

**Козаченко О.В.,
Блезнюк О.В.,
Сорокін С.П.,
Шкрєгаль О.М.,
Каденко В.С.**

*Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка
E-mail:bleznyuk@ukr.net*

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РІВНЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ ТЕХНІКИ

УДК 631.372-19.001.5

Козаченко О.В., Блезнюк О.В., Сорокін С.П., Шкрєгаль О.М., Каденко В.С. «Визначення показників рівня технічної експлуатації та їх вплив на надійність техніки»

В роботі розкрито проблематику вибору факторів та оцінки їх впливу на показники технічної експлуатації і, насамперед, на експлуатаційну надійність техніки. Ефективність управління процесом формування експлуатаційної надійності потребує залучення конструкторів, вчених, працівників сфери експлуатації та ремонту техніки, при цьому, основними ознаками даного процесу є динамічність і адаптивність. В роботі наведено, що можна виділити декілька основних факторів, які найістотніше впливають на експлуатаційну надійність техніки. До таких факторів, зокрема відносяться якість обкатки трактора, організація і якість технічного обслуговування, якість поточного ремонту, умови зберігання та якість паливно-мастильних матеріалів, кваліфікація механізаторів, рівень технічного забезпечення господарств, рівень організації використання тракторів. Кожен з основних факторів, у свою чергу, характеризується визначальними факторами. Наприклад, організація і якість технічного обслуговування залежать від повноти виконуваних операцій, наявності устаткування і інструменту, періодичності і місця виконання технічного обслуговування, складу виконавців. Величина кожного визначального фактора кількісно оцінюється за допомогою умовних чисельних значень, що відображають фізичну суть цього фактора. При цьому слід приймати до уваги вагу впливу визначальних факторів на рівень технічної експлуатації. Вирішення цих завдань математичними методами утруднено, оскільки надзвичайна різноманітність значного числа факторів і їх поєднань робить практично неможливим збір необхідної інформації і проведення відповідних складних розрахунків. Раціональнішим способом визначення кількісних значень факторів є використання функції бажаності Харрінгтона. В основі її побудови покладена ідея перетворення натуральних значень окремих факторів в безрозмірну шкалу бажаності або переваги. Побудувавши модель оцінки впливу факторів на рівень технічної експлуатації тракторів на підставі регресійного аналізу, встановили, що діапазон оптимальних значень факторів становить: організація і якість ремонту – 0,800...0,855; кваліфікація механізатора – 0,808...0,897; якість зберігання техніки – 0,705...0,882; характеристика парку тракторів – 0,735...0,872. Таким чином, підвищення рівня технічної експлуатації здійснюється доведенням рівнів факторів до приведених значень. Встановлення послідовності підвищення рівнів факторів досягається їх ранжуванням за значущістю впливу на надійність техніки.

Ключові слова: експлуатація, основний та визначальний фактор, надійність, технічне обслуговування, ремонт.

Козаченко А.В., Блезнюк О.В., Сорокін С.П., Шкрєгаль А.Н., Каденко В.С. «Определение показателей уровня технической эксплуатации и их влияние на надежность техники»

В работе раскрыто проблематику выбора факторов и оценки их влияния на показатели технической эксплуатации и, прежде всего, на эксплуатационную надежность техники. Эффективность управления процессом формирования эксплуатационной надежности требует привлечения конструкторов, ученых, специалистов сферы эксплуатации и ремонта техники, при этом, основными признаками данного процесса является динамичность и адаптивность. Можно выделить несколько основных факторов, наиболее существенно влияющих на надежность. К таким факторам, в частности относятся качество обкатки трактора, организация и качество обслуживания, качество текущего ремонта, условия хранения и качество горюче-смазочных материалов, квалификация механизаторов, уровень технического обеспечения хозяйств, уровень организации использования тракторов. Каждый из основных факторов, в свою очередь, характеризуется определяющими факторами. Например, организация и качество технического обслуживания зависят от полноты выполняемых операций, наличия оборудования и инструмента, периодичности и места выполнения технического обслуживания, состава исполнителей. Величина каждого определяющего фактора количественно оценивается с помощью условных численных значений, отражающих физическую суть этого фактора. При этом следует принимать во внимание вес влияния отдельных факторов на уровень технической эксплуатации. Решение этих задач строгими математическими методами затруднено, поскольку разнообразие значительного числа факторов и их

сочетаний делает практически невозможным сбор необходимой информации и проведение соответствующих очень сложных расчетов. Рациональным способом определения количественных значений факторов является обобщенная функция желательности Харрингтона. В основе ее построения лежит идея преобразования натуральных значений отдельных факторов в безразмерную шкалу желательности или преимущества. Построив модель оценки влияния факторов на уровень технической эксплуатации тракторов, на основании регрессионного анализа, установили, что диапазон оптимальных значений факторов составляет: организация и качество ремонта – 0,800...0,855; квалификация механизаторов – 0,808...0,897; качество хранения техники – 0,705...0,882; характеристика парка тракторов – 0,735...0,872. Таким образом, повышение уровня технической эксплуатации осуществляется доведением уровней факторов до приведенных значений. Установление последовательности повышения факторов достигается их ранжированием по значимости их влияния на надежность техники.

Ключевые слова: эксплуатация, основной и определяющий фактор, надежность, техническое обслуживание, ремонт.

