УДК 631.1.004

АЛГОРИТМІЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ЗА СТУПЕНЕМ ВИТРАТ ЇХ РЕСУРСУ

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 – листопад 2019, акцентовано – січень 2020.

Бібл. 14, рис. 1, табл. 1.

Анотація. В статті проведено аналіз підтримання існуючих сільськогосподарських машин в працездатному стані, за яким слід відпрацювати систему технічного обслуговування з урахуванням умов реформування аграрного сектора. Під технічним обслуговуванням розуміється комплекс робіт по підтриманню роботоздатності або справності виробів при використанні за призначенням шляхом регулювальних, знаючих, заправних і кріпильних робіт. Для оцінки альтернативних варіантів доцільно проводити морфологічний аналіз всієї сукупності можливих рішень досліджуваної проблеми, поданих у вигляді морфологічної матриці, в якій подані основні функції машини і варіанти предметних форм їх виконання.

Теоретичними дослідженнями надали відповідь на два головні питання – як має змінюватися система технічного обслуговування залежно від рівня розвитку аграрного виробництва, а також – які параметри повинна мати система обслуговуючого сервісу, щоб виконувати відповідні втручання з мінімальними технологічно потрібними витратами ресурсів та капіталовкладеннями. Оцінку рівня технічного обслуговування сільськогосподарських машин передбачено виконувати за сукупністю організаційно-технічних факторів, формалізованих через частині і комплексні показники, в два етапи. Перший – оцінка через частині показники по кожному фактору окремо. Другий – оцінка комплексного показника (за всіма факторами в цілому).

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

Постановка проблеми

Однією з передумов забезпечення працездатності і екологічності сільськогосподарських машин в умовах існуючих обмежень фінансових ресурсів і низьких показників безвідмовності цих машин є пошук раціональних рішень з ефективності технічної експлуатації, які б дозволили виконати необхідні об'єми робіт з технічного обслуговування за

мінімальних затратах фінансових і трудових ресурсів [1].

Проблема підвищення надійності [2] й ефективного використання сільськогосподарських машин перебуває в тісному зв'язку із проблемою організації й технологією здійснення всіх процесів передбачених системою технічного обслуговування в аграрному виробництві [3]. Раціональна організація експлуатації машин неможлива при відсутності необхідних відомостей про періодичність і технології виконання профілактичних робіт. У цьому зв'язку створення методики обґрунтування періодичності технічного обслуговування є актуальним науково-практичним завданням [4].

Вивчення факторів, що виявляють вплив на тривалість роботи даного вузла до моменту, коли доцільно проводити профілактичні роботи показує, що в цьому питанні існує своєрідний принцип невизначеності: чим повніше й точніше враховуються зазначені фактори, тим менш є достовірним отриманий результат. Більш достовірної виявляється періодичність ТО, установлена з урахуванням вимог, сформульована з більш загальних позицій. Наприклад, установлення періодичності здійснення операцій технічного обслуговування з урахуванням вимог раціональної організації використання машин в умовах, що склалися аграрних підприємствах. У зв'язку із цим у дослідженні розпочата спроба врахувати весь основний комплекс факторів, що визначають періодичність технічного обслуговування за даною машиною [5].

Згідно національних стандартів щодо сільськогосподарських машин передбачено проведення певних видів технічного обслуговування, які класифікуються за етапом існування машини і характеризуються чітко регламентованою періодичністю проведення. Однак ці величини періодичності сформовані згідно планово-попереджувальної системи для виробничих умов [6]. Сьогодні потребує нових рішень щодо наукового обґрунтування величин періодичності проведення технічного обслуговування сільськогосподарських

машин і на думку автора вихідним етапом повинна стати формалізація впливу показників надійності.

Аналіз останніх досліджень

Досягнутий світовий рівень надійності серійних сучасних сільськогосподарських машин, характеризуються наробітком на відмову 140-180 мото-годин і мінімальним до 3% часом простоїв через поломки в період агротроку проведення робіт [7]. Наробіток на відмову вітчизняних зразків – 11-40 мото-годин, простої – 15-35% [8].

Періодичність обслуговування t_{TO} [9]:

$$t_{TO} = \frac{t_{pmin}}{N},$$

де t_{pmin} – мінімальний ресурс об'єкта; N – кількість ТО за ресурс об'єкта.

