

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО



ПРАЦІ  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету

Випуск 19. Том 4

Наукове фахове видання

Технічні науки

Мелітополь – 2019

**УДК 631.3  
Т 13**

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. – Вип. 19, т. 4. –337 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 4 від 26.11.2019 р.

У збірнику наукових праць опубліковано матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства та галузевого машинобудування.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

**Реферативні бази:** Crossref, Google Scholar, eLibrary, AGRIS, «Україніка наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.

**Редакційна колегія:****Головний редактор**

Кюрчев В. М. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Заступник головного редактора**

Надикто В. Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Відповідальний секретар** Діордієв В. Т. - д.т.н., проф. (Україна)

Beloev Hristo - д.т.н., проф. (Болгарія)

Ivanovs Semjons - PhD (Latvia)

Jose Italo Cortez - PhD (Mexico)

Нукешев Саяхат - д.т.н., проф. (Казахстан)

Прищепов М.А. - д.т.н., доц. (Білорусь)

Постолатій В. М. - д.х.т.н. (Молдова).

Шингісов А. У. - д.т.н., проф. (Казахстан)

Гнатюшенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. А. - д.т.н., проф. (Україна)

Леженкін О. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Шоман О. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Соболь О. М. - д.т.н. (м. Харків)

Сердюк М. Є. - д.т.н., доц. (Україна)

Євлаш В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Паламарчук І. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Пріс О. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Малкіна В. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. - д.т.н., доц. (Україна)

Гумен О. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. - д.т.н., проф. (Україна)

Волошина А.А. – д.т.н., проф. (Україна)

Мілько Д. О. - д.т.н., в.о. проф. (Україна)

Тарасенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Караєв О. Г. - д.т.н., с.н.с. (Україна)

Назаренко І. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Кузнецов М. П. - д.т.н., с.н.с. (Україна)

Лисенко В. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. - д.т.н., проф. (Україна)

Скляр О. Г. - к.т.н., проф. (Україна)

Квітка С. О. - к.т.н., доц. (Україна)

Лендел Т. І. - к.т.н., (Україна)

Яковлев В. Ф. - к.т.н., проф. (Україна)

Кашкар'єв А. О. - к.т.н., доц. (Україна)

Сидоренко О. С. - к.т.н., доц. (Україна)

Лясковська С. Є. - к.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. - к.т.н. (Україна)

Гавриленко Є. А. - к.т.н., доц. (Україна)

Строкань О. В. - к.т.н., доц. (Україна)

Мацулевич О. Є. - к.т.н., доц. (Україна)

Самойчук К. О. - к.т.н., доц. (Україна)

**Відповідальний за випуск** - д.т.н., проф. Панченко А.І.

Адреса редакції: ТДАТУ

просп. Б. Хмельницького 18,

м. Мелітополь Запорізька обл.

72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний  
агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, 2019

УДК 621.892

DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-85-99

## ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Журавель Д. П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Тел. (061) 42-25-85

**Анотація** - Відмови і простої машин призводять до порушення технологічних процесів виробництва сільськогосподарської продукції, отже, до розтягування термінів робіт і втрати врожаю. Це головна суперечність, яка закладена самою системою технічного обслуговування і використання машин в збігу термінів їх виконання. Механізатори майже половину робочого часу (близько 56%) зайняті проведенням технічного обслуговування і ремонту машин. Завантаження механізатора проведенням технічного обслуговування і ремонту машин не повинна перевищувати 20-25%. Тому доцільно передати спеціалізованим підприємствам частину об'ємів робіт технічного обслуговування та ремонту, так як там завдяки високій спеціалізації і технічній оснащеності якість їх виконання буде вище, ніж в господарстві. Вирішення проблеми підвищення безвідмовності тракторів в умовах, що склалися важливо і актуально і може вирішуватися за рахунок скорочення часу простоїв техніки при технічному обслуговуванні шляхом інтенсифікації їх виконання в ненапружені періоди польових робіт. Однією з причин, що викликають погіршення технічного стану мобільних енергетичних засобів, а отже, і надійності, є знос деталей. Знос деталей функціональних систем безпосередньо залежить від якості паливо-мастильних матеріалів. Важливе місце при оцінці надійності і працездатності мобільних енергетичних засобів належить прогнозуванню ресурсу їх безпечної експлуатації, тобто апріорної оцінці часу досягнення граничного стану або виникнення відмов через вихід із ладу їх критично значущих частин. Коли мова йде про залишковий ресурс, що визначається за результатами діагностики поточного стану найбільш відповідальних вузлів техніки, то підвищити достовірність його прогнозу можна шляхом обліку не тільки отриманих таким способом даних, а й накопичених раніше інших відомостей про безвідмовності,

**включаючи результати моделювання та експлуатації найбільш підходящих аналогів, що функціонують в різних умовах. В роботі запропонована і теоретично обґрунтована структура формування технічного сервісу на підприємствах агропромислового комплексу шляхом обґрунтування методики прогнозування технічного стану функціональних систем мобільних енергетичних засобів при експлуатації на біологічних паливо-мастильних матеріалах.**

**Ключові слова – прогнозування, технічний стан, мобільні енергетичні засоби, функціональні системи, біопально-мастильні матеріали, діагностичні параметри, мобільна сільськогосподарська техніка.**

*Постановка проблеми.* Для прогнозування технічного стану елементів машин найбільш прийнятним є метод В.М. Міхліна і його учнів[1]. Однак потрібен дуже ретельний статистичний аналіз випадкового процесу  $z(t)$  для встановлення обґрунтованості ряду припущень, на яких цей метод базується і визначити доцільність його використання. Необхідно досліджувати похибку цього підходу і причини її виникнення.

