ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС, ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ МАШИН

УДК 539.432:620

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН В УМОВАХ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

О. М. Черниш, к.т.н., доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проведено аналітичну оцінку надійності відповідальних елементів машин у розрахунковому тимчасовому інтервалі експлуатації при короткочасних випадкових перевантаженнях. Метод оцінки засновано на відшуканні ймовірності досягнення небезпечного стану при реалізації екстремального випадкового процесу в розрахунковому часовому інтервалі експлуатації. Для цього випадкові параметри навантаження та міцності робочого елемента машини представлені у вигляді функціональних залежностей узагальненого навантаження і узагальненої міцності від часу.

Ключові слова: *запас міцності, надійність, відповідальні елементи сільськогосподарських машин, статистичний підхід, перевантаження.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Надійність та збільшення запасу міцності і ресурсу сільськогосподарських машин є однією із пріоритетних завдань сучасного машинобудування. Але при цьому деякі динамічні явища (нестаціонарні навантаження, вібрації, перевантаження) обмежують продуктивність і працездатність машин.

Отже для створення сільськогосподарських машин більшої ефективності та надійності необхідно розглядати нові принципи і технології, у тому числі й методи їх розрахунків [5-7, 11]. Такі методи повинні забезпечити в першу чергу міцність і надійність деталей і робочих елементів машин у процесі виконання ними заданих функцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Треба відзначити, що розрахункові методи оцінки міцності та надійності за окремими критеріями розроблюються і вдосконалюються [2-4, 8, 12-15, 17, 18, 20].

Однак бажано застосувати комплексний підхід, який буде вести до розв'язку проблеми зниження металоємності та забезпечення надійної експлуатації деталей і відповідальних робочих елементів машин сучасної сільськогосподарської техніки.

В умовах дії нестаціонарних навантажень працездатність робочих елементів машин залежить від технологічних параметрів виробничого процесу, умов середовища, фізичних властивостей використовуваних матеріалів і особливостей конструкційного виконання [1, 3, 9, 7, 14].

Крім цього важливим фактором для таких розрахунків є врахування випадкового характеру процесу навантаження, який залежить від умов експлуатації, а також від багатьох інших параметрів. [10, 16, 19].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Отже особливої уваги заслуговує використання імовірнісного аналізу при визначенні критеріїв розрахункового граничного стану досліджуваного об'єкта - робочого елемента машини із врахуванням його конструктивних особливостей, матеріалу і факторів, які пов'язані з експлуатаційними умовами. Цей підхід для розрахунків на міцність і надійність є найбільш перспективним і доцільним.

Методика досліджень

У даній роботі досліджувалась задача розрахунку робочих елементів машин, що перебувають під впливом короткочасних нестаціонарних навантажень із високим рівнем інтенсивності дії. Як правило, при таких навантаженнях питання про накопичування ушкоджень не розглядається. Задача полягає у відшуканні ймовірності хоча б однократного досягнення небезпечного стану при реалізації екстремального випадкового процесу в розрахунковому інтервалі експлуатації T. При цьому випадкові параметри навантаження і параметри міцності робочого елемента машини можуть бути представлені у вигляді функціональних залежностей узагальненого навантаження і узагальненої міцності від часу.

Результати

Для розв'язку поставленої задачі розрахункові випадкові параметри робочих елементів машин розділимо на дві групи [3]. У першу групу будуть входити параметри міцності, що відносяться до властивостей самої конструкції робочих елементів і які є узагальненою міцністю $\tilde{R}(t)$. Другу групу будуть складати зусилля в робочих елементах від діючих навантажень. Ці параметри є узагальненим навантаженням $\tilde{F}(t)$. У загальному випадку експлуатації не тільки узагальнене навантаження $\tilde{F}(t)$, але й узагальнена міцність $\tilde{R}(t)$ являють собою випадкові функції часу t.

В результаті задача зводиться до розгляду взаємодії функцій $\tilde{F}(t)$ і $\tilde{R}(t)$ у розрахунковому часовому інтервалі експлуатації $T = T(t)$.

