

ПАТРАШКУ ОЛЬГА

Вінницький національний аграрний університет
e-mail: olga.yalina12@gmail.com

БРАЦЛАВЕЦЬ БОГДАН

Вінницький національний аграрний університет
e-mail: bratslavets368@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ АПК ЗА РАХУНОК УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ЇХ СИСТЕМ

Підвищення та підтримання надійності технічних засобів, що використовуються у сільськогосподарському виробництві, значною мірою визначається стратегією технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання. В даний час розроблено достатню кількість стратегій, які дозволяють ефективно виконувати технологічні операції технічного сервісу і тим самим забезпечити необхідну надійність технічних засобів. Будь-яка стратегія обслуговування ремонту машин та обладнання призначена для підтримки виробів у працездатному стані та у належному зовнішньому вигляді; зменшення інтенсивності зношування деталей; попередження відмов та несправностей, а також виявлення їх з метою своєчасного усунення. Кожна зі стратегій, будучи профілактичним заходом, є комплексом організаційно-технічних заходів запобіжного характеру, спрямованих на забезпечення постійної технічної готовності машин і механізмів до роботи і запобігання підвищеним зношуванням їх деталей, і має свої особливості. Аналіз особливостей вітчизняної та зарубіжної стратегій технічного обслуговування машин та обладнання дозволив визначити їх переваги та недоліки стосовно мобільних засобів сільськогосподарського призначення. На підставі оцінки стратегій запропоновано заходи щодо вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарських машин, що дозволяють підвищити ефективність використання машин та обладнання за рахунок зниження часу на відновлення працездатності виробу та підвищення її інтервальної надійності. Сутність полягає в оперативному управлінні надійністю основних агрегатів та систем технічного засобу, який за допомогою методів періодичного контролю параметрів та режимів роботи виробу дозволяє визначити необхідність проведення регламентних робіт, їх трудомісткість та ефективність. Запропонований метод оперативного управління надійністю виробу забезпечує можливість розробити заходи щодо вдосконалення організації технічного обслуговування та ремонту; визначити оптимальну технологію проведення регламентних робіт; вибрати раціональну централізацію пунктів технічного обслуговування та обґрунтувати доцільність наявності підрозділів технічного сервісу.

Ключові слова: технічне обслуговування, технічний засіб, оперативне управління надійністю, параметри та режими роботи, виріб, регламентні роботи, технічний сервіс.

PATRASHKU OLGA

Vinnytsia National Agrarian University

BRATSLAVETS BOGDAN

Vinnytsia National Agrarian University

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF MACHINERY AND APPARATUS EQUIPMENT BY MANAGING THE RELIABILITY OF THEIR SYSTEMS

Increasing and maintaining the reliability of technical means used in agricultural production is largely determined by the strategy for the maintenance and repair of machinery and equipment. At present, a sufficient number of strategies have been developed to effectively perform technological operations of technical service and thereby ensure the necessary reliability of technical means. Any maintenance strategy for the repair of machinery and equipment is designed to keep products in working condition and in proper appearance; reducing the intensity of wear of parts; prevention of failures and malfunctions, as well as their identification in order to eliminate them in a timely manner. Each of the strategies, being a preventive measure, is a set of organizational and technical measures of a protective nature aimed at ensuring the constant technical readiness of machines and mechanisms for operation and preventing increased wear of their parts, and has its own characteristics. An analysis of the features of domestic and foreign strategies for the maintenance of machinery and equipment made it possible to determine their advantages and disadvantages of mobile agricultural equipment. Based on the assessment of the strategies, measures are proposed to improve the system of maintenance and repair of agricultural machines, which make it possible to increase the efficiency of the use of machines and equipment by reducing the recovery time of the product and increasing its interval reliability. The essence lies in the operational management of the reliability of the main units and systems of the technical facility, which, using the methods of periodic monitoring of the parameters and modes of operation of the product, makes it possible to determine the need for routine maintenance, their labor intensity and efficiency. The proposed method of operational control of product reliability provides an opportunity to develop measures to improve the organization of maintenance and repair; determine the optimal technology for routine maintenance; choose a rational centralization of maintenance points and justify the expediency of having technical service units.