Середній ресурс об'єкта при i -у періодичності ТО t_{pi} визначається формулою професора А.М. Шейніна [10]:

$$t_{pi} = t_{pmin} \left[\left(\frac{t_{pmax}}{t_{pmin}} - 1 \right) \cdot P_c(t_{TOi}) + 1 \right],$$

де t_{pmax} і t_{pmin} – максимальний і мінімальний ресурс об'єкта, відповідно; $P_c(t_{TOi})$ – середня ймовірність ненаступлення граничного стану періодичності відновлюваної допоміжної системи при напрацюванні t_{TOi} .

Критерієм оптимізації термінів проведення планових технічних обслуговувань є величина середніх питомих затрат, що приходять на одиницю відпрацьованої частини середнього ресурсу [11]:

$$C_{TO} \cdot \tau + (C_p + C_n) \cdot \left(1 - R\left(\frac{\tau}{T}\right) \right) + C_{yo}\left(\frac{\tau}{T}\right) = \frac{C_p \cdot R\left(\frac{\tau}{T}\right)}{T \cdot \psi\left(\frac{\tau}{T}\right)},$$

де $C_{TO} \cdot \tau$ – поточні затрати на технічне обслуговування, заміни; C_n – вартість втрат, що пов'язано з простоями або іншими наслідками відмов в експлуатації; C_p – вартість ремонту техніки; $R\left(\frac{\tau}{T}\right)$ – ймовірність безвідмовної роботи за ресурсними відмовами на момент проведення планового ремонту.

Найбільш раціональним варіантом планової заміни є період коли деталі мають наробіток від 50 до 90% середнього ресурсу; дійсний час заміни необхідно визначати, узгоджено з його графіком використання сільськогосподарської техніки [12]. В такому випадку,

визначаючи періоди використання машин і час ТО (заміни) можна перед початком або в кінці виконання сільськогосподарських операцій; основною метою даної стратегії є запобігання аварійних ремонтів в період відповідальних сільськогосподарських робіт (посів, збирання врожаю), потребуючих чіткого виконання операцій в стислі терміни [13].

Для обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарських машин існує кілька методів [14]: метод органолептичний, що ґрунтується на зміні зовнішнього вигляду (кольору, прозорості тощо) і характеру забруднення поверхонь механізмів, вузлів, агрегатів, оливи, мастила, охолоджуючої та гальмівної рідин – рекомендується для обґрунтування операцій з миття, очищення, змащування, заправлення, дозаправлення і заправно-зливання.

Запропонована оптимальна періодичність проведення контрольно-оглядових операцій технічного обслуговування сільськогосподарських машин [7]:

$$t^{k-o} = \frac{T \cdot \left(\sqrt{T_{ob}^2 + 4 \cdot T_{ob} \cdot (T + T_g)} - T_{ob} \right)}{2 \cdot (T + T_g)},$$

де T – середній наробіток на відмову машини; T_b – середня тривалість усунення відмови, яка обумовлена властивостями ремонтпридатності комбайна; T_{ob} – тривалість технічного обслуговування.

Вираз (1) досить суперечливий оскільки за наробітком на відмову електрообладнання Дон-1500 315 мото-годин і витратами часу на обслуговування 0,3 год оптимальна періодичність 10 мото-годин, а гідросистема 76 мото-годин і витратами часу на обслуговування 0,7 год оптимальна періодичність 7 мото-годин.

Обґрунтування періодичності регульовально-кріпильних операцій технічного обслуговування:

$$t^{p-k} = -\frac{1}{\varpi} \cdot \ln(P_d),$$

де P_d – допустимий рівень ймовірності знаходження машини в технічно справному стані; ϖ – параметр виникнення відмов.

