Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, 95-101
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2019.03.095-101

УДК 614.82: 620.191

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТНОГО РИЗИКУ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ З ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ ДЕТАЛЕЙ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

О. В. Войналович[1], М. М. Мотрич[1], В. О. Тімочко[2]

[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
[2]Львівський національний аграрний університет, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція авторів: voynalov@bigmir.net

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – серпень 2019.
Бібл. 21, рис. 4, табл. 0.

Анотація. Показано, що для обґрунтування продовження термінів експлуатації машини поза встановлений розробниками ресурс необхідно орієнтуватися на допустимі ризики щодо настання аварійних ситуацій, які можуть призвести до нещасних випадків. Адже нині для мобільної сільськогосподарської техніки, експлуатація якої належить до робіт підвищеної небезпеки, поняття допустимого (прийнятного) ризику не застосовують, що не дозволяє оцінити небезпеку перебування на полях, фермах і дорогах машин без технічних засобів безпеки, з вичерпанням встановленого ресурсу.

Мета досліджень – обґрунтувати допустимий ризик експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки, у масиві деталей та елементів конструкцій якої накопичилися дефекти (пошкодження).

У даній роботі проаналізовано кінетику накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей окремих вузлів (систем) тракторів. Як об’єкт досліджено було вибрано трактори МТЗ-80(82), як одні з найбільш поширених в Україні. Для виявлення тріщин використано розроблений вихорострумовий дефектоскоп, чутливість якого дозволяла знаходити тріщини довжиною кілька міліметрів та більші без підготовки поверхні контрольованих деталей.

Показано, що кінетичні залежності накопичення експлуатаційних дефектів у деталях вузлів тракторів у проаналізованому діапазоні тривалості експлуатації є монотонно збільшуваними, які можна описати експоненційними функціями з достатньо високою достовірністю. Відмічено, що отримані залежності подібні до кінетичних залежностей накопичення статичного і динамічного (втомного) пошкодження, отриманих в результаті лабораторних випробувань зразків конструкційних матеріалів, що дозволяє використати підходи щодо критеріїв граничного стану лабораторних зразків внаслідок силового навантажування для встановлення граничних термінів експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки.

Разом з тим кінетика інтенсивності зародження експлуатаційних тріщин у масиві деталей тракторів не є монотонною і має максимум у діапазоні близько 11-13 років експлуатації. Даний термін експлуатації може бути використаний як критерій для припинення експлуатації трактора, проведення дефектоскопії деталей та заміни дефектних деталей. За такої тривалості експлуатації трактора існує найбільша ймовірність раптового зруйнування вузлів трактора та створення аварійних ситуацій.

Ключові слова: діагностування технічного стану, експлуатаційні дефекти, ризик експлуатації, мобільна сільськогосподарська техніка, нещасні випадки.

Постановка проблеми

Згідно з чинними нормативно-правовими актами з охорони та гігієни праці [1] роботодавець повинен відстежувати та оцінювати технічний стан виробничого обладнання (машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки), забезпечуючи їх безпечну експлуатацію. Зокрема, необхідно дотримуватися призначеного терміну експлуатації (ресурсу) машин (механізмів) підвищеної небезпеки, у разі досягнення якого їх виводять з експлуатації, проводять експертне обстеження для ухвалення рішення щодо встановлення нового строку експлуатації з проведенням або без проведення ремонту.

Важливим є не лише встановлення ступеню працездатності машини (механізму), але й визначення величини ризику її експлуатації для оператора чи інших працівників, яка має не перевищувати прийнятного рівня. Нині прийнятні рівні ризику встановлено загалом для галузей та підгалузей економіки на основі статистичних даних про виробничий травматизм, а також для великих об’єктів підвищеної небезпеки атомної енергетики, хімічної і металургійної промисловості [2, 3]. Для мобільної сільськогосподарської техніки, експлуатація якої також належить до робіт підвищеної небезпеки, поняття допустимого (прийнятного) ризику не застосовують, що не дозволяє оцінити небезпеку перебування на полях, фермах і дорогах машин без технічних засобів безпеки, з вичерпанням встановленого ресурсу.

Аналіз останніх досліджень

Діагностування технічного стану машин (механізмів) та прогнозування безаварійності їх експлуатації тісно пов'язані між собою [4]. Встановлюючи граничні терміни експлуатації машин потрібно опиратися не лише на міцнісні та економічні показники [5], а й враховувати базові положення концепції ризику, що дозволить обґрунтувати ресурс безпечної експлуатації [6]. Поряд з термінами «міцність», «ресурс», «надійність» розробники техніки і експлуатаційники повинні оцінювати «безпеку», «ризик» та «захищеність» працівників. І це має стосуватися не лише важливих і критично важливих виробничих об'єктів, а й машин тривалої експлуатації.

