

pressure in the tire. The experimental analysis of the contact points of the modern agrotechnological tire was performed. On the basis of analysis of the prints of the modern agrotechnological tire and existing models of interaction of the wheel with the bearing surface, perfection of the mathematical model of interaction of the wheel with the soil was performed. An improved mathematical model allows determining the area of the contact spot depending on the properties of the agrotechnological bus, the pressure in it, and allows you to determine the distributed load on the elemental part of the bearing surface.

The obtained results allow to carry out mathematical modeling of the distribution of normal stresses in the soil, depending on the mass indices of the machine-tractor unit, the structural and technological properties of the tire, is used. Application of the obtained mathematical model in combination with the model of crush and destruction of the fertile soil layer will allow us to select the type of tires and the required working pressure to minimize the harmful effects on the soil.

Key words: *wheel propulsion, machine-tractor unit, normal voltages, contact spot, bearing surface, tire pressure*

УДК 631.3–192:662.63

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Д. П. Журавель, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0002-9611-2781**

**Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: dmitriy04111969@gmail.com**

Анотація. У статті розглянуто методологію підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів. Розглядаючи функціональні системи сучасних тракторів та сільськогосподарських машин, як складні технічні системи, які схильні до різних видів відмов, нами були запропоновані моделі надійності, які дозволяють по статистичним характеристикам напрацювання на відмову їх елементів отримувати нормовані в технічних умовах фактичні показники ресурсів. Сільськогосподар-

© Д. П. Журавель, 2018

ська техніка складається із комплексу складних функціональних систем, які поділяються на нерезервовані, резервовані, відновлювальні і не відновлювальні. На конкретному прикладі функціональних систем тракторів, при роботі на біопально-мастильних матеріалах нами був реалізований один з основоположних принципів підвищення довговічності технічних систем, сутність якого полягає у визначенні та усуненні «слабкої ланки».

При обробці експериментальних даних використовували методи математичної статистики, зокрема статистики випадкових процесів.

Для побудови математичного опису процесу зміни параметрів керувалися теорією випадкових функцій та теорією ймовірностей, враховуючи принципи функціональних взаємодій для системного підходу та використовуючи теорії надійності.

Методи теорії моделювання складних функціональних систем є базою для формування імітаційної моделі процесу технічної експлуатації машин. В процесі експлуатації сільськогосподарської техніки із-за зношування її деталей і порушення герметичності змінюються параметри, які характеризують працездатність вузлів і агрегатів в цілому.

Ключові слова: сільськогосподарська техніка, надійність функціональних систем, моделювання, коефіцієнт готовності, параметри розподілу, ймовірність безвідмовної роботи, середній ресурс

Постановка проблеми. Ефективність сільськогосподарського виробництва значною мірою залежить від працездатності сільськогосподарської техніки в різних умовах експлуатації. Сучасна сільськогосподарська техніка (СГТ) складається зі складних функціональних систем, працездатність яких залежить від їх надійності [1, 2, 4–8].

Нині в Україні щорічно використовується більше 50 млн. тонн моторних пальних, вироблених з нафти, із них 5,5 млн. тонн припадає на дизельне пальне (ДП), з яких 1,9 млн. тонн застосовується в АПК.

Підвищення цін на пально-мастильні матеріали (ПММ) викликане, головним чином, зменшенням нафти у надрах Землі і залежністю держави у нафтопродуктах за рахунок імпорту на 85...90%. Крім того, застосування мінеральних ПММ призводить до значної кількості шкідливих викидів, що забруднюють навколишнє середовище. Ці факти спонукають до впровадження альтернативних видів ПММ рослинного походження. В більшості своїй вони значно відрізняються від нафтових своїми фізико-хімічними властивостями, які впливають як на організацію робочого процесу, так і на екологічні

та техніко-економічні показники сільськогосподарської техніки, призводячи до збільшення відмов вузлів і агрегатів функціональних систем. Підвищення надійності використання СГТ при застосуванні альтернативних видів ПММ рослинного походження є важливою народногосподарською проблемою [1–6].