Обґрунтування періодичності виконання мастильно-заправних операцій технічного обслуговування:

$$\exp(\varpi \cdot t^{m-z}) - \varpi \cdot t^{m-z} - \omega \cdot T_{ob} - 1 = 0$$

Періодичність ТО за проф. О.С. Гринченком пропонується визначати через показник довговічності:

$$T_{mo} = T_p \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{U_{mo}}{U_{zp}}},$$

де T_{mo} – наробіток, за якої проводиться технічне обслуговування; T_p – наробіток від початку експлуатації до настання граничного стану деталі або ресурсу; U_{zp} – величина граничної зносу конкретної деталі; U_{mo} – величина зносу конкретної деталі в

момент проведення технічного обслуговування; α – коефіцієнт ступеневої функції залежності зносу від наробітки.

В роботах проф. Міхліна В.М. [9] крім забезпечення максимальної ймовірності безвідмовної роботи, оптимальних допустимих відхилень параметрів складових частин, кількості видів ТО, номенклатури операцій при кожному виді ТО формулює вимогу кратності між видами ТО, що значно зменшує межі щодо пошуку оптимальної періодичності. Однак за експериментальними даними [10] показники безвідмовності складових частин спостерігають при підвищених значеннях ТО і зменшенні коефіцієнту варіації, що необхідно узгодити з періодичністю їх проведення: регламентовані; з періодичним контролем; з безперервним контролем; “за потребою”.

Планово-запобіжна система технічного обслуговування і ремонту машин. Згідно із Положенням про планово-запобіжну систему технічного обслуговування і ремонту після суворо встановленого часу роботи машини або виконання певного обсягу робіт за заздалегідь розробленим графіком виконують її технічного обслуговування. У цьому і полягає плановість системи технічного обслуговування. Враховуючи, що при встановленій регламентованій періодичності передбачено виконання обов’язкового переліку технологічних операцій, спрямованих на запобігання відказам у роботі, то ця система є також і запобіжною. Разом з тим, із введенням у практику обслуговування машин діагностики, тобто визначення несправності за допомогою різних технічних засобів, деякі операції виконують тільки при потребі.

Регламентоване ТО виконується з періодичністю і в об’ємі, які встановлено нормативно-технічною документацією незалежно від технічного стану виробу в момент початку ТО. Регламентоване ТО призначається звичайно для вузлів і агрегатів, які не мають чітких ознак несправності. Для таких агрегатів характерні відмови “за параметром”. Під відмовою “за параметром” вбачається відмова, яка виникає внаслідок спрацювання робочих поверхонь деталей, розрегулювання вузла чи агрегату. Наявність відмови “за параметром” не приводить до зупинки машини, але знижує ефективність вузла чи агрегату. До регламентованих робіт можна віднести: очищення фільтрів та центрифуг, повітроочисників; заміна моторних, трансмісійних оливи та консистентних мастил; мащення через прес-оливки; діагностичні роботи.

ТО з періодичним контролем передбачає регламентну перевірку технічного стану і при необхідності виконання робіт ТО. Обслуговування з періодичним контролем добре вписується в виробничу схему використання машин і в багатьох випадках забезпечує найменші витрати грошових коштів, матеріалів і праці на ТО. Це зумовлює широке використання цього режиму на практиці. ТО з безперервним контролем виконується за результатами безперервного контролю технічного стану виробу.

ТО “за потребою” передбачає використання виду обслуговування об’єкту лише тоді коли виникає

відмова. “За потребою” обслуговуються об’єкти, у яких виникають і проявляються відмови “за параметром” чи раптові відмови. При цьому робота об’єкта обслуговування до відмови “за параметром” супроводжується появою чіткої ознаки несправності та величину його інформаційного параметру можна виявити візуально чи з допомогою приладів індикаторного типу. З цією метою машину обладнують спеціальними приладами – сигналізаторами (звуковими, світловими) чи приладами та індикаторами відмов.

Обслуговувати “за потребою” без контролю інформаційного параметру ознаки несправності доцільно об’єкти з малою інтенсивністю відмов та високою вартістю контролю (рама машини, корпус заднього моста і т.п.). Це дозволяє в деяких випадках практично повністю використати ресурс об’єкту і забезпечити мінімальні для даних умов витрати на його обслуговування. разом з тим цей режим має істотні недоліки: обслуговування “за потребою” погано пов’язується з формами організації праці робітників, які обслуговують машини, тому що має місце безособлювання робіт. Такий вид обслуговування може бути ефективним при створенні систем і механізмів, які самообслуговуються (обладнання ланцюгових передач, гусеничних рушіїв пристроями, які автоматично встановлюють необхідну величину натягу їх гнучкого елемента).