Бажано побудувати такий метод прогнозування, який при істотному зменшенні похибки можливо було б широко використовувати в умовах реальної експлуатації сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів.

*Аналіз останніх досліджень.* В результаті аналізу літературних джерел, можна зробити висновки, що найбільш частими методами, що застосовують для прогнозування технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки (МСГТ) є методи прогнозування зміни параметрів стану, які можуть бути розділені на методи прогнозування по середній статистичній зміні параметра технічного стану декількох однотипних виробів і методи прогнозування по реалізації параметра одного конкретного виробу [2, 14].

Прогнозування по середній статистичній зміні параметра застосовується в тому випадку, якщо відсутня інформація про зміну параметра технічного стану вузлів і агрегатів, що діагностуються, в попередній період. При реалізації цього методу використовують функцію середньої зміни параметра, її середнє квадратичне відхилення і середні дані по граничному стану, визначені для групи однотипних агрегатів.

Прогнозування по реалізації зміни параметра враховує індивідуальні зміни параметра агрегату в попередній період, а також характер зміни параметрів сукупності однотипних агрегатів (їх окремих вузлів або сполучень) [14]. Прогнозування по реалізації зміни

параметра застосовується у випадках, коли в процесі експлуатації функціональних систем передбачається регулярний періодичний контроль його діагностичних параметрів.

У більшості випадків процеси описують за допомогою добре розробленої теорії ланцюгів Маркова. Однак, дослідження, які базуються на теорії ланцюгів Маркова спрямовані в основному на підвищення експлуатаційної надійності радіоелектронної апаратури та систем автоматики. Динаміка технічного стану пристроїв цього класу досить адекватно описується Марківською моделлю з дискретною безліччю станів, тому що прирощення процесу зміни їх діагностичних параметрів практично незалежні. Протилежна картина характерна для процесів зношування, які мають тісний кореляційний зв'язок між їх сусідніми перерізами [19]. Тому уявлення процесів зміни ресурсних параметрів механічних систем у вигляді Марківського ланцюга з фізичної точки зору не обґрунтовано.

*Формулювання цілей статті.* Метою статті є обґрунтування методики прогнозування ресурсу мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації її на біопально-мастильних матеріалах.

*Основна частина.* Параметром, що визначає технічний стан МСГТ, є зазори у трибоспряженнях вузлів і агрегатів функціональних систем [13]. Стосовно вибору параметрів, зміна яких визначає значну роль в процесі експлуатації, за комплексні параметри, що характеризують технічний стан основних сполучень деталей дизелів і їх ресурс, беруть за основу три основних параметри, а саме ефективну потужність, питому витрату пального та витрату оливи на угар. Справді, ряд інших відомих параметрів, що характеризують технічний стан вузлів і агрегатів дизельного МТА (наприклад, тиск мастила в головній масляній магістралі, тиск газів у картері або прорив газів у картері і ін.), тісно пов'язаний з перерахованими вище. Прорив газів у картері, наприклад, має визначальний вплив на потужність дизеля і питому витрату пального, а тиск мастила в головній магістралі впливає на витрату оливи на угар [3].

Прогнозування технічного стану функціональних систем МСГТ на предмет впливу параметрів рідинного середовища на ресурс агрегатів по середній статистичній зміні параметра не припустимо по наступних причинах: не враховуються індивідуальні експлуатаційні особливості роботи енергетичного засобу, відсутня оцінка впливу параметрів рідинного середовища на технічний стан МСГТ, не враховується періодичність простоїв у процесі їх експлуатації, особливо це актуально при використанні біологічних пально-мастильних матеріалів (БПММ) [1,3,5-12,15-18].

У свою чергу прогнозування по реалізації зміни параметра дозволяє здійснювати облік зміни параметрів рідинного середовища у

процесі експлуатації енергетичних засобів, тому що передбачає регулярний періодичний контроль його діагностичних параметрів.

У цілому прогнозування зводиться до визначення залишкового технічного ресурсу або гарантованого ресурсу безвідмовної роботи сполучень, вузлів і механізмів машин до чергової діагностики або ремонту. Залишковий і гарантований ресурс безвідмовної роботи механізму або сполучення визначають за значеннями обмірюваних при діагностиці параметрів.

Прогнозування залишкового ресурсу агрегату може бути здійснене на підставі використання апроксимуючої функції, що відбиває зміну в часі його параметра, що визначає технічний стан агрегату. У якості апроксимуючої функції для прогнозування залишкового ресурсу функціональних систем МСГТ рекомендується використовувати статичну функцію, параметри якої визначаються за результатами періодичного контролю діагностичних параметрів або дослідження технічного стану агрегатів, знятих з експлуатації.

$$Z(t) = B_c \cdot t^{\beta_z} + \Delta Z \quad (1)$$

де  $Z(t)$  - зміна діагностичного параметра;

$B_c$  - швидкість зміни параметра від напрацювання;

$\beta_z$  - показник ступеня;

$\Delta Z$  - відхилення параметра під впливом зовнішніх експлуатаційних факторів.

