

В. В. Біліченко¹
О. С. Полянський²
Є. О. Дубінін²
А. О. Молодан²

ПІДВИЩЕННЯ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ ЗАСТОСУВАННЯМ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ІНСТРУМЕНТУ

¹Вінницький національний технічний університет

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Проведений системний аналіз показників ремонтпридатності дозволив встановити їхній зв'язок з іншими властивостями надійності й виконати класифікацію цих показників за техніко-економічними критеріями. На цій основі була виділена й досліджена технологічна складова технічного обслуговування й ремонту, яка полягає в забезпеченості запасними частинами, інструментом і засобами контролю технічного стану. Запропоновано склад показників, що дозволить найбільш повно й відповідно до сучасних вимог оцінювати й нормувати властивість ремонтпридатності засобів транспорту.

Отримано залежність для визначення необхідної кількості інструменту в комплекті запасних частин, інструменту та приладдя (ЗІП), що враховує характеристики надійності машини та характеристики процесу відновлення її працездатності в умовах реальної експлуатації.

Запропоновано підхід щодо розрахунків раціональних комплектів інструментального оснащення автотракторної техніки на прикладі шасі вітчизняного колісного трактора ХТЗ-17221, виконано відповідні розрахунки. Проведений аналіз показує, що при існуючій системі обслуговування й рівні надійності тракторів ХТЗ-17221 в умовах реальної експлуатації для забезпечення коефіцієнта готовності в межах 0,85–0,95 наявність інструменту в комплекті ЗІП має суттєвий вплив.

Аналіз отриманої залежності показує, що для оперативного усунення наслідків відмов тракторів ХТЗ-17221 необхідно мати повний комплект інструменту в наборі ЗІП, передбачений інструкцією з експлуатації. В іншому випадку оперативний час усунення відмов збільшується, що призводить до необґрунтованих простоїв техніки й збільшення витрат у споживачів, особливо в періоди сільськогосподарських робіт. При збільшенні кількості інструменту в комплекті ЗІП до рівня, регламентованого заводською документацією, при збереженні всіх інших параметрів, можливе збільшення коефіцієнта готовності в реальній експлуатації з 0,84 до 0,92. Тобто наявність інструменту в комплекті ЗІП суттєво підвищує ефективність використання техніки в умовах реальної експлуатації.

Отримані результати можуть бути використані для підвищення показників ремонтпридатності.

Ключові слова: ремонтпридатність, кількість інструмента, комплект запасних частин, інструменту та приладдя, ефективність експлуатації, автотракторна техніка.

Постановка проблеми

Поліпшення ремонтпридатності (РП) засобів транспорту має важливе значення для зниження експлуатаційних витрат. У цей час існує велика кількість методів і засобів для розв'язання цього завдання. Одними з найважливіших напрямків є: інструментальне й технологічне забезпечення процесів технічного обслуговування й ремонту, забезпеченість запасними частинами й впровадження вбудованих засобів діагностування технічного стану агрегатів і систем засобів транспорту. При цьому існуючі показники, що застосовуються для оцінювання рівня РП, є функцією конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів [1, 2].

Конструктивні особливості машини й умови її використання обумовлюють кількісні значення показників ремонтпридатності. Конструкції машин значно ускладнилися, підвищилася їхня енергоємність, продуктивність і, відповідно, витрати на виконання операцій технічного обслуговування й ремонту (ТОР). При цьому ефективність експлуатації неможливо забезпечити при відсутності достовірної оцінки показників ремонтпридатності.

Так, щорічні витрати на утримання автотракторної техніки становлять більш 20% її балансової вартості. При цьому 70% засобів припадає на технічне обслуговування й усунення наслідків відмов. Зниження цих витрат є важливим напрямком підвищення її ремонтпридатності.

Відомо, що трудомісткість, а отже й витрати для технічного обслуговування розглянутої техніки й усунення наслідків відмов в експлуатації деякою мірою залежать від кількості й повноти застосування інструмента. Тому дослідження впливу ЗПП на показники ремонтпридатності техніки є актуальними.

У цей час для нормування ремонтпридатності використовується близько 70 показників. З них 35 показників [2, 4] безпосередньо або опосередковано забезпечуються точністю нормування кількості інструмента. Основний підхід до розв'язання цього завдання полягає в розробці методики на основі статистичної інформації про кількісну оцінку показників надійності, тривалості обслуговування й кількості інструмента, що застосовується [2, 3].