Для розрахунку показників ризику і безпеки варто застосовувати результати досліджень дефектності матеріалів та елементів конструкцій [7], адже зі збільшенням тривалості експлуатації машини ризики аварійних ситуацій через накопичення експлуатаційних дефектів неперервно зростають.

Аналіз науково-технічної літератури [8-10] показує, що якщо для високоризикових інженерних об'єктів (атомні станції, турбоагрегати, літальні апарати, трубопроводи тощо) реальна ймовірність аварій перевищує запроектовану, то мобільна сільськогосподарська техніка часто перебуває в експлуатації, навіть якщо реальне напрацювання мото-годин перевищує ресурс машин у кілька разів [11, 12].

Для діагностування технічного стану машин під час регламентних робіт нині використовують традиційні та нові методи і засоби – оптичні, фізичні, механічні тощо [13, 14]. Практично відсутні універсальні методи, що дозволяють виявляти кілька параметрів дефектів, а найбільш поширені методи – зовнішній огляд та магнітопорошкова дефектоскопія – дозволяють виявляти лише великі дефекти, коли ризик пошкодження вже високий [15].

Мета досліджень

Обґрунтувати допустимий ризик експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки, у масиві деталей та елементів конструкцій якої накопичилися дефекти (пошкодження).

Результати досліджень

Згідно з Технічним регламентом безпеки машин, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 р. № 62, у деталях машин потрібно відстежувати відсутність механічних пошкоджень та дефектів, що впливають на безпеку виконання робіт, зокрема безпеку дорожнього руху. Технічно справний стан трактора (машини) регламентують «Вимоги до технічного стану тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо-будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів», затверджені наказом Міністерства аграрної політики України від 06.05.2009 р. № 316. Багато у чому справність машини визначають експлуатаційні тріщини (дефекти), які зароджуються і поширюються у деталях і елементах конструкцій внаслідок корозійно-силового навантажування.

У даній роботі було проаналізовано кінетику накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей окремих вузлів (систем) трактора. Як об'єкт досліджено було вибрано трактори МТЗ-80(82), як одні з найбільш поширених в Україні.

Для виявлення тріщин було використано розроблений вихорострумовий дефектоскоп, чутливість якого дозволяла знаходити тріщини довжиною кілька міліметрів та більші без очищання і підготовки поверхні контрольованих деталей. Це дало змогу дослідити наявність дефектів у понад 1200 деталей 50 тракторів різних років випуску. Дефектоскопічний контроль проводили під час капітальних ремонтів тракторів із розбиранням окремих вузлів.

На використаному в даній роботі дефектоскопі було улаштовано ступеневий перемикач чутливості, щоб під час контролю змінювати мінімальний розмір знайдених тріщин у діапазонах відповідно від 3, 5 і 7 мм довжиною (умовно названих малого, середнього і великого розміру залежно від перерізу деталі у місці контролю). Внаслідок такого методичного підходу було побудовано як кінетичні залежності накопичення накопичення експлуатаційних дефектів у деталях вузлів із зростанням тривалості експлуатації тракторів [16, 17], так і кінетичні залежності інтенсивності зародження малих тріщин у масиві контрольованих деталей.

На рис. 1 представлено кінетичні залежності накопичення експлуатаційних дефектів у деталях рульового керування та навісного пристрою тракторів МТЗ-80(82). Як ординату графіків вибрано відносну кількість виявлених дефектів $\boldsymbol{n}$ у загальній кількості деталей трактора $\boldsymbol{N}$, які пройшли дефектоскопічний контроль: $\boldsymbol{P = n/ N}$. Вздовж осі абсцис відкладено відносну тривалість експлуатації тракторів $\boldsymbol{D}$, розраховану щодо базової $\boldsymbol{N_{баз}}$, яку в роботі було призначено 17 років, що більше ніж у 2,5 рази перевищує встановлений виробником ресурс даної марки тракторів: $\boldsymbol{D = N_{екс}/N_{баз}}$.

Представлені діаграми у проаналізованому діапазоні тривалості експлуатації є монотонно збільшуваними, які доцільно описувати експоненційними функціями з достатньо високою достовірністю апроксимації $\boldsymbol{R^2}$.

Можна відмітити, що отримані кінетичні залежності експлуатаційних дефектів у масиві деталей тракторів подібні до кінетичних залежностей накопичення статичного і динамічного (втомного) пошкодження, отриманих в результаті лабораторних випробувань зразків конструкційних матеріалів [18, 19]. Основною відмінністю є те, що залежності накопичення пошкодження у лабораторних зразках відповідають фізичним закономірностям розвитку процесу накопичення у матеріалі руйнівної енергії у вигляді мікропластичних деформацій, що розташовані розсіяно у структурі конструкційного матеріалу. Але формальна аналогія, наприклад щодо розсіяного розташування деталей з тріщинами у масиві деталей вузлів трактора, дозволяє використати підходи щодо крите-

ріїв граничного стану лабораторних зразків внаслідок силового навантажування для встановлення граничних термінів експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки.