Аналіз останніх досліджень. Одним із проблемних питань, пов'язаних з використанням біопально-мастильних матеріалів (БПММ) є забезпечення надійності як функціональних систем СГТ так і експлуатаційних показників машино-тракторних агрегатів (МТА). Триботехнічний і хіммотологічний аналіз процесів, які виникають в трибоспряженнях вузлів і агрегатів пояснює причину прискореного зношування поверхонь конструкційних матеріалів при використанні БПММ. Наявність вільних жирних кислот в сирій рослинній оліві (РО) і присутність метанолу в біодизелі призводить до виділення водню і його поступовий перехід в поверхневий шар металу, що призводить до водневого зношування. Підвищена густина і кінематична в'язкість РО в порівнянні з мінеральним дизельним паливом (ДП) сприяє збільшенню далекобійності і діаметру розпиленого пального, що призводить до підвищеного попадання на стінки камери згоряння і гільзи циліндрів. Застосування чистої РО в якості дизельного пального неприпустимо в зв'язку з погіршенням як енергетичних і економічних показників, так і надійності дизелю в цілому. Підвищення кислотності пального призводить до збільшення корозійного зносу плунжерних пар паливного насосу високого тиску (ПНВТ), руйнуванню гумотехнічних виробів і збільшенню відкладень. Продукти згоряння пального, які включають сірчастий і сірчаний ангідриди, проникають через нещільності циліндро-поршневої групи в картер, де утворюють з водою сірчану і сірчисту кислоти. Змішуючись з оливою, кислоти погіршують її якість, особливо антикорозійні властивості, що призводить до швидкого старіння. В результаті дії сірчистих продуктів на картерну оливу утворюються смолисті з'єднання, які в подальшому утворюють нагар. Відкладення лаку в зоні поршневих кілець призводить до їх закоксування і заклинювання. Сірчисті з'єднання призводять також до збільшення відкладень на фільтрах тонкого і грубого очищення.

Застосування їх в якості ПММ для СГТ дасть змогу підвищити довговічність вузлів і агрегатів функціональних систем при зниженні агресивності, схильності до полімеризації і задоволенні інших експлуатаційних вимог [1–6].

Мета досліджень. Підвищення довговічності сільськогосподарської техніки при застосуванні альтернативних видів ПММ рослинного походження.

Результати досліджень. Методи розрахунку показників

надійності резервованих відновлюваних систем, як правило, є складними в інженерному застосуванні. Цього можна уникнути при деяких припущеннях, виділяючи системи в класи з простими алгоритмами для обчислення показників надійності. До них відносяться: спрощення структурної схеми розрахунку надійності; незалежність елементів по відмовах і відновленню; експоненціальні закони розподілу часу безвідмовної роботи і часу відновлення елементів; певні правила обслуговування відмови елементів; стаціонарний характер показників надійності системи.

При оцінці надійності стаціонарних і нестаціонарних показників надійності відновлюваних систем найчастіше використовують методи одновимірних і багатовимірних марковських випадкових процесів. Значення показників надійності є наближеними і розраховуються наближеними методами. Коефіцієнт готовності, наробіток на відмову, середній час відновлення і середній час безвідмовної роботи обчислювали за відомими формулами[2].

Математичною моделлю функціонування системи є система звичайних диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} p'_0(t) = -\lambda_c p_0(t) - \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot p_i(t) \\ p'_i(t) = \lambda_i p_0(t) - \mu_i \cdot p_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, n \end{cases}, \quad (1)$$

де: λ_i – інтенсивність відмови i -го елементу, відповідні відмовам елементів системи; $\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ – інтенсивність відмови системи;

$p_0(t) = K_r(t)$ – ймовірність того, що в момент t система справна; $p_i(t)$ – ймовірність того, що в момент t система знаходиться в несправному стані внаслідок відмови i -го елементу; μ_i – інтенсивності переходів, відповідні відновленню елементів системи.

Систему лінійних диференціальних рівнянь (1) з постійними коефіцієнтами можливо вирішувати аналітично (для обмеженого числа елементів при фіксованому значенні інтенсивностей відмови і відновлення) і чисельним (наближеним, зокрема Рунге-Кутта).

Опис основних вузлів і агрегатів функціональних систем сільськогосподарської техніки наведено у вигляді графу, тобто наочного зображення взаємозв'язку елементів вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ (рис. 1).

Графова модель $G\{V, P\}$ складається з двох множин – множини V об'єктів вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ і множини P зв'язків – інтенсивностей їх відмов. В основу покладено один із основних принципів надійності – принцип забезпечення рівної

безвідмовності елементів шляхом виявлення і усунення «слабкої ланки». Графову модель використовували з метою комп'ютерного моделювання процесу функціонування елементів вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ.

