

УДК 629.014.2.004.5

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОФІЛАКТИКИ ТРАКТОРІВ

Дашивець Г.І., к.т.н.,

Новік О.Ю., інженер.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: +38(0619) 42-20-74

**Анотація** – роботу присвячено дослідженню ефективності стратегій реалізації процесу технічного обслуговування тракторів.

**Ключові слова** – технічне обслуговування, стратегія проведення операцій, відмова машини, ймовірністю запобігання відмов, ефективність профілактики.

*Постановка проблеми.* Збереження необхідного рівня механізації польових процесів в теперішній час може бути виконано забезпеченням роботоздатності наявного машинно-тракторного парку в основному силами і засобами інженерних служб сільськогосподарських підприємств. Для цього в основному використовуються три стратегії технічного обслуговування (ТО) і ремонту: по потребі після відмови; регламентована залежно від напрацювання (календарного часу) по терміну і змісту ремонтно-обслуговуючих впливів; за станом з періодичним або безперервним контролем (діагностуванням) [3]. Вибір стратегії в першу чергу визначається особливостями використання машин, їх безвідмовністю, ремонтпридатністю, а також економічними характеристиками.

*Аналіз останніх досліджень.* Оцінці надійності сільськогосподарської техніки присвячували свої праці В.М. Міхлін, М.М. Сєверньов, В.М. Кряжков, В.Я. Сковородін, М.Ф. Дмитріченко та ін. Вченими аналізувались показники безвідмовності машин, якості функціонування техніки. Методами теорії ймовірності оптимальним варіантом організації профілактичного обслуговування прийнята система ТО і ремонту тракторів і машин, яка повинна базуватись на жорсткому плануванні часу проведення дій і виконанні обсягів робіт на основі оцінки технічного стану за допомогою інструментальної діагностики. Планове діагностування дозволяє скоротити число відмов машин у три і більше разів, зменшити обсяг розбирально-

складальних робіт, витрати запасних частин.

*Формулювання цілей статті.* Проблема забезпечення роботоздатності машинно-тракторних агрегатів в сільському господарстві була і залишається найбільш актуальною.

Оснащеність аграрного сектора технікою за останні роки скоротилася до 40-50% від нормативної. В результаті 70% машин вичерпали термін служби, рівень експлуатаційної безвідмовності їх вкрай низький. Для підвищення роботоздатності машин необхідно дослідити ефективність стратегій, якості проведення ремонтно-обслуговуючих впливів з позиції оцінки заходів, які попереджують накопичення та виникнення відмов.

*Основна частина.* Основою реалізації ремонтно-обслуговуючого процесу на сільськогосподарських підприємствах повинна бути стратегія превентивного проведення ремонтно-обслуговуючих операцій машинам. Сутність цієї стратегії полягає в концентрації ремонтно-обслуговуючих впливів тракторам перед робочими циклами польових операцій.

До оцінки ефективності стратегії забезпечення роботоздатності тракторів, якості проведення ремонтно-обслуговуючих операцій можна підійти з позиції визначення їх впливу на споживчі властивості об'єкта обслуговування (безвідмовність, роботоздатність, готовність при використанні та ін.). Тобто з позицій оцінки заходів, які попереджують накопичення та виникнення відмов.

Всі відмови підрозділяються на раптові і послідовні [1]. Приймається, що при проведенні ремонтно-обслуговуючих операцій можливо значно впливати (з точки зору попередження) на число поступових відмов. Число відмов, які неможливо усунути при проведенні ремонтно-обслуговуючих операцій,  $n_{РОВ}$  дорівнюють

$$n_{РОВ} = n - n_{РВ}, \quad (1)$$

де  $n$  – загальне число відмов;  
 $n_{РВ}$  – число раптових відмов.

Допустимо, що всі  $n_{РОВ}$  можливо запобігти, тоді  $n_{РОВ} = n_3$ , де  $n_3$  – число відмов, що можна запобігти.

Поділ відмов на ті, що можна запобігти і ті, що неможливо запобігти, в процесі реалізації технічного обслуговування є умовним і вводиться лише для оцінки ефективності цього процесу. Удосконалювання методів і засобів діагностування машин, підвищення показників їх ремонтпридатності призводять до того, що все більша частина відмов може бути виявлена і попереджена.

Співвідношення між числом відмов тракторів, які можливо  $n_3(t)$  і неможливо запобігти  $n_{НЕЗ}(t)$ , оцінюється коефіцієнтом характеру відмов [2]

$$A = n_3(t) / [n_3(t) + n_{HE3}(t)] . \quad (2)$$

З урахуванням (1) прийнято, що  $n_{PB} = n_{HE3}$ .

На величину  $A$  впливають багато факторів: конструктивні, технологічні, експлуатаційні; а також стратегії, режими, методи і засоби ТО і ремонту, показники ремонтпридатності, ін. Величина  $A$  може бути визначена для конкретних тракторів на основі статистичних даних по відмовам.