Одним з таких підходів для оцінення граничного стану конструкційного матеріалу у механіці руйнування є застосування кінетичної характеристики пошкодження у координатах: параметр Херста – довговічність зразка. Показник Херста *H* розглядають як характерний параметр накопичення здеформованості поверхні, що є кількісною оцінкою зв'язку рельєфу здеформованої поверхні з інтенсивністю силового навантажування. Дослідженнями встановлено, що граничне значення параметра Херста $H_{гран}$ для кінетичних залежностей накопичення статичного і динамічного (втомного) пошкодження становить близько 0,8.

У даній роботі для обґрунтування граничних значень ризику використання (граничних термінів експлуатації) мобільної сільськогосподарської техніки було отримано кінетичні залежності інтенсивності накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей тракторів МТЗ-80(82). Для цього методом ступінчастого перемикання чутливості дефектоскопа під час контролю окремих деталей певного поперечного перерізу було виявлено кількість малих тріщин, які за припущенням сформувалися протягом одного року експлуатації трактора. Кінетичні залежності інтенсивності накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей тракторів МТЗ-80(82) представлено на рис. 2. Лінію тренду описано поліномомом 4 ступеню з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,7$.

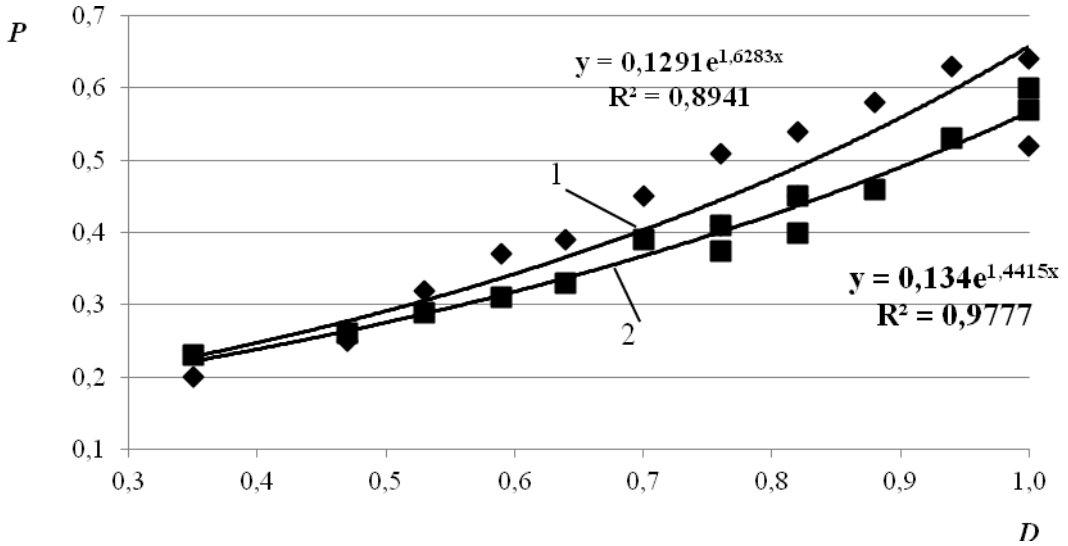

Рис. 1. Кінетичні залежності накопичення експлуатаційних дефектів у деталях рульового керування (крива 1) та навісного пристрою (крива 2) тракторів МТЗ-80(82).

Fig. 1. The kinetic dependence of the accumulation of operating defects in power steering components (curve 1) and attachment device (curve 2) tractors MTZ-80(82).