У цьому випадку залишковий ресурс агрегату, який може бути їм вироблений з нормованою ймовірністю  $P$ , буде [2,13, 14]

$$T_{ост} = \left( \frac{Z'(t_k) - (Z_d + \delta_z)}{B_c} \right)^{1/\beta_z} \quad (2)$$

де  $Z'(t_k)$  - значення діагностичного параметра  $Z$  в момент контролю  $t_k$ ;

$Z_d$  - припустиме значення діагностичного параметра, обумовлене технічними умовами;

$\delta_z$  - довірче відхилення, обумовлене з урахуванням дисперсії розподілу параметра  $Z_d$  значення нормованої ймовірності виробітку ресурсу  $P$ .

Відомий метод визначення залишкового ресурсу сполучень і механізмів машин за коефіцієнтом технічного ресурсу. Цей спосіб заснований на обліку дійсної закономірності зношування й виміру

параметрів, що визначають технічний стан конкретної машини, у минулий період і на припущенні про незмінність умов експлуатації в майбутній період. Сутність способу в тому, що по трьом значенням параметра (початковий і два обмірювані при діагностиці) і відомому напрацюванню з початку експлуатації до кожної перевірки встановлюють закономірність зміни параметра за часом і екстраполюють її до граничного значення параметра. Закономірності зміни параметрів за часом виражаються через коефіцієнт технічного ресурсу [14].

$$R_t = 1 - m_c \cdot t^{\alpha_z} \quad (3)$$

де  $R_t$  - коефіцієнт технічного ресурсу сполучення механізму;

$m_c$  - коефіцієнт пропорційності;

$\alpha_z$  - показник ступеня функції.

Коефіцієнт технічного ресурсу визначається зі співвідношення параметрів [14].

$$R_t = \frac{z_{np} - z_u}{z_{np} - z_{нач}} \quad (4)$$

де  $z_{np}$ ,  $z_{нач}$ ,  $z_u$  - граничне, початкове й обмірюване при діагностиці значення параметрів.

Показники  $\alpha_z$  і  $m_c$  функціональної залежності параметра конкретної машини визначаються за результатами двох діагностик [14].

$$\alpha_z = \frac{\ln \frac{1 - R_{t_2}}{1 - R_{t_1}}}{\ln \frac{t_2}{t_1}} \quad (5)$$

де  $t_1$  і  $t_2$  - напрацювання машини від початку експлуатації нового сполучення до першої й другої діагностик;

$R_{t_1}$  і  $R_{t_2}$  - коефіцієнти технічного ресурсу, визначені за значеннями параметрів, обмірюваних при першій й другій діагностиках.

$$m_c = \frac{1 - R_t}{t_1^{\alpha_z}} \quad (6)$$

Залишковий ресурс сполучення визначається по розрахованим у

такий спосіб коефіцієнтам  $R_b$ ,  $m_c$  і  $\alpha_z$ , із припущення, що в майбутній період робіт умови експлуатації даного сполучення не зміняться [25, 38].

$$t_{\text{зал}} = (1/m_c)^{1/\alpha_z} \cdot t_2 \quad (7)$$

У зв'язку з тим, що зазначені способи прогнозування зміни технічного стану МСГТ по залишковому ресурсу враховують дійсну інтенсивність зношування й закономірності зміни параметрів сполучень конкретних машин у майбутній період роботи тільки приблизно, то розрахунок залишкового ресурсу за цими формулами представляє серйозні труднощі. Крім цього, параметри, що визначають зміну технічного стану МСГТ, не враховують зміну стану рідинного середовища у процесі експлуатації енергетичних засобів, тому наведені методи прогнозування використовуються для наближеного визначення можливого напрацювання агрегатів до ремонту.

Для запобігання передчасних ремонтів агрегатів МСГТ і зниження кількості відмов у період їх роботи між перевірками, доцільно прогнозувати гарантований ресурс безвідмовної роботи вузлів і сполучень. Рекомендуються два способи такого прогнозування - лінійний і функціональний [2,13, 14].

Сутність лінійного способу полягає в тому, що функція, що визначає зміну технічного стану МСГТ, розглядається за законом убутної швидкості зміни, у зв'язку із чим лінійна апроксимація й екстраполяція процесу на деякий проміжок часу дають величину часу безвідмовної роботи завжди трохи менше дійсної.

Гарантований ресурс безвідмовної роботи визначають по максимально можливій середній інтенсивності, рівній середній дійсній інтенсивності зміни параметра за період роботи між двома останніми перевірками. Для сполучень і механізмів машин, діагностичні параметри яких змінюються по прямолінійних і криволінійних залежностях при зменшенні або збільшенні параметрів, гарантований ресурс визначають по формулі [2,13,14].

$$t_{\text{гар}} = \frac{Z_{np} - Z_u}{Z_u - Z_{u-1}} \cdot t_0 \cdot K_0 \quad (8)$$

де  $Z_{np}$ - гранична величина параметра;

$Z_u$  і  $Z_{u-1}$ - обмірювана величина параметра при останній й попередній діагностиках;

$t_0$  - час роботи сполучення (напрацювання) у період між діагностиками;

$K_0$  - коригувальний коефіцієнт.

