УДК 631.1.004

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – серпень 2019.

Бібл. 12, рис. 3, табл. 0.

Анотація. В статті розроблено науковий підхід, що включає систему взаємопов'язаних методів, в сукупності спрямованих на об'єктивне обґрунтування раціональних величин міжремонтних нормативів сільськогосподарських машин з позиції єдиних методологічних принципів в умовах ринкових відносин і зростання конкуренції в галузі сільськогосподарського машинобудування.

Розроблено метод розрахунку показника «ймовірність безвідмовної роботи» і обґрунтування міжремонтних нормативів машин на його основі, що передбачає можливість підбору раціональних значень ризиків споживача і постачальника при визначенні допустимих з точки зору безпеки міжремонтних нормативів машин.

Запропоновано метод розрахунку показника «середнє напрацювання на відмову» і визначення раціональних величин міжремонтних нормативів, що враховує комбінований критерій (напрацювання / календарний термін) постановки машин в ремонт. Відповідно до цього методу передбачено незалежне встановлення раціональних величин напрацювання та строку експлуатації машин у міжремонтний період.

Ключові слова: методологія, коефіцієнт готовності, ефективність, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми

Стан елементів механізмів сільськогосподарських машин (далі – машин) змінюється в процесі його експлуатації в тісному взаємозв'язку один з одним. Тому існує необхідність розробки системного підходу до обґрунтування міжремонтних нормативів машин. З цією метою в розділі проведено аналіз етапів вдосконалення їх системи технічного обслуговування і ремонту, результати якого свідчать про виникнення в умовах ринкових відносин принципово нового підходу до побудови системи ремонту і регулювання взаємовідносин між суб'єктами сільськогосподарського машинобудування і агропромислового комплексу. Запропонований автором підхід до вирішення вищевказаної задачі

виступає в якості універсального механізму, спрямованого на об'єктивне обґрунтування міжремонтних нормативів машин з позиції єдиних методологічних принципів.

Аналіз останніх досліджень

Проведено аналіз науково-технічної літератури [1-12], пов'язаної з завданнями оцінки надійності та визначення раціональної періодичності ремонту виробів різних видів техніки, в тому числі машин.

Результати проведеного аналізу наукової літератури свідчать про відсутність в даний час єдиного системного підходу до обґрунтування міжремонтних нормативів для новостворюваних моделей машин, що відрізняються від машин-аналогів новизною конструкції, а також збільшення міжремонтного нормативами.

Мета досліджень

Мета досліджень – описати особливості аналітичних підходів до системного підходу обґрунтування нормативів відновлення працездатності сільськогосподарських машин.

Результати досліджень

Проведено аналіз системи «машина - експлуатаційна середовище», в тому числі:

а) Аналіз машинної конструкції як об'єкта надійності, спрямований на встановлення властивих машині видів відмов, в тому числі з урахуванням фізичних процесів, що впливають на їх виникнення. Результати даного аналізу дозволили автору здійснити цілеспрямований вибір необхідного математичного апарату для розробки методів розрахунку встановлених в роботі показників, а також підходу до обґрунтування числа об'єктів випробувань.

б) Аналіз машинної конструкції як об'єкта безпеки, результати якого дозволили розподілити

елементи машин на групи в залежності від ступеня небезпеки їх відмов і рівня контролепридатності в експлуатації з метою раціонального планування періодичних оглядів машин.

в) Аналіз експлуатаційної середовища, результати якого дозволили автору встановити і класифікувати номенклатуру зовнішніх факторів, що впливають на надійність експлуатації машин. Наявність цих факторів враховано автором при розробці технології формування представницької вибірки машин на основі інформаційних систем з метою збору об'єктивних відомостей про зміну їх технічного стану. Таким чином, для отримання даних відомостей передбачено відбір машин через систему для проведення періодичних оглядів в залежності від показників їх експлуатаційної роботи (загальне напруження, коефіцієнт простою, середнє завантаження).

Метод розрахунку показника «ймовірність безвідмовної роботи» і обґрунтування міжремонтних нормативів на його основі. Для розрахунку показника «ймовірність безвідмовної роботи» прийняті до уваги небезпечні раптові відмови машини, що характеризуються непередбачуваним зміною одного або декількох параметрів його вузлів (деталей), наслідки яких можуть привести до аварійної ситуації в агропромисловому комплексі або втрати схоронності збіжжя.