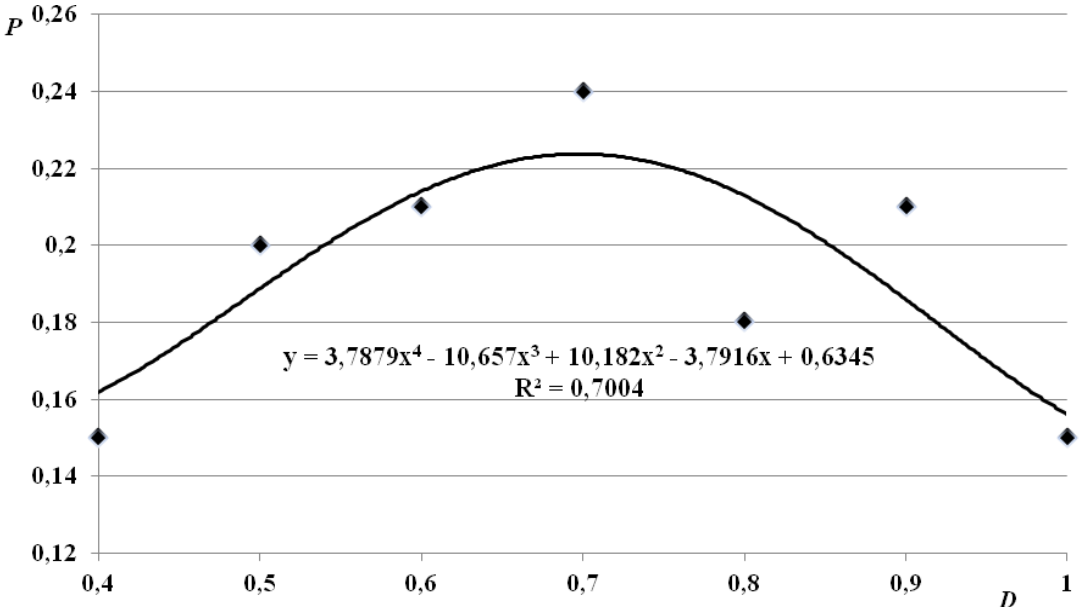

Рис. 2. Кінетичні залежності інтенсивності накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей тракторів МТЗ-80(82).

Fig. 2. The kinetic dependence of intensity of accumulation of operational defects in the array of parts of tractors MTZ-80(82).

Графік на рис. 2 показує, що кінетика інтенсивності зародження експлуатаційних тріщин у масиві деталей тракторів характеризується максимумом у діапазоні 0,6-0,7 відносної тривалості експлуатації, що становить 11-13 років. Такий показник можна вибрати критерієм щодо припинення експлуатації трактора для проведення дефектоскопії деталей і заміни деталей з виявленими дефектами. Максимум графіка відповідає найбільшій ймовірності розсіяного пошкодження у масиві деталей трактора, а отже максимальному ризику раптового зруйнування вузлів трактора, що може призвести до аварійних ситуацій (нещасних випадків) на механізованих (транспортних) роботах.

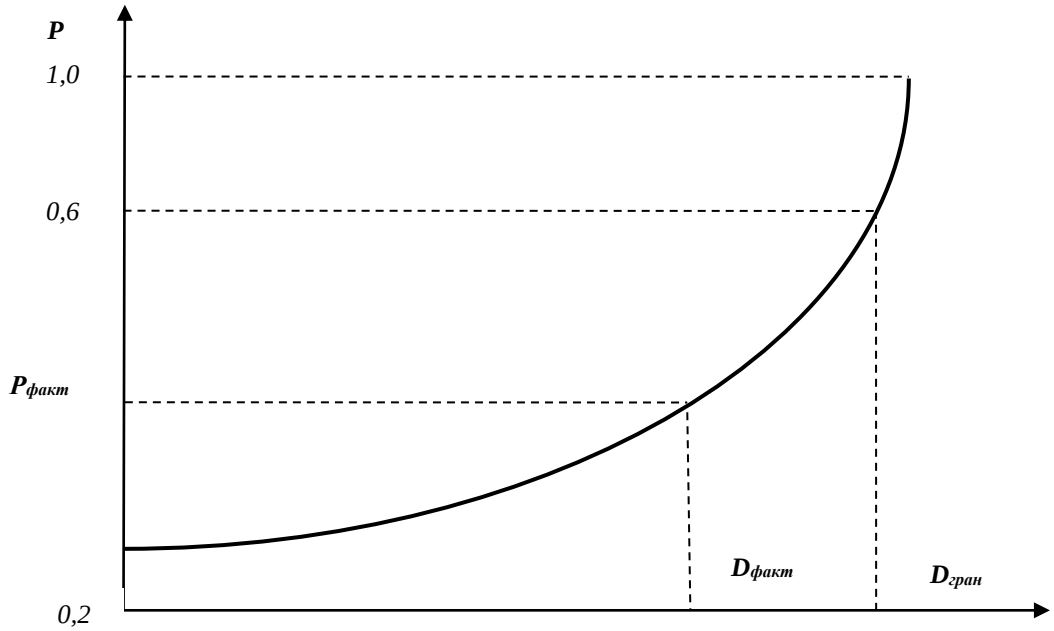

Рис. 3. Схема методу оцінення залишкового ресурсу тракторів після їх тривалої експлуатації.
Fig. 3. Scheme of the method of estimating the residual life of tractors after their continuous operation.

