

## **ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ЛЕЗВИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ ПРИ ИЗНОСЕ**

**Алексей Козаченко, Александр Шкрегаль, Владимир Каденко,  
Олег Блезнюк**

**Аннотация.** В статье рассмотрены направления повышения технического уровня рабочих органов почвообрабатывающих орудий, в частности культиваторов для междурядной и сплошной обработки. Определены направления совершенствования и повышения долговечности культиваторных лап при применении локального упрочнения твердосплавными материалами, установлена возможность формообразования зубчатого лезвия при эксплуатации. По результатам эксплуатационных испытаний доказана целесообразность использования в качестве упрочняющего материала рабочей поверхности культиваторных лап проволоки Т598, что обеспечивает получение эффекта самозатачивания лезвия рабочих органов культиваторов. Определено, что наиболее интенсивный износ упрочненного лезвия происходит в начальный период эксплуатации с последующим замедлением процесса изнашивания рабочих органов при образовании на поверхности лезвия зубчатого профиля и перераспределением давления почвы в зонах образованных зубьями и впадинами. Сравнительными испытаниями серийных и экспериментальных рабочих органов культиваторов определена перспективность применения лап с криволинейным локально упрочненным лезвием.

**Ключевые слова:** почвообрабатывающие орудия, лапа культиватора, почва, износ

УДК 631.2.001

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

**О. М. Бистрий, здобувач\***

**І. Л. Роговський, кандидат технічних наук**

**e-mail: rogovskii@yandex.ua**

**Анотація.** Однією із актуальних задач сучасного сільськогосподарського машинобудування поряд із підвищенням

\*Науковий керівник – кандидат технічних наук І. Л. Роговський

© О. М. Бистрий, І. Л. Роговський, 2016

*безвідмовності та довговічності зернозбиральних комбайнів машин є забезпечення їх відновлення працездатності. Відомо, що ремонтпридатність сільськогосподарських машин, як і інші властивості надійності, закладаються при проектуванні, тому ще в технічному завданні на виріб встановлюються об'єктивні критерії та методи, які дозволяють кількісно та якісно оцінити машини, які проектуються. Аналіз літературних джерел з даної проблеми показав, що за останнє десятиріччя в галузі сільськогосподарського машинобудування ще не достатньо уваги приділяється питанням ремонтної технологічності конструкцій зернозбиральних комбайнів та їх ремонтпридатності. Питання ремонтпридатності особливо гостро стоїть для зернозбиральних комбайнів, оскільки в період збирання врожаю важливим є зменшення тривалості простоїв на технічному обслуговуванні і при усуненні несправностей.*

**Ключові слова:** закон розподілу, трудомісткість, безвідмовність, експлуатація, зернозбиральний комбайн

**Постановка проблеми.** Теорія надійності, що базує на працях А. І. Берга, Н. Г. Бруєвіча, Б. В. Гнеденко, Х. Б. Кордонського, Р. В. Кугеля, А. І. Селіванова, Я. В. Шора, А. С. Пронікова – ґрунтується на фізичній природі явищ відмов [1, 2]. Методи розрахунку показників і шляхи підвищення безвідмовності освітлені в роботах Р. В. Кугеля, С. С. Дмитриченка, І. Н. Велічкіна, В. Я. Аніловича, А. І. Бойка та інших.

З огляду на те, що відмови носять випадковий характер, основна задача при їх дослідженні – виявити статистичні закономірності їх появи [3]. Уведення різних математичних моделей для кількісного опису безвідмовності і довговічності, що відбивають функціонування машини і їх елементів, не дасть бажаних результатів, якщо не буде розкрита фізична сутність відмов, їх вплив на роботоздатність машини в цілому або окремих агрегатах і можливість їх усунення [4]. Тому для опису безвідмовності і довговічності повинні вибиратися різні математичні моделі в залежності від фізичної природи відмов.

**Аналіз останніх досліджень.** В даній роботі необхідно врахувати результати досліджень вчених з розробки основ технічного обслуговування сільськогосподарської техніки (Селіванов А. В., Веденяпін Г. В., Ждановський Н. С., Левитський І. С., Конкін Ю. А., Іофінов С. А., Кіртбая Ю. К., Міхлін В. М., Рагімов А. Г., Ленський А. В., Молдовський В. І., Стокальов С. Г., Пасечніков Н. С., Путінцева М. А.), автомобілів, літаків, радіоелектронних і автоматизованих систем (Бєляєв Ю. К.,

Бруле Д. Д., Джонсон Р. А., Верзаков Г. Ф., Дружинін Г. В., Кузнєцов П. І., Кузнєцов Є. С., Смірнов Н. Н., Ушаков А. І.), з розробки теорії розкладу, мережевих методів планування і керування (Бороздін І. Г., Бігель Д. І., Голенко Д. І., Конвей Р. В., Танєєв В. С.), з розробки теорії масового обслуговування (Гнеденко Б. М., Вентцель Є. С.) тощо.