Kozachenko O.V., Bleznyuk O.V., Sorokin S.P., Shkregal O.M., Kadenko V.S. «Determination of indicators of the level of technical operation and their impact on the reliability of equipment»

The problem of choice of factors of influence and estimation of their influence on indicators of technical operation and first of all on operational reliability of equipment is opened in the work. The effectiveness of the management of the process of formation of operational reliability requires the involvement of designers, scientists, workers in the field of operation and repair of equipment, while the main features of this process are dynamism and adaptability. The paper presents that we can identify several main, generalized, factors that most significantly affect reliability. Such factors include, in particular, the quality of running in the tractor, organization and quality of maintenance, quality of maintenance, storage and quality of fuels and lubricants, characteristics of tractor drivers, storage of tractors, security of farms, the level of organization of tractor use. Each of the main factors, in turn, is characterized by determining, individual, factors. For example, the organization and quality of maintenance depend on the completeness of the operations performed, the availability of equipment and tools, the frequency and location of maintenance, the composition of the performers. The value of each determining factor is quantified using conditional numerical values that reflect the physical essence of this factor. The weight of the influence of certain factors on the level of technical operation should be taken into account. Solving these problems by rigorous mathematical methods is very difficult, because the extraordinary variety of a significant number of factors and their combinations makes it almost impossible to collect the necessary information and make the appropriate very complex calculations. A more rational way to quantify factors is the generalized Harrington desirability function. At the heart of its construction is the idea of transforming the natural values of individual factors into a dimensionless scale of desirability or preference. Having built a model for assessing the state of determining factors on the level of technical operation of tractors on the basis of regression analysis, we found that the range of values of factors is: organization and quality of repair – 0,800...0,855; characteristic of the tractor driver – 0,808...0,897; quality of equipment storage – 0,705...0,882; characteristics of the tractor fleet – 0,735...0,872. Thus, the increase in the level of technical operation is carried out by bringing the levels of generalized factors to the given values. Establishing the sequence of increasing generalized factors is achieved by arranging the factors in descending order of their weight.

Key words: operation, generalized factor, reliability, maintenance, repair.

Постановка проблеми. Забезпечення експлуатаційної надійності сільськогосподарської техніки є складною, багатоплановою та комплексною проблемою, вирішення якої потребує спільних зусиль вчених, конструкторів, працівників сфери експлуатації і фахівців ремонтного виробництва. Управління процесом формування надійності - динамічний, адаптивний процес, за допомогою якого система управління переглядається з метою пошуку ефективних шляхів виконання завдання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням факторів, що впливають на рівень експлуатаційної надійності тракторів, розглядаються багатьма вченими і описані в сучасних виданнях з надійності і ремонту сільськогосподарської техніки, а також з експлуатації машинно-тракторного парку. Слід відзначити роботи в яких виконана оцінка умов експлуатації і їх впливу на надійність техніки за авторством В.Я. Аніловича, І.П.Сичова, В.М.Забродського, Г.Е.Топіліна і ряду інших [1-7]. Передбачається, що техніка в процесі експлуатації знаходиться під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. Дослідження [4] вказують на те, що при збільшенні числа зовнішніх факторів до чотирьох, інтенсивно зменшується експлуатаційна надійність техніки, проте даний підхід дає можливість отримати загальну оцінку впливу числа зовнішніх факторів на експлуатаційну надійність і не відображає ступеня впливу кожного з них та не враховує їх взаємного

впливу.

Наприклад у роботі [7] рівень технічної експлуатації оцінюється п'ятьма основними факторами: організація технічного обслуговування; організація і якість проведення ремонтів; кваліфікація механізаторів; організація зберігання і заправки паливно-мастильними матеріалами; організація зберігання тракторів. Оцінка кожного основного фактора складається з оцінок визначальних факторів, які мають свій індекс. На підставі цього індексу знаходиться чисельне значення основного фактора, а його вага в ряду ранжування 1, 2, 3, 4, 5 відповідно дорівнює: 1,0; 0,75; 0,50; 0,31; 0,19. У загальному виді рівень технічної експлуатації тракторів визначається за формулою:

$$K_E = \frac{K_E^\Phi}{K_E^H}, \quad (1)$$

де K_E^Φ – фактичне значення рівня технічної експлуатації об'єкту, що досліджується;

K_E^H – значення рівня технічної експлуатації при дотриманні правил ТО, ремонту і використання об'єкту.

Порівнюючи моделі, запропоновані у роботах [4, 5, 9, 10, 12], звернемо увагу на перелік основних і визначальних факторів. У роботі [9] в основні фактори включені: рівень ТО; рівень ТР; рівень підготовки механізаторських кадрів; рівень забезпеченості господарств; рівень організації використання техніки; рівень організації використання ТО і ремонту тракторів. У роботах [6, 7] в основні фактори включені: якість ТО; якість ТР; якість очищення ПММ; кваліфікація механізаторів; якість зберігання тракторів. У роботі [10] розглядаються такі основні фактори: якість ТО; якість обкатки; організація і якість ТР; кваліфікація механізаторів; умови зберігання і якість ПММ; рівень організації ТОР.

У роботі [5] рівень технічної експлуатації тракторів оцінюють в два етапи. На першому виконують оцінку рівня через показники, які визначаються за кожним фактором окремо. На другому - оцінку рівня за основним або комплексним показником за всіма факторами в цілому.

Основний показник рівня технічної експлуатації K_O визначають за формулою:

$$K_O = \frac{\sum_{j=1}^5 (K_{ij} \varphi_j)}{0,95 \sum_{j=1}^5 \varphi_j}, \quad (2)$$

де $K_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}$ – окремий показник рівня експлуатації j -го основного фактора;

d – значення i -го визначального фактора залежно від рівня його реалізації в експлуатації;

n – число визначальних факторів для j -го основного фактора;

φ_j – вага j -го основного фактора;

Π – знак добутку.

Таким чином, в цій роботі і в ряді інших робіт оцінка основного фактора розраховується як середнє геометричне оперативних значень визначальних його факторів. При цьому оцінка значення кожного визначального фактора здійснюється шляхом порівняння його фактичного значення з певними фіксованими рівнями. Таких рівнів оцінки чотири: високий, середній, низький і дуже низький, а бали відповідно дорівнюють: 0,95; 0,76; 0,50; 0,28.

Відповідно в переліку основних факторів є різниця, а в переліку визначальних факторів її ще більше як за кількістю так і за змістом.

Мета дослідження. Пошук алгоритму визначення показників рівня технічної експлуатації та дослідження їх впливу на надійність техніки.