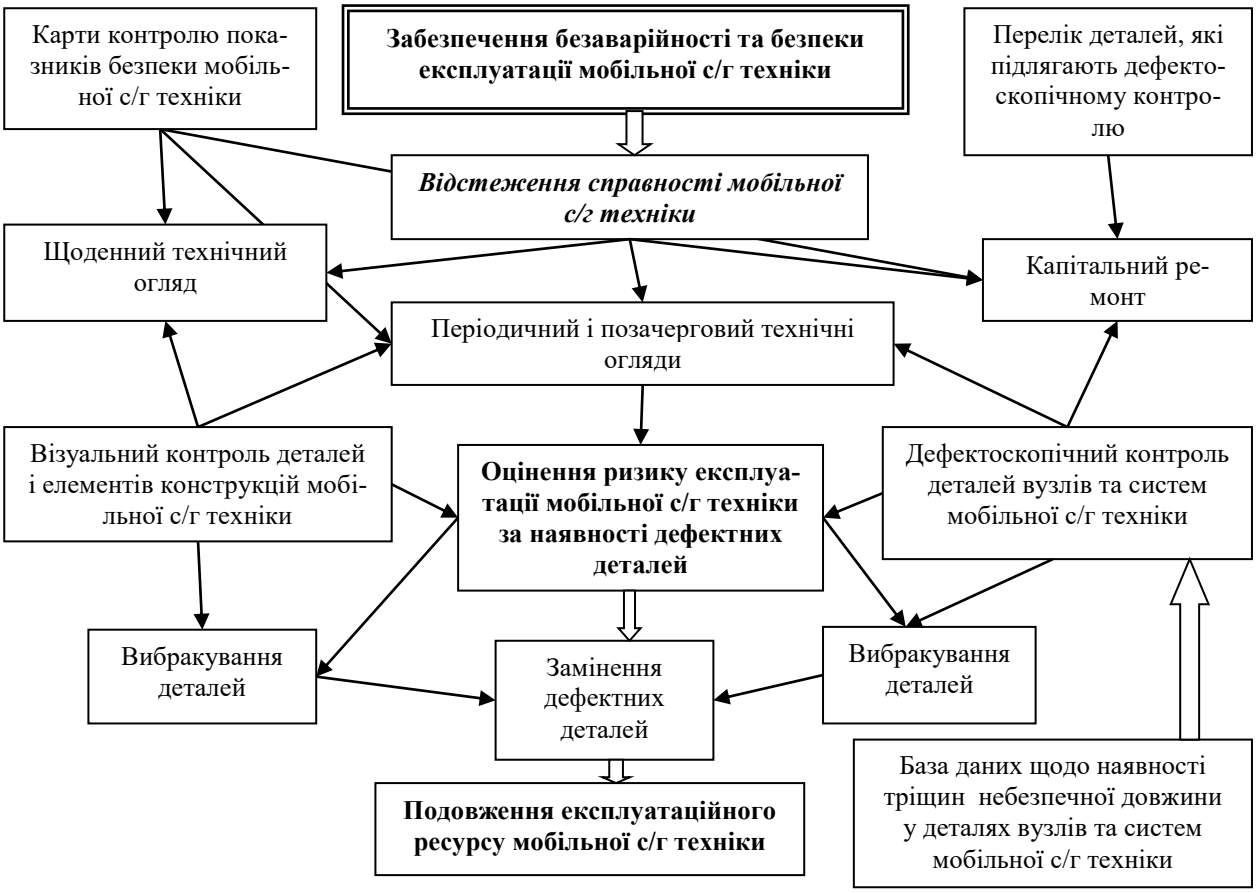

Рис. 4. Алгоритм оцінення справності мобільної сільськогосподарської техніки.
Fig. 4. Algorithm health evaluation for mobile agricultural machinery.

На рис. 3 представлено схему для ілюстрації методу оцінення залишкового ресурсу ($D_{гран}$ - $D_{факт}$) трактора після певної тривалості $D_{факт}$ експлуатації на основі кінетичної діаграми накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей тракторів МТЗ-80(82). Для оцінення фактичної тривалості експлуатації трактора $D_{факт}$ проводять дефектоскопічний контроль певної кількості (масиву) деталей трактора, визначають їх відносну кількість $P_{факт}$ у загальній сукупності досліджених деталей, провівши горизонталь до графіка накопичення експлуатаційних тріщин, як це показано на рис. 3.

Для опрацювання (зниження) виробничих ризиків використовують концепцію ризику ALARM [20, 21], що передбачає не лише визначення ризиків, а й комплекс заходів для їх зниження до допустимого рівня. Одним з них є запровадження дефектоскопічного контролю під час час оглядів та експертного обстеження машин та механізмів. Алгоритм виявлення наявності експлуатаційних дефектів у мобільній сільськогосподарській техніці представлено на рис. 4.

Висновки

1. Показано, що кінетичні залежності накопичення експлуатаційних дефектів у деталях вузлів тракторів у проаналізованому діапазоні тривалості експлуатації є монотонно збільшуваними, які можна описати експоненційними функціями з достатньо високою достовірністю.