Визначено, що небезпечні раптові відмови впливають на величину максимально допустимої напруження машини у міжремонтний період з точки зору забезпечення безвідмовності на заданому рівні. При досягненні машини даного напруження ймовірність виникнення небезпечного раптової відмови досягає критичного рівня, в зв'язку з цим машини повинні бути спрямовані на глибоку діагностику, проведenu в рамках планового ремонту.

Встановлено, що в загальному випадку частота появи найбільш рідкісного небезпечного відмови машини (або його елемента) зумовлює загальне число випробовуваних машин і тривалість їх випробувань на надійність.

Таким чином, необхідне число об'єктів випробувань (машин, складових частин) запропоновано визначати на основі наступного положення:

Положення 1. Об'єкти, що характеризуються відносно рідкісними відмовами, для проведення випробувань на надійність відбираються в кількості, достатній для спостереження хоча б однієї подібної відмови. Іншими словами, при проведенні випробувань на надійність вибіркової сукупності об'єктів, ймовірність того, що жоден об'єкт з даного обсягу сукупності не відмовить, встановлюється на рівні значущості $q < 0,05$.

В рамках даного методу запропоновано проводити випробування на надійність за схемою Бернуллі, при цьому ймовірність виникнення рівно k відмов при випробуванні обмеженою сукупності об'єктів підпорядковується відомому біноміальному закону розподілу:

$$P_N(k) = C_N^k p^k (1-p)^{N-k}, \quad (1)$$

де $P_N(k)$ - ймовірність появи відмови рівно k раз в серії з N однакових і незалежних випробувань, що проводяться за схемою Бернуллі;

p - ймовірність виникнення відмови розглянутої складової частини машини (далі - СЧМ) протягом міжремонтного періоду, що визначається на основі статистики про відмови даного виду СЧМ машин-аналогів;

$$C_N^k = \frac{N!}{k!(N-k)!} - \text{число поєднань з } N \text{ елементів по } k.$$

Автором визначено, що при $k = 0$ і $P_N(k) = q$ формула (1) відображає суть вище зазначеного положення 1.

В цьому випадку, запропоновано формулу (1) записати у вигляді:

$$q = C_N^0 p^0 (1-p)^{N-0}, \quad (2)$$

Після спрощення отримано:

$$N = \log_{(1-p)} q, \quad (3)$$

де N - загальне число СЧМ, необхідне для проведення випробувань;

$P_A = 1-p$ - ймовірність безвідмовної роботи, яка визначається на основі інформації про відмови даного виду СЧМ машин-аналогів.

З урахуванням кратності (числа) СЧМ даного виду на машині (m) запропоновано визначати необхідну для випробувань число машин N_b за формулою:

$$N_b = \frac{N}{m}. \quad (4)$$

Поставлена умова, при якому ймовірність безвідмовної роботи випробовуваних машин у міжремонтний період відповідає заданим вимогам при порівнянні з машиними-аналогами:

$$\bar{k} \leq k_{\lim}, \quad (5)$$

де $\bar{k}$ - число відмов СЧВ в обмеженій вибірці обсягу N , відповідне нижньої довірчої границі показника «ймовірність безвідмовної роботи» рівня значущості $1-\beta$, яке запропоновано визначати з умови:

$$1-\beta = \sum_{k=0}^{\bar{k}} C_N^k \hat{P}^{N-k} (1-\hat{P})^k, \quad (6)$$

де β - ризик споживача, який слід встановлювати не більше 0,1;

$\hat{P}$ - точкова оцінка ймовірності безвідмовної роботи СЧМ, визначається за результатами випробувань на надійність.

На рис. 1 наведено приклад визначення $\bar{k}$.

Гранично допустиму кількість відмов СЧМ ($k_{\lim}$) в обмеженій вибірці обсягу N з урахуванням ймовірності безвідмовної роботи СЧМ машин-аналогів (P_A) запропоновано визначати з умови:

$$1-\alpha = \sum_{k=0}^{k_{\lim}} C_N^k P_A^{N-k} (1-P_A)^k, \quad (7)$$

де α - ризик постачальника, який слід встановлювати не більше 0,1.

Рис. 1. Визначення $\bar{k}$ з умови (6) при $\beta=0,06$, $\hat{P}=0,99$, $N=1196$.

Fig. 1. Definition $\bar{k}$ on terms (6) at $\beta=0,06$, $\hat{P}=0,99$, $N=1196$.

б) Метод розрахунку показника «гамма-відсоткова напрацювання до відмови» і обґрунтування міжремонтних нормативів на його основі.

Даний показник запропоновано застосовувати для оцінки залишкового ресурсу вузлів і деталей машин, що характеризуються поступовими відмовами. Цей вид відмов виникає в результаті поступового зміни значень одного або декількох параметрів вузлів і деталей машин.