Гарантований ресурс при функціональному способі визначають

по дійсній швидкості (інтенсивності) зміни параметра в момент перевірки з урахуванням загальної закономірності його зміни.

Зміна параметрів технічного стану сполучень, вузлів і механізмів за часом роботи (напрацювання) може бути представлено у вигляді статичної функції.

$$Z(t) = B_c \cdot t^{\beta_z} + \Delta Z \quad (9)$$

де  $Z(t)$  - зміна діагностичного параметра в часі  $t$ ;

$B_c$  - швидкість зміни параметра від напрацювання;

$\beta_z$  - показник ступеня;

$\Delta Z$  - відхилення параметра під впливом зовнішніх експлуатаційних факторів.

Гарантований ресурс безвідмовної роботи конкретного сполучення визначають із умов можливого значного погіршення умов експлуатації по максимальній теоретично можливій швидкості зміни параметра в майбутній період роботи  $tg\varphi = dp/dt$ . Для його розрахунку всі закономірності приводять до закономірностей з убутною швидкістю зміни параметра за часом.

Аналіз наведених методів діагностування технічного стану МСГТ показує, що функції, що відображають зміну параметрів, і визначають зміну технічного стану функціональних систем, не враховують вплив на ресурс агрегатів параметрів рідинного середовища, що обумовлюють зношування поверхонь сполучень вузлів і агрегатів у процесі експлуатації енергетичних засобів на БПММ.

Для прогнозування ресурсу прецизійних пар МСГТ при періодичному режимі експлуатації (з простоями) необхідно враховувати коефіцієнт режиму роботи  $K(t)$ , який характеризує відношення сумарного зносу сполучень вузлів і агрегатів функціональних систем без простоїв і з простоями. Важливим показником є також нами встановлений експериментальним шляхом коефіцієнт середовища БПММ. Коефіцієнти середовища при роботі функціональних систем на біопально-мастильних матеріалах наведено в табл.2.

Тоді, гарантований ресурс безвідмовної роботи трибосистем, механізмів і вузлів, діагностичні параметри яких змінюються по прямолінійних і криволінійних залежностях з убутною й зростаючою швидкістю зміни параметра, визначають по формулі.

$$t_{zap} = \frac{Z_{np} - Z_u}{Z_u - Z_{нач}} \cdot \frac{t_n}{\beta_z} \cdot K_n \cdot K_t \cdot K_\xi \quad (10)$$

де  $Z_{np}$ ,  $Z_{noch}$ ,  $Z_u$  - граничне, початкове й обмірюване при діагностиці значення параметрів;

$t_n$  - напрацювання з початку експлуатації нового сполучення (механізму, вузла) до діагностики;

$\beta_z$  - показник ступеня, що характеризує зміни залежності;

$K_n$  - коефіцієнт запасу величини параметра;

$K_t$  - коефіцієнт режиму роботи;

$K_\xi$  - коефіцієнт середовища.

Коефіцієнти режиму роботи при роботі функціональних систем на біопально-мастильних матеріалах наведено в табл.1.

Таблиця 1 - Коефіцієнти режиму роботи при роботі функціональних систем на біопально-мастильних матеріалах

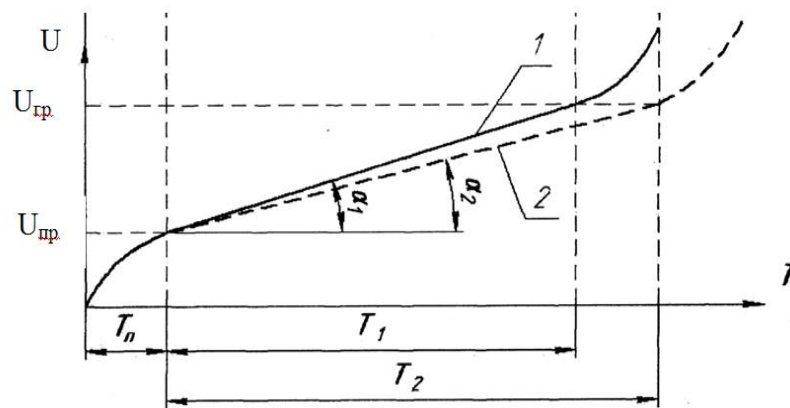
Години простою, год.	Коефіцієнти режиму роботи, $K_t$
0	1
25	0,92
50	0,86
75	0,83
100	0,8
125	0,79
150	0,78
200	0,78

У цьому випадку отримаємо графічні залежності ресурсу  $T$  в залежності від режиму роботи вузлів і агрегатів, застосовуючи принцип надійності – мінімуму градієнта параметру, які наведені на рис 1.

За час роботи  $T_1$  прецизійних пар (з простоями) в середовищі БПММ відбувається зношування деталей до граничного зносу, що відповідає критерію об'ємного зносу  $U_1$ .

За такий же час роботи  $T_2$  прецизійних пар (без простоїв) в середовищі БПММ відбувається зношування деталей до граничного зносу, що відповідає критерію об'ємного зносу  $U_2$ .