2. Кінетика інтенсивності зародження експлуатаційних тріщин у масиві деталей тракторів характеризується максимумом у діапазоні 0,6-0,7 відносної тривалості експлуатації, що становить 11-13 років. Цей максимум відповідає найбільшій ймовірності розсіяного пошкодження у масиві деталей трактора, а отже максимальному ризику раптового зруйнування вузлів трактора, що може призвести до аварійних ситуацій (нещасних випадків) на механізованих (транспортних) роботах. Його можна вибрати критерієм щодо припинення експлуатації трактора для дефектоскопії деталей і заміни деталей з виявленими дефектами.

Список літератури

1. Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 28.12.2017 р. № 2072.

2. *Белодеденко С. В.* Развитие методов расчета и исследований прочности металлургического оборудования. Металлургическая и горнорудная промышленность. 2009. № 4. С. 94-98.

3. *Бегун В. В.* Задача определения текущего риска объекта повышенной опасности. Математичні машини і системи. 2011. № 1. С. 120-126.

4. *Махутов Н. А., Петров В. П., Ахметханов Р. С., Дубинин Е. Ф., Куксова В. И.* Некоторые вопросы развития систем упреждающей диагностики. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2010. № 4. С. 22-48.

5. *Гаденин М. М.* Многопараметрический анализ условий безопасной эксплуатации и защищенности машин и конструкций по критериям прочности, ресурса и живучести. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2012. № 6. С. 50-56.

6. *Махутов Н. А.* Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука. 2017. 724 с.

7. *Питухин А. В., Скобцов И. Г., Хвоин Д. А.* Исследование влияния технологических дефектов на прочность защитного каркаса кабины колесного трелевочного трактора. Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2010. № 1. С. 89-92.

8. *Цыгичко В. Н., Черешкин Д. С.* Безопасность критически важных объектов транспортного комплекса. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing. 2014. 224 с.

9. *Левашов С. П., Шкрабак В. С.* Профессиональный риск: методология мониторинга и анализа. Курган. 2015. 308 с.

10. *Бєгун В. В.* Впровадження інформаційних технологій у сферу безпеки. Науково-технічна інформація. 2016. № 1. С. 40-46.

11. *Скобцов И. Г.* Оценка несущей способности устройства защиты оператора лесопромышленного трактора с позиций механики разрушения. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2015. № 2-1. С. 1-10.

12. *Рогач Ю. П.* Особливості визначення індивідуального професійного ризику при роботі операторів мобільної техніки. Геотехнічна механіка : міжвід. зб. наук. пр. Дніпропетровськ. 2015. Вип. 125. С. 262-268.

13. *Bannikov M. V., Naimark O. B., Oborin V. A.* Experimental investigation of crack initiation and propagation in high- and gigacycle fatigue in titanium alloys by study of morphology of fracture. Frattura ed Integrità Strutturale. 2016. Vol. 10. Iss. 35. P. 50-56.

14. *Сергеев Р. Н., Харчикова Ю. В.* Мобильный цифровой спекл-интерферометр с непрерывным лазером для регистрации деформационных полей перемещений и дефектоскопии конструкционных материалов. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. № 4. С. 216–220.

15. *Войналович О. В., Гнатюк О. А., Мотрич М. М.* Засоби виявлення експлуатаційних дефектів у деталях сільськогосподарських агрегатів для запобігання аваріям та нещасним випадкам. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 262. С. 45-56.

16. *Georgiy Pisarenko, Oleksandr Voinalovych, Ivan Rogovskii, Myhailo Motrich.* Probability of boundary exhaustion of resources as factor of operational safety for agricultural aggregates. 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”, Jelgava, Latvia, 22-24.05.2019. P. 199-205.

17. *Полянський О. С., Войналович О. В., Мотрич М. М.* Оцінення небезпеки експлуатації сільськогосподарських агрегатів за даними дефектоскопії деталей. Вісник Харківського національного техніч-

ного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Випуск 190. С. 185-192.

18. *Писаренко Г. Г., Войналович О. В., Майло А. М.* Закономірності накопичення нелокалізованого пошкодження у поверхневих шарах конструкційних матеріалів. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2018. Вип. 282. С. 208-218.

19. *Pisarenko G. S., Voinalovich O. V., Mailo A. M.* Stochastic regularities in the non-contact determination of local strains in the surface layer of steel 45 under high-cycle loading. Матеріали XIX Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта» (19-22 червня 2018 р.). К.: КПІ. 2018. С. 11-13.

20. Lysiuk M. O. Management of risk safety of labor on different levels. Проблеми охорони праці в Україні: Збірник наукових праць. Київ: ДУ «ННДІПБОП». 2018. Вип. 34. С. 95-105.