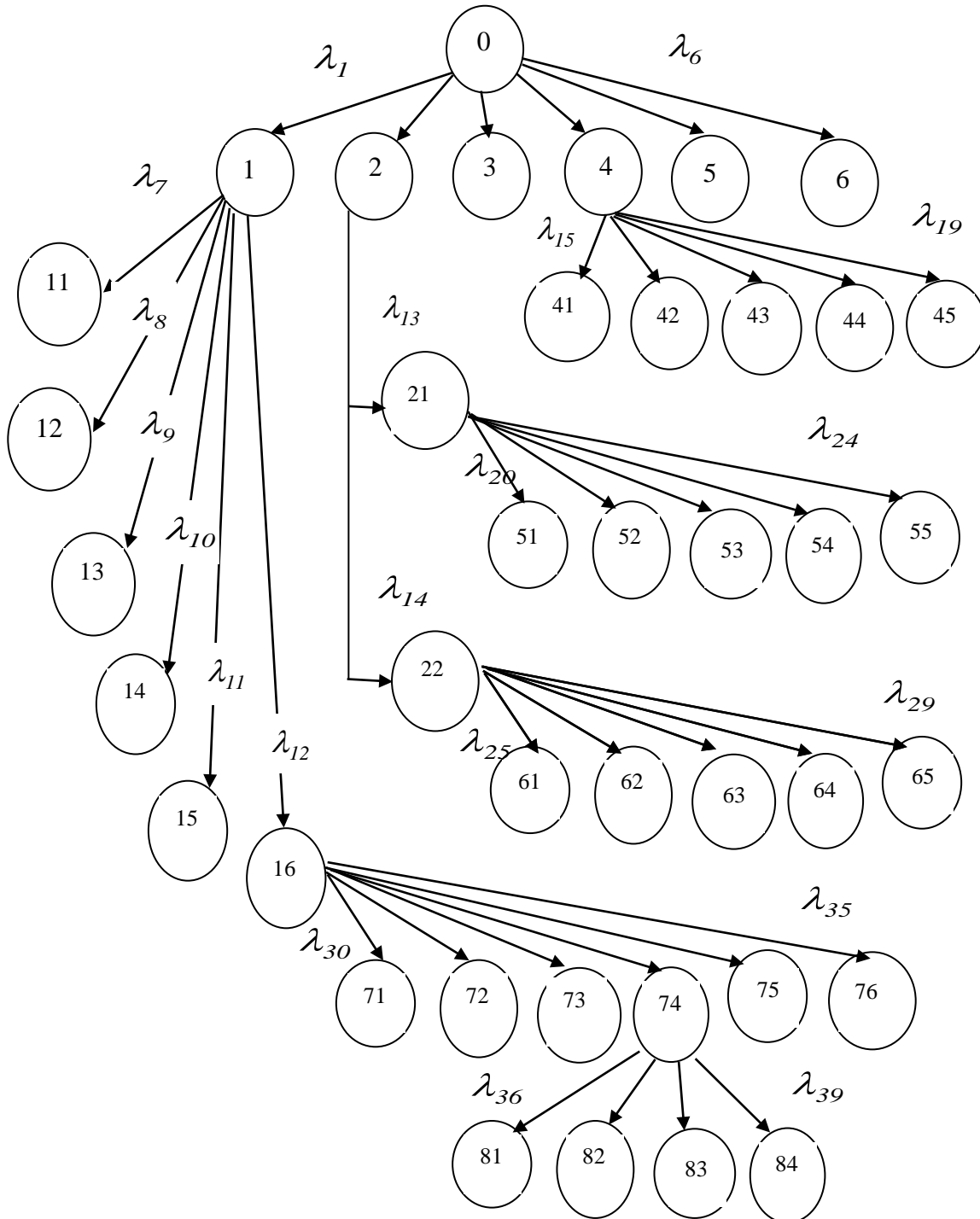


Рис. 1. Граф стану вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ.

Система лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами описує процес функціонування систем СГТ, яка має вид:

$$\#1 = \left\{ \begin{array}{l} p'_0(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)p_0(t) + \\ \quad + \mu_1 p_1(t) + \mu_2 p_2(t) + \mu_3 p_3(t) + \mu_4 p_4(t) + \mu_5 p_5(t) + \mu_6 p_6(t) \\ p'_1(t) = \lambda_1 p_0(t) - (\lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12})p_1(t) + \\ \quad + \mu_7 p_{11}(t) + \mu_8 p_{12}(t) + \mu_9 p_{13}(t) + \mu_{10} p_{14}(t) + \mu_{11} p_{15}(t) + \mu_{12} p_{16}(t) \\ p'_{11}(t) = \lambda_7 p_1(t) \\ p'_{12}(t) = \lambda_8 p_1(t) \\ p'_{13}(t) = \lambda_9 p_1(t) \\ p'_{14}(t) = \lambda_{10} p_1(t) \\ p'_{15}(t) = \lambda_{11} p_1(t) \\ p'_{16}(t) = \lambda_{12} p_1(t) - (\lambda_{30} + \lambda_{31} + \lambda_{32} + \lambda_{33} + \lambda_{34} + \lambda_{35})p_{16}(t) + \\ \quad + \mu_{30} p_{71}(t) + \mu_{31} p_{72}(t) + \mu_{32} p_{73}(t) + \mu_{33} p_{74}(t) + \mu_{34} p_{75}(t) + \mu_{35} p_{76}(t) \\ p'_2(t) = \lambda_2 p_0(t) - \lambda_{13} p_2(t) - \lambda_8 p_2(t) + \mu_{14} p_{22}(t) + \mu_{13} p_{21}(t) \\ p'_3(t) = \lambda_3 p_0(t) \\ p'_4(t) = \lambda_4 p_0(t) - (\lambda_{15} + \lambda_{16} + \lambda_{17} + \lambda_{18} + \lambda_{19})p_4(t) + \\ \quad + \mu_{15} p_{41}(t) + \mu_{16} p_{42}(t) + \mu_{17} p_{43}(t) + \mu_{18} p_{44}(t) + \mu_{19} p_{45}(t) \\ p'_{21}(t) = \lambda_{13} p_2(t) - (\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24})p_{21}(t) \\ \quad + \mu_{20} p_{51}(t) + \mu_{21} p_{52}(t) + \mu_{22} p_{53}(t) + \mu_{23} p_{54}(t) + \mu_{24} p_{55}(t) \\ p'_{22}(t) = \lambda_{14} p_2(t) - (\lambda_{25} + \lambda_{26} + \lambda_{27} + \lambda_{28} + \lambda_{29})p_{22}(t) + \\ \quad + \mu_{25} p_{61}(t) + \mu_{26} p_{62}(t) + \mu_{27} p_{63}(t) + \mu_{28} p_{64}(t) + \mu_{29} p_{65}(t) \\ p'_{41}(t) = \lambda_{15} p_4(t) \\ p'_{42}(t) = \lambda_{16} p_4(t) \\ p'_{43}(t) = \lambda_{17} p_4(t) \\ p'_{44}(t) = \lambda_{18} p_4(t) \\ p'_{45}(t) = \lambda_{19} p_4(t) \end{array} \right.$$