Встановлено, що зміна розмірів деталей прецизійних пар відбувається нерівномірно по поверхні тертя і не постійна в часі. Ресурс прецизійних пар визначається граничним зносом трибоспряжень і співвідношенням параметрів нормальної роботи.



1 - при змащуванні деталей прецизійної пари БПММ (з простоями)

2 - при змащуванні деталей прецизійної пари БПММ (без простоїв)

Рис. 1. Прогнозування ресурсу  $T$  в залежності від режиму роботи вузлів і агрегатів

Ресурс деталей прецизійних пар при експлуатації на БПММ (з простоями) визначається із рівняння:

$$T_1 = \frac{U_{гр} - U_{пр}}{\text{tg } \alpha_1}, \text{ мото-год}, \quad (11)$$

де  $U_{гр}$  – граничний знос деталей, мкм;  $U_{пр}$  – знос при припрацюванні (обкатці) прецизійних пар, мкм;  $\text{tg } \alpha_1 = U_1$  – швидкість зношування деталей прецизійних пар (з простоями), мкм/мото-год.

Ресурс деталей прецизійних пар (без простоїв), що працює при змащуванні БПММ, визначається із рівняння:

$$T_2 = \frac{U_{гр} - U_{пр}}{\text{tg } \alpha_2}, \text{ мото-год}. \quad (12)$$

Де  $\text{tg } \alpha_2 = U_2$  – швидкість зношування деталей прецизійних пар в середовищі БПММ(без простоїв), мкм/мото-год.

Отже, при збільшенні  $K(t)$  збільшується  $\text{tg } \alpha$ . Таким чином, існує можливість збільшення ресурсу прецизійних пар шляхом, як підбору складу сумішевих БПММ, так і регулювання режиму роботи функціональних систем СГТ.

Для моделювання умов роботи МСГТ на БПММ нами була розроблена комп'ютерна програма для оцінки повного ресурсу функціональних систем і залишкового ресурсу трактора при експлуатації як на мінеральних ПММ так і БПММ (рис. 2 і 3).

Таблиця 2 – Коефіцієнти середовища при роботі функціональних систем на біопально-мастильних матеріалах

Функціональні системи	Коефіцієнти середовища, $K(\xi)$
Двигун	1,124
Трансмсія	1,110
Ходова частина	1,087
Гідрообладнання	1,064
Електрообладнання	1,022
Механізм управління	1,055

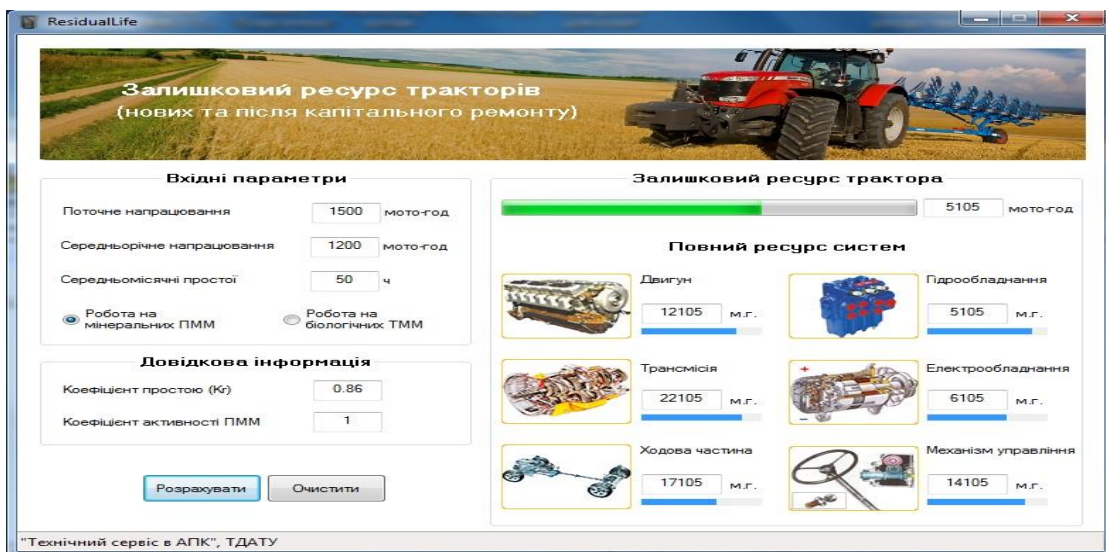


Рис. 2. Повний ресурс функціональних систем і залишковий ресурс трактора на мінеральних ПММ