При відмові робочого елемента машини за

період T буде справедливою нерівність

$$\tilde{F}(t) > \tilde{R}(t). \quad (1)$$

Застосуємо випадкову функцію запасу міцності $\tilde{S}(t)$:

$$\tilde{S}(t) > \tilde{R}(t) - \tilde{F}(t). \quad (2)$$

Тоді відмовою буде вважатися отримання функцією $\tilde{S}(t)$ від'ємних значень

$$\tilde{S}(t) < 0. \quad (3)$$

Знаючи характеристики випадкових функцій $\tilde{F}(t)$ і $\tilde{R}(t)$ – математичні очікування $m_F(t)$, $m_R(t)$ і кореляційні функції $K_F(t_1,t_2)$, $K_R(t_1,t_2)$ – можна визначити характеристики випадкової функції $\tilde{S}(t)$:

– математичне очікування $m_S(t) = m_R(t) - m_F(t)$;

– кореляційну функцію при відсутності взаємного кореляційного зв'язку $K_{FR}(t_1,t_2) = 0$, $K_S(t_1,t_2) = K_R(t_1,t_2) + K_F(t_1,t_2)$;

- дисперсію $D_S(t) = K_S(t) = D_R(t) + D_F(t)$.

Якщо вважати, що імовірність відмови при перевантаженні та пов'язана із цим втрата надійності робочого елемента машини, є досить малою, то може бути прийнята модель пуассонового виду.

Визначимо інтенсивність збурювань і функцію надійності для запасу міцності $\tilde{S}(t)$.

Оскільки збурення $\tilde{S}(t)$ відбувається у від'ємному напрямку, то середнє число від'ємних значень (за нульовим рівнем) в одиницю часу буде дорівнювати

$$\overline{U}^{-}(0) = -\int_{-\infty}^{0} \dot{S} \cdot p(0,\dot{S}) d\dot{S}, \quad (4)$$

де $p(0,\dot{S})$ – спільна щільність імовірностей функції запасу міцності $\tilde{S}(t)$ і її похідної $\dot{\tilde{S}}(t)$ у кожний момент часу t.

При цьому

$$\dot{\tilde{S}}(t) = \frac{d\tilde{S}(t)}{dt} = \frac{d\tilde{R}(t)}{dt} - \frac{d\tilde{F}(t)}{dt}. \quad (5)$$

Від'ємне значення у виразі (4) означає від'ємну швидкість $\tilde{S} < 0$ при русі вниз за нульовий рівень.

В інтервалі експлуатації робочого елемента конструкції машини будемо вважати його узагальнену міцність $\tilde{R}(t)$ випадковою сталою величиною $\tilde{R}(t) = \tilde{R}$.

Тоді запас міцності можна записати у вигляді

$$\tilde{S}(t) = \tilde{R} - \tilde{F}(t), \quad (6)$$

і в результаті одержимо

$$\dot{\tilde{S}}(t) = \frac{d\tilde{R}}{dt} - \frac{d\tilde{F}(t)}{dt} = -\dot{\tilde{F}}(t), \quad (7)$$

де $\frac{d\tilde{R}}{dt} = 0$.

Це означає, що швидкість зміни функції запасу міцності повністю визначається швидкістю зміни функції узагальненого навантаження

$$\int_{-\infty}^{0} \dot{S} \cdot p_{\dot{S}}(\dot{S}) d\dot{S} = \int_{\infty}^{0} \dot{F} \cdot p_{\dot{F}}(\dot{F}) d\dot{F}, \quad (8)$$

Тоді інтенсивність відмов визначиться виразом

$$\overline{U}^{-}(0) = -p_S(0) \int_{\infty}^{0} \dot{F} \cdot p_{\dot{F}}(\dot{F}) d\dot{F}, \quad (9)$$

де $p_S(0)$ и $p_{\dot{S}}(\dot{S})$ – відповідно щільності імовірностей функції запасу міцності і її похідної у момент часу t.

В результаті функція надійності (імовірність безвідмовної роботи робочого елемента машини як індивідуального об'єкту з урахуванням конструктивних особливостей цього об'єкту і діючих на нього навантажень за час експлуатації) буде мати вигляд

$$P(T) = [1 - H_S(0|R)] \exp\left[-\int_{\infty}^{0} \overline{U}(0) dt \right], \quad (10)$$

де $H_S(0|R)$ – умовна імовірність відмови конструкції при $t = 0$.