Мета досліджень

Мета досліджень – описати особливості аналітичних підходів до алгоритмічності визначення періодичності відновлення працездатності сільськогосподарських машин за ступенем витрат їх ресурсу.

Результати досліджень

Всім процесам зміни стану, які відбуваються при роботі машини відповідають свої характерні закономірності, які визначаються конструкцією складової частини, умовами роботи і іншими факторами.

Першою і основною частиною робіт з встановлення режимів ТО є виявлення основних закономірностей і причин зміни технічного стану. Другою частиною є встановлення допустимих значень параметрів стану деталей, спряжень, з’єднань. На режими ТО впливає багато різноманітних факторів. Поєднання цих факторів є випадковим. Тому режими ТО повинні встановлюватись шляхом обробки з використанням методів математичної статистики і теорії ймовірності результатів масових спостережень.

Процес обслуговування технічних засобів має циклічний характер. Середня тривалість циклу обслуговування кожного засобу системи виражається наступним співвідношенням:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau + \tau_{\text{к}} + \tau_{\text{п}} P(\tau) + \tau_{\text{в}} [1 - P(\tau)], \quad (1)$$

де τ - період обслуговування;

$\tau_{\text{к}}$ - середня тривалість контролю стану;

τ_n - середня тривалість запобіжного профілактики;
 τ_b - середня тривалість аварійно-відновлювальних робіт;

$P(\tau)$ - ймовірність безвідмовної роботи машини на періоді τ .

Вважаємо, що фактичний стан машини виявляється в планові сеанси контролю. У зв'язку з цим має місце наступне співвідношення:

$$\tau = \tau_\phi + \tau_o \quad (2)$$

де τ_ϕ - середній час працездатного стану;

τ_o - середній час знаходження машини у відмові на періоді τ .

Час працездатного стану машини на періоді обслуговування визначається так:

$$\tau_\phi = \int_0^\tau P(\tau) d\tau \quad (3)$$

При експоненціальному законі розподілу часу виникнення відмов справедливо наступне співвідношення:

$$P(\tau) = \exp \{-\lambda\tau\},$$

де λ - інтенсивність відмов машини.

Організація експлуатації машин передбачає визначення раціональних або оптимальних в деякому сенсі термінів технічного обслуговування, які забезпечують необхідну якість функціонування цих машин.

Важливим показником якості функціонування є коефіцієнт простою. Його значення може бути обчислено за допомогою співвідношення:

$$K_{\pi} = \tau_o + \tau_{\kappa} + \tau_{\pi} P(\tau) + \tau_{\pi} [1 - P(\tau)] / \tau + \tau_{\kappa} + \tau_{\pi} P(\tau) + \tau_{\pi} [1 - P(\tau)] \quad (4)$$

Аналіз функції $K_{\pi}(\tau)$ (4) показує, що існує період технічного обслуговування, при якому коефіцієнт простою досягає мінімального значення

K_{π}^* . Завдання визначення оптимального періоду обслуговування засобів запишемо в наступному вигляді:

$$\tau^* = \arg \min K_{\pi}(\tau) \quad (5)$$

Розглянутий підхід доцільно використовувати стосовно окремих, функціонально відокремлених машин. Однак поряд з таким, широке застосування отримали технічні комплекси, що включають в себе безліч різних за структурою, складності та надійності засобів. Кожному з цих коштів буде відповідати свій оптимальний період τ^* і технічного обслуговування. Безліч обчислених значень τ^* , відповідне безлічі засобів комплексу $i = 1, n$, можуть утворити в часі таку сукупність циклів обслуговування, що практична її реалізація виявиться нерациональною або неможливою. Тому виникає необхідність привести до ладу цю сукупність шляхом знаходження компромісних, близьких до оптимальних, значень періодів обслуговування для всіх засобів комплексу. Такий компроміс є відображенням вирішального правила, яке вводиться неформально і визначає собою допустиме відхилення значень періодів обслуговування засобів від

оптимальних τ^* і значень. Конструктивним з точки зору впорядкування термінів обслуговування різнонадійних засобів комплексу є кратність періодів їх обслуговування. Різні засоби комплексу (або групи засобів) будуть обслуговуватися з різною періодичністю:

$$\{\tau_p, 2\tau_p, \dots, m\tau_p\},$$

де τ_p - розрахунковий час періоду обслуговування найменш надійного засобу; m - кількість різнонадійних засобів (груп засобів) комплексу.