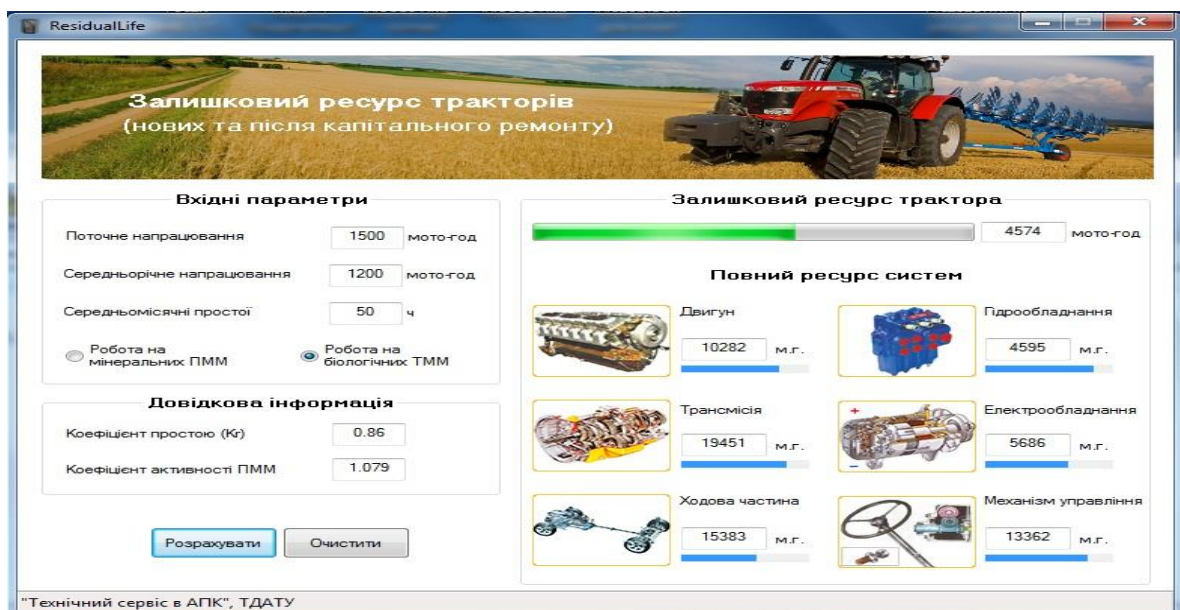


Рис. 3. Повний ресурс функціональних систем і залишковий ресурс трактора на БПММ

*Висновки.*

В результаті комп'ютерного моделювання встановлено, що при поточному напрацюванні трактора МТЗ-80 в 1500 мото-год. на біопально-мастильних матеріалах з середньомісячним простоями 50 год. його залишковий ресурс складав – 4574 мото-год., а з простоями 150 год. – залишковий ресурс знизився на 154 мото-год., тобто до 4420 мото-год. При цьому, за тих же самих умов повний ресурс функціональних систем також знизився.

Причиною є те, що біопально-мастильні матеріали в своєму складі мають вільний метанол та кислоти, які реагують з металами сполучень, наводнюючи їх, що в подальшому призводить до зкрихчування поверхонь тертя. Особливо ці процеси відбуваються в статичному стані трибосистем (простої). Зупинки в роботі функціональних систем призводять до підвищеного зносу деталей трибосистем, що знижує ресурс роботи функціональних систем та МСГТ в цілому. Збільшити ресурси роботи сільськогосподарської техніки можливо за рахунок застосування матеріалів деталей сполучень, що контактують з БПММ, які мають підвищену стійкість до них.

*Література:*

1. Особенности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биодизельного топлива / В.А. Дидур, В.Т. Надыкто, Д.П. Журавель, В.Б.Юдовинський // Тракторы и сельхозмашины.- Москва, 2009. Вып 3.- с. 3-6.
2. Міхлін В.М. Прогнозування технічного стану машин / В.М. Міхлін. – М.: Колос, 1976. – 288 с.
3. Влияние износа плунжерных пар топливных насосов высокого давления на их гидравлическую плотность/ В.А. Дидур, Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинский, В.А. Коломоец // Известия Международной академии аграрного образования / МААО. – СПб, 2013. – Вып.18 – С.39-43.
4. Девянин С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 340 с.
5. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель // Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3(31). – С.66-71. – (Механізація та автоматизація виробничих процесів).

6. Журавель Д. П. Методология обеспечения надежности мобильной техники при использовании биологических ТСМ / Д. П. Журавель // Энергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України : матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. / ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – С. 8 -10.

7. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель // Сучасні проблеми землеробської механіки : збірник тез доповідей XVII міжнародної наукової конференції / СНАУ. – Суми, 2016. – С. 163 - 164.

8. Журавель Д. П. Підвищення ефективності експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки при використанні біопаливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель / Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2017: збірник тез доповідей XIII Міжнародної наукової конференції / НУБіП. – К., 2017. – С. 155 - 156.

9. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки / Д. П. Журавель // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Херсон, 2017. – Вип. 5. – С.56-65.

10. Журавель Д.П. Триботехнічні властивості олій біологічного походження/ Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинський // Праці ТДАТУ.- Вип. 11. т.4- Мелітополь, 2011.- С. 160 -166.

11. Журавель Д.П. Дослідження впливу присадок на експлуатаційні властивості олій / Д.П. Журавель, Б.В. Мітков // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. - Вип. 2. Т.1. ТДАТУ, Мелітополь 2012.

12. Журавель Д.П. Особливості використання олій біологічного походження для мобільної техніки / Д.П. Журавель // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. - Вип.2. - Мелітополь: Копіцентр «Документ-сервіс», 2014.- С.157-165.

13. Черепанов С.С. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / С.С. Черепанов.– М.: Колос, 1978.– 287с.

14. Литовка С.В. Разработка метода прогнозирования технического состояния объемных гидроприводов трансмиссий сельскохозяйственных машин: дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / С.В. Литовка. – Харьков: [б. в.], 249 с.

