

АНАЛІТИЧНІ ПІДХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ З УРАХУВАННЯМ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Калініченко Д.,

<https://orcid.org/0000-0002-3689-3467>

Роговський І., канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-6957-1616>

e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація

Мета. Залежно від постановки задачі оптимізації в статті представлено можливі різні варіанти її вирішення, включаючи такі, що передбачають зміни не тільки параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів, але й структури самого режиму технічного контролю щодо розроблення і використання різних комбінаторних і комплексних моделей з різними видами технічного контролю за фактичним технічним станом, що може бути пов'язано з необхідністю його безперервного або періодичного технічного контролю.

Методи досліджень: теоретичні – аналіз і синтез інформаційних джерел, власні аналітичні викладки відповідно до сучасних теорій.

Результати. Поряд з критерієм граничної допустимої ймовірності відмови для визначення тривалості експлуатації комбайна між почерговими технічними контролюми використовуються також економіко-математичні критерії. До того ж вимоги до технічної готовності комбайна виконують роль обмеження. Тоді задача керування технічною готовністю зернозбирального комбайна під час експлуатації може бути формалізована за загальновідомим принципом, який представляє собою алгебраїчну суму добутку всіх можливих ймовірностей втрати працездатності і збитків від простоїв комбайна. Доведено доцільність застосування методу визначення оптимальної періодичності технічного контролю зернозбиральних комбайнів за заданих параметрів інтенсивностей відмов, трудомісткістю технічного контролю і відношення затрат у разі відмови до затрат на технічний контроль, що допомагає мінімізувати значення величини сукупної оптимізаційної функції забезпечення технічної готовності комбайна і забезпечить оптимальне керування цим процесом.

Висновки. Запропонованим методом експериментальні дані про наробіток на відмову зернозбирального комбайна можуть бути перераховані на нові умови експлуатації під час співставлення даних лабораторних випробувань з даними реальної експлуатації, що значно спрощує задачу забезпечення технічної готовності комбайнів з урахуванням умов машиновикористання.

Ключові слова: модель, стохастичність, адекватність, оптимізація, режим, контроль, комбайн.

Постановка проблеми. Зерновий експорт, який швидко розвивається в Україні зараз вимагає особливої уваги до питань забезпечення технічної готовності високопродуктивних зернозбиральних комбайнів [1]. Оскільки ефективність експлуатації комбайна перш за все пов'язана з його використанням за призначенням [2], тому основна задача керування процесом полягає в підвищенні частки часу експлу-

атації за раціональних затрат на технічний контроль і усунення несправностей [3]. Ця наукова проблема вирішується методами підвищення структурної надійності комбайнів [4], оптимальним вибором системи технічного контролю і норм витрат запасних частин [5]. Тому для досягнення необхідного рівня технічної готовності комбайнів є актуальним розроблення наукових основ нормативно-технічного

забезпечення інженерного менеджменту агропромислового комплексу [6] з урахуванням ризиків відмов, аварій, технічного контролю і параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів [7], виробничих і природних умов збирання зернового збіжжя [8].

Виклад основного матеріалу досліджень.

Для обґрунтування технічної готовності зернозбирального комбайна загалом та індивідуально його вузлів, механізмів і агрегатів за даними про наближення відмов необхідно визначити аналітичні моделі процесів, які відбуваються в них і призводять до відмов. Фізичні моделі технічної готовності комбайна інколи суттєво допомагають сформулювати вдалі гіпотези про розподіл імовірнісних характеристик і показників технічної готовності, які потім можуть бути перевірені статистичними методами.

Однією з різновидів моделі технічної готовності комбайна можна вважати залежність її показників від умов експлуатації. Скажімо, наробіток на відмову комбайна або між відмовами T_v конкретного комбайна, очевидно, є випадковою функцією випадкового навантаження $H: T_v = F(H)$.