Key words: maintenance, technical facility, operational management, parameters and modes of operation, product, routine maintenance, technical service.

Вступ

Система технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання, що використовуються при виробництві сільськогосподарської продукції в нашій країні, сформувалася понад 60 років тому і являла собою сукупність різних видів робіт з технічного догляду за технологічними засобами та їх ремонту, що здійснюються для підтримки працездатності та забезпечували найбільш ефективну їх експлуатацію.

Подальший розвиток системи в нашій країні призвів до створення єдиної системи планово-запобіжного ремонту (ПЗР), яка орієнтувала ремонтні служби на підтримку безаварійної роботи технічних

засобів шляхом примусової заміни вузлів у середньостатистичні терміни. Досягти безвідмовної роботи машини можна було лише при впровадженні єдиної системи ПЗР, яка вимагала забезпечення певних заходів щодо догляду, спостереження та ремонту, що виконуються у визначені терміни та спрямовані на запобігання передчасному зносу машин та збереженню нормальних експлуатаційних якостей.

Основним принципом системи ПЗР було те, що кожен технічний засіб за термін експлуатації повинен піддаватися різним видам ремонтів, які проводилися періодично через певну кількість відпрацьованих годин. Дотримання цього принципу та інших не призводило до бажаних результатів та значно збільшувало витрати на утримання машин та обладнання.

Проведені в 70–80-х роках минулого століття дослідження щодо надійності роботи машин та обладнання агропромислового комплексу показали значний розкид у термінах служби однотипних машин. Тому з'явилась потреба визначення фактичного стану конкретного вузла безрозбірними методами технічної діагностики для управління надійністю технічного засобу у процесі експлуатації.

Розвиток методів технічної діагностики показав, що перехід на технічне обслуговування за фактичним станом призводить до значної економії коштів, які витрачаються на забезпечення працездатності машин та обладнання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Суттєвий вклад в дослідження процесу підвищення ефективності функціонування машин та обладнання АПК за рахунок управління надійністю їх систем внесли Е. І. Яковлев, В. А. Иванов, А. В. Шибнев, В. І. Матросов, В. І. Бобровицкий, В. А. Сидоров та інші.

Важко переоцінити значення ефективності використання основних засобів й виробничих потужностей підприємства. Рішення даної задачі означає збільшення виробництва продукції, підвищення віддачі створеного виробничого потенціалу, покращення балансу устаткування, зниження собівартості продукції та зростання рентабельності виробництва. Успішне функціонування основних виробничих засобів залежить від того, наскільки повно реалізуються екстенсивні й інтенсивні фактори поліпшення їхнього використання. Дослідженню проблеми використання основних засобів підприємства присвячено роботи В. Ткаченка, Е. Тарасенко, А. Поддєрьогіної, Я. Манівчука, С. Мочерного, В. П. Вихрущ, І. В. Тирпак, В. О. Оваденко.

На основі інформаційно-аналітичних досліджень виконано аналіз особливостей вітчизняної та зарубіжної стратегій технічного обслуговування машин та обладнання, визначено їх переваги та недоліки та запропоновано метод удосконалення системи регламентних робіт, що забезпечує підтримання заданого рівня коефіцієнта готовності сільськогосподарської техніки.

Мета та завдання дослідження

Мета досліджень полягає у підвищенні ефективності функціонування машин та обладнання АПК за допомогою забезпечення заданого рівня коефіцієнта готовності під час проведення регламентних робіт з технічного обслуговування та ремонту.

Виклад основного матеріалу

Розвиток методів технічної діагностики став початковим етапом розробки загальної проблеми оптимального вибору стратегії технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання. Найбільш гостро ця проблема спостерігається в агропромисловому комплексі, який відрізняється від інших галузей економіки умовами роботи технічних засобів, сезонністю технологічних операцій, їх періодичністю та тривалістю виконання.

В даний час в Україні [1, 2,] та зарубіжних країнах [3] технічне обслуговування та ремонт машин і обладнання здійснюється за стратегіями, представленими на малюнку 1.

Як впливає з рис. 1, вітчизняні стратегії технічного обслуговування машин та обладнання аналогічні основним закордонним стратегіям як за назвою, так і сутністю.