Метою дослідження є розробка методики розрахунків кількості інструменту в комплекті ЗПП автотракторної техніки.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання дослідження:

- провести аналіз існуючих методик розрахунків кількості інструмента;
- розробити методику розрахунків раціональної кількості інструменту в комплектах ЗПП.

Розробка методики розрахунків необхідної кількості інструменту

Системний аналіз показників ремонтпридатності дозволив встановити їхній зв'язок з іншими властивостями надійності й виконати класифікацію цих показників за техніко-економічними критеріями. На цій основі була виділена й досліджена технологічна складова технічного обслуговування й ремонту, яка полягає в забезпеченості запасними частинами, інструментом і засобами контролю технічного стану.

На підставі проведеного аналізу запропоновано склад показників, структурна схема яких представлена на рис.1.

Пропонований склад показників дозволить найбільш повно й відповідно до сучасних вимог оцінювати й нормувати властивість ремонтпридатності засобів транспорту.

Розглянемо цикл роботи машини, що дорівнює 1000 годин. Надійність будемо оцінювати комплексним показником – коефіцієнтом готовності K_g , який, відповідно до [2], можна представити залежністю

$$K_g = 1 - e^{-\mu \cdot t} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T}), \quad (1)$$

де $\mu = \frac{n}{T^{TO}}$ – інтенсивність обслуговування за цикл, 1/год; n – кількість операцій обслуговування за цикл; T^{TO} – сумарна оперативна тривалість обслуговування, год; t – граничний час обслуговування, год; λ – інтенсивність відмов, 1/год; T – час роботи, год.

Скористаємося залежністю для визначення оперативної трудомісткості [1]. За умови виконання всіх робіт одним виконавцем, оперативна трудомісткість чисельно буде дорівнювати оперативній тривалості обслуговування машини.

У випадку дотримання всіх вимог інструкції з експлуатації, застосування необхідного комплексу інструментів і так далі можна записати залежність для нормативної оперативної тривалості

$$T_n^{TO} = \sum x_i^\alpha + x_n^{\alpha_n}, \quad (2)$$

де $\sum x_i^\alpha$ – нормативна оперативна тривалість циклу обслуговування, що залежить від різних факторів, крім кількості інструмента, що застосовується; $x_n^{\alpha_n}$ – частина нормативної оперативної тривалості циклу обслуговування, яка залежить від кількості інструмента, що застосовується; α_n – показник ступеня впливу кількості інструменту на нормативну оперативну тривалість циклу обслуговування.

Аналогічну залежність одержимо для оперативної фактичної тривалості циклу обслуговування T_ϕ^{TO} в реальних умовах експлуатації

