

## ТЕХНОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Лімонт А.С., к.т.н., доц.

*Житомирський національний агроекологічний університет*

*Досліджені розподіли коефіцієнта технологічної надійності льонозбиральних комбайнів та продуктивності машинних агрегатів у їх складі. Доведено, що аналізовані розподіли узгоджуються з нормальним законом. Виявлена закономірність зміни продуктивності агрегатів залежно від коефіцієнта технологічної надійності комбайнів описується рівнянням гіперболи зворотного зв'язку.*

**Постановка проблеми.** Надійність машин та показники їх призначення, і в першу чергу продуктивність машинних агрегатів, визначають якість використовуваних засобів механізації виробництва продукції рослинництва. Це стосується і засобів механізації збирання льону-довгунця – єдиного в Україні джерела текстильної сировини і неоцінених виробів із насіння та костриці, що використовується в будівництві і для виготовлення меблів. Поряд з іншими машинами на збиранні льону використовують і комбайнові агрегати, ефективність яких визначається низкою показників, серед яких відповідне місце займає надійність технологічного процесу комбайнів. В пропонованій статті висвітлені деякі з питань проблеми технологічної надійності комбайнів і ефективності використання льонозбиральних агрегатів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Надійність технологічного процесу, або що те ж технологічну надійність, засобів механізації визначають за допомогою декількох показників, серед яких відповідне місце займає коефіцієнт надійності технологічного процесу машини. Коефіцієнт надійності технологічного процесу визначають за формулою [6, 8, 10]:

$$k_{\text{тн}} = \frac{T_p}{(T_p + T_{\text{тв}})},$$

де  $T_p$  – тривалість чистої роботи машинного агрегату впродовж зміни, одиниці часу (год., хв.);

$T_{\text{тв}}$  – тривалість усунення технологічних відмов, що пов'язана з очищенням робочих органів, одиниці часу (год., хв.).

За проф. Л.В. Погорілим [8] можна виділити три основні види технологічних відмов, що спричинені: 1) залипанням робочих органів оброблюваним чи технологічним матеріалами, в середовищі яких працюють механізми; 2) нагромадженням оброблюваних і технологічних матеріалів

лів, а також різних домішок і забиванням робочих органів; 3) намотуванням і напресовуванням рослинних решток та бур'янів, що викликають порушення нормальних умов чи режимів роботи машин. Наведений перелік причин технологічних відмов характерний і для льонозбиральних комбайнів. Технологічну надійність комбайнів вивчали [1, 4, 5] та інші дослідники. М.А. Бутко [1] досліджував експлуатаційну надійність комбайнів ЛКВ-4Т, що обладнані в'язальним апаратом. За даними цього дослідника коефіцієнт експлуатаційної надійності досліджуваних комбайнів коливався в межах 0,47...0,93. З використанням даних, що наведені у статті В.П. Доманчука [4], обчислили коефіцієнт надійності технологічного процесу комбайнів ЛК-4Т, який дорівнював 0,85. За дослідженнями [5], що були проведені в Житомирській області, коефіцієнт надійності технологічного процесу комбайнів ЛК-4Т дорівнював 0,89. В наведених працях містилася і інформація про продуктивність льонозбиральних агрегатів Проте, поза увагою дослідників залишилися питання щодо якісного і кількісного зв'язку між технологічною надійністю комбайнів і продуктивністю льонозбиральних агрегатів.

*Мета досліджень* полягала у підвищенні ефективності використання льонозбиральних комбайнових агрегатів шляхом пошуку закономірностей зміни показників призначення агрегатів.

*Завдання досліджень:* 1) дослідити розподіли коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів та продуктивності машинних агрегатів у складі з комбайнами; 2) виявити якісну залежність і з'ясувати кількісну закономірність зміни продуктивності агрегатів від коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів.

**Об'єкт та методика досліджень.** Об'єктом досліджень був технологічний процес льонозбиральних агрегатів у складі тракторів класу 1,4 і комбайнів ЛК-4Т. Методика досліджень технологічного процесу базувалася на проведенні хронометражних спостережень за роботою льонозбиральних комбайнових агрегатів в рядових умовах експлуатації при збиранні льону-довгунця у великотоварних сільськогосподарських підприємствах Житомирської області. Листи хронометражних спостережень опрацьовували прийнятими для цього методами. Обробка даних спостережень і опрацьованих вихідних даних здійснена з використанням методів кореляційно-регресійного аналізу.