Початок кожного інтервалу часу $k\tau_p$, $k = 1, m$, буде відповідати початку циклу обслуговування одного або кількох близьких по надійності засобів комплексу. Окремий засіб комплексу S_i буде обслуговуватися з періодом $k_i\tau_p$ достатньо близьким до τ^*_i .

Вирішальне правило полягає в тому, щоб забезпечувалася кратність періодів обслуговування засобів комплексу $\tau_i = k_i\tau_p$ і виконувалася умова:

$$|k_i\tau_p - \tau^*_i| \rightarrow \min \quad (6)$$

Співвідношення (6) відображає загальний підхід до вирішення даної задачі. Однак має практичну значимість його окремий випадок, який використовується в заявленому винаході, а саме

$$|k\tau_{\min}^* - \tau^*_i| \rightarrow \min \quad (7)$$

де $\tau_{\min}^*$ - оптимальний період технічного обслуговування найменш надійного засобу системи.

Ця умова трансформується в вибір деякого допустимого значення коефіцієнта простою K_{π} д яке забезпечує виконання вимоги мінімізації (7) і визначає межі допустимого значення τ_d і періоду обслуговування кошти. Значення τ_d і визначається виходячи з того, що коефіцієнт простою кожного засобу буде дорівнює деякому допустимому значенню, тобто $K_{\pi i} = K_{\pi d}$.

Деяке відхилення $K_{\pi i}$ від мінімального K_{π}^* дозволяє розширити область допустимих значень τ_d і періоду обслуговування. Значення $K_{\pi d}$ можна визначити як деяку частину $0 < \mu \leq 1$ від мінімального значення, тобто $K_{\pi d} = \mu K_{\pi}^*$. При цьому τ_d і не обмежується тільки τ^* і оптимальним значенням, а буде знаходитися в інтервалі $\tau_d \leq \tau_i \leq \tau_d \cdot \text{кон.}i$, де $\tau_d \cdot \text{кон.}i = \tau^* i - \Delta\tau_i$, $\tau_d \cdot \text{кон.}i = \tau^* i + \Delta\tau_i$. Це дозволяє визначити конкретні (обчислювальні) значення періодів обслуговування $\tau_{\text{внч}}i = \tau_i$ засобів комплексу, що забезпечують функціонування цих засобів з мінімально можливими коефіцієнтами простою $K_{\pi i} \leq K_{\pi d}$.

Відзначимо, що кращою для вирішення поставленого завдання є область значень періоду τ_i , обмежена оптимальним значенням τ^* і максимально допустимим $\tau_d \cdot \text{кон.}i$, тобто $\tau^* i < \tau_i \leq \tau_d \cdot \text{кон.}i$. Оскільки періоди обслуговування окремих засобів знаходяться з умови їх кратності, то цим забезпечується раціональне в організаційному плані обслуговування комплексу засобів в цілому.

Результати вирішення поставленого завдання стосовно розглянутого прикладу видно, що періодичність обслуговування різних засобів системи різна, при цьому