Для конкретного комбайна наробіток на відмову є невідповідною функцією випадкового навантаження $F(H)$ — функціональної реалізації випадкової функції випадкового навантаження. Вважаємо дійсною умову, що за невідповідної змінної навантаження перерізу випадкової величини функції є випадкова аргументна реалізація випадкової функції випадкового аргументу функції. Невідповідна величина $T_{vij} = F_j(H_i)$ є повною подвійною реалізацією випадкової функції випадкового аргументу $F(H)$. Отже, застосовуючи залежність $T_v = F(H)$ одночасно враховуємо випадковий характер навантаження на комбайн і випадкові характеристики самого зернозбирального комбайна.

Порівнювати різні зернозбиральні комбайни за наробітком до відмови можна лише у випадку, якщо вони знаходяться в однакових умовах експлуатації. Для

комбайна нормативні умови експлуатації близькі до математичного очікування типових навантажень. Якщо нормативні значення навантаження прийняти за початок відліку, тоді випадкове навантаження можна представити так: $H = H_0 + \Delta H$, де H_0 — нормативне невідповідне навантаження; ΔH — випадкове відхилення навантаження від нормативного значення.

Розклавши функцію $T_v = F(H)$ в ряд Тейлора в описі точки H_0 , обмежившись лише трьома першими членами, отримаємо:

$$T_v \approx T_{v_0} + \left(\frac{\partial T_v}{\partial H} \right)_{H=H_0} \Delta H + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 T_v}{\partial H^2} \right)_{H=H_0} (\Delta H)^2 = T_{v_0} + U_1 \Delta H + U_2 (\Delta H)^2,$$

де T_{v_0} — випадковий час безвідмовної роботи за нормативного навантаження

комбайна H_0 ; $\Delta H = H - H_0$; $U_1 = \partial T_v / \partial H$

і $U_2 = (\partial^2 T_v) / (\partial H^2)$ — значення похідних

в описі точки $H = H_0$.

За таких умов випадкові величини T_{v_0} , U_1 , U_2 характеризують зернозбиральний комбайн, а випадкова величина ΔH — відхилення випадкового навантаження від нормативної. Випадкові величини U_b інколи називають чутливістю b -го порядку до навантаження.

Застосувавши теореми про числові характеристики випадкових величин, отримаємо вираз для математичного очікування наробітку:

$$M(T_v) = M(T_{v_0}) + M(U_1)M(\Delta H) + \frac{1}{2} M(U_2)[M^2(\Delta H) + \sigma_H^2], \quad (1)$$

де $M(T_{v_0})$ — математичне очікування наробітку комбайна за нормативного навантаження; $M(U_1) = dM(T_v)/dH$ і $M(U_2) = \{d^2 M(T_v)\} / \{dH^2\}$ — значення похідних математичних очікувань наробітку за навантаженням за $H = H_0$ (середнє значення чутливості до навантаження); $M(\Delta H)$ і σ_H — відповідно, математичне очікування і середнє квадратичне відхилення наванта-

ження до нормативного.

Отже, технічну готовність зернозбирального комбайна можна наближено характеризувати величинами, які не залежать від умов експлуатації – нормативного математичного очікування наробітки $M(T_{B_0}) = T_{срB_0}$ і середніми чутливостями до навантаження першого і другого порядків $M(U_1) = U_{ср1}$ і $M(U_2) = U_{ср2}$. Перерахунок середньої наробітки комбайна на інші (відмінні від нормативних) умови експлуатації можна виконувати за наближеною формулою:

$$T_B = T_{срB_0} + U_{ср1} \Delta H_{ср} + \frac{1}{2} U_{ср2} [(\Delta H_{ср})^2 + \sigma_H^2]. \quad (2)$$

Якщо для спрощення запису позбутися від індексу «ср» і замінити позначення математичного очікування величин позначеннями самих цих величин, вираз (2) запишемо так:

$$T_B = T_{B_0} + U_1 \Delta H + \frac{1}{2} U_2 [(\Delta H)^2 + \sigma_H^2]. \quad (3)$$