Методичний підхід в проведенні дослідження. Аналіз рядової експлуатації значного числа тракторів показує [6-9], що можна виділити декілька основних факторів, що найістотніше впливають на рівень їх надійності. До таких факторів, зокрема, відносяться якість обкатки трактора, організація і якість ТО, якість поточного ремонту, умови зберігання і якість ПММ, кваліфікація механізатора, якість зберігання тракторів, рівень технічного забезпечення господарств, рівень організації використання тракторів. Кожен з основних факторів, у свою чергу, характеризується визначальними факторами. Наприклад, організація і якість ТО залежать від повноти виконуваних операцій, наявності устаткування і інструменту, періодичності і місця виконання ТО, складу виконавців. Величина кожного визначального фактора кількісно оцінюється за допомогою умовних чисельних значень, що відображають фізичну суть цього фактора. Так, повнота виконання ТО може бути оцінена часткою виконаних операцій у відсотках від всієї номенклатури операцій, передбаченої правилами.

У загальному виді рівень технічної експлуатації тракторів можна оцінити показником [11].

$$K_o = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} K_i}{\sum_{i=1}^{i=N} K_{MAX_i}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} \varphi_i \sum_{j=1}^{j=M} K_{ij}}{\sum_{i=1}^{i=N} \varphi_i \sum_{j=1}^{j=M} K_{MAX_j}}, \quad (3)$$

де K_i – числове значення основного фактора i ;

K_{MAX_i} – максимально можливе значення основного фактора i ;

K_{ij} – числове значення фактора j , що визначає основний фактор i ;

K_{MAX_j} – максимально можливе значення фактора j , що визначає основний фактор i ;

φ_i – питома вага основного фактора i ;

N – число основних факторів;

M – число факторів, що визначають основний фактор i ;

Формула (3) враховує, що чисельні значення основних K_i і визначальних K_{ij} факторів зростають з наближенням до нормального рівня експлуатації. При дотриманні правил експлуатації тракторів рівень технічної експлуатації наближається до одиниці і навпаки при недотриманні $K_o \rightarrow 0$.

Таким чином K_o характеризує суму відхилень від правил експлуатації тракторів і є пропорційним щодо зниження їх надійності в порівнянні з нормальною експлуатацією.

Аналізуючи все вищесказане можна зробити висновок, що для підвищення експлуатаційної надійності тракторів, потрібно звернути особливу увагу на вагу окремих факторів рівня технічної експлуатації.

Результати дослідження. Вплив якості проведення ТО на надійність тракторів можна поділити за видами використання показників, що характеризують якість технологічного процесу ТО. Основними показниками з яких є: періодичність ТО; якість операцій ТО; об'єм робіт з проведення ТО, трудові і грошові витрати; оцінка організаційно-технічного рівня технічного обслуговування за допомогою бальної системи.

Для визначення якості ТО прийнятий показник A , що характеризує частку фактично виконаних операцій ТО [12]:

$$A = \frac{t_{ПТ.Ф}}{t_{ПТ.П}}, \quad (4)$$

де $t_{ПТ.Ф}$ $t_{ПТ.П}$ – фактична і планова питома періодичних і сезонних ТО.

Термін «якість ремонту» має двояке значення [13]. У першому своєму значенні якість ремонту оцінюється безпосередньо за показниками технологічного процесу

ремонту, за ступенем відповідності параметрів стану вузлів і агрегатів машин, за стандартами і технічними умовам на ремонт. У другому значенні оцінюється зіставленням показників надійності в міжремонтному періоді з відповідними показниками у до ремонтному періоді.

В свою чергу оцінка якості ремонту за показниками якості технологічного процесу ремонту тракторів оцінюється за показниками: застосування діагностування при постановці тракторів на ремонт; застосування діагностування для контролю якості ремонту; якості запасних частин; кваліфікації виконавців; оснащення ремонтної майстерні устаткуванням.

Якість палива і оливо оцінюється за допомогою чотирьохбальної системи оцінки за наступними показниками: дотримання правил зберігання ПММ; рівень механізації заправки палива; контроль якості палива і оливо; відповідність сортаменту оливо і мастил. Ці показники досить повно характеризують основні показники якості палива і оливо, які прямо залежать від діяльності інженерної служби.

Кваліфікація механізаторів має значний вплив на надійність і продуктивність роботи техніки. Цей вплив виявляється через навички з управління, якістю проведення операцій ТО і усунення несправностей. Кваліфікація оцінюється класністю, стажем роботи, ставленням до техніки, віком, освітою, місцем навчання за спеціальністю.

Оцінка якості зберігання техніки визначається видом зберігання, якістю проведення різних підготовчих операцій, дотриманням технології.

Всі ці фактори, безумовно, характеризують рівень технічної експлуатації, але зважаючи на реальний стан рівня використання техніки і ремонтно-обслуговуючої бази, необхідно уточнити перелік основних і визначальних факторів стосовно сучасних умов експлуатації.

Для уточнення переліку факторів і визначення їх ваги можна скористатися методами експертних оцінок [14].

При визначенні показника рівня технічної експлуатації тракторів K_o найбільша складність полягає в оцінці питомої ваги основних факторів і встановленні чисельних значень визначальних факторів. Вирішення цих завдань математичними методами утруднено, оскільки надзвичайна різноманітність значного числа факторів і їх поєднань робить практично неможливим збір необхідної інформації і проведення відповідних складних розрахунків. Раціональнішим способом визначення кількісних значень факторів є використання узагальненої функції бажаності Харрінгтона. В основі її побудови покладена ідея перетворення натуральних значень окремих факторів в безрозмірну шкалу бажаності або переваги [15].

Для всіх визначальних факторів слід застосовувати бальний метод оцінки, при якому рівням факторів відповідають певні кількісні показники - бали. Вибір кількості балів залежить від точності оцінювання.

Вибираємо найбільш поширену 4-х бальну систему оцінювання. Кожному балу відповідає певний рівень технічної експлуатації тракторів - високий, середній, низький, дуже низький. Чим нижче бал, тим більше сума відхилень від правил використання тракторів в реальній експлуатації в порівнянні з нормальною експлуатацією.