Так, обслуговування потреби і аварійне обслуговування (RM – reactive maintenance) проводиться у разі, коли настає відмова елемента системи та її подальша експлуатація неможлива, тобто, є реакцією відмови.

Регламентоване обслуговування з напрацювання та превентивне (планове) обслуговування (PM – preventive maintenance) передбачає планове обслуговування обладнання та здійснюється ще до того, як відбудеться поломка. Воно виконується примусово шляхом заміни вузлів та деталей у строки, що встановлюються на основі статистичного аналізу відмов. При такому обслуговуванні та ремонті не виникає простою технічних засобів та продуктивність праці не падає. Проте фактично виявляється, що не менше 50% регламентних ремонтних дій виконуються без потреби. У деяких випадках безвідмовність роботи обладнання після такого технічного обслуговування або ремонту знижується іноді тимчасово до моменту закінчення процесу приробітку, а іноді постійно.

Технічне обслуговування за станом СВМ (condition based maintenance) здійснюється залежно від фактичного стану машин та механізмів і виконується в плановому режимі з певною періодичністю процедур обслуговування, що задається заздалегідь, у плановому режимі. У разі обслуговування за станом заходи виконуються залежно від того, яку інформацію про обладнання представляє система збору даних в режимі реального часу.

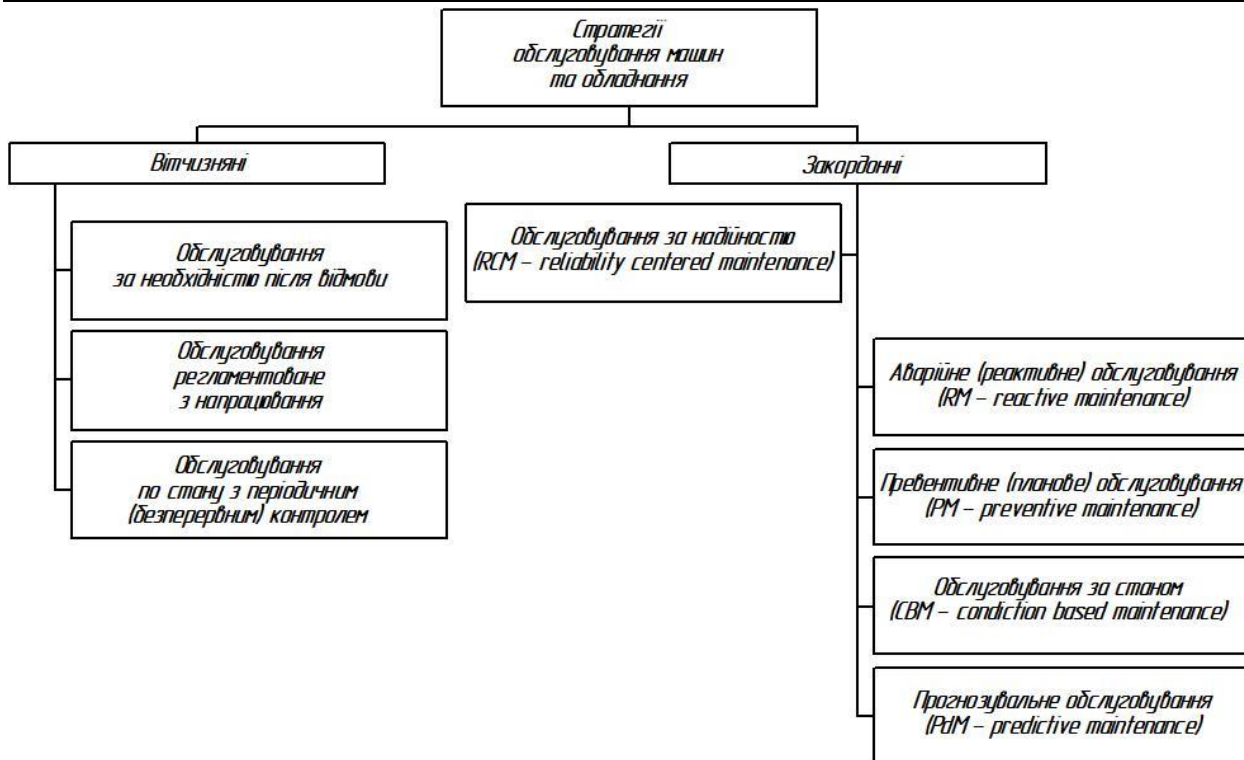


Рисунок 1. Класифікація вітчизняних та закордонних стратегій обслуговування машин та обладнання

Система збору даних зіставляє їх із даними, притаманними аварійному стану. Це робиться для того, щоб можна було здійснити обслуговування до виходу устаткування з експлуатації.