Встановлено, що поступові відмови впливають на величину максимально допустимої напрацювання машини у міжремонтний період, після закінчення якої необхідна його постановка в плановий ремонт в зв'язку з досягненням одним або декількома контрольованими параметрами машини гранично допустимих значень в умовах експлуатації. Досягнення контрольованими параметрами своїх граничних значень супроводжується вичерпанням залишкового ресурсу вузлів і деталей машин.

Залишковий ресурс ($l_{ост j}$), при закінченні якого j -й контрольований параметр досягне граничного стану, запропоновано визначати з умови:

$$g_j l_{ост j} + 3 \frac{\sigma_j}{\sqrt{n}} \leq \hat{u}_{ост j}, \quad (8)$$

де $\hat{u}_{ост j}$ - запас j -го параметра на зміну (наприклад, залишкова величина допустимого зносу), визначений для групи машин;

$$g_j = \frac{\hat{u}_{ф j}}{\hat{l}} - \text{середня швидкість зміни } j\text{-го}$$

параметра;

$\hat{u}_{ф j}$ - середнє фактичне зміна j -го параметра від початку експлуатації до моменту контролю технічного стану машин;

$\hat{l}$ - середнє напрацювання машин на момент контролю.

$t_{\alpha_1} = 3$ (Коефіцієнт 3 в рівнянні) - квантиль нормального закону розподілу рівня $\alpha_1 = 0,998$;

σ_j - середньоквадратичне відхилення j -го параметра;

n - загальне число вимірів j -го параметра (обсяг вибірки), яке визначається за таблицями досить великих чисел з урахуванням необхідної і достатньої точності і достовірності отриманих результатів.

Умова (8) свідчить про те, що протягом напрацювання $l_{ост j}$ з урахуванням середньої швидкості зміни j -го параметра і залишився запасу на його зміну фактичне значення даного параметра з ймовірністю 0,998 не досягне свого граничного значення («правило трьох сигм»).

На рис. 2 в тривимірному графічному вигляді зображена розрахункова модель вичерпання ресурсу вузлів і деталей машини, запропонована в роботі.

Рис. 2. Графічне представлення вичерпання ресурсу вузлів і деталей машини, що характеризуються поступовими відмовами.

Fig. 2. A graphical representation of the exhaustion of the resource units and of the machine parts, characterized by a gradual failure.

Визначено, що найменше значення $l_{ост j}$ визначить гамма-процентну наробіток до відмови машини в цілому - l_B . У математичному вигляді дана умова записується як:

$$l_B = \min (l_{ост 1}; l_{ост 2}; \dots; l_{ост j}), \quad (9)$$

де $j = 1, 2, \dots, n$ - порядковий номер контрольованого параметра (наприклад, 1 - товщина, 2 - зазор в отворі, 3 - завищення).

Встановлено, що однією з умов обґрунтування міжремонтних нормативів за даним показником є необхідність збереження деякої величини залишкового ресурсу для забезпечення безаварійного проходження машини до місця ремонту.

в) Метод розрахунку показника «середнє напрацювання на відмову» і визначення раціональних величин міжремонтних нормативів на його основі.

Показник «середнє напрацювання на відмову», дозволяє визначити загальне число відновлень, що проводяться машини в рамках поточного ремонту протягом міжремонтного періоду, що безпосередньо пов'язано з витратами на його поточне утримання і ремонт.

Практичні розрахунки середнього напрацювання на відмову випробовуваних машин (X_n) запропоновано здійснювати за формулою:

$$X_{\text{и}} = \frac{x_{\Sigma\phi}}{d_0}, \text{ при } x_{\Sigma\phi} \geq x_{\Sigma\text{lim}}, \quad (10)$$

де d_0 - загальне число відмов машин на момент розрахунку. Відмовою машини в даному випадку є наявність несправності, що вимагає відчеплення машини зі складу поїзда з метою проведення поточного ремонту;

$$x_{\Sigma\phi} = \sum_{i=1}^N x_i \quad - \quad \text{фактична сумарна}$$

напрацювання машин на момент розрахунку (N - загальне число машин, x_i - напрацювання i -го машини з числа N);

Граничне значення сумарної обліковується напрацювання машин $x_{\Sigma\text{lim}}$, реалізація якої необхідна для розрахунку $X_{\text{и}}$, визначається за формулою:

$$x_{\Sigma\text{lim}} = \frac{t}{T_{\alpha}} X_A, \quad (11)$$

де T_{α} - приймальне значення середнього наробітку на відмову;

X_A - числове значення показника «середнє напрацювання на відмову» машин-аналогів, певне в порівнянних умовах експлуатації;

t/T_{α} - гранична сумарна враховується напрацювання, виражена в частках приймального рівня T_{α} . Числове значення t/T_{α} визначено в ГОСТ 27.402.

