

УДК 614.82:620.191

## **ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ОЦІНЕННЯ РИЗИКУ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРІВ**

*Войналович О. В., Мотрич М. М., Єременко О. І., Зубок Т. О.  
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Задачі діагностування технічного стану машин та прогнозування безаварійності їх подальшої експлуатації тісно пов'язані між собою. Щоб обґрунтувати ресурс безпечної експлуатації машин, потрібно опиратися не лише на міцнісні, надійнісні та економічні показники, а й враховувати базові положення концепції ризику. Разом з термінами «міцність», «ресурс», «надійність» розробники техніки, науковці та експлуатаційники мають оцінювати «безпеку», «ризик» та «захист» працівників. І це має стосуватися не лише важливих і критично важливих виробничих об'єктів економіки, а й машин тривалої експлуатації, зокрема й сільськогосподарського призначення. У цій роботі для оцінення показників ризику і безпеки експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки запропоновано застосовувати результати дослідження ступеню накопичення експлуатаційної дефектності в деталях та елементах конструкцій, адже зі збільшенням тривалості експлуатації машини ризик настання аварійних ситуацій через накопичення експлуатаційних дефектів зростає [1].

Згідно з Технічним регламентом безпеки машин у деталях машин потрібно відстежувати відсутність механічних пошкоджень та дефектів, що впливають на безпеку виконання робіт, зокрема й безпеку дорожнього руху [2]. Багато у чому справність мобільної сільськогосподарської техніки визначають експлуатаційні тріщини (дефекти), які зароджуються і поширюються у відповідальних деталях і елементах конструкцій внаслідок корозійно-силового навантажування [3].

У роботі було проаналізовано кінетику накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей окремих вузлів (систем) тракторів після тривалих термінів експлуатації з року їх виготовлення. Як об'єкт дослідження було вибрано трактори МТЗ-80(82), як однієї з поширених марок в Україні.

Для виявлення тріщин використовували розроблений вихорострумовий дефектоскоп [4], чутливість якого дозволяла виявляти поверхневі тріщини довжиною кілька міліметрів та довші без очищення і підготовки поверхні контрольованих деталей. Це дало змогу дослідити наявність дефектів у великому масиві деталей тракторів різних років виготовлення. Дефектоскопічний контроль проводили під час ремонтів тракторів із розбиранням окремих вузлів.

Щоб конкретизувати об'єкти дефектоскопічного контролю та звузити поле виявлення тріщин, наявні деталі окремих вузлів трактора було виокремлено на кілька категорій: 1) високонапружені деталі з високою ймовірністю зруйнування; 2) деталі, технічний стан яких зумовлено сукупною дією силових чинників з агресивними умовами довкілля; 3) деталі, що зазнають малої пошкоджуваної дії під час експлуатації; 4) деталі, в яких пошкодження можна виявити здебільшого лише візуально (дрібні та неметалеві деталі тощо). У рамках запропонованого методичного підходу не було враховано потенційну тріщинонебезпечність та пошкоджуваність третьої і четвертої категорії деталей: (кріпильних, гумових, неметалевих тощо). На використаному дефектоскопі улаштовано ступеневий перемикач чутливості, що дозволяє під час дефектоскопічного контролю змінювати мінімальний розмір виявлених 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 підходу було побудовано кінетичні залежності накопичення експлуатаційних дефектів у деталях вузлів із зростанням тривалості експлуатації тракторів, а також кінетичні залежності інтенсивності зародження малих тріщин у масиві контрольованих деталей.

Отримані кінетичні залежності виявилися монотонно збільшуваними, для їх описання запропоновано скористатися експоненціальними функціями з огляду щодо максимальної достовірності апроксимування  $R^2$  лініями тренду. Потрібно зазначити, що експоненціальна залежність характерна для закономірностей монотонного накопичення розсіяного втомного пошкодження у зразках конструкційних матеріалів, представленого параметром Херста ( $H$ ). Це 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 (умовно названих у роботі малими) у масиві деталей тракторів не є монотонною і характеризується максимумом у діапазоні близько 11-13 років експлуатації. Даний термін експлуатації може бути використаний як критерій для припинення експлуатації трактора, проведення дефектоскопічного контролю деталей та замінення дефектних деталей. За такої тривалості експлуатації трактора існує найбільша ймовірність раптового зруйнування вузлів трактора та створення аварійних ситуацій.

Статистичні дані дефектоскопічного контролю можна використати у моделях створення небезпечних ситуацій у вигляді структурних схем (дерев), що передбачають виявлення поєднань зв'язків між базовими та проміжними подіями (помилковими діями працівників; накопиченими протягом експлуатації дефектами, що призводить до відмов техніки; несприятливими зовнішніми впливами виробничого довкілля), що

формують головну подію з певним ризиком травмування працівників чи настання аварійних ситуацій [5].

Як приклад використання логіко-імітаційних моделей у даній роботі було розраховано ймовірності настання травмонебезпечної ситуації внаслідок виникнення та накопичення у деталях ходової системи і системи рульового керування трактора масиву експлуатаційних тріщин.

Для аналізу логіко-імітаційної моделі настання травмонебезпечної ситуації та визначення ризику травмування працівників використано комп'ютерну програму *SAPHIRE*. Для вказаної травмонебезпечної ситуації до переліку ймовірностей базових подій, що відповідають усередненим статистичним показникам виробничого травматизму на механізованих процесах сільського господарства України, було уведено відносну кількість тріщин у загальному масиві досліджених деталей трактора для двох термінів експлуатації тракторів [6].