**Мета досліджень.** Сформуваність обґрунтованість встановлення теоретичного закону розподілу відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів.

**Результати досліджень.** Статистичні дані про час на відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів класу 9 кг/с отримано із хронометражних спостережень в реальних умовах експлуатації та аналізу опитувальних листів спеціалістів. Використовуючи методику обробки статистичних даних, визначено середнє значення часу відновлення працездатності 1,5 годин (при участі двох осіб), середнє квадратичне відхилення 1,6 годин, коефіцієнті варіації 1,07 та встановлено, що розподіл часу на відновлення працездатності можна описати експоненціальним законом. Гістограму, полігон і функції теоретичного закону розподілу часу відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів побудовано на рис. 1.

При цьому функція щільності розподілу ймовірності (диференціальна функція)  $f(t_e)$  і функція розподілу ймовірності (інтегральна функція)  $F(t_e)$  теоретичного закону розподілу часу відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів „Дон-1500” мають наступний вигляд:

$$f(t_e) = \frac{1}{1,5} \exp\left(-\frac{t_e}{1,5}\right), \quad (1)$$

$$F(t_e) = 1 - \exp\left(-\frac{t_e}{1,5}\right). \quad (2)$$

Виконана оцінка відповідності між вибраним теоретичним законом розподілу та емпіричною залежністю показала, що прийнятий експоненціальний закон розподілу не перечить отриманим експериментальним даним.

Так ймовірність узгодження за критерієм згоди Пірсона становить  $P(\chi^2) = 0,32$ , а за критерієм згоди Колмогорова  $P(\lambda_k) = 0,90$ .

При цьому потік відновлень працездатності можна розглядати як найпростіший пуассонів, що має властивості стаціонарності, ординарності і відсутності післядії.

В таких умовах інтенсивність відновлення працездатності співпадає із значенням параметра закону і складає величину  $\mu = 0,667$  1/год.