Критерій обґрунтування економічно доцільних величин міжремонтних нормативів машин запропоновано розглядати на основі вартості одиниці їх напрацювання (СЕН), яка формується в залежності від вартості майбутнього планового ремонту, вартості та загальної кількості проведених поточного ремонту, а також тривалості експлуатації і виконаної машиною роботи в міжремонтний період.

Функціональна залежність вартості ремонту від напрацювання машини $S_{\text{рем}}(x)$ і ряду інших параметрів представлена в загальному вигляді:

$$S_{\text{рем}}(x) = F(V(x); M(x); R(x); x), \quad (12)$$

де $V(x)$ - трудомісткість ремонту в залежності від напрацювання машини;

$M(x)$ - витрати матеріалів (комплектуючих) на ремонт;

$R(x)$ - витрата виробничих ресурсів (електроенергія, вода та ін.);

x - напрацювання машини.

В роботі запропоновано техніко-економічний критерій обґрунтування раціональних міжремонтних нормативів, при яких забезпечується мінімум сумарних витрат на утримання і ремонт машин, наведених на одиницю їх напрацювання у міжремонтний період.

При цьому запропоновано використовувати цей критерій в наступному вигляді:

$$\Sigma \text{ПЗ}_x = \frac{S_{\text{пл рем}}(x) + \sum_{i=1}^n S_{\text{тек рем}}(X_i \leq x)}{x} \rightarrow \min, \quad (13)$$

де x - поточне значення напрацювання машин у міжремонтний період експлуатації. При цьому x передбачено вимірювати в кілометрах пробігу при обґрунтуванні нормативу пробігу і в одиницях часу при обґрунтуванні нормативу календарної тривалості експлуатації машин;

$\Sigma \text{ПЗ}x$ - сумарні витрати на утримання і ремонт машин, наведені на одиницю напрацювання;

$S_{\text{пл рем}}(x)$ - вартість планового ремонту машин, майбутнього по завершенню міжремонтного періоду, при реалізації машинними напрацювання x ;

$\Sigma S_{\text{тек рем}}(X_i \leq x)$ - загальна вартість проведених поточного ремонту машин у міжремонтний період за напрацювання x ;

i - порядковий номер проведеного поточного ремонту (ТР);

n - загальне число ТР у міжремонтний період за напрацювання машини x ;

X_i - середнє напрацювання машин до проведення i -го ТР.

Для орієнтовних розрахунків економічно доцільних величин міжремонтних періодів в критерії (13) передбачено використовувати усереднені очікувані вартості планового ремонту - $\hat{S}_{\text{пл рем}}$ і ТР - $\hat{S}_{\text{тек рем}}$.

У цьому випадку критерій (13) запропоновано використовувати у вигляді:

$$\Sigma \text{ПЗ}_x = \frac{\hat{S}_{\text{пл рем}} + n(x) \cdot \hat{S}_{\text{тек рем}}}{x} \rightarrow \min, \quad (14)$$

де $n(x)$ - середнє число проведених машини ТР за напрацювання x .

У загальному вигляді $n(x)$ запропоновано визначати за формулою:

$$n(x) = \frac{x}{X_{\text{и}}}, \quad (15)$$

де $X_{\text{и}}$ - показник «середнє напрацювання на відмову» випробовуваних машин

Так в умовах (13) і (14) не враховуються такі витрати як: ренновационніе відрахування, відрахування на модернізацію машин, витрати на технічне обслуговування, витрати на підготовку машин до перевезень і витрати на інші господарства галузі (тяга, шлях і т.д.). У науковій літературі обґрунтований лінійний характер залежності даних видів витрат від напрацювання машини у міжремонтний період. Це означає, що їх облік в умовах (13) і (14) не впливає на шукану абсцису точки мінімуму, тобто на оптимальну величину напрацювання машини у міжремонтний період, а також на величину відносної економії Δ , що утворюється при виборі хопт замість $X_{\text{ф}}$ (рис. 3).

У третьому розділі автором також запропоновані описова технологія і блок-схема алгоритму формування представницької вибірки вагонів на основі інформаційних систем для збору об'єктивних відомостей про зміну їх технічного стану.