$$T_\phi^{TO} = \sum x_i^\alpha + x_\phi^{\alpha_\phi}. \quad (3)$$

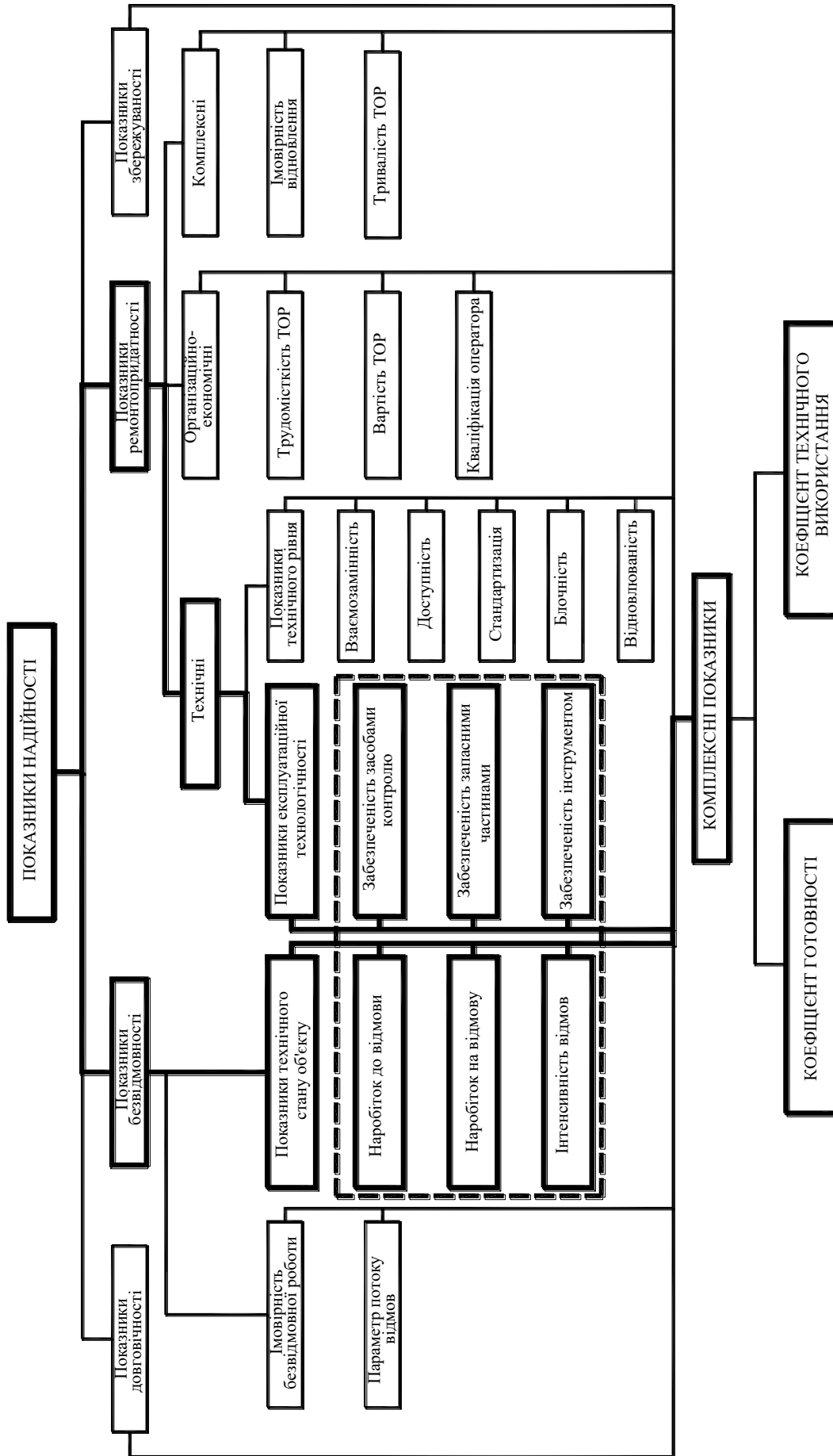


Рис. 1. Система показників для оцінки й прогнозування рівня ремонтпридатності

Прийнявши, що вплив усіх факторів, крім наявності інструменту в комплекті ЗІП, виявляють в обох випадках однаковий вплив, одержимо

$$\frac{T_n^{TO}}{T_\phi^{TO}} = \frac{x_n^{\alpha_n}}{x_\phi^{\alpha_\phi}}. \quad (4)$$

При $\alpha_n = \alpha_\phi = \alpha$ одержимо

$$T_\phi^{TO} = T_n^{TO} \cdot \left(\frac{x_\phi}{x_n} \right)^\alpha. \quad (5)$$

Виконаємо розрахунки на прикладі колісних тракторів класу 30 кН. Значення показника степеня дорівнює $\alpha = 0,664$ [1].

Перепишемо залежність (5) у такому вигляді:

$$T_n^{TO} = T_\phi^{TO} \cdot \left(\frac{1}{K_i} \right)^{0,664}, \quad (6)$$

де K_i – коефіцієнт повноти застосування інструменту при обслуговуванні.

Перепишемо формулу (1) з урахуванням залежності (6)

$$K_2 = 1 - e^{-\mu \cdot K_n^{0,664} \cdot t} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T}). \quad (7)$$

Необхідну кількість інструменту в комплекті ЗІП можна розрахувати з залежності

$$K_i = \sqrt[0,664]{\frac{-\ln\left(\frac{1-K_2}{e^{-\lambda T} - 1}\right)}{\mu \cdot t}}. \quad (8)$$

Таким чином, для визначення необхідної кількості інструменту в комплекті ЗІП трактора й оцінки його впливу на ефективність експлуатації потрібно виконати таку послідовність дій:

- визначити характеристики надійності трактора в умовах реальної експлуатації;
- визначити характеристики процесу відновлення працездатності трактора в умовах реальної експлуатації;
- задати необхідний час безвідмовної роботи трактора;
- задати необхідний K_2 ;
- провести обчислення за залежностями (7) і (8).

Для оцінювання впливу повноти застосування інструменту при обслуговуванні на ефективність експлуатації техніки в реальних умовах і розрахунків кількості необхідного для забезпечення заданої ефективності експлуатації інструменту потрібно провести попередні розрахунки всіх вхідних у залежності (7) і (8) величин.