$$\tau_2^{\text{внч}} = 2\tau_1^*, \tau_2^{\text{внч}} = 3\tau_1^*$$

стане рівним $2\Delta t$, і процес обчислення значення $K_{п1}$ повториться, але при новому значенні періоду обслуговування, тобто $\tau_1 = \tau * 1 + 2\Delta t$. Цикл обчислення $K_{п1}$ буде повторюватися з кожним m -ним збільшенням значення періоду $\tau_1 = \tau_1 * m + m\Delta t$ до тих пір, поки буде зберігатися нерівність $K_{п1} \leq K_{п1}$ д. Як тільки в компараторе 8 виявиться, що обчислене значення $K_{п1} > K_{п1}$ д, на другому виході компаратора 8 з'явиться керуючий сигнал, який запустить чекає мультівібратора 13. Керуючий сигнал, з виходу мультівібратора 13, надходить на другий вхід інтегратора 10 і скидає його значення в нуль, відкриває ключ 15 і надходить на другий вхід елемента пам'яті 14. За цим сигналом обчислене значення періоду обслуговування, затримане елементом 11 на один цикл обчислення $t_i = \tau_1 * (m-1) \Delta t$, з виходу елемента пам'яті 14 через ключ 15 надходить на другий вхід второго блоку поділу 16. На перші входи другого блоку поділу 16 і другого блоку множення 17 з шостого виходу блоку пам'яті 1 надходить сигнал, відповідний значенням $\tau * \min$. У другому блоці ділення 16 формується сигнал як результат цілочисельного ділення $N = \tau_1 / \tau * \min$ і передається до другого блоку множення 17, де обчислюється шукана величина твич $1 = N\tau * \min$ і передається на вихід пристрою. У той же час керуючий сигнал з виходу мультівібратора 13 через другий елемент затримки 12 надходить безпосередньо на другий вхід датчика часу 7, встановлюючи його в нульовий стан. Крім того, вихідний сигнал другого елемента затримки 12 через схему АБО 20 запускає датчик часу 7 і переводить вихідний сигнал зсувного регістру 19 на один крок, що забезпечує зчитування вихідних даних з блоку пам'яті 1 для другої підсистеми, і робота пристрою повторюється, але вже з новими значеннями вхідних величин. У той же час керуючий сигнал з виходу мультівібратора 13 через другий елемент затримки 12 надходить безпосередньо на другий вхід датчика часу 7, встановлюючи його в нульовий стан. Крім того, вихідний сигнал другого елемента затримки 12 через схему АБО 20 запускає датчик часу 7 і переводить вихідний сигнал зсувного регістру 19 на один крок, що забезпечує зчитування вихідних даних з блоку пам'яті 1 для другої підсистеми, і робота пристрою повторюється, але вже з новими значеннями вхідних величин.

Після обчислення твич і, відповідного останньої підсистемі досліджуваної системи, робота пристрою закінчується.

Позитивний ефект, який дає запропоноване технічне рішення, полягає в тому, що пристрій дозволяє на основі принципу кратності визначити

періоди технічного обслуговування підсистем складної системи.

Практична реалізація запропонованого рішення є більш раціональною з точки зору витрачання матеріального і тимчасового ресурсів, організації технічного обслуговування системи і використання надійніших ресурсів підсистем.

Комбайни мають трудомісткість усунення відмов 6,6-8,6 годин, найбільше 17,8 годин. Приклад

підвищення готовності комбайна. $K_z = \frac{T_e}{T_e + T_{y.n.}}$,

звідки $T_{y.n.} = \frac{T_e \cdot (1 - K_z)}{K_z}$, год. Зважаючи на те, що

рівень наробітки на відмову для зернозбиральних комбайнів 42 години, при фактичному коефіцієнті готовності 0,82 отримуємо, що на усунення несправностей відводиться

$T_{y.n.} = \frac{42 \cdot (1 - 0,82)}{0,82} = 9,2$ годин. Підвищення ж

коефіцієнта готовності за рахунок заходів ТО до 0,92 дозволить при тих же затратах часу на усунення несправностей забезпечити наробіток на відмову до

$T_e = \frac{T_{y.n.} \cdot K_z}{1 - K_z} = \frac{9,2 \cdot 0,92}{1 - 0,92} = 105,8$ годин, тобто

підвищити на його 2,5 рази, до рівня кращих світових комбайнів.

При нормативному навантаженні на зернозбиральний комбайн в 260 га на сезон.

Можемо відзначити, що підвищення до 0,92 коефіцієнта готовності отримаємо, що лише два періода простоя пр наробітку 105,8 годин та 211,6 годин, тобто затрати часу на усунення несправностей будуть складати лише 18,4 годин.

Тоді як при коефіцієнті готовності в 0,82 маємо 6 періодів відмов 42 години, 84 год, 126 год, 168 годин, 210 годин і 252 годин наробітку комбайна.