Фактори, що характеризують рівень технічної експлуатації тракторів, розташовуємо за рівнями узагальнення. Фактори, що відносяться до першого рівня, називаємо основними, наприклад - організація і якість технічного обслуговування, кваліфікація механізатор, характеристика парку тракторів та інші. Фактори, що відносяться до другого рівня визначальні: дотримання періодичності проведення ТО, місце проведення ТО, склад виконавців ТО та інші. Кількість цих факторів повинна бути оптимальною для забезпечення оцінки рівня технічної експлуатації тракторів з прийнятною точністю.

Потенційна технологічна надійність тракторів, що закладена при їх конструюванні, реалізується в експлуатації далеко не повністю. На даний час досить часто спостерігаються випадки недотримання правил використання і обслуговування тракторів,

що знижує ресурс їх основних агрегатів і систем. Відтак при оцінюванні надійності розрізняють нормальну експлуатацію, при якій дотримуються всі правила використання і технічного обслуговування тракторів, і рядову - з відхиленнями від цих правил.

Аналіз рядової експлуатації значної кількості тракторів показав, що можна виділити декілька основних факторів, що найбільше впливають на рівень їх надійності (табл. 1).

Таблиця 1

Фактори, що характеризують рівень технічної експлуатації тракторів	
Рівень технічної експлуатації тракторів	
Якість обкатки	Якість технічного обслуговування
Якість ремонту	Кваліфікація механізатора
Умови зберігання і якість ПММ	Якість зберігання техніки
Характеристика парку тракторів	Забезпеченість механізаторами
склад фахівців при обкатці	система виконавців ТО
дотримання правил обкатки	місце проведення ТО
місце проведення обкатки	наявність обладнання для ТО
дотримання періодичності проведення ТО	застосування очищення
виконання номенклатури операцій ТО	застосування дефектації
система виконавців ТО	забезпечення запасними частинами
місце проведення ТО	система виконавців
наявність обладнання для ТО	місце ремонту та характеристика ремонтної бази
застосування очищення	застосування діагностування
застосування дефектації	метод і форма організації ремонту
забезпечення запасними частинами	стаж роботи
система виконавців	професійна підготовка
місце ремонту та характеристика ремонтної бази	класність механізатора
застосування діагностування	дисципліна праці
метод і форма організації ремонту	ставлення до техніки
стаж роботи	дотримання сортаменту
професійна підготовка	контроль якості паливно-мастильних матеріалів
класність механізатора	механізація заправки палива
дисципліна праці	зберігання паливно-мастильних матеріалів
ставлення до техніки	місце зберігання
дотримання сортаменту	дотримання правил зберігання
контроль якості паливно-мастильних матеріалів	виконавець постановки техніки на зберігання
механізація заправки палива	кількість тракторів на 1000 га ріллі
зберігання паливно-мастильних матеріалів	середній вік парку
місце зберігання	число механізаторів на один трактор
дотримання правил зберігання	число механізаторів, що змінили 1 трактор за термін служби
виконавець постановки техніки на зберігання	
кількість тракторів на 1000 га ріллі	
середній вік парку	
число механізаторів на один трактор	
число механізаторів, що змінили 1 трактор за термін служби	

У таблиці 2 представлено приклад чотирьохбальної шкали оцінювання стану визначальних факторів рівня технічної експлуатації тракторів.

Рівень технічної експлуатації тракторів в господарствах Сумської області був оцінений в певній послідовності, а отримана інформація була занесена в спеціальну форму. Проте, в умовах експлуатації досить важко спланувати і провести дослідження так, щоб задати і дотриматись заданого значення кожного фактора на певному рівні протягом встановленого періоду. У зв'язку з відміченим, нами проведений аналіз багатофакторної комплексної дії взаємозалежних факторів на показники безвідмовності тракторів Т-150К.

Було встановлено вісім основних факторів рівня технічної експлуатації тракторів, що впливають на працездатність. Це такі фактори як: x_1 – якість експлуатаційної обкатки трактора; x_2 – організація і якість технічного обслуговування; x_3 – організація і якість ремонту; x_4 – кваліфікація механізатора; x_5 – умови зберігання і якість паливно-мастильних матеріалів; x_6 – якість зберігання техніки; x_7 – характеристика парку тракторів; x_8 – забезпеченість механізаторами.

Класифікація визначальних факторів і їх можливі стани

Найменування фактора	Можливий стан визначальних факторів, відповідний рівню технічної експлуатації тракторів			
	$\alpha = 1,00...0,90$	$\alpha = 0,89...0,64$	$\alpha = 0,63...0,38$	$\alpha = 0,37...0,20$
1. Якість експлуатаційної обкатки				
1.1. Склад фахівців при обкатці	Входить в обов'язки спеціальної бригади	Механізатор за допомоги або під спостереженням бригадира	Механізатор і помічник	Механізатор
1.2. Дотримання правил обкатки	Правила обкатки строго дотримуються	Є деякі відхилення, зокрема не завжди виконуються операції ЩТО	Після обкатки не проводиться ТО-1	Правила обкатки не дотримуються
1.3. Місце проведення обкатки	У окремому приміщенні на спеціалізованих стендах	У окремому приміщенні за допомогою підручних засобів	У дворі без спеціальних технічних засобів	Безпосередньо у роботі
2. Організація і якість технічного обслуговування				
2.1. Дотримання періодичності проведення ТО	Є чіткий графік ТО, максимальне відхилення від термінів 10%	Графік ТО є. Відхилення періодичності від встановленої 10...20%	Графік ТО є. Відхилення періодичності від встановленої 20...40%	Графіка ТО немає. Обслуговування проводиться у випадкові терміни
2.2. Виконання номенклатури операцій ТО	Перелік операцій ТО виконується повністю або допускається відхилення 10%	Виконується від 64 до 89% операцій	Виконується від 38 до 63% операцій	Перелік операцій ТО не дотримується або виконується менше 38% операцій
2.3. Склад виконавців ТО	Спеціальна бригада майстрів - налагоджувачів	Майстер - налагоджувач і механізатор	Механізатор і слюсар 2-3-го розряду	Механізатор і некваліфікований помічник
2.4. Місце проведення ТО	Стаціонарний пункт ТО	Майстерня господарства	Навіс або сарай	Випадкове непристосоване приміщення
2.5. Наявність устаткування для ТО	Стаціонарні, пересувні і діагностичні засоби	Стаціонарні або пересувні засоби, оснащені нескладним устаткуванням	Стаціонарні засоби. Засоби діагностування відсутні	Тільки інструмент механізатора