Якщо нормативне навантаження збігається за значенням із математичним очікуванням, тоді $\Delta H = 0$ і вираз (3) прийме вигляд:

$$T_B = T_{B_0} + \frac{1}{2} U_2 \sigma_H^2. \quad (4)$$

Для визначення характеристик за результатами даних експлуатації зернозбиральних комбайнів повинні бути відомі значення математичного очікування наробітку групи однакових комбайнів у трьох або більше режимах технічного контролю. Параметри T_{B_0} , U_1 , U_2 визначаються через рішення системи рівнянь:

$$\begin{cases} T_{B1} = T_{B_0} + U_1 \Delta H_1 + \frac{1}{2} U_2 [(\Delta H_1)^2 + \sigma_{H1}^2], \\ T_{B2} = T_{B_0} + U_1 \Delta H_2 + \frac{1}{2} U_2 [(\Delta H_2)^2 + \sigma_{H2}^2], \\ T_{B3} = T_{B_0} + U_1 \Delta H_3 + \frac{1}{2} U_2 [(\Delta H_3)^2 + \sigma_{H3}^2], \end{cases} \quad (5)$$

Якщо в одному із режимів середнє навантаження збігається з нормативною, тобто $\Delta H = 0$, то система рівнянь (5) перетворюється в систему з двох рівнянь і обчислення спрощується.

Якщо відомі значення середнього наробітку за більш ніж трьох режимів навантажень, тоді для віднаходження параметрів T_{B_0} , U_1 , U_2 у виразі (4) можна

використати метод найменших квадратів:

$$\sum_{i=1}^n \left\{ T_{B_0} + U_1 \Delta H_i + \frac{1}{2} U_2 [(\Delta H_i)^2 + \sigma_{Hi}^2] - T_{B_0i} \right\}^2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

де $i = 1 \div n$ – номер режиму експлуатації комбайна.

Прирівнявши до нуля частинні похідні суми (2.72) за змінними T_{B_0} , U_1 , U_2 отримуємо систему трьох рівнянь, вирішив яку можна визначити шукані характеристики.

За двох або більше видів навантажень наробіток до відмови комбайна розглядається як випадкова функція випадкового вектора навантаження. При цьому аналогічно одномірному випадку кожному із складових H_i вектора навантажень можна вважати такою, що складається із нормативного невинуваткового навантаження H_{i0} і випадкового відхилення ΔH_i , тобто $H_i = H_{i0} + \Delta H_i$. Для двох випадкових навантажень H_1 і H_2 можемо отримати вираз для математичного очікування наробітку зернозбирального комбайна, аналогічно виразу (3):

$$T_B = T_{B_0} + U_{11} \Delta H_1 + U_{12} \Delta H_2 + H \cdot (\Delta H_1 \cdot \Delta H_2 + K_{12}) + \frac{1}{2} \{ U_{21} [(\Delta H_1)^2 + \sigma_{H1}^2] + U_{22} [(\Delta H_2)^2 + \sigma_{H2}^2] \}. \quad (7)$$

де U_{ij} – математичне очікування чутливості до навантаження – значення частинних похідних математичного очікування наробітку за відповідними навантаженнями за $H_1 = H_{10}$ і $H_2 = H_{20}$:

$$U_{11} = \left(\frac{\partial T_B}{\partial H_1} \right)_{H_1=H_{10}, H_2=H_{20}}, U_{12} = \left(\frac{\partial T_B}{\partial H_2} \right)_{H_1=H_{10}, H_2=H_{20}}, U_{21} = \left(\frac{\partial^2 T_B}{\partial H_1^2} \right)_{H_1=H_{10}, H_2=H_{20}}, \quad (8)$$

$$U_{22} = \left(\frac{\partial^2 T_B}{\partial H_2^2} \right)_{H_1=H_{10}, H_2=H_{20}}, U_{21} = \left(\frac{\partial^2 T_B}{\partial H_1 \partial H_2} \right)_{H_1=H_{10}, H_2=H_{20}}, \quad (9)$$