Однією з відмінних зарубіжних стратегій обслуговування та ремонту є прогностичне обслуговування (PdM – predictive maintenance), яке здійснюється на основі специфічної інформації про технічний засіб, що є прогнозом попередником майбутньої відмови. Для використання прогностичного обслуговування необхідно витратитись на придбання аналітичного обладнання та навчання користувачів. Найбільший ефект залежить від правильної оцінки конкретної ситуації.

Ще одна зарубіжна стратегія обслуговування та ремонту машин і обладнання, яка останнім часом знайшла широке застосування, це обслуговування за надійністю (RCM – reliability centered maintenance). Вона має на увазі визначення комплексу заходів, необхідних для забезпечення гарантії того, що будь-який виробничий об'єкт продовжуватиме виконувати функції, необхідні в поточній робочій ситуації (експлуатаційних умовах).

Сутність методології обслуговування RCM зводиться до автоматизованого підвищення економічної ефективності використання технічних засобів, до збільшення ступеня безпеки людей та навколишнього середовища, збільшення терміну служби та продуктивності машин і обладнання та високого рівня інформаційно-технологічного забезпечення процесів. На основі аналізу стану кожного елемента технічного засобу вибирається найбільш підходящий з погляду економії та надійності тип технічного обслуговування (аварійне, профілактичне тощо) [4]. У зв'язку з цим обслуговування з надійності охоплює всі інші стратегії в залежності від компонентів обладнання та доступних ресурсів і є найефективнішою стратегією, спрямованою на гарантоване скорочення витрат під час проведення заходів з технічного обслуговування та ремонту.

Аналіз вітчизняних та зарубіжних стратегій технічного обслуговування і ремонту машин та обладнання (таблиця 1) показує, що вони спрямовані на підвищення надійності технічного стану та ефективності функціонування машин і обладнання, але кожна з них має свої переваги та недоліки.

Порівнюючи загальні недоліки вітчизняних та зарубіжних стратегій обслуговування і ремонту машин та обладнання стосовно аграрної галузі, неважко помітити, що найбільш прийнятними за їхніми недоліками є стратегії 2 та 3. Проте особливо хотілося б звернути увагу на стратегію RCM – обслуговування, націлене на надійність (ОНН), як ефективну з погляду визначення обслуговуючих заходів, необхідних для гарантованого забезпечення виконання сільськогосподарських технологічних операцій.

Тим не менш, ОНН передбачає впровадження програми технічного обслуговування шляхом використання систематичного структурованого підходу, що ґрунтується на оцінці наслідків відмов, функціональної важливості компонентів системи, а також історії їх відмов та обслуговування. Важливим моментом тут буде необхідність обслуговування технічної системи за розкладом, який погано впливатиме на економічну ефективність та передбачувану високу надійність, особливо для сільськогосподарської техніки.

У [5] було показано, що для машин та обладнання АПК оцінку ефективності функціонування можна проводити за коефіцієнтом готовності, який є комплексним показником надійності та визначається за виразом [6]:

**Порівняльна характеристика вітчизняних та закордонних стратегій
технічного обслуговування та ремонту**

Вітчизняні стратегії технічного обслуговування і ремонту				Закордонні стратегії технічного обслуговування і ремонту			
№ стратегії	Назва	Переваги	Недоліки	№ стратегії	Назва	Переваги	Недоліки
1	За потреби після відмови	Мінімальні витрати на технічне обслуговування	Непередбачуваність відмов, що виникають. Значні витрати на ліквідацію наслідків відмов	1	RM – reactive maintenance	Мінімальні затрати на технічне обслуговування	Максимальний ресурс роботи елементів обладнання
2	Регламентовані по напрацюванню	Підвищення безвідмовності роботи обладнання	Значні витрати на технічне обслуговування та ремонт. Заміна працездатних елементів	2	PM – preventive maintenance	Підвищення безвідмовності роботи обладнання	Значні витрати на технічне обслуговування та ремонт. Заміна працездатних елементів
3	По стану	Ремонт проводиться в оптимальні терміни, у необхідному обсязі	Можливість одночасної відмови кількох механізмів. Необхідність інформації про фактичний стан механізму	3	CBM – condition based maintenance	Ремонт проводиться в оптимальні терміни, у необхідному обсязі	Можливість одночасної відмови кількох механізмів. Необхідність інформації про фактичний стан механізму.
				4	PdM – predictive maintenance	Збільшення терміну служби технічних засобів	Значні витрати на придбання аналітичного обладнання
				5	RCM – reliability centered maintenance	Ефективна з погляду надійності. Підтримує у працездатному у стані механізми	Значні витрати при використанні в аграрній галузі

$$K_{\Gamma} = \frac{T_O}{T_O + T_B}, \quad (1)$$

де T_O і T_B – відповідно, тривалість виконання технологічних операцій (роботи) та відновлення працездатності технічного засобу, год.

Тоді надійність систем, що відповідає інтервалу часу, необхідного для виконання заданої технологічної операції, оцінюватиметься інтервальним коефіцієнтом готовності. У цьому випадку реалізовуватиметься стратегія безвідмовної роботи виробу до її виконання, а інтервальний коефіцієнт готовності може розглядатися як показник виконання технічним засобом свого функціонального призначення та характеризуватись ймовірністю виконання цієї функції.

Представляється залежність (1) у вигляді:

$$\frac{T_B}{T_O} = \frac{1 - K_{\Gamma}}{K_{\Gamma}} \quad (2)$$

Таким чином можна визначити співвідношення тривалості часу відновлення та роботи, яке слід призначити при відповідному коефіцієнті готовності, необхідному для виконання технологічної операції.

Економічну ефективність обслуговуючих заходів від величини коефіцієнта готовності, тобто надійності сільськогосподарської техніки під час виконання технологічної операції, можна оцінити мірою ефективності.

Уявімо міру ефективності у вигляді коефіцієнта $M_{E\Phi}$:

$$M_{E\Phi} = \frac{\Delta K_{\Gamma}}{\Delta \left(\frac{T_B}{T_O} \right)}, \quad (3)$$

де $\Delta K_r = K_{i+1} - K_i$ – збільшення коефіцієнта готовності машини при переході з одного стану і в інший ($i + 1$); $\Delta \left(\frac{T_B}{T_O} \right) = \left(\frac{T_B}{T_O} \right)_i - \left(\frac{T_B}{T_O} \right)_{i+1}$ – збільшення час T_B у і T_O при варіюванні надійності виробу.

Отже, підтримуючи значення коефіцієнта готовності у межах, необхідних для виконання однієї чи кількох сільськогосподарських технологічних операцій, можна керувати надійністю машин і устаткування АПК з найменшими витратами на обслуговування і ремонт технічних засобів, причому, регламентні роботи можна проводити в перервах між виконанням технологічних операцій, а їх тривалість, сукупність та обсяг залежатимуть від функціональної важливості елементів системи.

Такий підхід до технічного обслуговування та ремонту стосовно технічних засобів сільськогосподарського призначення є обслуговуванням за коефіцієнтом готовності.

Обслуговування машин та обладнання за коефіцієнтом готовності – це нова стратегія технічного обслуговування, що передбачає управління надійністю технічної системи у процесі її експлуатації.

Управління надійністю технічних систем у процесі їх експлуатації полягає у підтримці відповідного рівня безвідмовності роботи машин та обладнання, що реалізується за допомогою обґрунтування, призначення та виконання за заданий час комплексу заходів щодо їх технічного та технологічного обслуговування і ремонту [7].

На рис. 2 представлена класифікація методів управління надійністю технічних систем, яка дозволить підвищити ефективність використання машин та обладнання за рахунок зниження часу на відновлення працездатності виробу та підвищення її інтервальної надійності.

Як випливає з рис. 2, управління надійністю технічних систем можна розділити на стратегічне управління, яке здійснюється на стадіях проектування та виробництва машин, і оперативне управління, яке виконується в реальних умовах експлуатації.