де $\lambda_{i,j}$ – інтенсивність переходу із стану i в стан j , $\mu_{i,j}$ – інтенсивність відновлення переходу із стану i в стан j .

Взаємозв'язок елементів вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ наведеній наступним чином: 0 – мобільна техніка; 1 – дизельний двигун; 2 – трансмісія; 3 – ходова частина; 4 – гідрообладнання; 5 – електрообладнання; 6 – механізм управління; 11 – кривошипно-шатунний механізм; 12 – система змащення; 13 – електрообладнання; 14 – система запуску; 15 – газорозподільний механізм; 16 – паливна апаратура; 41 – насос;

42 – гідролінії; 43 – гідроциліндр; 44 – розподільник; 45 – ущільнення гідравлічної системи; 21 – механічна трансмісія; 51 – вали шліцеві; 52 – шестерні; 53 – підшипники; 54 – синхронізатори; 55 – ущільнення трансмісійної системи; 22 – гідростатична трансмісія; 61 – насос підпитки; 62 – качаючий вузол насоса; 63 – качаючий вузол гідромотора; 64 – клапанна коробка; 65 – система управління; 71 – паливний бак; 72 – підкачуючий насос; 73 – паливний фільтр грубого очищення; 74 – паливний насос високого тиску; 75 – форсунка; 76 – трубопроводи; 81 – плунжерна пара; 82 – клапан; 83 – паливний фільтр тонкого очищення; 84 – ущільнення паливної системи.

Для $t = 0$ всі елементи системи вважаються справними при початкових умовах: $p_0(0) = 1, p_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots, k$ знаходиться частний розрахунок рівняння.

Система розраховується чисельним методом Рунге-Кутта.

Вирішення системи рівнянь є матриця ймовірностей безвідмовної роботи функціональних систем СГТ при роботі на мінеральних і біологічних ПММ.

Статистичний аналіз наробітку функціональних систем СГТ, що поступають в ремонт, дозволив встановити середні значення наробітку до відмови та їх 80% ресурс, що відповідає нормованим середнім ресурсам.

Середні ресурси функціональних систем СГТ при роботі на різних видах ПММ наведені на рис. 2.

Нами встановлено, що зниження ресурсу функціональних систем СГТ при роботі на біологічних ПММ пояснюється активною дією вільних жирних кислот і метанолів біологічних ПММ на матеріали усіх елементів її функціональних систем, що призводить до руйнування поверхонь трибоспряжень і збільшення зносу деталей вузлів і агрегатів.

Ймовірності безвідмовної роботи функціональних систем СГТ на мінеральних та біологічних ПММ наведені на рис. 3. Як видно з рис. 3 і 4, найменш надійними функціональними системами сільськогосподарської техніки є електро- і гідрообладнання.

Коефіцієнт готовності функціональних систем СГТ дорівнює сумі ймовірностей всіх справних її станів:

$$K_G(t) = \sum_{i=1}^n p_i(t). \quad (2)$$

де $K_G(t)$ – коефіцієнт готовності.