Кореляційний момент K_{12} (коваріація) випадкових величин H_1 і H_2 для дискретних і неперервних випадкових величин, відповідно:

$$K_{12} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (H_{1i} - H_1)(H_{2j} - H_2) p_{ij}, \quad (10)$$

$$K_{12} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (H_1 - H_{ср1})(H_2 - H_{ср2}) f(H_1, H_2) dH_1 dH_2, \quad (11)$$

p_{ij} – ймовірність окремих значень H_{1i} і H_{2i} , $f(H_1, H_2)$ – сумісна щільність розподілу випадкових величин H_{1i} і H_{2i} .

Отже, за двох видів навантажень зернозбиральний комбайн характеризується шістьма величинами (T_{B0} , U , U_{11} , U_{12} , U_{21} , U_{22}), а вектор навантаження описується п'ятьма числовими характеристиками – двома математичними очікуваннями H_1 і H_2 , двома середніми квадратичними відхиленнями σ_{s1} і σ_{s2} та кореляційним моментом K_{12} .

Очевидно для віднаходження характеристик зернозбирального комбайна необхідно в загальному випадку мати значення математичних сподівань наробітки як мінімум в шістьох різних режимах (одночас, відповідно, складається і вирішується система шістьох рівнянь типу (5).

Якщо в деяких режимах одна або дві складові навантаження рівні нормативним (тобто $\Delta H_1=0$ і $\Delta H_2=0$), тобто рівняння (5) виглядатиме так:

$$T_B = T_{B0} + UK_{12} + \frac{1}{2}(U_{21}\sigma_{H1}^2 + U_{22}\sigma_{H2}^2). \quad (12)$$

і система рівнянь і його рішення спрощується. Якщо, крім того, деякі з режимів відповідають прийнятим умовам $\sigma_{H1}=0$ або $\sigma_{H2}=0$, тобто рішення ще більше спрощується.

Висновок. Запропонованим методом експериментальні дані про наробіток на відмову зернозбирального комбайна можуть бути перераховані на нові умови експлуатації, зіставляючи дані лабораторних випробувань з даними реальної експлуатації, що значно спрощує задачу забезпечення технічної готовності комбайнів з урахуванням умов застосування.

Література

1. Masek J., Novak P., Jasinskas A. Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, pp. 1180-1185.

2. Rogovskii I., Grubrin O. Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. vol. 298, 2018, pp. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

3. Viba J., Lavendelis E. Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, pp. 95-98.

4. Luo A.C.J., Guo Y. Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.

5. Astashev V., Krupenin V. Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, pp. 108-113.

6. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 2018, pp. 64-74.

7. Drga R., Janacova D., Charvatova H. Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, vol. 76, UNSP 04036.

8. Novotny J. Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15, pp. 16-20.

Literature

1. Masek J., Novak P., Jasinskas A. (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural develop-

ment". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 1180-1185.

2. Rogovskii I., Grubrin O. (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. vol. 298, 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

3. Viba J., Lavendelis E. (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.

4. Luo A.C.J., Guo Y. (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag. 213.

5. Astashev V., Krupenin V. (2017). Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 108-113.

6. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64-74.

7. Drga R., Janacova D., Charvatova H. (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, vol. 76, UNSP 04036.

8. Novotny J. (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15, 16-20.

Literatura

1. Masek J., Novak P., Jasinskas A. (2017). Evaluation of combine harvester op-

eration costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 1180-1185.

2. Rogovskii I., Grubrin O. (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. vol. 298, 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

3. Viba J., Lavendelis E. (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.

4. Luo A.C.J., Guo Y. (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag. 213.

5. Astashev V., Krupenin V. (2017). Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 108-113.

6. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64-74.