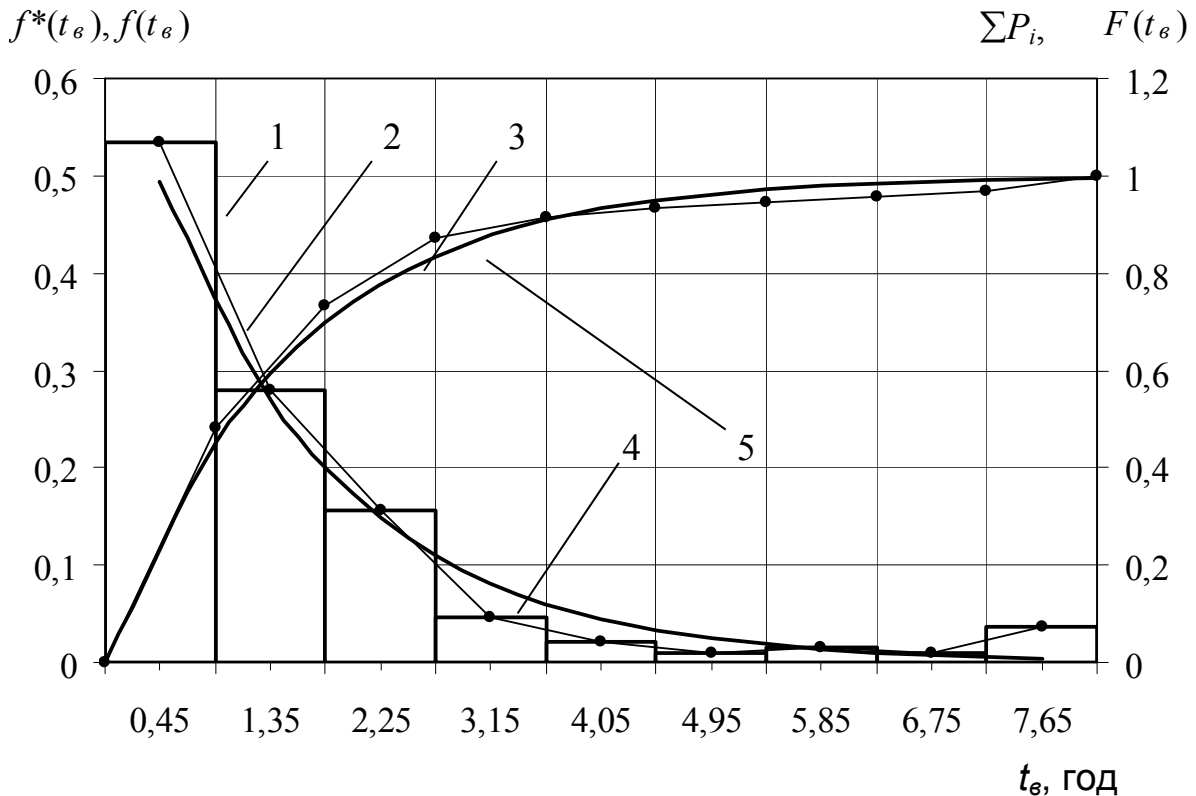


Рис. 1. Графік розподілу часу відновлення працездатного стану  $t_e$  зернозбиральних комбайнів: 1 – гістограма розподілу; 2 – полігон розподілу; 3 – крива накопичених ймовірностей; 4 – функція щільності  $f(t_e)$  теоретичного закону розподілу; 5 – інтегральна функція  $F(t_e)$  теоретичного закону розподілу.

Інтегральна функція розподілу характеризує ймовірність відновлення працездатного стану за певний проміжок часу. Межі розсіювання показника середнього часу відновлення працездатності становлять 1,3...1,7 год.

Оскільки при експлуатації зернозбиральних комбайнів виникають відмови різної групи складності, які можуть бути усунені різними каналами обслуговування (механізатор, пересувна майстерня, центральна ремонтна майстерня), тому для практичних потреб важливим є визначення показників ремонтпридатності для відмов різної групи складності.

Проведений розподіл відмов зернозбиральних комбайнів „Дон-1500” за групами складності [9] показує, що переважаюча кількість відмов (59 %) припадає на другу групу. На першу і третю групи складності припадає відповідно 32 % і 9 % від сумарної їх кількості. Але, слід зауважити, що на усунення відмов першої групи складності витрачається найменше часу (6 % сумарного часу), а на усунення відмов третьої групи складності – найбільше (53 %), оскільки при цьому виконується розбирання основних агрегатів і систем. Час

усунення відмов другої групи складності становить 41 % від сумарного часу усунення відмов зернозбиральних комбайнів.

Виходячи з отриманих експериментальних даних виконано розподіл часу усунення відмов різних груп складності зернозбиральних комбайнів. В результаті проведених розрахунків встановлено, що розподіл часу усунення відмов першої групи складності при середньому значенні 0,37 год, середньому квадратичному відхиленні 0,15 год і коефіцієнті варіації 0,405 підлягає закону розподілу Вейбула-Гнеденко. При цьому теоретичні значення функції щільності розподілу  $f(t)$  і функції розподілу ймовірності  $F(t)$  для вибраного закону визначаються згідно залежностей:

$$f(t_g^I) = 27,94 \cdot t_g^I{}^{1,68} \cdot \exp\left(-10,42 \cdot t_g^I{}^{2,68}\right) \quad (3)$$

$$F(t_g^I) = 1 - \exp\left(-10,42 \cdot t_g^I{}^{2,68}\right) \quad (4)$$

Встановлено також, що розподіл часу усунення відмов другої групи складності при середньому значенні 1,53 год (за участі двох осіб) і середньому квадратичному відхиленні 1,02 год та розподіл часу усунення відмов третьої групи складності при середньому значенні 12,41 год (за участі двох осіб) і середньому квадратичному відхиленні 8,35 год теж можуть бути описані законом розподілу Вейбула-Гнеденко. Функції законів розподілу для часу усунення відмов другої  $t_g^{II}$  та третьої  $t_g^{III}$  груп складності відповідно матимуть наступний вигляд:

$$f(t_g^{II}) = 0,682 \cdot t_g^{II}{}^{0,535} \cdot \exp\left(-0,444 \cdot t_g^{II}{}^{1,535}\right) \quad (5)$$

$$F(t_g^{II}) = 1 - \exp\left(-0,444 \cdot t_g^{II}{}^{1,535}\right) \quad (6)$$

$$f(t_g^{III}) = 0,0283 \cdot t_g^{III}{}^{0,518} \cdot \exp\left(-0,0187 \cdot t_g^{III}{}^{1,518}\right) \quad (7)$$

$$F(t_g^{III}) = 1 - \exp\left(-0,0187 \cdot t_g^{III}{}^{1,518}\right) \quad (8)$$

Перевірка отриманих закономірностей розподілу часу відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів „Дон-1500” на адекватність за критеріями Пірсона та Колмогорова показала добру узгодженість із законом розподілу Вейбула-Гнеденко. Визначені параметри прийнятих теоретичних законів розподілу часу усунення відмов різних груп складності зведені в табл. 1.