Виконаємо розрахунки відповідно до запропонованої методики на прикладі трактора ХТЗ-17221. Оперативні тривалості усунення відмов трактора ХТЗ-17221 в умовах реальної експлуатації розрахуємо відповідно до інформації [5, 6]. Для цього визначимо середні тривалості усунення відмов для кожної системи й агрегату й кількість відмов за цими системами відповідно до [5–7]. Отримані результати представлено в таблиці 1.

Використовуючи дані таблиці 1, розрахуємо інтенсивність обслуговування трактора за цикл $\mu = \frac{139}{223,274} = 0,6226$ 1/год. Граничний час обслуговування t приймемо в діапазоні 0,05...12,5 год відповідно до [5, 6].

В результаті обробки статистичної інформації відповідно до [5, 6] визначені показники безвідмовності 99 тракторів ХТЗ-17221, що перебували у підконтрольній експлуатації. Встановлено, що розподіл наробітку на відмову тракторів підкоряється експоненційному закону з наступними характеристиками: середнє значення наробітку на відмову $\bar{t} = 339$ год, середнє квадратичне відхилення $\sigma = 271$ год, коефіцієнт варіації $\mathcal{S} = 0,80$. Інтенсивність відмов у цьому випадку склала

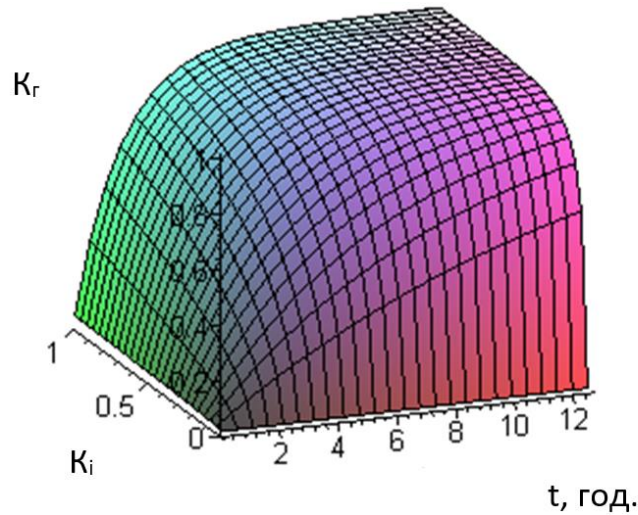
$\lambda = 0,002951/\text{год}$. Прийmemo час роботи трактора $T = 1350$ год, що відповідає середньому річному наробітку тракторів типу Т-150К в умовах України.

Таблиця 1

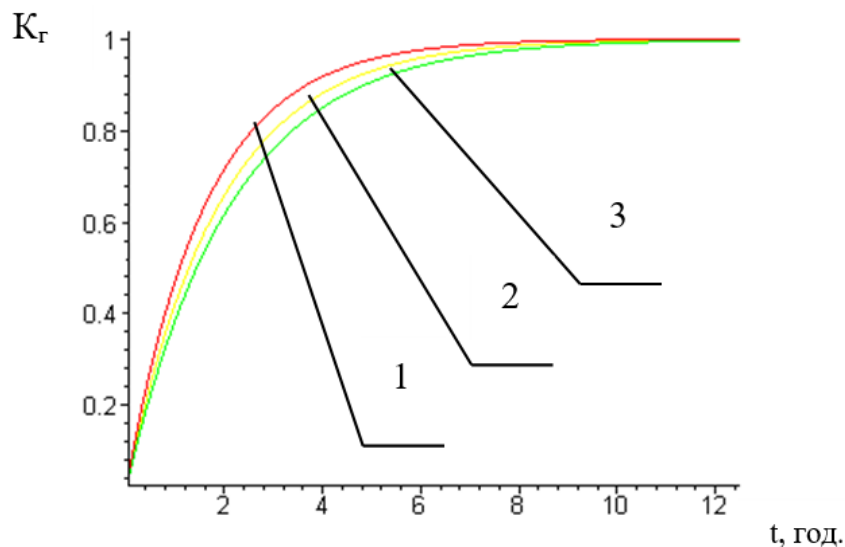
Тривалості усунення відмов тракторів ХТЗ-17221 у реальній експлуатації

Система, агрегат	Кількість відмов	Середня оперативна тривалість усунення 1 відмови, год	Сумарна оперативна тривалість обслуговування, год
Трансмісія	35	3,946	138,114
Муфта зчеплення	3	7,417	22,251
Ходова система	2	0,866	1,733
Несуча система	0	1,575	0,000
Гідроначіпна система	68	0,815	55,434
Електроустаткування	31	0,185	5,742
Разом	139		223,274

З урахуванням отриманих результатів побудуємо залежність K_2 від коефіцієнта повноти застосування інструменту при обслуговуванні K_i й граничного часу обслуговування t за час роботи тракторів T (рис. 2).