**Результати досліджень.** Розподіл коефіцієнта надійності технологічного процесу мав від'ємні асиметрію і ексцес з показниками відповідно мінус 0,37 і мінус 0,51, відношення яких до своїх середніх квадратичних відхилень становили 0,78 і 0,54. Для розподілу продуктивності льонозбиральних агрегатів властиві також від'ємні асиметрія і ексцес, показники яких дорівнювали відповідно мінус 0,35 і мінус 0,21 з відношеннями до своїх середніх квадратичних відхилень 0,74 і 0,22. Отже, досліджувані розподіли можна вважати слабкоасиметричними і слаб-

коексцесивними. Від'ємна асиметричність свідчить, що довга і полого вітка кривих розподілу розміщена ліворуч моди, тобто зрушена в область менших значень коефіцієнта надійності і продуктивності. Від'ємна ексцесивність є ознакою того, що емпіричні розподіли мають більш низьку і плоску вершину, ніж нормальна крива. Оскільки вибіркові показники асиметрії і ексцесу відрізняються за абсолютним значенням від своїх математичних очікувань не більш, ніж на потроєні середні квадратичні відхилення, то вважаємо, що нульова гіпотеза щодо розподілу коефіцієнта надійності технологічного процесу і продуктивності агрегатів за нормальним законом не суперечить експериментальним даним.

Розраховані показники асиметрії і ексцесу досліджуваних розподілів дали змогу оцінити форму кривих за їх скошеністю і пологістю. Кількісне ж оцінювання узгодженості емпіричних розподілів з передбачуваним нормальним законом здійснили визначенням критерію згоди  $\chi^2$  Пірсона. Виявилося, що для розподілів коефіцієнта надійності і продуктивності агрегатів спостережувані  $\chi^2$  – критерії дорівнюють відповідно 2,85 і 0,54. За таблицями квантилів  $\chi^2$  – розподілу на рівні значущості 0,05 і числа ступенів вільності 1 критичний  $\chi^2$  – критерій дорівнює 3,8 [2]. Оскільки спостережувані  $\chi^2$  – критерії не перевищують критичного, то відсутні підстави для відхилення нульової гіпотези і емпіричні розподіли слід визнати такими, що узгоджуються з нормальним законом.

Щільність розподілу коефіцієнт надійності технологічного процесу льонозбирального комбайна можна подати у вигляді:

$$f(k_{тн}) = \frac{1}{0,19\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(k_{тн} - 0,69)^2}{2 \cdot 0,19^2}\right], \quad (1)$$

де  $k_{тн}$  - коефіцієнт надійності технологічного процесу, що коливався в межах 0,16...1,0; 0,69 і 0,19 - відповідно середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення емпіричного розподілу коефіцієнта надійності технологічного процесу, за якими коефіцієнт варіації розподілу становив 27,5%.

Дослідження продуктивності льонозбиральних агрегатів за годину змінного часу показало, що щільність розподілу цієї ознаки має вигляд:

$$f(W_{гз}) = \frac{1}{0,14\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(W_{гз} - 0,47)^2}{2 \cdot 0,14^2}\right], \quad (2)$$

де  $W_{гз}$  - продуктивність льонозбирального агрегату за годину змінного часу, що коливалася в межах 0,11...0,75 га/год.; 0,47 і 0,14 – відповідно середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення емпіричного розподілу продуктивності льонозбирального агрегату, га/год., за якими коефіцієнт варіації розподілу становив 29,8%.

Полігони і нормальні криві досліджуваних розподілів наведені на рисунку 1, з якого простежуються відповідні асиметричність і ексцесив-

ність емпіричних розподілів.

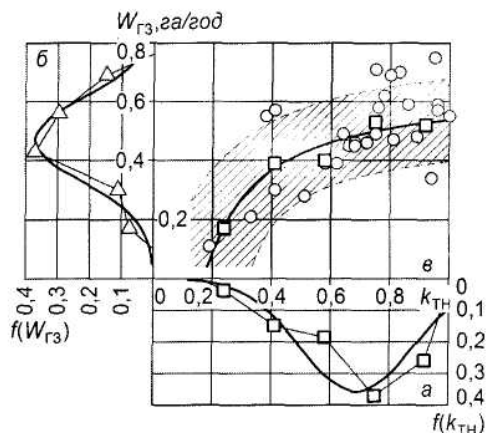


Рис.1. Полігони і криві нормального розподілів коефіцієнта надійності технологічного процесу  $k_{TH}$  (а) і продуктивності  $W_{ГЗ}$  (б) льонозбиральних агрегатів та зміна  $W_{ГЗ}$  залежно від  $k_{TH}$  (в)