$$\begin{aligned}
\#2 = \left\{ \begin{array}{l}
p'_{51}(t) = \lambda_{20} p_{21}(t) \\
p'_{52}(t) = \lambda_{21} p_{21}(t) \\
p'_{53}(t) = \lambda_{22} p_{21}(t) \\
p'_{54}(t) = \lambda_{23} p_{21}(t) \\
p'_{55}(t) = \lambda_{24} p_{21}(t) \\
p'_5(t) = \lambda_5 p_0(t) \\
p'_6(t) = \lambda_6 p_0(t) \\
p'_{61}(t) = \lambda_{25} p_{22}(t) \\
p'_{62}(t) = \lambda_{26} p_{22}(t) \\
p'_{63}(t) = \lambda_{27} p_{22}(t) \\
p'_{64}(t) = \lambda_{28} p_{22}(t) \\
p'_{65}(t) = \lambda_{29} p_{22}(t) \\
p'_{71}(t) = \lambda_{30} p_{16}(t) \\
p'_{72}(t) = \lambda_{31} p_{16}(t) \\
p'_{73}(t) = \lambda_{32} p_{16}(t) \\
p'_{74}(t) = \lambda_{33} p_{16}(t) - (\lambda_{36} + \lambda_{37} + \lambda_{38} + \lambda_{39}) p_{74}(t) + \\
\qquad \qquad \qquad + \mu_{36} p_{81}(t) + \mu_{37} p_{82}(t) + \mu_{38} p_{83}(t) + \mu_{39} p_{84}(t) \\
p'_{75}(t) = \lambda_{34} p_{16}(t) \\
p'_{76}(t) = \lambda_{35} p_{16}(t) \\
p'_{81}(t) = \lambda_{36} p_{74}(t) \\
p'_{82}(t) = \lambda_{37} p_{74}(t) \\
p'_{83}(t) = \lambda_{38} p_{74}(t) \\
p'_{84}(t) = \lambda_{39} p_{74}(t) \\
\sum_{i=1,..k} p_i(t) = 1
\end{array} \right.
\end{aligned}$$

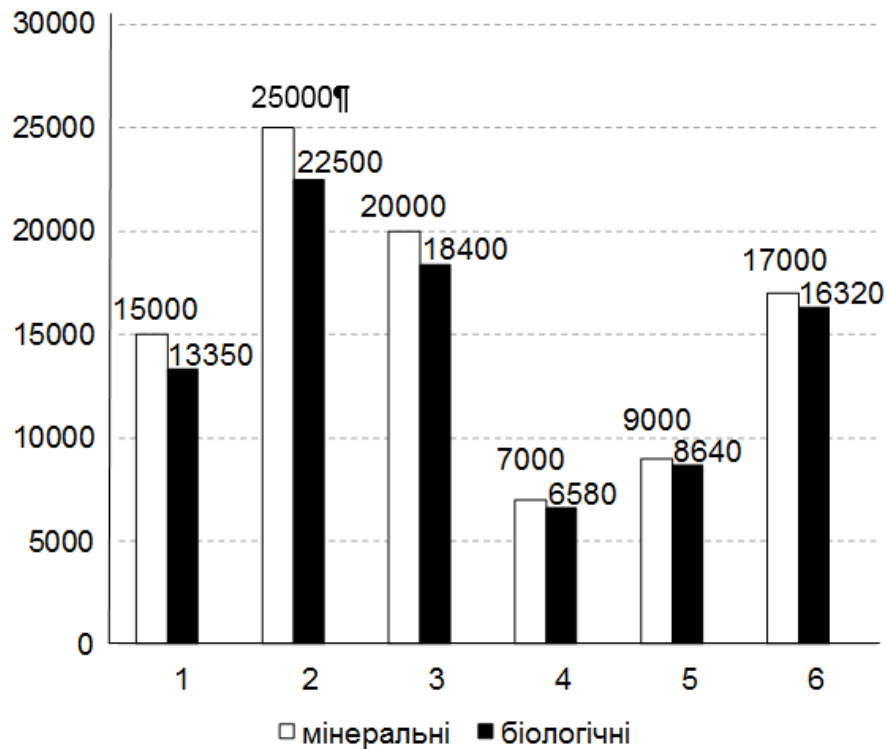


Рис. 2. Середні ресурси функціональних систем СГТ при роботі на різних видах ПММ, мото-год: 1 – дизельний двигун, 2 – трансмісія, 3 – ходова частина, 4 – гідрообладнання, 5 – електрообладнання, 6 – механізм управління.