Для ухвалення рішення про остаточну кількість факторів, що впливають на працездатність тракторів, було обчислено парні коефіцієнти кореляції, що характеризують тісноту зв'язку між двома величинами. Встановлено, що на безвідмовність тракторів найбільший вплив мають чотири основні фактори, а саме: якість ремонту, кваліфікація механізатора, якість зберігання техніки і характеристика парку тракторів, які оцінюються через дванадцять визначальних факторів (табл. 1). Таким чином, саме ці чотири фактори було включено в матрицю для аналізу безвідмовності тракторів від умов експлуатації. Виконавши кодування факторів [16, 17] і провівши дробовий факторний експеримент, використовуючи програму Mat lab було отримано рівняння регресії полінома першого порядку:

$$\hat{y} = 89,9619 + 8,9289 \cdot \hat{x}_3 + 3,141 \cdot \hat{x}_4 + 1,618 \cdot \hat{x}_6 + 3,0321 \cdot \hat{x}_7. \quad (4)$$

З метою аналізу отриманої математичної моделі, провівши розкодування, отримано рівняння регресії у вигляді:

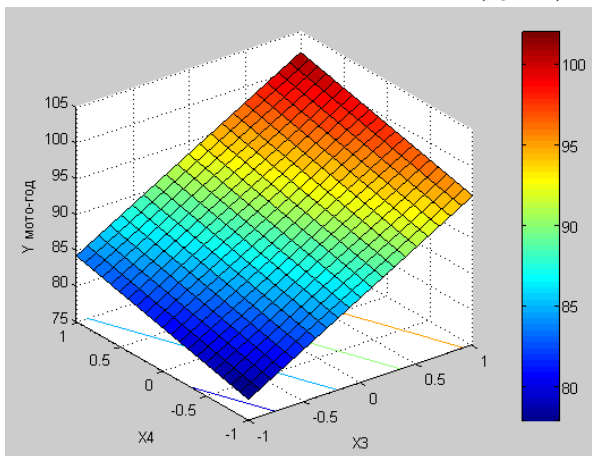
$$\hat{y} = 86,9616 + 48,7902 \cdot (k_3 - 0,672) + 31,7273 \cdot (k_4 - 0,798) + 14,5766 \cdot (k_6 - 0,772) + 19,8176 - (k_7 - 0,719) \quad (5)$$

При статистичній оцінці значимості коефіцієнтів отриманого рівняння регресії був побудований довірчий інтервал. Для чого була визначена середньоквадратична помилка коефіцієнта регресії $S_{b_i} = 5,495$ і критерій Стюденса. Табличне значення t – критерію Стюденса для рівня значимості $\alpha = 0,05$ і $f = N - 1 = 9$ складає $t = 2,262$. Довірчий інтервал: $\pm \Delta b_i = \pm 12,4297$. В отриманій математичній моделі $|b_i| > \Delta b_i$ таким чином, всі коефіцієнти рівняння регресії є значимими.

Для перевірки гіпотези про адекватність моделі визначили дисперсію адекватності і критерій Фішера. Табличне значення критерію Фішера для рівня значимості $\alpha = 0,05$ і $f_1 = 5$, $f_2 = 30$ складає $F_T = 2,53$ [16]. Оскільки $F_E < F_T$, то з довірчою ймовірністю 0,95 можна стверджувати, що експериментальне рівняння адекватно описує досліджуваний процес.

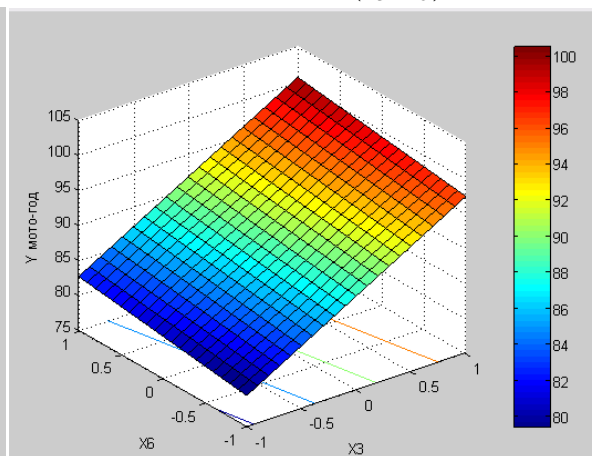
Для наочності результатів були побудовані поверхні відгуку, параметра оптимізації, для чого в математичній моделі експерименту послідовно два фактори обнуляли і розглядали два інших [17]. Для побудови графічної інтерпретації отриманої математичної моделі використовувалася програма Mat lab. Трьохвимірні перетини поверхні відгуку зображені на рис. 1. Трьохвимірні перетини дають наочне уявлення про значення критерію оптимізації, які він прийматиме при варіюванні рівнів кожної пари факторів.