Стратегічне управління, на відміну від звичайного довгострокового планування, заснованого на концепції екстраполяції сформованих тенденцій розвитку технологій і технічних засобів, включає систему можливостей, які можуть змінити ці тенденції у період, і має цільовий інноваційний характер, тобто передбачає постановку та досягнення певних цілей на основі сучасного рівня науки та техніки.

Оперативне управління складається з методів швидкого реагування на зміну технічного стану машин та обладнання, постійного контролю їх функціональних параметрів, аналізу та проведення регламентних заходів щодо ефективного функціонування технічних засобів.

Сутність оперативного управління надійністю технічних систем полягає у сукупності економіко-математичних методів, засобів інформаційно-обчислювальної техніки, автоматики та телемеханіки, що дозволяють підвищити продуктивність машин та обладнання.

Ефективне управління надійністю неможливе без застосування в технічних системах сільськогосподарського призначення цифрових технологій, систем, що забезпечують автоматичний збір та обробку різних видів інформації, які постійно формують, передають, приймають та осмислюють повідомлення про технічний стан керованих об'єктів, параметри їх режимів, що обурюють впливи та дозволяють оперативно приймати рішення.

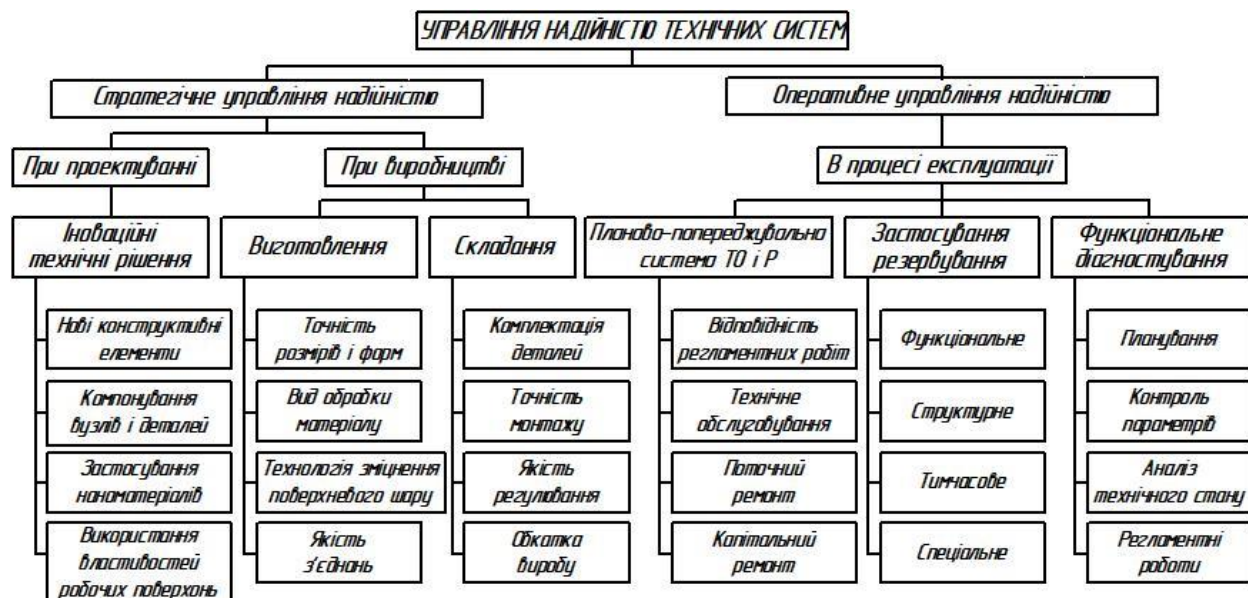


Рисунок 2. Класифікація методів керування надійністю технічних систем

На рис. 2 запропоновані способи оперативного управління надійністю, такі як планово-запобіжна система ТО і Р, резервування та функціональне діагностування, що забезпечують вирішення проблеми підвищення інтервальної надійності машин та обладнання АПК і які можуть бути реалізовані в реальних

умовах експлуатації.

Висновки

Проведений аналіз особливостей вітчизняних та зарубіжних стратегій технічного обслуговування машин та обладнання дозволив визначити їх переваги та недоліки стосовно технічних засобів сільськогосподарського призначення.