15. Журавель Д.П. Вплив біопалива на знос матеріалів паливної апаратури двигунів мобільної техніки / Д. П. Журавель, В. Б. Юдовинський, С. В. Кюрчев // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету: зб. наук. праць / ЛНАУ; за ред. М. В. Брагинця. – Луганськ, 2010. –№ 3. –С. 96-99.

16. Журавель Д.П. Вплив меркаптанів біопального на водневе зношування поверхонь тертя / Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинський // Вісник Львівського національного аграрного університету: зб. наук. праць / Львівський НАУ. – Львів, 2009. – № 13, т. 2: Агроінженерні дослідження. – С. 182-189.

17. Журавель Д.П. Моделирование процесса изнашивания прецизионных соединений топливных систем ДВС, работающих в среде биотоплива / Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинский, В.А. Коломоец // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. – 2011. – № 29. – С. 380-389.

18. Журавель Д.П. Исследования видов изнашивания деталей топливной аппаратуры в среде биоуглеводородных гидкостей / Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинский, В.А. Коломоец // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук.фах. видання / ТДАТУ. – 2012. – Вип. 12, т. 1. – С. 62-67.

19. Журавель Д. П. Обґрунтування методу прогнозування ресурсу мобільної техніки при експлуатації її на біопаливі / Д. П. Журавель // Праці ТДАТУ: наукове фахове видання / ТДАТУ. – Вип. 12. т. 3. – Мелітополь, 2012. – С. 109-119.

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Журавель Д. П.

**Аннотація** - отказы и простои машин приводят к нарушению технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции, следовательно, к растяжению сроков работ и потери урожая. Это главное противоречие, которое заложено самой системой технического обслуживания и использования машин в совпадении сроков их выполнения. Механизаторы почти половину рабочего времени (около 56%) заняты проведением технического обслуживания и ремонта машин. Загрузка механизатора проведением технического обслуживания и ремонта машин не должна превышать 20-25%. Поэтому целесообразно передать специализированным предприятиям часть объемов работ технического обслуживания и ремонта, так как там благодаря высокой специализации и технической оснащенности качество их выполнения будет выше, чем в хозяйстве. Решение проблемы повышения безотказности тракторов в сложившихся условиях важно и актуально и может решаться за счет сокращения времени простоев техники при

техническом обслуживании путем интенсификации их выполнения в ненапряженные периоды полевых работ. Одной из причин, вызывающих ухудшение технического состояния мобильных энергетических средств, а следовательно, и надежности, является износ деталей. Износ деталей функциональных систем напрямую зависит от качества горюче-смазочных материалов. Важное место при оценке надежности и работоспособности мобильных энергетических средств принадлежит прогнозированию ресурса их безопасной эксплуатации, то есть априорной оценке времени достижения предельного состояния или возникновения отказов из-за выхода из строя их критически значимых частей. Когда речь идет об остаточном ресурсе, то он определяется по результатам диагностики текущего состояния наиболее ответственных узлов техники, то повысить достоверность его прогноза можно путем учета не только полученных таким способом данных, но и накопленных ранее других сведений о безотказности, включая результаты моделирования и эксплуатации наиболее подходящих аналогов, функционирующих в различных условиях. В работе предложена и теоретически обоснована структура формирования технического сервиса на предприятиях агропромышленного комплекса путем обоснования методики прогнозирования технического состояния функциональных систем мобильных энергетических средств при эксплуатации на биологических горюче-смазочных материалах.

Ключевые слова - прогнозирование, техническое состояние, мобильные энергетические средства, функциональные системы, биотопливо-смазочные материалы, диагностические параметры, мобильная сельскохозяйственная техника.

## JUSTIFICATION OF FORECASTING METHODS TECHNICAL CONDITION OF FUNCTIONAL SYSTEMS MOBILE ENERGY FACILITIES

D. Zhuravel

### *Summary*

Failures and downtime of machines lead to a violation of the technological processes of agricultural production, therefore, to the extension of the timing of work and yield loss. This is the main contradiction, which is laid down by the system of maintenance and use of machines in the coincidence of the timing of their implementation. Machine operators almost half of the working time (about 56%) are engaged in maintenance and repair of machines. The loading of the

machine operator by the maintenance and repair of machines should not exceed 20-25%. Therefore, it is advisable to transfer a part of the scope of maintenance and repair work to specialized enterprises, because there, thanks to high specialization and technical equipment, the quality of their performance will be higher than on the farm. The solution to the problem of increasing the reliability of tractors in the prevailing conditions is important and relevant and can be solved by reducing the downtime of machinery during maintenance by intensifying their performance in non-stressful periods of field work. One of the reasons causing the deterioration of the technical condition of mobile power facilities, and consequently, reliability, is the wear of parts. The wear and tear of parts of functional systems directly depends on the quality of fuels and lubricants. An important place in assessing the reliability and performance of mobile energy assets belongs to the prediction of the resource of their safe operation, that is, a priori estimate of the time to reach the limit state or the occurrence of failures due to the failure of their critical parts. When it comes to a residual resource, it is determined from the results of diagnostics of the current state of the most critical nodes of a technology, then it is possible to increase the reliability of its prediction by taking into account not only the data obtained in this way, but also accumulated earlier other information on reliability, including the most suitable analogues operating in different conditions. In this paper, the structure of technical service formation at enterprises of the agro-industrial complex was proposed and theoretically substantiated by justifying the method for predicting the technical state of the functional systems of mobile energy resources when operating on biological fuels and lubricants.