Поверхня відгуку $y = f(x_3; x_4)$



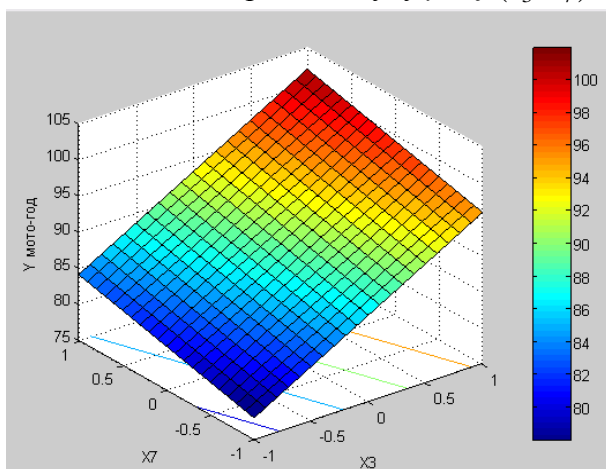
а)

Поверхня відгуку $y = f(x_3; x_6)$



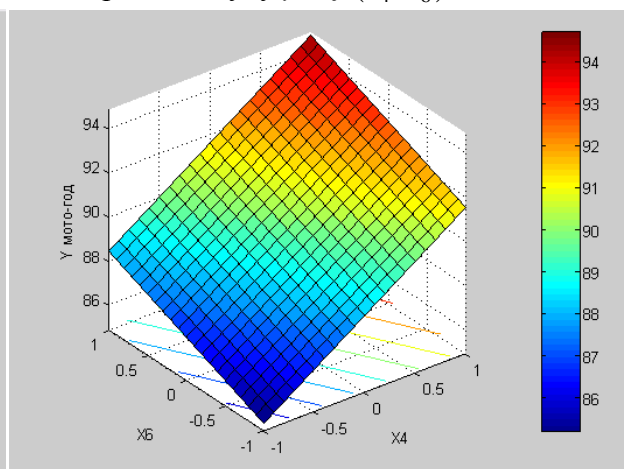
б)

Поверхня відгуку $y = f(x_3; x_7)$



в)

Поверхня відгуку $y = f(x_4; x_6)$



г)

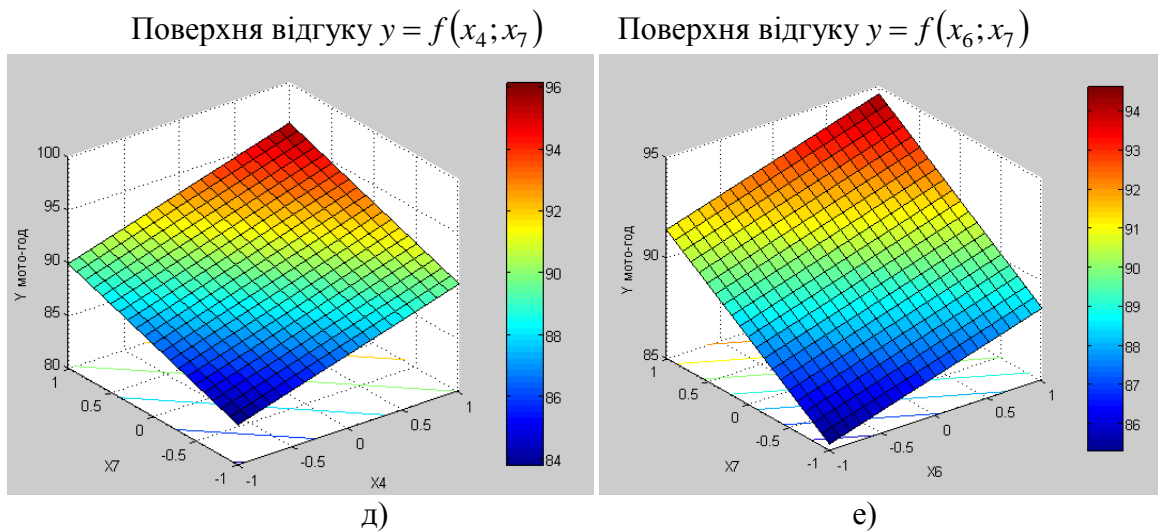


Рис. 1 – Поверхня відгуку функції, що досліджується побудована в координатах: а) – організація і якість ремонту (x_3) і кваліфікація механізатора (x_4); б) – організація і якість ремонту (x_3) і якість зберігання техніки (x_6); в) – організація і якість ремонту (x_3) і характеристика парку тракторів (x_7); г) – кваліфікація механізатора (x_4) і якість зберігання техніки (x_6); д) – кваліфікація механізатора (x_4) і характеристика парку тракторів (x_7); е) – якість зберігання техніки (x_6) і характеристика парку тракторів (x_7).

Накладенням один на одне значень отриманих відрізків на числові осі, можна встановити поєднання оптимальних діапазонів значень факторів, при яких параметр оптимізації прийматиме своє екстремальне значення. Діапазон значень факторів: x_3 , організація і якість ремонту - 0,800...0,855; фактор x_4 кваліфікація механізатора - 0,808...0,897; фактор x_6 якість зберігання техніки - 0,705...0,882; фактор x_7 характеристика парку тракторів - 0,735...0,872. Таким чином, підвищення рівня технічної експлуатації здійснюється доведенням рівнів факторів до приведених значень.

Встановлення послідовності підвищення основних факторів досягається їх ранжуванням за значущістю впливу на надійність машин.

Для оцінки ваги того або іншого фактора на підвищення напрацювання на відмову визначимо коефіцієнти еластичності кожного фактора. Величина коефіцієнта еластичності – E показує, на скільки відсотків зміниться в середньому результат, якщо фактор зміниться на 1% [16].

Для лінійної моделі коефіцієнти еластичності визначаються за формулою:

$$E_i = b_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}, \quad (6)$$

де \bar{x}_i – середнє значення i - го фактора;

\bar{y} – середнє значення напрацювання на відмову за результатами спостережень, мото-год.

Результати розрахунків коефіцієнтів еластичності представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти еластичності факторів математичної моделі

Фактор	Коефіцієнт еластичності	Вага фактора
Якість ремонту	0,388	0,39
Кваліфікація механізатора	0,301	0,30
Якість зберігання техніки	0,135	0,14
Характеристика парку тракторів	0,170	0,17

Виходячи, з отриманих коефіцієнтів еластичності отримана вага кожного фактора. Таким чином, найбільший вплив на безвідмовність тракторів має якість ремонту і при підвищенні даного фактора на 1% напрацювання на відмову в середньому зростає на 0,39%.

