таблиця 2. Інтервали та рівні варіювання факторів

Показники	Кодове позначення	Фактори та їх позначення		
		Частота обертання $n_{zpo}$ , об/хв	Зазор між витком та кожухом $H$ , мм	Кут нахилу шнека $\beta_{ш}$ , град
Умовне 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	$\varepsilon$	100	5	10

Планування проведення експериментів здійснювалось по типу симетричного не композиційного плану Бокса-Бенкена [6].

Перед проведенням досліджень визначався ряд показників [7, 8], що характеризують умови проведення випробувань. Після чого, шнек встановлений на стенді 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 ПК з використанням методів математичної статистики. При цьому визначались оцінні статистичні показники.

**Висновки.** Розроблена методика проведення експериментальних досліджень динаміки зношування робочих органів шнеків. Заплановано проведення серії багатофакторних експериментів із визначення впливу конструктивно-кінематичних параметрів шнеків на ефективність переміщення зернового матеріалу та довговічність гвинтового робочого органу.

### Список використаних джерел

1. Кальбус Г.Л. К вопросу изнашивания вертикальных шнеков при транспортировании зерна и комбикормов / Г.Л. Кальбус, Л.В. Тененбаум, Т.И. Бородина // Исследование и конструирование машин для животноводства и кормопроизводства: Сборник научных трудов ВНИИ живомаш. – К., 1976. – Вып. 2. – С. 147-151.
2. Кузнецов В.В. Исследование износостойкости навивок шнеков / В.В. Кузнецов, Б.П. Ласаев, В.Л. Седаш // Совершенствование и улучшение использования сельскохозяйственной техники: Научные труды. – Воронеж: Изд-во ВСХИ, 1976. – Т. 75. – С. 46-48.
3. Пат. 68860 Україна, МПК В65G 33/16. Стенд для дослідження характеристик гвинтових транспортерів та шнекових живильників / А.І. Бойко, С.В. Міненко, В.Л. Куликівський; заявник В.Л. Куликівський. – №u201112449; заявл. 24.10.2011; опублік. 10.04.2012, Бюл. № 7, 2012 р.
4. Листопад И.А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства / И.А. Листопад. – М.: Агропромиздат, 1989. – 88 с.
5. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Ленинград: Колос, 1972. – 200 с.
6. 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.
7. ГОСТ Р 52758-2007. Погрузчики и транспортеры сельскохозяйственного назначения. Методы испытаний. – М.: ФГУП СТАНДАРТИНФОРМ,

2007. – 54 с.

8. ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 118 с.

#### **Аннотация**

### **МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ ИЗНОСА ВИТКОВ ШНЕКОВ**

**Куликовский В.Л.**

*Приведена методика экспериментальных исследований динамики износа витков шнековых рабочих органов. Представлен экспериментальный фиксатор для снятия слепков из исследуемых рабочих участков винтов. Определен критерий оптимизации, а также факторы, влияющие на него.*

#### **Abstract**

### **THE METHOD OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DYNAMICS OF WEAR TURNS SCREWS**

**Kulikovskiy V.L.**

*The methodology of experimental studies of the dynamics of wear turns screw working bodies. Presented experimental retainer for impressions of the surveyed work areas screws. Defined optimization criterion and the factors influencing it.*