**Keywords** - forecasting, technical condition, mobile energy facilities, functional systems, bio-lubricants, diagnostic parameters, mobile agricultural machinery.

## ЗМІСТ

<i>Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Пастушенко С. І.</i> Обґрунтування розташування вікон розподільних систем планетарних гідромашин	3
<i>Чебанов А. Б., Дідур В. А., Верещага О. Л., Назарова О. П., Дідур В. В.</i> Оптимізація конструктивно-технологічних параметрів шнекового преса для віджимання мезги насіння рицини	21
<i>Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Пастушенко С. І.</i> Дослідження впливу похибки форми виготовлення роторів на вихідні характеристики планетарних гідромоторів	33
<i>Андренко П. М., Свинаренко М. С.</i> Пристрій гасіння гідравлічних ударів високого технічного рівня	49
<i>Михайлов Є. В., Рябцов М. О., Задосна Н. О.</i> Теоретичне обґрунтування швидкості повітряного потоку у пневмосепараційній камері пневморешітного сепаратора	59
<i>Панченко А. І., Волошина А. А., Волков С. В., Волошин А. А.</i> Вплив конструктивних особливостей планетарного гідромоторами на ефективність його роботи	70
<i>Журавель Д. П.</i> Обґрунтування методики прогнозування технічного стану функціональних систем мобільних енергетичних засобів	85
<i>Скляр О. Г., Скляр Р. В., Войтов В. А.</i> Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном	100
<i>Дідур В. В., Паніна В. В., В'юник О. В.</i> Спосіб підвищення післяремонтної довговічності шестеренних насосів	110
<i>Комар А. С., Болтянська Н. І.</i> Обґрунтування основних параметрів, що впливають на продуктивність гранулятора	118
<i>Сушко О. В.</i> Аналіз структури та умов спікання алмазно-металевих композицій з урахуванням оптимального поєднання компонентів в алмазоносному шарі шліфувальних кругів	130
<i>Болтянська Н. І.</i> Дослідження процесу механічної стимуляції вимені	140
<i>Стефановский А. Б., Болтянский О. В.</i> Расчёт номинальных показателей систем смазки автомобильных двигателей с помощью зависимостей между гидродинамическими критериями подобия	149
<i>Болтянська Н. І., Болтянський О. В.</i> Обґрунтування використання різних матеріалів в якості підлоги на молочно-товарних фермах	177
<i>Мирненко Ю. П., Пеньов О. В., Бакарджиев Р. О.</i> Підвищення	188

стійкості вирубних штампів на машинобудівних заводах

*Болтянська Н. І., Болтянський О. В.* Економічна складова забезпечення рівня надійності сільськогосподарської техніки 198

*Паніна В. В., Дашивець Г. І., Новік О. Ю.* Застосування багатокритеріального методу при виборі обладнання для ремонтної майстерні (на прикладі мийної машини) 207

*Болтянська Н. І.* Забезпечення високого рівня показників надійності молоткових дробарок 214

*Кувачов В. П.* Експериментальні випробування агрометалевого боронувального агрегату 223

*Болтянський Б. В., Дереза О. О., Дереза С. В.* Аналіз доцільності використання позиційних вивантажувачів консервованих кормів з траншейних сховищ 233

*Мовчан С. І.* Алгоритм імітаційної моделі функціонування насосної станції підкачування. Зрошуваних меліорацій 245

*Колодій А. С.* Аналіз процесу стружкоформування 253

*Болтянська Н. І., Комар А. С.* Взаємодія пресуючого ролика і матеріалу в прес-грануляторі 260

*Милаєва І. І., Волошин А. А.* Еволюція розвитку тракторів 270

*Харитонов Г. І.* Попередня оцінка і відбір технологічних факторів впливу на збільшення довжини паростків 279

*Погорлецький Д. С., Матейчик В. П., Полівінчук А. П., Володарець М. В., Цюман М. П.* Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації 286

*Гришук І. В., Волков В. П., Худяков І. В., Симоненко Р. В., Володарець М. В.* Особливості формування системи дистанційного визначення працездатності та безпеки експлуатації транспортних засобів 298

*Черненко В. В., Гришук І. В., Погорлецький Д. С., Дзигар А. К., Худяков І. В., Манжелей В. С.* Особливість застосування нормуючих показників режимів праці та відпочинку в умовах експлуатації на транспорті 310

*Волков В. С., Мілаєва І. І., Сельська А. А., Шамро А. В., Волошин А. А.* Обґрунтування геометричних параметрів розподільної системи планетарного гідромотора 320

Наукове фахове видання

Праці

Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 19. Том 4

Свідоцтво про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової інформації  
Міністерство юстиції  
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Панченко А.І.

---

Підписано до друку 27.12.2019 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.  
умов. друк. арк. тираж 100 прим.

**Виготовлювач ПП Верескун В.М.  
Видавничо-поліграфічний центр «Люкс»  
м. Мелітополь, вул. М. Грушевського, 10  
тел. (0619) 44-45-11**

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виробників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
від 11.06.2002 р. серія ДК № 1125