На рисунку у квадранті «в» побудоване кореляційне поле зв'язку продуктивності льонозбиральних комбайнових агрегатів за годину змінного часу з коефіцієнтом надійності технологічного процесу комбайнів. З графіка простежується криволінійний зв'язок між досліджуваними ознаками. Для уточнення характеру зв'язку будували двомірний варіаційний ряд, з використанням якого опрацювали кореляційну таблицю з пошуку і з'ясування статистичного зв'язку між досліджуваними ознаками. За опрацьованою кореляційною таблицею визначили коефіцієнт кореляції між продуктивністю льонозбиральних агрегатів і коефіцієнтом надійності технологічного процесу комбайнів та кореляційне відношення продуктивності по коефіцієнтові надійності. Виявилось, що коефіцієнт кореляції мав додатне значення і дорівнював 0,523, а кореляційне відношення перевищувало визначений коефіцієнт кореляції і становило 0,605. Порівняння визначених показників статистичного зв'язку підтверджує, що з підвищенням коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів продуктивність льонозбиральних агрегатів зростає за криволінійною залежністю. Для з'ясування характеру криволінійного зв'язку між факторальною і результативною ознаками при групуванні статистичних даних визначили середньо-групові значення коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів і відповідні цим значенням середні зважені значення продуктивності агрегатів, які зображені на рисунку точками у вигляді трикутників. З графічного зображення видно, що точки розміщені у вигляді гіперболічної кривої зворотного зв'язку. За методом

найменших квадратів розраховані параметри кривої, рівняння якої має вигляд:

$$W_{\text{гз}} = 0,646 - 0,113 / k_{\text{тн}}, \quad (3)$$

де  $W_{\text{гз}}$  - продуктивність льонозбирального агрегату за годину змінного часу, га/год.,  $k_{\text{тн}}$  - коефіцієнт надійності технологічного процесу льонозбирального комбайна.

Відношення основної помилки вирівнювання зміни середніх зважених значень результативної ознаки від середньогрупових значень факторіальної за апроксимуючою гіперболічною залежністю (3) до середнього значення продуктивності становило 0,08. Оскільки визначене відношення не перевищує 0,1, то умова задовільного вирівнювання витримана [7]. Помилка рівняння (3) криволінійної регресії, що розрахована за значеннями середнього квадратичного відхилення розподілу продуктивності і визначеного кореляційного відношення, становила 0,11 га/год. Якщо зону на рисунку в квадранті «є» навколо наведеної кривої зобразити двома обмежувальними лініями, що розраховані за рівнянням (3) з урахуванням помилки  $\pm 0,11$  га/год. цього рівняння, то ця зона містить 70,4% всіх даних, що увійшли до розрахунку рівняння зв'язку.

Розрахований коефіцієнт детермінації, що визначає і оцінює частку змін в продуктивності льонозбирального агрегату, яку можна пояснити впливом змін коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайна, становив 0,366. Отже, близько 37% варіації продуктивності агрегату причинно зумовлені зміною коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайна.

Перший член рівняння (3) визначає межу можливого зростання продуктивності агрегатів, до якої асимптотично вона наближається у міру підвищення коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів. Ця межа виявилася такою, що дорівнює 0,65 га/год. і попадає в статистичну вибірку продуктивності агрегатів (квадрант «б» на рисунку). Якщо перерахувати це значення годинної продуктивності на продуктивність за 7-годинну зміну, що становить 4,55 га, то це значення узгоджується з Типовими нормами продуктивності льонозбиральних комбайнів при бранні льону з розстиланням і очісуванням коробочок з урахуванням густоти стеблостою і групи поля як нормоутворюючих факторів [9].

Гіперболічне рівняння (3) не дозволяє дослідити його на екстремум і виявити оптимальне значення коефіцієнта надійності технологічного процесу льонозбиральних комбайнів. Проте аналіз кривої  $W_{\text{гз}} = f(k_{\text{тн}})$  на рисунку свідчить про зростання  $W_{\text{гз}}$  залежно від  $k_{\text{тн}}$ , але із поступовим його сповільненням. Так, при підвищенні коефіцієнта

надійності від 0,2 до 0,6 продуктивність агрегатів зростає у 5,6 рази, від 0,6 до 0,8 - на 10%, а від 0,8 до 1,0 - на 5%. Зростання продуктивності агрегатів в міру підвищення коефіцієнта надійності понад 0,8 сумірне з помилкою рівняння регресії (3) і не перевищує її чисельне значення. Таке дозволяє дійти попереднього висновку, що в умовах рядової експлуатації льонозбиральних агрегатів можливо і доцільно визначити коефіцієнт надійності, що дорівнює 0,8 з допуском  $\pm 0,1$ .