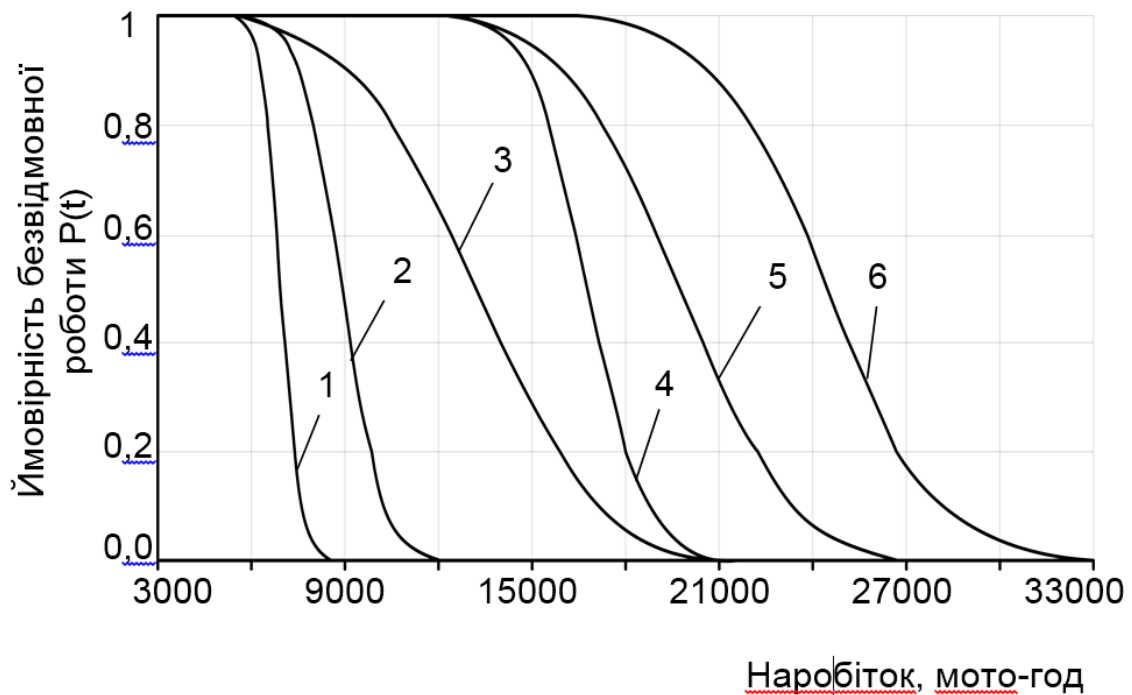


Рис. 3. Ймовірності безвідмовної роботи функціональних систем СГТ при роботі на мінеральних ПММ: 1 – гідрообладнання; 2 – електрообладнання; 3 – дизельний двигун; 4 – механізм управління; 5 – ходова частина; 6 – трансмісія.

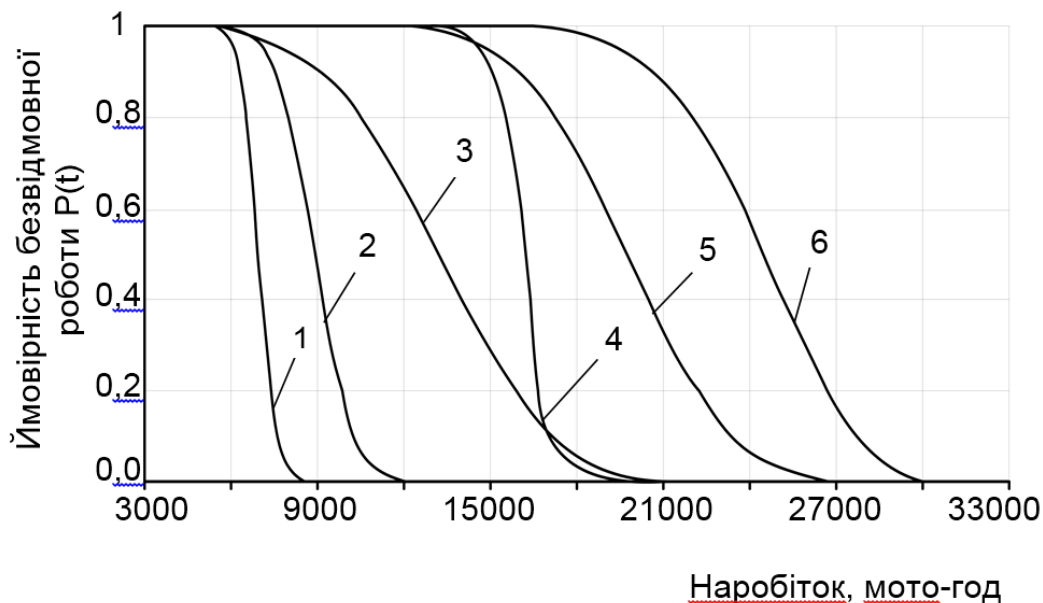


Рис. 4. Ймовірності безвідмовної роботи функціональних систем СГТ на біологічних ПММ: 1 – гідрообладнання; 2 – електрообладнання; 3 – дизельний двигун; 4 – механізм управління; 5 – ходова частина; 6 – трансмісія.

Коефіцієнти готовності функціональних систем СГТ при роботі на мінеральних і біологічних ПММ наведені на рис. 5.