Отже, сумарний очікуваний час простоїв з усунення несправностей буде:

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ЗК	105,18	85,93	62,24	47,15	44,25	41,03	39,09
КЗ	15,29	12,04	7,87	4,75	4,18	3,64	3,17
БМ	19,84	18,33	12,98	8,48	7,70	6,58	5,77

ЗК – зернозбиральні комбайни, КЗ – кормозбиральні комбайни, БМ – самохідні бурякозбиральні машини.

Висновки

1. У складних технічних системах, якими є сільськогосподарські машини, де фізично неможливо стежити за індивідуальними наробітком всіх окремих вузлів, деталей (компонентів), застосовується календарне технічне обслуговування – означає проведення техобслуговуючої системи через фіксовані інтервали часу. Очевидно, дані інтервали повинні бути оптимальними для всієї сукупності компонентів, забезпечуючи при цьому максимальні надійність та ефективність системи. Це приводить до необхідності створення стохастичних моделей технічного

обслуговування, що враховують всі види взаємодій між компонентами і дозволяють визначати оптимальні терміни проведення технічного обслуговування.

2. Розроблено методику оптимізації періодичності технічного обслуговування машин за техніко-економічним критерієм і методика пошуку раціональної періодичності їх обслуговування з урахуванням обмежень, і методами планування робіт з технічного обслуговування сільськогосподарських машин з урахуванням швидкості витрачання їх технічного ресурсу.

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. *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.
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.

13. *Rogovskii I. L.* Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 181-187.

14. *Rogovskii I. L.* Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 4, P. 145-150.

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. *Drza 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.

13. *Rogovskii I. L.* (2019). Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10, No 3, 181-187.

14. *Rogovskii I. L.* (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10, No 4, 145-150.

АЛГОРИТМИЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПО СТЕПЕНИ ЗАТРАТ РЕСУРСА

И. Л. Роговский

Аннотация. В статье проведен анализ поддержания существующих сельскохозяйственных машин в работоспособном состоянии, за которым следует отработать систему технического обслуживания с учетом условий реформирования аграрного сектора. Под техническим обслуживанием понимается комплекс работ по поддержанию работоспособности или исправности изделий при использовании по назначению путем регулировочных, знающих, заправочных и крепежных работ. Для оценки альтернативных вариантов целесообразно проводить морфологический анализ всей совокупности возможных решений исследуемой проблемы, представленных в виде морфологической матрицы, в которой представлены основные функции машины и варианты предметных форм их выполнения.

Теоретическими исследованиями предоставили ответ на два главных вопроса – как должна меняться система технического обслуживания в зависимости от уровня развития аграрного производства, а также – какие параметры должна иметь система обслуживающего сервиса, чтобы выполнять соответствующие вмешательства с минимальными технологически необходимыми затратами ресурсов и капиталовложениями. Оценку уровня технического обслуживания сельскохозяйственных машин предусмотрено выполнять по совокупности организационно-технических факторов, формализованных через части и комплексные показатели, в два этапа. Первый – оценка через части показатели по каждому фактору отдельно. Второй – оценка комплексного показателя (по всем факторам в целом).

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

ALGORITHMICALLY DETERMINE THE FREQUENCY OF RECOVERY OF AGRICULTURAL MACHINERY ACCORDING TO DEGREE OF RESOURCE'S COSTS

I. L. Rogovskii

Abstract. In the article the analysis of existing agricultural machines in a healthy state, followed by work on the maintenance system subject to the conditions of reforming of the agrarian sector. Under maintenance refers to the complex of works on maintenance of working capacity or serviceability of the products during use by adjusting, knowledgeable, filling and retaining work. For the assessment of the alternatives it is advisable to conduct morphological analysis of the entire set of possible solutions to the research problem presented in a morphological matrix, which presents the basic functions of the machine and options the subject of the forms of their implementation.

Theoretical research has provided the answer to two fundamental questions – how to change maintenance system depending on the level of development of agricultural production, and what parameters must have the system maintenance service to perform the appropriate intervention with the minimum technologically necessary costs of resources and investment. Assessment of the level of maintenance of agricultural machinery is provided to carry on the totality of organizational and technical factors, formalized through parts and complex indicators, in two phases. The first evaluation of using of the indicators for each factor separately. Second – assessment of a complex indicator (for all factors).

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

И. Л. Роговский ORCID 0000-0002-6957-1616.