Аналіз функцій щільності теоретичних законів розподілу, для яких характерна правостороння асиметрія, дозволив встановити відсоток відмов, фактичний час усунення яких буде меншим чи більшим

встановленого середнього значення. Так 51,6 % відмов першої групи складності будуть усунуті за час менший ніж середнє значення 0,37 год, 57,4 % відмов другої групи складності – за час менший ніж 1,53 год і 57,4 % відмов третьої групи складності – за час менший ніж 12,41 год. Решта 48,4 % відмов першої, 42,6 % відмов другої та 42,6 % відмов третьої груп складності будуть усунуті за час більший ніж відповідні середні значення.

Для практичних потреб експлуатації та технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів визначено довірчі межі розсіювання середнього значення часу усунення відмов. Так, час усунення відмов першої групи складності коливається в межах 0,34...0,40 годин, другої групи складності – в межах 1,39...1,70 годин, третьої групи складності – в межах 10,03...16,18 годин.

Дослідженнями встановлено, що статистичні характеристики розподілу часу на відновлення працездатності підсистем зернозбиральних комбайнів змінюються в широких межах, зокрема середнє значення від 0,7 до 5,4 годин.

Оскільки найбільше значення витрат часу на відновлення працездатності припадає на двигун (5,4 годин), а це 37,5% від сумарного часу, стає актуальним більш детальне дослідження ремонтпридатності саме цієї підсистеми зернозбиральних комбайнів.

Провівши структурний аналіз двигуна зернозбирального комбайна та розглянувши технологічну схему його розбирання, в якій фіксуються операції та послідовність розбирання на складальні одиниці та деталі, виконано оцінку підсистеми з позицій ремонтпридатності. При цьому були встановлені час ремонтних операцій і затрати праці по забезпеченню доступу до складальних одиниць та деталей, надлишковість операцій. Коефіцієнт доступності можна встановити використовуючи наступну залежність [3]:

$$K_{\partial} = \frac{T_{\partial}}{T_{\partial} + T_{\delta}}, \quad (9)$$

де  $T_{\partial}$  – трудомісткість виконання розбиральних робіт для доступу до виробу, хв.;  $T_{\delta}$  – трудомісткість додаткових, баластних робіт, хв.

Щодо зручності проведення розбирально-складальних робіт, при обслуговуванні двигуна, проведено оцінку його ремонтпридатності із врахуванням положень виконавця. Як показав аналіз, практично всі операції з доступом до двигуна мало зручні. Ремонтні операції після зняття двигуна із комбайна відповідають нормальним умовам роботи.

Оскільки, до складу об'єкта дослідження входить значна кількість деталей і складальних одиниць, які фактично лімітують його надійність, важливо знайти затрати часу на їх діагностування.

Коефіцієнт контролепридатності можна розрахувати за формулою [3]:

$$K_k = \frac{T_{ок}}{T_{ок} + T_{ок}}, \quad (10)$$

де  $T_{ок}$  – трудомісткість виробу в основних операціях контролю, хв.;  
 $T_{ок}$  – трудомісткість виробу в допоміжних операціях контролю, хв.

### Висновки

Дослідженнями встановлено, що статистичні характеристики розподілу часу на відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів в залежності від складності відмови змінюються в широких межах. Так, середнє значення часу усунення відмов першої групи складності коливається в межах 0,34...0,40 годин, другої групи складності – в межах 1,39...1,70 годин, третьої групи складності – в межах 10,03...16,18 годин. Межі розсіювання показника середнього часу відновлення працездатності становлять 1,3...1,7 год, що співрозмірно з тривалістю усунення відмов другої групи складності.

На основі структурного аналізу двигуна зернозбирального комбайна та розробки технологічної схеми його розбирання, встановлено, що коефіцієнт доступності становить 0,53. Коефіцієнт контролепридатності двигуна залежить від ступеня його дефектації і знаходиться в межах 0,56–0,89.

### Список літератури

1. *Бистрий О. М.* Достовірність контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 93–99.
2. *Бистрий О. М.* Методика визначення ресурсу за динамікою зношування деталей зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 1. – С. 171–176.
3. *Бистрий О. М.* Кількісні показники для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 182–189.
4. *Бистрий О. М.* Аналіз експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 251. – С. 393–400.