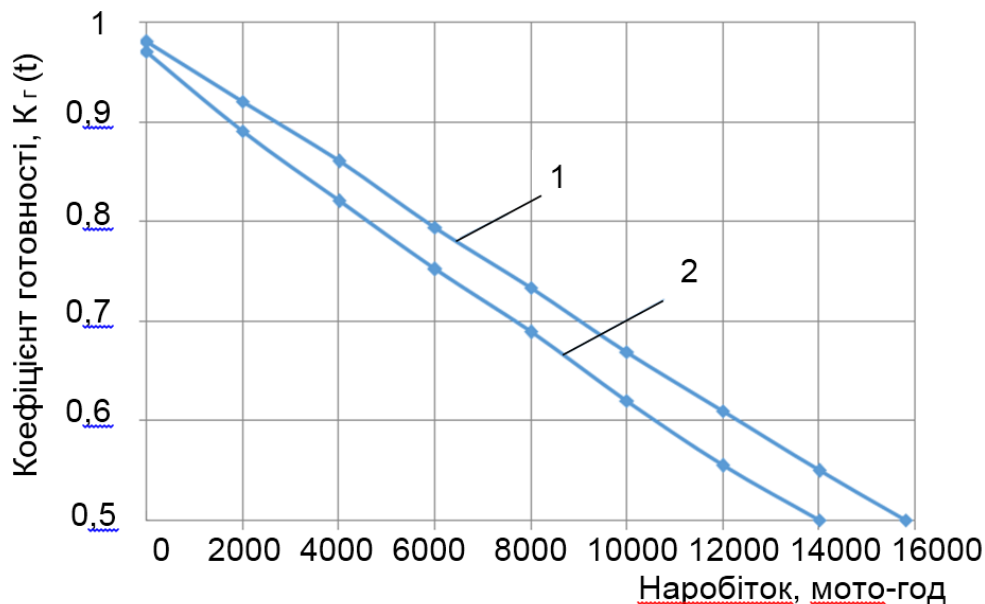


Рис. 5. Коефіцієнти готовності функціональних систем СГТ при роботі на мінеральних і біологічних ПММ: 1 – мінеральні ПММ; 2 – біологічні ПММ.

Таким чином встановлено, що коефіцієнт готовності функціональних систем СГТ при роботі на мінеральних ПММ вище

чим при роботі на біологічних ПММ. При досягненні числового значення $K_r(t)=0,5$, при якому подальша експлуатація СГТ не доцільна, наробіток її становить: на БПММ – 14000 мото-год., а на мінеральних 16000 мото-год. Для збільшення $K_r(t)$, необхідно підвищити надійність спряжень вузлів і агрегатів СГТ шляхом виявлення і усунення «слабкої ланки».

Висновки

1. На підставі графів стану вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ отримані математичні моделі надійності, які дозволили виявити їх "слабкі ланки" при роботі на БПММ. А саме, для: дизельного двигуна – паливна система; гідравлічної системи – гідронасос; гідростатичної трансмісії – насос підпитки; механічної трансмісії – ущільнення. Встановлено, що показники надійності функціональних систем СГТ при роботі на БПММ нижчі на 1202 мото-години; дизельного двигуна – на 1650 мото-годин; паливної системи – на 4325 мото-годин; гідросистеми – на 950 мото-годин; трансмісійних систем: гідростатичної – на 290 мото-годин, механічної – на 600 мото-годин.

2. Встановлено, що зниження ресурсу елементів і систем СГТ при роботі на біологічних ПММ пояснюється активним впливом метанолу біодизельного пального і вільних жирних кислот біооливи на матеріали основних елементів дизельного двигуна, системи змащення, гідростатичних і механічних трансмісій, гідросистем. Це призводить до руйнування поверхонь і збільшенню зносів деталей трибоспряжень.

Список літератури

1. Дидур В. А., Журавель Д. П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 251. С. 69–78.
2. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. Суми. 2016. Вип. 10/3(31). С. 66–71.
3. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон. 2017. Вип. 5. С. 56–65.
4. Журавель Д. П. Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ. Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України: матеріал VI Міжнародної науково-технічної конференції. Мелітополь. 2015. С. 8–10.
5. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XVII Міжнародної наукової конференції. Суми. 2016. С. 163–164.

6. Журавель Д. П. Підвищення ефективності експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки при використанні біопаливо-мастильних матеріалів. Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2017: збірник тез доповідей XIII Міжнародної наукової конференції. Київ. 2017. С. 155–156.
7. Бойко А. І. Напрями забезпечення надійності складної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків. 2009. Вип. 80. С. 13–16.
8. Роговский Иван. Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2014. Том 16. №3. Р. 296–302.