Відповідно до запропонованого в роботі алгоритмом формування представницької вибірки вагонів в інформаційних системах здійснюється постановка ознаки «заборона курсування» для вагонів

з заданими значеннями показників експлуатаційної роботи з метою збору об'єктивних відомостей про зміну їх технічного стану.

Рис. 3. Визначення раціональних величин міжремонтних нормативів з урахуванням додаткових видів витрат і ΣПЗХ.

Fig. 3. Determination of rational values of the overhaul of the regulations based on additional costs and ΣPZH.

Висновки

1. Розроблено науковий підхід, що включає систему взаємопов'язаних методів, в сукупності спрямованих на об'єктивне обґрунтування раціональних величин міжремонтних нормативів сільськогосподарських машин з позиції єдиних методологічних принципів в умовах ринкових відносин і зростання конкуренції в галузі сільськогосподарського машинобудування.

2. Запропоновано підхід до визначення необхідного числа об'єктів випробувань (машин / складових частин). Згаданий підхід є найбільш прийнятним на практиці для новостворюваних моделей машин;

- забезпечує менший обсяг випробувань при заданій точності і достовірності в порівнянні з існуючими підходами;

- не вимагає наявності апіорної інформації про вид і параметри закону розподілу напрацювання машин (складових частин) до відмови;

- не залежить від завчасного встановлення числових значень ризиків споживача і постачальника на відміну від існуючого підходу.

3. Розроблено метод розрахунку показника «ймовірність безвідмовної роботи» і обґрунтування міжремонтних нормативів машин на його основі, що передбачає можливість підбору раціональних значень ризиків споживача і постачальника при визначенні допустимих з точки зору безпеки міжремонтних нормативів машин.

4. Запропоновано метод розрахунку показника «середнє напрацювання на відмову» і визначення раціональних величин міжремонтних нормативів, що враховує комбінований критерій (напрацювання / календарний термін) постановки машин в ремонт. Відповідно до цього методу передбачено незалежне встановлення раціональних величин напрацювання та строку експлуатації машин у міжремонтний період.

Список літератури

1. Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B. Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 1166-1172.
2. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F. Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 2017, pp. 158-163.
3. Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I. Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 2018, pp. 79-84.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Luo A.C.J., Guo Y. Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.
8. Astatheev 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P. Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 2016, pp. 407-441.

References

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 1166-1172.
2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 158-163.
3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 79-84.
4. *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 development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 1180-1185.
5. *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.
6. *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.
7. *Luo A.C.J., Guo Y.* (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag. 213.
8. *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.
9. *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.
10. *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.
11. *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.
12. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 407-441.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ОБОСНОВАНИЯ НОРМАТИВОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

И. Л. Роговский

Аннотация. В статье разработан научный подход, включающий систему взаимосвязанных методов, в совокупности направленных на объективное обоснование рациональных величин межремонтных нормативов сельскохозяйственных машин с позиции единых методологических принципов в условиях рыночных отношений и роста конкуренции в отрасли сельскохозяйственного машиностроения.

Разработан метод расчета показателя вероятности безотказной работы и обоснования межремонтных нормативов машин на его основе, что предусматривает возможность подбора рациональных значений рисков потребителя и поставщика при определении допустимых с точки зрения безопасности межремонтных нормативов машин.

Предложен метод расчета показателя «средняя наработка на отказ» и определение рациональных величин межремонтных нормативов, учитывающий комбинированный критерий (наработки / календарный срок) постановки машин в ремонт. Согласно этого метода предусмотрено независимое установление рациональных величин наработки и срока эксплуатации машин в межремонтный период.

Ключевые слова: методология, коэффициент готовности, эффективность, сельскохозяйственная машина.

SYSTEMIC APPROACH TO JUSTIFICATION OF STANDARDS OF RESTORATION OF AGRICULTURAL MACHINERY

I. L. Rogovskii

Abstract. The article develops a scientific approach that includes a system of interrelated methods in conjunction to objective substantiation of rational values of the turnaround standards of agricultural machinery from the position of uniform methodological principles in the conditions of market relations and growth of competition in the sector of agricultural engineering.

The method of calculation of the indicator "probability of failure" and justification of the turnaround standards of cars based on it that includes the possibility of selecting the rational values of consumer risk and supplier in the definition of acceptable from the point of view of security of the turnaround standards of the machines.

The proposed method of calculating the indicator "average time to failure" and the definition of rational values of the overhaul of standards, taking into account the combined criterion (achievements / calendar time) setting of the machines in repair. According to this method, an

independent establishment of rational values of operation time and lifetime of the machines in the run time.

Key words: methodology, availability, efficiency, agricultural machine.

І. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.