Запропоновано технічне обслуговування машин та обладнання АПК здійснювати у вигляді стратегії обслуговування та ремонту щодо підтримки оптимального коефіцієнта готовності, що забезпечує оперативне управління надійністю технічної системи у процесі її експлуатації.

Запропонована стратегія обслуговування технічних засобів агропромислового комплексу у реальних умовах експлуатації методом оперативного управління надійністю створює можливість розробити заходи щодо вдосконалення організації технічного обслуговування та ремонту; визначити оптимальну технологію проведення регламентних робіт; вибрати раціональну централізацію пунктів технічного обслуговування та обґрунтувати доцільність наявності підрозділів технічного сервісу.

Література

1. Туманов М.П. Теория управления. Теория линейных систем автоматического управления: Учебное пособие. – МГИЭМ. М., 2005, 82 с.
2. Втюрин В. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами [Электронный ресурс]. / Д. Г. Носов // Санкт-петербургская государственная лесотехническая академия имени С. М. Кирова. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: https://fileskachat.com/download/69123_c973a5eca4a8ccc82a263ad3d21ad48d.html.
3. Анікеев О. І. Сучасний стан автоматизації та енергетики в апк україни. / Коротов В. С. *Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2016. випуск 10/1 (29). С. 153–156.
4. Бобровицкий, В.И. Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт / В.И. Бобровицкий, В.А. Сидоров. – Донецк: Юго-Восток, 2011. – 238 с.
5. Голубенко А.В. Роль компьютерно-инновационных технологий в АПК [Электронный ресурс]. / Тимчук Д.С. *Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"*. – 2010. – Режим доступа до ресурсу: http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Vkhdtsug_2014_144_22.pdf.
6. Дяченко М.І. Управлінські інновації. / *Стратегія економічного розвитку України*. Збірник наукових праць. – К.:КНЕУ. – No 24-25. – 2009. – С.37-41.
7. Дяченко М.І. Внутрішньоорганізаційні аспекти впровадження управлінських інновацій [Електронний ресурс]. / Режим доступа до ресурсу: <http://economica.org.ua/2011/dyachenkoui/>

References

1. Tumanov M.P. Teoriya upravleniya. Teoriya lineynykh sistem avtomaticheskogo upravleniya: Uchebnoye posobiye. – MGIEEM. M., 2005, 82 s.
2. Vtyurin V. A. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami [Yeletkronniy resurs]. / D. G. Nosov // Sankt-peterburgskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya imeni S. M. Kirova. – 2019. – Rezhim dostupu do resursu: https://fileskachat.com/download/69123_c973a5eca4a8ccc82a263ad3d21ad48d.html.
3. Anikyeyev O. I. Suchasnyy stan avtomatyzatsiyi ta enerhetyky v apk ukraiyiny. / Korotov V. S. Seriya «Mekhanizatsiya ta avtomatyzatsiya vyrobnychykh protsesiv». 2016. vypusk 10/1 (29). S. 153–156.
4. Bobrovitskiy, V.I. Mekhanicheskoye oborudovaniye: tekhnicheskoye obsluzhivaniye i remont / V.I. Bobrovitskiy, V.A. Sidorov. – Donetsk: Yugo-Vostok, 2011. – 238 s.
5. Holubenko A.V. Rol' komp'yuterno-innovatsiynykh tekhnolohiy v APK [Elektronnyy resurs]. / Tymchuk D.S. Natsional'nyy tekhnichnyy universytet "Kharkivs'kyu politekhnichnyy instytut". – 2010. – Rezhym dostupu do resursu: http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Vkhdtsug_2014_144_22.pdf.
6. Dyachenko M.I. Upravlins'ki innovatsiyi. / Stratehiya ekonomichnoho rozvytku Ukrayiny. Zbirnyk naukovykh prats'. – K.:KNEU. – No 24-25. – 2009. – S.37-41.
7. Dyachenko M.I. Vnutrishn'oorhanizatsiyini aspekty vprovadzheniya upravlins'kykh innovatsiy [Elektronnyy resurs]. / Rezhym dostupu do resursu: <http://economica.org.ua/2011/dyachenkoui/>