**Висновки.** Статистична зміна продуктивності льонозбиральних комбайнових агрегатів залежно від коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів оцінюється додатним коефіцієнтом кореляції 0,523 і кореляційним відношенням 0,605. При цьому 37% варіації продуктивності агрегатів причинно зумовлені зміною коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів. Кількісна закономірність підвищення продуктивності агрегатів при збільшенні коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів описується рівнянням гіперболи зворотного зв'язку. За інтенсивністю зростання продуктивності агрегатів у міру підвищення коефіцієнта надійності технологічного процесу комбайнів можна дійти висновку щодо нормативного значення останнього, яке має дорівнювати 0,8 з експлуатаційним допуском  $\pm 0,1$ .

Перспективи подальших розвідок на нашу думку мають бути зосереджені на дослідженні розподілів часу між відмовами і часу усунення відмов та їх впливу на наробіток льонозбиральних агрегатів.

### Список використаних джерел

1. *Бутко М.А.* Исследования, разработка и внедрение комбайновой технологии уборки льна-долгунца с приготовлением тресты на льнозаводах: Доклад, обобщающий содержание опубликованных работ, представленных на соискание ученой степени канд. с.-х. наук (по совокупности): спец. 06.538 «Сельское хозяйство (растениеводство)» / М.А. Бутко. - Пермь, 1972. - 72 с.

2. *Герасимович А.И.* Математическая статистика / Герасимович А.И. - Минск: Вышэйш. шк., 1983. - 279 с.

3. *Горбовий А.Ю.* Перспективи покращення механізації льонарства в Україні / А.Ю. Горбовий, Л.П. Серета, В.М. Пришляк // Вісн. Харків. нац. техніч. ун-ту с.-г. ім. П. Василенка: механізація сільськогосподарського виробництва. -Х., 2008. - Вип. 75, Т. 2. - С. 159 - 169.

4. *Доманчук В.П.* Организация комбайновой уборки льна / В.П. Доманчук // Лен и конопля. - 1969. - № 6. - С. 15 - 17.

5. Исследование эффективности вариантов комбайновой уборки льна-долгунца в условиях Полесья УССР / И.И. Гиренко, Л.М. Соснина, Г.П. Водяницкий, Н.И. Куркова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - К.: Урожай, 1980. - Вып. 49. - С. 29 - 35.

6. Кіртбая Ю.К. Основы комплексной механизации сельского хозяйства / Кіртбая Ю.К. - К.: Вид-во Укр. акад. с.-г. наук, 1961. - 206 с.

7. Методика статистической обработки эмпирических данных: РТМ 44-62. -М.: Изд-во стандартов, 1966. - 100 с.

8. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин / Погорелый Л.В. - К.: Техника, 1991. - 157 с.

9. Типові норми продуктивності машин і витрати палива на збиранні сільськогосподарських культур / [В.В. Вітвіцький, І.М. Демчак, В.С. Пивовар та ін.]. - К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2005. - 544 с.

10. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / [Михлин В.М., Диков К.И., Стариков В.М. и др.]; под ред. Н.Ф. Чухчина и В.М. Старикова. - М.: Машиностроение, 1982. - 256 с.

#### **Аннотация**

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛЬНУБОРОЧНЫХ АГРЕГАТОВ**

**Лимонт А.С.**

*Исследованы распределения коэффициента технологической надежности льноуборочных комбайнов и производительности машинных агрегатов в их составе. Определено, что анализируемые распределения согласуются с нормальным законом. Выявленная закономерность изменения производительности агрегатов в зависимости от коэффициента технологической надежности комбайнов описывается уравнением гиперболы обратной связи.*

#### **Abstract**

### **THE TECHNOLOGICAL RELIABILITY AND PRODUCTIVITY OF FLAX HARVESTING UNITS**

**A. Limont**

*The paper investigates the distribution of the coefficient of technological reliability of flax harvesters and productivity of the machine units which are their parts. It has been proved that the distributions analyzed are in conformity with the normal law. The revealed regularity of the working unit productivity changes depending on the coefficient of the technological reliability of harvesters is described by the equation of the feedback hyperbola.*