Рис. 2. Залежність K_2 від K_i і t

Побудуємо залежності K_2 від коефіцієнта повноти застосування інструменту при обслуговуванні K_i й граничного часу обслуговування t за час роботи тракторів T при певних значеннях K_i (рис. 3).

Рис. 3. Залежність K_2 від K_i і t :

1 – при $K_i = 1$, 2 – при $K_i = 0,78$, 3 – при $K_i = 0,65$

Аналіз рис. 3 показує, що при існуючій системі обслуговування й рівні надійності тракторів ХТЗ-17221 в умовах реальної експлуатації для забезпечення K_2 в межах 0,85...0,95 наявність інструменту в комплекті ЗІП має суттєвий вплив.

При збільшенні кількості інструменту в комплекті ЗІП до рівня, регламентованого заводською документацією, при збереженні всіх інших параметрів, можливе збільшення коефіцієнта готовності в реальній експлуатації K_2 з 0,84 до 0,92 при $t = 4$ год (див. рис. 3).

Відповідно до (8) побудуємо залежність коефіцієнта повноти застосування інструменту при обслуговуванні K_i від граничного часу обслуговування t за час роботи тракторів T при $K_2 = 0,92$ (рис. 4). При цьому необхідно врахувати, що середні оперативні тривалості усунення відмов 2 і 3 груп складності в умовах реальної експлуатації дорівнюють відповідно 1,82 год і 7,79 год [5, 6].

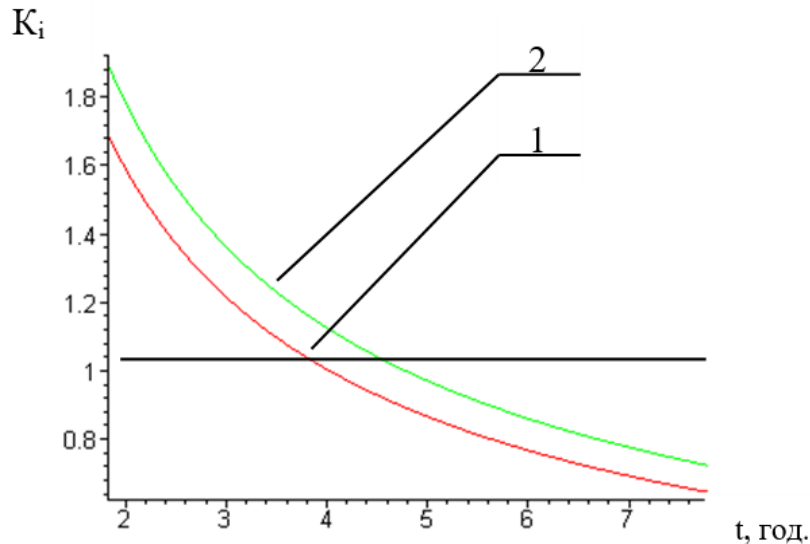


Рис. 4. Залежність K_i від K_2 і t : 1 – $K_2 = 0,92$, 2 – $K_2 = 0,95$

Аналіз залежності показує, що для оперативного усунення наслідків відмов тракторів ХТЗ-17221 необхідно мати повний комплект інструменту в наборі ЗІП, передбачений інструкцією з експлуатації. В іншому випадку оперативний час усунення відмов збільшується, що приводить до необґрунтованих простоїв техніки й збільшення витрат у споживачів, особливо в періоди сільськогосподарських робіт.

Таким чином, для забезпечення готовності техніки в реальній експлуатації, зменшення часу простою через відсутність необхідного інструмента, зменшення експлуатаційних витрат необхідна наявність комплектів ЗІП. Вони повинні враховувати потребу в інструменті для виконання всіх необхідних операцій з оперативного відновлення працездатності тракторів як у польових умовах, так і в умовах ремонтних майстерень.

Висновки

Дослідженням встановлено, що наявність інструменту в ЗІП підвищує ефективність використання техніки в умовах реальної експлуатації.