7. Drga R., Janacova D., Charvatova H. (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, vol. 76, UNSP 04036.

8. Novotny J. (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15, 16-20.

UDC 631.04.001

ANALYTICAL APPROACHES FOR ENSURING TECHNICAL READINESS OF COMBINE HARVESTERS, TAKING ACCOUNT OF MINDS OPERATION

Kalinichenko D.

<https://orcid.org/0000-0002-3689-3467>

Rogovskii I.

<https://orcid.org/0000-0002-6957-1616>

e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Summary

Goal. The article presents depending on the optimization problem of the various possible solutions, including those that involve changes not only the parameters of the technical state of the combine harvesters, but also the structure of the regime of technical control, development and use of various combinatorial and complex models with different types of technical control over the actual technical condition that can be related to the need for its continuous or periodic technical inspection.

Research methods. Theoretical - analysis and synthesis of literary information sources; analytical calculations according to modern theories.

Results. Along with the criterion of maximum allowable failure probability to determine the duration of operation of the processor between successive technical controls are also used mathematical criteria. The requirements for technical readiness of the combine perform the role of the constraints. Then the task management of the technical readiness of the combine harvester during operation can be formalized with the well-known principle, which is the algebraic sum of works of all possible probabilities of disability, and the damage from the downtime of the processor of these events. The article proves expediency of application of the method of determining the optimal frequency of technical control of combine harvesters for specified failure rate, complexity of technical control and the ratio of costs in case of refusal in maintenance control allows to minimize the value of the aggregate of the optimization functions to ensure the technical readiness of the processor and ensure optimum management of this process.

Conclusions. On the basis of research proposed: method of experimental data can be recalculated to the new operating conditions when comparing laboratory data with the data of real operation, which greatly simplifies the task of ensuring the task of providing technical readiness of combines given the minds of using machine.

Key words: model, stochasticity, adequacy, optimization, mode, control, combine.

УДК631.04.001

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ С УЧЕТОМ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦИИ

Калиниченко Д.

<https://orcid.org/0000-0002-3689-3467>

Роговский И.

<https://orcid.org/0000-0002-6957-1616>

e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Аннотация

Цель. В статье представлены в зависимости от постановки задачи оптимизации возможные различные варианты ее решения, в том числе такие, которые предполагают изменения не только параметров технического состояния зерноуборочных комбайнов, но и структуры самого режима технического контроля, в части разработки и использования различных комбинаторных и комплексных моделей с различными видами технического контроля за фактическим техническим состоянием, что может быть связано с необходимостью его непрерывного или периодического технического контроля.

Методы исследований. Теоретические – анализ и синтез литературных информационных источников, авторские аналитические изложения согласно современных теорий.

Результаты. Наряду с критерием предельного допустимой вероятности отказа для определения продолжительности эксплуатации комбайна между поочередными техническими контролями используются также экономико-математические критерии. При этом требования к технической готовности комбайна выполняют роль ограничения. Тогда задача управления технической готовностью зерноуборочного комбайна при эксплуатации может быть формализована с общеизвестным принципом, который представляет собой алгебраическую сумму произведения всех возможных вероятностей потери трудоспособности и ущерб от простоев комбайна из этих событий. Доказана целесообразность применения метода определения оптимальной периодичности технического контроля зерноуборочных комбайнов при заданных параметрах интенсивности отказов, трудоемкостью технического контроля и отношении затрат при отказе от затрат на технический контроль, что позволяет минимизировать значение величины совокупной оптимизационной функции обеспечения технической готовности комбайна и обеспечит оптимальное управление этим процессом.

Выводы. Предложенным методом экспериментальные данные могут быть пересчитаны на новые условия эксплуатации при сопоставлении данных лабораторных исследований с данными реальной эксплуатации, что существенно упрощает задачу обеспечения технической готовности комбайнов с учетом условий машиноиспользования.

Ключевые слова: модель, стохастичность, адекватность, оптимизация, режим, контроль, комбайн.