Вважаючи, що при нормальній системі ТО і ремонту тракторів можна усунути всі відмови, які можна запобігти, якість будь-якою системи ТО оцінюється ймовірністю запобігання відмов тракторів  $P_3$  при проведенні ремонтно-обслуговуючих впливів [1]

$$P_3 = n_{3\Phi} / n_3 , \quad (3)$$

де  $n_{3\Phi}$  – число відмов, які фактично можна запобігти.

У свою чергу, число відмов, які можна фактично запобігти, у трактора залежить від числа виявлених шляхом діагностування та прогнозування відмов  $n_B$  при проведенні обслуговування, а також від рівня повноти і ретельності проведення операцій ТО і ремонту

$$n_{3\Phi} = K \cdot n_B \quad \text{при} \quad K \leq 1. \quad (4)$$

Ефективність діагностування  $K_{EB}$  можна виразити відношенням [3]

$$K_{EB} = n_B / (n_B + n_{HEB}) , \quad (5)$$

де  $n_{HEB}$  – число невиявлених відмов.

Якість проведення ремонтно-обслуговуючих операцій за результатами діагностування

$$K_{3\Phi} = n_{3\Phi} / n_B . \quad (6)$$

$$n_3 = n_B + n_{HEB} . \quad (7)$$

Тоді якість виконання профілактичних робіт

$$P_{ПРФ} = K_{EB} \cdot K_{ПРФ} = P_{ПРФ} \cdot P_B . \quad (8)$$

Таким чином, якість ТО визначається ефективністю діагностування і якістю проведення робіт. Ефективність діагностування пропорційна числу виявлених несправностей за якийсь час. Регулярний процес виявлення несправностей характерний тим, що заздалегідь відомі послідовність і тривалість кожної операції з виявлення несправностей. Імовірність того, що несправність складових частин тракторів не буде виявлена при даному діагностуванні, обумовлена недостатньою точністю вимірювальної апаратури і браком часу на діагностування.

Імовірність виявлення несправностей  $\delta$  прямо пропорційна тривалості проведення діагностування  $\alpha \cdot T_d$  (де  $\alpha$  – коефіцієнт пропорційності, який характеризує продуктивність діагностичних робіт). Значення  $\delta$  залежать від технологічної здатності засобів  $\varepsilon$ , методів діагностування  $M_d$ , місця діагностування  $P_c$ , а також від здатності тракторів до діагностування  $P_T$

$$\delta = f(\varepsilon, M_d, P_c, P_T), \quad (9)$$

а можлива тривалість діагностування визначається стратегіями та режимами ТО і ремонтів машин.

Вважаючи причини невиявлення несправностей незалежними подіями, вираз для ймовірності виявлення несправностей у випадку регулярного процесу можна представити у вигляді

$$P_B = (1 - \delta) \cdot \alpha \cdot T_d. \quad (10)$$

Якість ремонтно-обслуговуючих впливів визначається режимами, методами, засобами і рівнем спеціалізації виконуваних робіт. Рівень ймовірності якісного обслуговування тракторів за результатами діагностування [1]

$$P_{\text{ПРФ}} = n_{3\Phi} / n_B. \quad (11)$$

Ймовірність якісного виконання профілактичних робіт

$$P_{\text{ПР}} = (1 - \delta) \cdot \alpha \cdot T_d \cdot n_{3\Phi} / n_B. \quad (12)$$

Ефективність профілактичних робіт можна в цілому оцінити [2]

$$W = T_{\text{ОПФ}} - T_0, \quad (13)$$

де  $T_{\text{ОПФ}}$ ,  $T_0$  – середній час безвідмовної роботи тракторів, які підлягають і не підлягають профілактиці.

Прийнявши для простоти вирішення ймовірність раптових відмов, рівною нулю, і умови  $T / T_0 \ll 1$ ,  $T / T_{\text{ОПФ}} \ll 1$ , ( $T$  – час роботи), можна визначити ймовірність відмови трактора, якому виконуються і не виконуються профілактичні роботи

$$Q_{\text{ПФ}}(T) \approx T / T_{\text{ОПФ}}, \quad (14)$$

$$Q(T) \approx T / T_0. \quad (15)$$

З врахуванням цих залежностей

$$W = Q(T) / Q_{\text{ПФ}}(T). \quad (16)$$

$$W = n / n_{\text{ПФ}}, \quad (17)$$

де  $n$ ,  $n_{\text{ПФ}}$  – число відмов трактора, якому виконуються і не виконуються профілактичні роботи,

$N$  – загальне число складових частин в тракторі.