Зміни показників виробничого ризику для певного елемента логіко-імітаційної моделі небезпечної ситуації показують, що ризик травмування працівників внаслідок накопичення експлуатаційного пошкодження у відповідальних деталях і вузлах трактора збільшується у кілька разів після досягнення критичної щільності експлуатаційних тріщин у деталях ходової системи і системи рульового керування трактора.

Висновок. На відміну від методу експертних оцінок та інших якісних методів оцінення професійного ризику в розробленому кількісному методі оцінення застосовують об'єктивні коефіцієнти, що корелюють зі статистичними показниками виробничого травматизму в аграрній галузі та даними щодо накопичення експлуатаційного пошкодження у загальній сукупності деталей трактора.

#### Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Каліч В.М., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Прогнозування залишкового ресурсу агрегатів та систем транспортних засобів сільськогосподарського виробництва за їх технічним станом. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кропивницький: КНТУ, 2015. Вип. 45. Ч. II. 28-36.
2. Najafi P., Asoodar M. A., Marzban A., Hormozi M. A. Reliability analysis of agricultural machinery: A case study of sugarcane chopper harvester. *AgricEngInt: CIGR Journal*. March, 2015. Vol. 17, No. 1. 158-165.
3. Pisarenko G., Voinalovych O., Rogovskii I., Motrich M. Probability of boundary exhaustion of resources as factor of operational safety for agricultural aggregates. *Proceedings of 18th International Scientific Conference "Engineering for rural development"*. Jelgava, Latvia, 22-24.05.2019. 199-205.
4. Voinalovych A.V., Motrich M.N. Control of the technical state of agricultural aggregates by facilities of fault detection. *Mechanization in agriculture, Year LXI, Issue 12/2015. Bulgaria*. 2015. 29-31.

5. Oleksandr Voinalovych, Leonid Aniskevych, Muhaylo Motruch, Liudmyla Titova. Rationale of acceptable risk of using tractors with operational damage of the responsible parts. 19th International Scientific Conference “Engineering for rural development”, Jelgava, Latvia, 20-22.05.2020. – P. 784-792.

6. Войналович О.В., Мотрич М.М., Тімочко В.О. Обґрунтування прийнятності ризику використання мобільної сільськогосподарської техніки з експлуатаційними пошкодженнями деталей та елементів конструкцій. *Machinery & Energetics. Journal of Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. 101-108.

ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра сільськогосподарських машин  
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

**ЗБІРНИК**  
**ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**XXV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**"Сучасні проблеми землеробської механіки"**  
**(17–19 жовтня 2024 року)**

*присвяченій 124-й річниці з дня народження академіка  
Петра Мефодійовича Василенка, 95-й річниці з дня заснування  
механіко-технологічного факультету НУБіП України*



**Київ – 2024**

**ББК40.7**

**УДК 631.17+62-52-631.3**

**JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42**

**З 38**

*Рекомендовано до друку збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 15 жовтня 2024 року протокол № 3.*

Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 527 с.

**ISBN 978-617-8102-06-7**

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок з: розвитку сучасної землеробської механіки; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для рослинництва; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для тваринництва; смарт-технологій машиновикористання, інженерного менеджменту, технічного сервісу; транспортних технологій та логістики; історії аграрної освіти і науки; будівництва сільських територій; надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій; удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

**Організаційний комітет:**

*Ткачук В.А. – д.е.н., проф., ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), голова.*

*Ніколаєнко С.М. – д.п.н., проф., академік НАПН, академік НААН, президент НУБіП, співголова.*

*Тонха О.Л. – д.с.-г.н., проф., проректорка з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП, співголова.*

*Братішко В.В. – д.т.н., проф., декан НУБіП, співголова.*

Войтюк Д.Г. – к.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри НУБіП, співголова.

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА АПВ.

Аулін В.В. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Барановський В.М. – д.т.н., проф., ТНТУ імені Івана Пулюя.

Борак К.В. – д.т.н., проф., заступник директора ЖАТФК.

Бредихін В.В. – д.т.н., доц., декан ДБУ.

Вергунов В.А. – д.с.-г.н., д.і.н., проф., академік НААН, директор ННСГБ НААН.

Вечера О.М. – ст. викл. кафедри НУБіП, секретар оргкомітету конференції.

Гуменюк Ю.О. – к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.

Гуцол О.П. – к.т.н., доц., керівник приватного підприємства.

Зубко В.М. – д.т.н., проф., декан СНАУ.

Іванишин В.В. – д.е.н., проф., академік НААН, ректор ЗВО «ПДУ».

Іценко Т.Д. – к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».

Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.

Кірчук Р.В. – к.т.н., проф., декан ЛНТУ.

Кобець А.С. – д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.

Ковалишин С.Й. – к.т.н., проф., декан ЛНУП.

Гуцол О.П. – к.т.н., власник і бенефіціар аграрних компаній.

Козаченко Л.П. – президент Української аграрної конфедерації.

Кравчук В.І. – д.т.н., проф., академік НААН, директор УМІ АПІ.

Кропівний В.М. – к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.

Кульгавий В.Ф. – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».

Кюрчев В.М. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Кюрчев С.В. – д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Лавріненко О.Т. – к.т.н., доц. кафедри НУБіП.

Лукач В.С. – к.п.н., проф., директор ВП НУБіП «НАТІ».

Маруцак П.О. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.

Мельник В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ДБУ.

Мироненко В.Г. – д.т.н., проф., ІМА АПВ.

Мороз О.О. – Голова Верховної Ради України двох скликань.

Надикто В.Т. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Панцир Ю.І. – к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».

Пастухов В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Пилипака С.Ф. – д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП України.

Пугач А.М. – д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.

Пушка О.С. – к.т.н., доц., проректор УНУС.

Ребенко В.І. – к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.