21. Донець О. М., Савельєва Т. В., Урецька Ю. І. Використання міжнародних стандартів в управлінні ризиками. Збірник наукових праць: Управління розвитком складних систем. Київ: КНУБА. 2011. Вип. 6. С. 36-42.

References

1. Safety and health requirements when using production equipment by employees. (2017). Approved by the order of the Ministry of Social Policy of Ukraine from 28.12.2017. № 2072.

2. *Belodedenko S. V.* (2009). Development of methods for calculating and researching the strength of metallurgical equipment. Metallurgical and mining industry. № 4. 94-98.

3. *Begun V. V.* (2011). The task of determining the current risk of an object of increased danger. Mathematical machines and systems. № 1. 120-126.

4. *Mahutov N. A., Petrov V. P., Ahmethanov R. S., Dubinin E. F., Kuksova V. I.* (2010). Some issues of the development of proactive diagnostic systems. Security issues and emergency situations. № 4. 22-48.

5. *Gadenin M. M.* (2012). Multiparameter analysis of the conditions of safe operation and security of machines and structures according to the criteria of strength, resource and survivability. Security issues and emergency situations. № 6. 50-56.

6. *Mahutov N. A.* (2017). Safety and risks: system research and development. Novosibirsk: Science. 724.

7. *Pituhin A. V., Skobtsov I. G., Hvoin D. A.* (2010). Investigation of the influence of technological defects on the strength of the protective frame of the cab of a wheeled tractor. Vestnik MGUL - Lesnoy Vestnik. № 1. 89-92.

8. *Tsyigichko V. N., Chereshkin D. S.* (2014). Safety of critical transportation facilities. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing. 224.

9. *Levashov S. P., Shkrabak V. S.* (2015). Occupational risk: monitoring and analysis methodology. Kurgan. 308.

10. *Begun V. V.* (2016). Implementation of information technologies in the sphere of security. Scientific and technical information. № 1. 40-46.

11. *Skobtsov I. G.* (2015). Evaluation of the bearing capacity of the protection device of the operator of the forestry tractor from the standpoint of the mechanics of destruction. Don Scientific Engineering Journal of Engineering. № 2-1. 1-10.

12. *Rohach Yu. P.* (2015). Features of determination of individual professional risk at work of operators of mobile equipment. Geotechnical Mechanics: An Interagency Collection of Scientific Papers. Dnipropetrovsk. Вип. 125. 262-268.

13. *Bannikov M. V., Naimark O. B., Oborin V. A.* (2016). Experimental investigation of crack initiation and propagation in high- and gigacycle fatigue in titanium alloys by study of morphology of fracture. Frattura ed Integrità Strutturale. Vol. 10. Iss. 35. 50-56.

14. *Sergeev R. N., Harchikova Yu. V.* (2012). Mobile digital speckle interferometer with a continuous laser for recording the deformation fields of displacements and flaw detection of structural materials. Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. № 4. 216–220.

15. *Voinalovich O. V., Hnatiuk O. A., Motrich M. M.* (2017). Means of detection of operational defects in details of agricultural units for prevention of accidents. Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: APC Engineering and Energy. Vol. 262. 45-56.

16. *Georgiy Pisarenko, Oleksandr Voinalovych, Ivan Rogovskii, Myhailo Motrich.* (2019). Probability of boundary exhaustion of resources as factor of operational safety for agricultural aggregates. 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”, Jelgava, Latvia, 22-24.05.2019. 199-205.

17. *Polyansky A. S., Voinalovich O. V., Motrich M. M.* (2018). Estimation of the danger of operation of agricultural units according to the details of flaw detection. Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Peter Vasylenko. Vol. 190. 185-192.

18. *Pisarenko G. G., Voinalovich O. V., Mailo A. M.* (2018). Patterns of accumulation of non-localized damage in the surface layers of structural materials. Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: APC Engineering and Energy. Vol. 282. 208-218.

19. *Pisarenko G. G., Voinalovich O. V., Mailo A. M.* (2018). Stochastic regularities in the non-contact determination of local strains in the surface layer of steel 45 under high-cycle loading. Proceedings of the XIXth International Scientific and Technical Conference "Progressive Engineering, Technology and Engineering Education" (June 19-22, 2018). K.: KPI. 11-13.

20. Lysiuk M. O. (2018). Management of risk safety of labor on different levels. Labor Protection Problems in Ukraine: Collection of Scientific Papers. K: State Institution «NRIISLP». Vol. 34. 95-105.