Отримана залежність коефіцієнта повноти застосування інструменту (K_i) від коефіцієнта готовності (K_2) і граничного часу обслуговування (t), що дозволяє раціонально підібрати комплект інструменту ЗІП для забезпечення заданого коефіцієнта готовності.

На прикладі тракторів ХТЗ-17221 в умовах реальної експлуатації встановлено, що при збільшенні кількості інструменту в комплекті ЗІП до рівня, регламентованого заводською документацією, при збереженні всіх інших параметрів, можливе збільшення коефіцієнта готовності в реальній експлуатації з 0,84 до 0,92.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Г. Е. Топилин, В. М. Забродский, *Управление технической эксплуатацией тракторов*. К.: Урожай, 1991.
- [2] S. R. Calabro, *Reliability Principles and Practices*. New York: McGraw-Hill, 1962. – 371 с.
- [3] В. И. Прейсман, *Основы надежности сельскохозяйственной техники*, 2-е изд., доп. и перераб. К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988.

[4] Система технічного обслуговування та ремонту техніки. Терміни та визначення понять: ДСТУ 9050:2020. – [Чинний від 2021-04-01]. К.: Технічний комітет стандартизації «Система розробки та постановки продукції на виробництво», 2021. – 25 с. – (Національний стандарт України).

[5] А. С. Полянський, «Повышение и нормирование безотказности тракторных двигателей в начальный период их эксплуатации (на примере дизелей типа СМД – 60, 62)», дисс. канд. техн. наук. Х., 1994.

[6] С. О. Дубінін, «Поліпшення ремонтпридатності силових агрегатів засобів транспорту», дис. канд. техн. наук. Х., 2008.

Біліченко Віктор Вікторович – д-р техн. наук, професор, ректор, e-mail: vntu@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Полянський Олександр Сергійович – д-р техн. наук, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, e-mail: khadi.pas@gmail.com

Дубінін Євген Олександрович – д-р техн. наук, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, e-mail: dubinin-rmn@ukr.net

Молодан Андрій Олександрович – д-р техн. наук, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, e-mail: tmirm@ukr.net

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

V. Bilichenko¹
O. Polianskyi²
Ye. Dubinin²
A. Molodan²

Increasing the repairability of vehicles with rational quantity of tools

¹Vinnitsia National Technical University

²Kharkiv National Automobile and Highway University

The conducted systematic analysis of maintainability indicators allows establishing their connection with other reliability properties and classifying these indicators according to technical and economic criteria. On this basis, the technological component of maintenance and repair, which ensures the provision of spare parts, tools and means of technical condition control, was selected and investigated. Set of indicators that allow to evaluate and standardize the maintainability of means of transport most fully and in accordance with modern requirements is proposed.

The dependence was obtained for determining the required number of tools in a set of spare parts, tools and accessories (STA), which takes into account the reliable characteristics of the machine and the characteristics of the process of restoring its operability under real operating conditions.

The approach to calculations of rational sets of tool equipment for vehicle machinery is proposed on the example of the chassis of the domestic wheeled tractor KhTZ-17221, the corresponding calculations are performed. The conducted analysis shows that with the existing service system and the level of reliability of the KhTZ-17221 tractors in real operation conditions to ensure the readiness factor within 0.85-0.95, the presence of tools in the equipment kit has a significant impact.

The analysis of the obtained dependence shows that in order to quickly eliminate the consequences of the failures of the KhTZ-17221 tractors, it is necessary to have a complete set of tools in the set of STA, provided for in the operating instructions. Otherwise, the operative time for eliminating failures increases, which leads to unjustified downtime of equipment and increased costs for consumers, especially during periods of agricultural work. When increasing the number of tools in the kit of STA to the level regulated by the factory documentation, while maintaining all other parameters, it is possible to increase the readiness factor in real operation from 0.84 to 0.92. That is, the presence of tools significantly increases the efficiency of vehicles using in real operation conditions.

The obtained results can be used to improve maintainability indicators.

Key words: maintainability, number of tools, set of spare parts, tools and accessories, efficiency of operation, vehicle.

Bilichenko Viktor – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Vinnitsia National Technical University, e-mail: vntu@vntu.edu.ua

Polyanskyi Oлександр – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Engineering Technology and Machine Repair, e-mail: khadi.pas@gmail.com

Dubinin Yevhen – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Engineering Technology and Machine Repair, e-mail: dubinin-rmn@ukr.net

Molodan Andrii – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Engineering Technology and Machine Repair, e-mail: tmirm@ukr.net