### References

1. *Bystryy, O. M., Rogovskiy, I. L.* (2011). Dostovirnist kontrolyu parametriv tekhnichnoho stanu silskohospodarskykh mashyn. [Reliability of the control parameters of the technical condition of agricultural machinery]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energetics AIC. K., Vol. 166, p. 1, 93–99.

2. *Bystryy, O. M., Rogovskii, I. L. (2011). Metodyka vyznachennya resursu za dynamikoyu znoshuvannya detaley zernozbyralnykh kombayniv. [Method of determination of resource dynamics of wear of combine harvesters]. Labor Tavria State Agrotechnical University. Melitopol, Vol. 11, t. 1, 171–176.*
3. *Bystryy, O. M., Rogovskii, I. L. (2014). Kilkisni pokaznyky dlya otsinky ekspluatatsiyno-tekhnologichnoyi bezvidmovnosti zernozbyralnykh kombayniv. [Quantitative indicators to measure operational and technological reliability of combine harvesters]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energetics AIC. K., Vol. 196, part 3, 182–189.*
4. *Bystryy, O. M., Rogovskii, I. L. (2016). Analiz ekspluatatsiyno-tekhnologichnoyi bezvidmovnosti zernozbyralnykh kombayniv. [Analysis of exploitation-technological reliability of combine harvesters]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energetics AIC. K., Vol. 251, 393–400.*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

***А. Н. Быстрый, И. Л. Роговский***

**Аннотация.** *Одной из актуальных задач современного сельскохозяйственного машиностроения наряду с повышением безотказности и долговечности зерноуборочных комбайнов машин является обеспечение их восстановления трудоспособности. Известно, что ремонтпригодность сельскохозяйственных машин, как и другие свойства надежности закладываются при проектировании, поэтому еще в техническом задании на изделие устанавливаются объективные критерии и методы, которые позволяют количественно и качественно оценить машины, которые проектируются. Анализ литературных источников по данной проблеме показал, что за последнее десятилетие в отрасли сельскохозяйственного машиностроения еще не достаточно внимания уделяется вопросам ремонтной технологичности конструкций зерноуборочных комбайнов и их ремонтпригодности. Вопрос ремонтпригодности особенно остро стоит для зерноуборочных комбайнов, поскольку в период сбора урожая важным является уменьшение продолжительности простоев на техническом обслуживании и при устранении неисправностей.*

**Ключевые слова:** *закон распределения, трудоемкость, надежность, эксплуатация, зерноуборочный комбайн*

## **EXPERIMENTAL INDICATORS OF RECOVERY COMBINE HARVESTERS**

***O. M. Bystryy, I. L. Rogovskii***

**Abstract.** *One of the urgent tasks of modern agricultural machinery along with increased reliability and longevity combine harvesters*



*machines is ensuring their rehabilitation. It is known that the maintainability of agricultural machinery, as well as other properties of reliability lays in the design, therefore, in the specification of the product are established objective criteria and methods that allow us to quantitatively and qualitatively evaluate the machines that are designed. The analysis of the literature on this problem showed that over the last decade in the industry of agricultural machinery is still not enough attention is paid to the repair of technological structures combine harvesters and their maintainability. The question of maintainability is particularly acute for harvesters because the harvest is important to reduce the length of downtime for maintenance and troubleshooting.*

**Keywords: distribution law, complexity, reliability, operation, combine harvester**

УДК 631.372.62

## **ANALYSIS OF MODEL OF RECOVERY OF AGRICULTURAL MACHINES AND INTERPRETATION OF RESULTS OF NUMERICAL EXPERIMENT**

**Ivan L. Rogovskii**  
**e-mail: rogovskii@yandex.ua**

**Abstract.** *Maintenance is an important complex production processes as an integral element of the process of providing services, ensuring the functioning of agribusiness. Despite the fact that human error, not technology failures pose the greatest potential risk, little in the literature discusses aspects of the human factor associated with the risk factors of the working environment in which employees realize that.*

*Conditions of the working environment (working conditions) while conducting production processes have a significant impact on the implementation of the professional characteristics of personnel. In addition to the impact of hazards physical factors of production environment on the quality of the production maintenance processes affect the professional competence and industrial discipline of the personnel in the field of industrial safety in accordance with job requirements and the production hierarchy.*

*Due to the fact that IT consists of production processes of high complexity with high requirements to quality of work, strict compliance with the regulations, require a special methodological support, algorithms, methods and models for decision support managers of*

© I. L. Rogovskii, 2016