Так як

$$n = n_3 + n_{\text{НЕВ}}, \quad (18)$$

$$W = 1 / (1 - A(t)) \cdot P_B \cdot P_{\text{ПРФ}}. \quad (19)$$

Після деяких перетворень ефективність профілактичних робіт

$$W = 1 / (1 - A \cdot (1 - \delta) \cdot \alpha \cdot T_d \cdot K_{\text{ПРФ}}). \quad (20)$$

За допомогою отриманих аналітичних залежностей, що описують взаємозв'язок надійності тракторів з параметрами процесу їх технічного обслуговування та ремонту, можна порівняти ефективність профілактики тракторів при різних стратегіях реалізації профілактичних робіт.

*Стратегія обслуговування «за потребою».* Профілактичне обслуговування по попередженню відмов не проводять, виконують тільки ремонтні роботи з відновлення роботоздатності відмовлених складових частин тракторів, тобто  $T_0 = T_{\text{ОПФ}}$ . Отже,

$$W = T_{\text{ОПФ}} / T_0 = T_0 / T_0 = 1. \quad (21)$$

Максимальне значення ефективності профілактики у вигляді усунення відмов не перевищує одиниці.

*Стратегія регламентованого технічного обслуговування.* Обсяг профілактичних робіт визначають статистичним методом. Суть його полягає в тому, що за відомим законом напрацювання на відмову складових частин трактора визначається періодичність проведення регламентованого числа і виду операцій обслуговування. У результаті число невиявлених відмов зменшується в порівнянні з першою стратегією обслуговування на  $T_{\text{СР}} = 84\%$ . В порівнянні з можливим числом виявлення відмов регламентоване число виявлень буде значно меншим:

$$n_{\text{ВР}} = n_3 - 1,16 n_{\text{НЕВ}} - (n_{\text{В}} - n_{\text{Р}}), \quad (22)$$

де  $n_{\text{Р}}$  – число операцій обслуговування при регламентному ТО.

Таким чином, навіть при  $A = 1$  і  $P_{\text{ПРФ}} = 1$  ефективність профілактичних робіт  $W$  може бути при стратегії регламентованого обслуговування тракторів не вище двох одиниць.

*Стратегія технічного обслуговування тракторів «за станом»* відрізняється від попередньої тим, що введені операції діагностування і прогнозування як функціональних параметрів трактора в цілому, так і деякої частини його агрегатів, тобто діагностичні операції регламентовані. В результаті їх виконання число попереджених відмов збільшується:

$$n_{\text{ВС}} = n_3 - 1,16 n_{\text{НЕВ}} - (n_{\text{В}} - \Delta n_{\text{ПОТР}}), \quad (23)$$

де  $\Delta n_{\text{ПОТР}}$  – число відмов, усунення яких вимагали агрегати тракторів, але не передбачені операції щодо виявлення їх фактичного стану.

Тим не менш

$$(n_{\text{В}} - \Delta n_{\text{ПОТР}}) > (n_{\text{В}} - n_{\text{Р}}). \quad (24)$$

Звідси, якщо  $P_{\text{ПРФ}} = 1$ , то максимальне значення ефективності профілактичних робіт при стратегії обслуговування тракторів «за станом» буде знаходитися в межах 4 ... 4,5 од. ( $P_{\text{В}} = 0,75 \dots 0,78$ ).

*Стратегія превентивного технічного обслуговування.* Профілактичні роботи проводять на стаціонарних постах з надлишковим порівняно з існуючим регламентом об'ємом діагностування. Стаціонарність обумовлює високу технологічну здатність засобів діагностування. Проведення профілактичних робіт в перервах між циклами польових робіт дозволяє проводити діагностування з необхідною тривалістю. При  $P_{\text{ПРФ}} = 1$  і  $P_{\text{В}} \geq 0,8$  ефективність профілактичних робіт збільшиться до 5 ... 6 од.

*Висновки.* Дослідження ефективності стратегій реалізації процесу технічного обслуговування тракторів дозволяє зробити висновок про техніко-технологічну ефективність стратегії превентивного проведення ремонтно-обслуговуючих впливів перед майбутніми циклами польових робіт.

Література.

1. Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / [М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В.Акулін та ін.]; за заг. ред. М.І. Черновола. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с.
2. *Плаксин А.М.* Обеспечение работоспособности машинно-тракторных агрегатов на предстоящие циклы использования в растениеводстве: автореф. дис. ... докт. техн. наук / *А.М. Плаксин.* – Челябинск, 1996. – 56 с.
3. Система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. – М.: ГОСНИТИ, 2001. – 168 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАКТОРОВ**

Г.И. Дашивец, А.Ю. Новик

### *Аннотация*

**Работа посвящена исследованию эффективности стратегий реализации процесса технического обслуживания тракторов**

## **THE INVESTIGATION OF TRACTORS PREVENTION EFFICIENCY**

G. Dashivets, A. Novik

### *Summary*

**The article is devoted to the investigation of the strategies effectiveness for realization of tractors technical maintenance.**