В той же час ми знаємо, що кожен з чотирьох основних факторів складається з набору окремих показників. Таким чином, підвищення рівня кожного основного фактора здійснюється за рахунок підвищення рівнів визначальних факторів. Раціональною є послідовність підвищення рівнів даних факторів до «високого рівня», яка забезпечує найбільш швидке підвищення рівнів основних факторів, що зрештою приведе до підвищення рівня технічної експлуатації і надійності тракторів. Проте підвищення одних визначальних показників може бути досягнуте за рахунок проведення низки організаційних заходів, а інших за рахунок реорганізації ремонтної бази, придбання сучасного устаткування, тобто показники, що вимагають значних капітальних вкладень.

Раціонально підвищувати рівень технічної експлуатації до оптимального значення в два етапи. На першому етапі йде підвищення перших двох основних факторів, підвищення яких передбачає вкладення незначних коштів, головним чином це витрати на заробітну плату робочим ремонтної майстерні і механізаторам:

- класність тракториста;
- дотримання правил зберігання техніки.

Другий етап проводиться виходячи з фінансового положення підприємства, оскільки передбачає значні грошові витрати, головним чином на придбання устаткування і реорганізацію ремонтно-обслуговуючої бази.

Висновки

1. Дослідження факторів, що впливають на рівень експлуатаційної надійності тракторів, представлені в ряді публікацій з надійності, ремонту та експлуатації машинно-тракторного парку потребують подальшого дослідження і систематизації.

2. В результаті дослідження встановлено, що потенційна технологічна надійність тракторів, що закладена при їх конструюванні, реалізується в експлуатації далеко не повністю. Аналіз рядової експлуатації дозволив встановити вісім основних факторів, що впливають на рівень технічної експлуатації: якість експлуатаційної обкатки трактора; організація і якість технічного обслуговування; організація і якість ремонту; кваліфікація механізатора; умови зберігання і якість паливно-мастильних матеріалів; якість зберігання техніки; характеристика парку тракторів; забезпеченість механізаторами.

3. При визначенні показника рівня технічної експлуатації тракторів використана функція бажаності Харрінгтона. Побудувавши модель оцінки впливу факторів на рівень технічної експлуатації тракторів на підставі регресійного аналізу, встановили, що оптимальний діапазон основних факторів становить: організація і якість ремонту - 0,800...0,855; кваліфікація механізатора - 0,808...0,897; якість зберігання техніки - 0,705...0,882; характеристика парку тракторів - 0,735...0,872. Таким чином, підвищення рівня технічної експлуатації здійснюється доведенням рівнів основних факторів до приведених значень. Встановлено, що найбільший вплив на безвідмовність тракторів має якість ремонту і при підвищенні даного фактора на 1% напрацювання на відмову в середньому зростає на 0,39%. При цьому слід зауважити, що підвищення рівня кожного основного фактора здійснюється за рахунок підвищення рівнів визначальних факторів. Встановлення послідовності підвищення основних факторів досягається їх ранжуванням за значущістю впливу на надійність машин.

Список використаних джерел

1. Анилович В.Я. Прогнозирование надежности тракторов / В.Я. Анилович, А.С.Гринченко, В.Л. Литвиненко, И.М. Чернявский / Под общ. ред. В.Я. Аниловича. – М.: Машиностроение, 1986. – 244 с.

2. Сичов І.П. Про технічний рівень сільськогосподарських машин / І.П.Сичов // Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вісник ХДТУСГ. – Х., 2000. – Вип. 4. – С. 207 – 210.
3. Козаченко О.В. Зовнішнє навантаження як чинник впливу на надійність сільськогосподарських машин / О.В. Козаченко, О.В. Блезнюк // Технічний сервіс машин для рослинництва. Технічні системи і технології тваринництва. Вісник ХНТУСГ. – Харків: Віронець А.П. «Апостроф», 2016. – Вип. 170. – С. 119 – 123.
4. Антонець Д.А. Теоретические основы количественной оценки уровня технической эксплуатации тракторов / Д.А. Антонець // Техника в сельском хозяйстве.– 1989.– № 6.– С. 6 – 7.
5. Топилин Г.Е. Оценка уровня технического сервиса тракторов по совокупности факторов / Г.Е. Топилин, С.М. Уманский, В.П. Гальцев // Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вісник ХНТУСГ. – Х., 2001. – Вип. 8. Том 1. – С. 186 – 188.
6. Забродский В.М. Резервы повышения эксплуатационной надежности тракторов // Тракторы и сельхозмашины – 1982. - №1 – С. 22 – 26.
7. Забродский В.М. Оценка уровня эксплуатации тракторов по обобщенному показателю // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 1982. - №11 – С 40 – 44.
8. Козаченко О.В. До методики випробування та прогнозування технічного стану сільськогосподарської техніки / О.В. Козаченко, О.В. Блезнюк, О.М. Шкрєгаль, О.А.Дроботенко // Технічний сервіс машин для рослинництва. Вісник ХНТУСГ. – Харків: Віронець А.П. «Апостроф», 2014. – Вип. 145. – С. 168 – 173.
9. Лебедев С.А. Оценка надежности трактора при отклонении от правил эксплуатации / С.А. Лебедев, В.Ю. Вишняк, А.В. Кот // Проблемы надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2009. – Вип. 80. – С. 53 – 60.
10. Лисунов Е.А. Оценка уровня технической эксплуатации сельскохозяйственной техники // Технический сервис в агропромышленном комплексе: Научный журнал, Выпуск №1. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2003. – С. 18 – 23.
11. Топилин Г.Е. Управление технической эксплуатацией тракторов / Г.Е. Топилин, В.М. Забродский. – К.: Урожай, 1991. – 252 с.
12. Оценка уровня технической эксплуатации тракторов: Методические указания разработанные ВНИИНАШ, НПО «НАТИ», ГОСНИТИ, Одесским филиалом НАТИ, Кишиневским СХИ им. М.В. Фрунзе. – Одесса, 1987. – 31 с.
13. Селиванов А.И. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники / А.И.Селиванов, Ю.Н.Артемов. – М.: Колос, 1978 – 248 с.
14. Добров Г.М. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании / Г.М.Добров, Ю.В. Ершов, Е.И. Левин, Л.П. Смирнов. – К.: Наукова думка, 1974. – 160 с.
15. Блезнюк О.В. Алгоритм визначення кількісних значень показників рівня технічної експлуатації / О.В. Блезнюк, А.В. Гуцело, В.О. Івлєв // Вісник СНАУ, 2016. – Вип. 10/1 (29). – С. 146 – 149.
16. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. - 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отделение, 1980. – 168 с.
17. Э. Ферстер. Методы корреляционного и регрессионного анализа. / Пер. с нем. и предисл. В.М. Ивановой. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 302 с.