References

1. Didur, V. A., Zhuravel, D. P. (2016). Reliability of mobile farm machinery while using biological fuel and lubricants. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 251. 69–78.
2. Zhuravel, D. P. (2016). Methodology of assessing the reliability of mobile agricultural machinery for use on various types of fuel and lubricants. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes. Vol. 10/3(31). 66–71.
3. Zhuravel, D. P. (2017). Influence of contamination with an abrasive biofuels and lubricants in the energy intensity of surface layers of metals of units and aggregates of mobile equipment. Bulletin of Ukrainian branch of International Academy of agrarian education. Kherson. Vol. 5. 56–65.
4. Zhuravel, D. P. (2015). Methodology to ensure the reliability of mobile equipment in the use of biological SCI. Of power supply of technological processes in the agro-industrial complex of Ukraine: the material Minamo VI scientific-technical conference. Melitopol. 8–10.
5. Zhuravel, D. P. (2016). Reliability of mobile agricultural machinery for use on various types of fuel and lubricants. Modern problems of agricultural mechanics: book of abstracts of XVII International scientific conference. 163–164.
6. Zhuravel, D. P. (2017). Improving the efficiency of the operation of mobile agricultural equipment in the use of biofuels and lubricants. Rational use of energy in technology. TechEnergy 2017: book of abstracts of the XIII International scientific conference. Kiev. 155–156.
7. Boyko, A. I. (2009). Ways of providing of reliability of complex agricultural machinery. Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture. Kharkov. Vol. 80. 13–16.
8. Rogovskii Ivan. (2014). Stochastic models ensure efficiency of agricultural machinery. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 16. № 3. 296–302.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОТОПЛИВНО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д. П. Журавель

Аннотация. В статье рассмотрена методология повышения долговечности функциональных систем сельскохозяйственной техники при использовании биотопливо-смазывающих

материалов. Рассматривая функциональные системы современных тракторов и сельскохозяйственных машин, как сложные технические системы, которые склонны к разным видам отказов, нами были предложены модели надежности, которые позволяют по статистическим характеристикам наработки на отказ их элементов получать нормируемые в технических условиях фактические показатели ресурсов. Сельскохозяйственная техника состоит из комплекса сложных функциональных систем, которые подразделяются на нерезервированные, резервированные, восстанавливаемые и невосстанавливаемые. На конкретном примере функциональных систем тракторов, при работе на биотопливо-смазывающих материалах нами был реализован один из основополагающих принципов повышения долговечности технических систем, сущность которого заключается в определении и устранении "слабого звена". При обработке экспериментальных данных использовали методы математической статистики, в частности статистики случайных процессов. Для построения математического описания процесса изменения параметров руководствовались теорией случайных функций и теорией вероятностей, учитывая принципы функциональных взаимодействий для системного подхода и используя теории надежности. Методы теории моделирования сложных функциональных систем являются базой для формирования имитационной модели процесса технической эксплуатации машин. В процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники из-за изнашивания ее деталей и нарушения герметичности изменяются параметры, которые характеризуют работоспособность узлов и агрегатов в целом.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, надежность функциональных систем, моделирование, коэффициент готовности, параметры распределения, вероятность безотказной работы, средний ресурс

IMPROVING DURABILITY OF FUNCTIONAL SYSTEMS OF AGRICULTURAL MACHINERY WHEN USING BIOFUEL AND LUBRICANTS

D. P. Zhuravel

Abstract. *In the article methodology of expansion of longevity of functional systems of agricultural equipment is described with the use of biological materials. Examining the functional systems of modern tractors and agricultural machines, as complex technical systems that are apt to the different types of failures, we offered models of reliability, that allow in statistical data of work on the failure of their elements to get the actual*

indexes of rationed resources for technical requirements. An agricultural mechanism consists of the set of difficult functional systems, that is subdivided into unresisted, reserved, refurbishable and unrefurbishable. On the certain example of the functional tractor's system, working on biological materials we realized one of basic principles of increasing longevity of the technical systems, essence of which lies in determination and removal of "weak link". In processing of experimental data the methods of mathematical statistics, in particular statisticians of casual processes, was used. For the construction of mathematical description of process of change of parameters followed the theory of casual functions and theory of chances, taking into account principles of functional cooperations for approach of the systems and using the theories of reliability. Methods of theory of design of the difficult functional systems are a base for forming of simulation model of process of technical exploitation of machines. In the process of exploitation of agricultural technical parameters that characterize the capacity of knots and aggregates on the whole change from the wear of details and violation of impermeability.

Key words: *agricultural equipment, reliability of functional systems, design, coefficient of readiness, parameters of distribution, probability of faultless work, middle resource*

УДК 631.362.36

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ТРАНСПОРТЕРА-СЕПАРАТОРА НА ЧІТКІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

**С. М. Мороз, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0001-5101-8460**

**О. М. Васильковський, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0001-9590-742**

**Ю. В. Мачок, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0001-5328-7859**

О. В. Анісімов, ORCID 0000-0001-5997-2902

**Центральноукраїнський національний технічний університет
e-mail: serhii_moroz@ukr.net**

Анотація. *Робота присвячена дослідженню впливу конструктивних та кінематичних параметрів транспортера-сепаратора зерноочисної машини загального призначення на технологічну ефективність розділення зерна.*

© С. М. Мороз, О. М. Васильковський, Ю. В. Мачок, О. В. Анісімов, 2018