21. *Donets O. M., Savelieva T. V., Uretska Yu. I.* (2011). Use of international standards in risk management. Proceedings: Management of the development of complex systems. K.: KNUCEA. Vol. 6. 36-42.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИЕМЛЕМОГО РИСКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ДЕТАЛЕЙ И ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

А. В. Войналович, М. М. Мотрич, В. О. Тимочко

Аннотация. Показано, что для обоснования продления сроков эксплуатации машины за установленным изготовителями ресурсом необходимо ориентироваться на допустимые риски аварийных ситуаций, которые могут привести к несчастным случаям. В данное время для мобильной сельскохозяйственной техники, эксплуатация которой относится к работам повышенной опасности, понятие допустимого (приемлемого) риска не применяют, что не позволяет оценить опасность пребывания на полях, фермах и дорогах машин без технических средств безопасности, с исчерпанием установленного ресурса.

Цель исследований - обосновать допустимый риск эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники, в массиве деталей и элементов конструкций которой накопились дефекты (повреждения).

В данной работе проанализирована кинетика накопления эксплуатационных дефектов в массиве деталей отдельных узлов (систем) тракторов. В качестве объекта исследований выбран трактор МТЗ-80(82), как один из наиболее распространенных в Украине. Для выявления трещин был использован разработанный вихретоковый дефектоскоп, чувствительность которого позволяла находить трещины длиной несколько миллиметров и больше без подготовки поверхности контролируемых деталей.

Показано, что кинетические зависимости накопления эксплуатационных дефектов в деталях узлов тракторов в проанализированном диапазоне продолжительности эксплуатации являются монотонно увеличивающимися, которые можно описать экспоненциальными функциями с достаточно высокой достоверностью.

Отмечено, что полученные зависимости подобны кинетическим зависимостям накопления статического и динамического (усталостного) повреждения, полученным в результате лабораторных испытаний образцов конструкционных материалов, что позволяет использовать подходы для определения критериев предельного состояния лабораторных образцов для установления предельных сроков эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники.

Вместе с тем кинетика интенсивности зарождения эксплуатационных трещин в массиве деталей тракторов не является монотонной и имеет максимум в диапазоне около 11-13 лет эксплуатации. Данный срок эксплуатации может быть использован в качестве критерия для прекращения эксплуатации трактора, проведения дефектоскопии деталей и замены дефектных деталей. При такой продолжительности эксплуатации трактора существует наибольшая вероятность внезапного разрушения узлов трактора и создания аварийных ситуаций.

Ключевые слова: диагностика технического состояния, эксплуатационные дефекты, риск эксплуатации, мобильная сельскохозяйственная техника, несчастные случаи.

SUBSTANTIATION OF THE ACCEPTABLE RISK OF USE OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY WITH OPERATIONAL DAMAGE TO DETAILS AND STRUCTURAL ELEMENTS

O. V. Voinalovych, M. M. Motruch, V. O. Timochko

Abstract. It is shown that in order to justify the extension of the life of the machine beyond the resource set by the manufacturers, it is necessary to focus on the acceptable (permissible) risks of emergency situations that can lead to accidents. At present, for mobile agricultural equipment, the operation of which relates to work of increased danger, the concept of acceptable risk is not used, it does not allow assessing the danger of staying on fields, farms and roads of machinery without technical safety equipment, with the exhaustion of the established resource.

The purpose of the research is to justify the permissible risk of the operation of mobile agricultural machinery, in the array of parts and structural elements of which defects (damage) have accumulated.

In this work, the kinetics of accumulation of operational defects in the array of parts of individual nodes (systems) of tractors is analyzed. The tractor MTZ-80(82) was chosen as the object of research, as one of the most common in Ukraine. To identify cracks, the developed eddy current flaw detector was used, the sensitivity of which made it possible to find cracks several millimeters in length and more without preparing the surface of the parts to be inspected.

It is shown that the kinetic dependences of the accumulation of operational defects in the details of tractor units in the analyzed range of operating durations are monotonically increasing, which can be described by exponential functions with a fairly high reliability.

It was noted that the obtained dependences are similar to the kinetic dependences of the accumulation of static and dynamic (fatigue) damage obtained as a result of laboratory tests of samples of structural materials, which allows us to use approaches to determine the criteria for the limiting state of laboratory samples to establish the maximum life of mobile agricultural equipment.

At the same time, the kinetics of the intensity of the initiation of operational cracks in the array of tractor parts is not monotonic and has a maximum in the range of about 11-13 years of operation. This period of operation can be used as a criterion for stopping the operation of the tractor, performing flaw detection of parts and replacing defective parts. With such a duration of operation of the tractor, there is the greatest likelihood of sudden destruction of tractor units and the creation of emergency situations.

Key words: diagnostics of technical condition, operational defects, operational risk, mobile agricultural machinery, accidents

О. В. Войналович ORCID 0000-0002-9321-2672.
М. М. Мотрич ORCID 0000-0002-2012-0427.
В. О. Тімочко ORCID 0000-0003-0642-1570.