References

1. Anilovich V.Y. Prognozirovanie nadezhnosti traktorov / V.Y. Anilovich, A.S. Grinchenko, V.L. Litvinenko, I.M. Chernyavskiy / Pod obsch. red. V.Y. Anilovicha. – М.: Mashinostroenie, 1986. – 244 s.

2. Sy`chov I.P. Pro texnichny`j riven` sil`s`kogospodars`ky`x mashy`n / I. P. Sy`chov // Pidvy`shhennya nadijnosti vidnovlyuyemy`x detalej mashy`n. Visny`k XDTUSG. – X., 2000. – Vy`p. 4. – S. 207 – 210.
3. Kozachenko O.V. Zovnishnye navantazhennya yak chy`nny`k vply`vu na nadijnist` sil`s`kogospodars`ky`x mashy`n / O.V. Kozachenko, O.V. Bleznyuk // Texnichny`j servis mashy`n dlya rosly`nny`chtva. Texnichni sy`stemy` i texnologiyi tvary`nny`chtva. Visny`k XNTUSG. – Xarkiv: Vironecz` A.P. «Apostrof», 2016. – Vy`p. 170. – S. 119 – 123.
4. Antonets D.A. Teoreticheskie osnovyi kolichestvennoy otsenki urovnya tehnicheckoy ekspluatatsii traktorov / D.A. Antonets // Tehnika v sel'skom hozyaystve.– 1989.– № 6.– S. 6 – 7.
5. Topilin G.E. Otsenka urovnya tehnicheckogo servisa traktorov po sovokupnosti faktorov / G.E. Topilin, S.M. Umanskiy, V.P. Galtsev // Pidvy`shhennya nadijnosti vidnovlyuyemy`x detalej mashy`n. Visny`k XNTUSG. – X., 2001. – Vy`p. 8. Tom 1. – S. 186 – 188.
6. Zabrodskiy V.M. Rezervyi povyisheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti traktorov // Traktory i sel'hozmashiny – 1982. - № 1 – S. 22 – 26.
7. Zabrodskiy V.M. Otsenka urovnya ekspluatatsii traktorov po obobschennomu pokazatelyu // Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaystva – 1982. - № 11 – S. 40 – 44.
8. Kozachenko O.V. Do metody`ky` vy`probuvannya ta prognozuvannya texnichnogo stanu sil`s`kogospodars`koyi texniki` / O.V. Kozachenko, O.V. Bleznyuk, O.M. Shkregal`, O.A.Drobotenko // Texnichny`j servis mashy`n dlya rosly`nny`chtva. Visny`k XNTUSG. – Xarkiv: Vironecz` A.P. «Apostrof», 2014. – Vy`p. 145. – S. 168 – 173.
9. Lebedev S.A. Otsenka nadezhnosti traktora pri otklonenii ot pravil ekspluatatsii / S.A. Lebedev, V.Yu. Vishnyak, A.V. Kot // Visny`k Xarkivs`kogo nacional`nogo texnichnogo universy`tetu sil`s`kogo gospodarstva im. P.Vasy`lenka. – 2009. Vy`p. 80: Problemy` nadijnosti mashy`n ta zasobiv mexanizatsiyi sil`s`kogospodars`kogo vy`robny`chtva. – S. 53 – 60.
10. Lisunov E.A. Otsenka urovnya tehnicheckoy ekspluatatsii sel'skohozyaystvennoy tehniki. // Tehnicheckiy servis v agropromyshlennom komplekse: Nauchnyy zhurnal, Vyipusk №1. – M.: FGOU VPO MGAU, 2003. – S. 18 – 23.
11. Topilin G.E., Zabrodskiy V.M. Upravlenie tehnicheckoy ekspluatatsiyey traktorov / G.E. Topilin, V.M. Zabrodskiy. – K.: Urozhay, 1991. – 252 s.
12. Otsenka urovnya tehnicheckoy ekspluatatsii traktorov: Metodicheskie ukazaniya razrabotannyye VNIINMASH, NPO «NATI», GOSNITI, Odesskim filialom NATI, Kishinevskim SHI im. M.V. Frunze. – Odessa, 1987. – 31 s.
13. Selivanov A.I. Teoreticheskie osnovyi remonta i nadezhnosti sel'skohozyaystvennoy tehniki / A.I. Selivanov, Yu.N. Artemev. – M.: Kolos, 1978 – 248 s.
14. Dobrov G.M. Ekspertnyie otsenki v nauchno-tehnicheckom prognozirovanii / G.M. Dobrov, Yu.V. Ershov, E.I. Levin, L.P. Smirnov. – K.: Naukova dumka, 1974. – 160 s.
15. Bleznyuk O.V. Algory`tm vy`znachennya kil`kisny`x znachen` pokazny`kiv rivnya texnichnoyi ekspluatatsiyi / O.V. Bleznyuk, A.V. Gucelo, V.O. Ivlyev // Visny`k SNAU, 2016. – Vy`p. 10/1 (29). – S. 146 – 149.
16. Melnikov S.V. Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skohozyaystvennyih protsessov / S.V. Melnikov, V.R. Aleshkin, P.M. Roschin. - 2-e izd., pererab. i dop. – L.: Kolos. Leningr. otделение, 1980. – 168 s.
17. E. Ferster. Metodyi korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza. / Per. s nem. i predisl. V.M. Ivanovoy. – M.: Finansyi i statistika, 1983. – 302 s.