Залежності (1)-(10) можна використати для систем, надійність яких дорівнює надійності найбільш навантаженого робочого елементу. Відповідно функція надійності багатоелементної системи залежить від надійності всіх її частин.

Висновки.

Таким чином, дослідження взаємодії випадкових пікових параметрів випадкового навантаження та параметрів міцності відповідальних робочих елементів машини, що представлені у вигляді функціональних залежностей узагальненого навантаження $\tilde{F}(t)$ і узагальненої міцності $\tilde{R}(t)$ від часу, дозволяють оцінити надійність із врахуванням імовірнісних аспектів розподілу даних залежностей в умовах короткочасних перевантажень. Такий похід приводить до підвищення точності розрахунків при прогнозування надійності та збільшення ресурсу роботи відповідальних деталей і елементів машин сільськогосподарського виробництва.

Список використаної літератури:

1. Александров А.В. Сопротивление материалов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин; под ред. А.В. Александрова. – М.: Высш. шк., 2003. – 560 с.
2. Бобчук М. Науково-методичні принципи забезпечення надійності вітчизняних зернозбиральних комбайнів / Бобчук М., Коваль С., Погорілий В., та ін. // Техніка АПК. – 2004, № 4-5. – С. 8-10.
3. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций / В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
4. Болотин В.В., Чирков В.П. Асимптотические оценки для вероятности безотказной работы по моделям типа нагрузка-сопротивление / В.В. Болотин, В.П. Чирков // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1992. − №6. − С.3-10.
5. Борис М.М. Створення бурякозбиральних машин сучасного технічного рівня / М.М. Борис, О.М. Черниш, В.В. Яременко // Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний наук. збірник. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ» НААН України, 2013. – Вип. 98. – С. 515-522.
6. Булгаков В.М. Від землеробської механіки до сучасних методів механіки та теорії механізмів і машин для високотехнологічного сільського господарства / В.М. Булгаков, В.О. Дубровін, І.В. Головач, О.М. Черниш // Наук. вісник Луганського нац. аграрного університету: Серія «Технічні науки». – Спец. вип. № 29. Луганськ: ЛНАУ. – 2011. – С. 318-333.
7. Бутаков Б. Пути повышения надежности деталей машин / Б. Бутаков // Motorization and power industry in agricultural. MOTROL. – 2007. – V.9A. – P.38-47.
8. Волков П.М. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность / П.М. Волков, Г.Г. Баловнев, В.И. Корешков и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 310 с.
9. Горшков А.Г. Сопротивление материалов / А.Г. Горшков, В.Н. Трошин, В.И. Шалашилин. – М.: Физматлит. – 2005. – 544 с.
10. Гусев А.С., Светлицкий В.А. Расчет конструкций при случайных воздействиях / А.С. Гусев, В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение. – 1984. – 240 с.
11. Дубровін В.О. Перспективи розвитку сучасних механізмів і машин для агропромислового комплексу / В.О. Дубровін, В.М. Булгаков, І.В. Головач, О.М. Черниш // Науковий вісник НУБіП України: Серія «Техніка і енергетика АПК».– Вип.166. –Ч.1. – К: НУБіПУ. – 2011.– С. 9-20.
12. Кравченко И.Н. Основы надежности машин. Часть 1 / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин и др. – М.: Изд-во. – 2007. – 224 с.
13. Кравченко И.Н. Основы надежности машин. Часть 2 / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин и др. – М.: Изд-во. – 2007. – 260 с.
14. Кулик Н.С. Математические модели накопления повреждений и трещиностойкости при действии статических и циклических нагрузок / Н.С. Кулик, А.Г. Кучер, В.Е. Мильцов // Вісник НАУ. − 2009. − № 3. − С. 3−23.
15. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин. – М.: Колос. – 1984. − 335 с.
16. Светлицкий В.А. Статистическая механика и теория надежности / В.А. Светлицкий. − М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. − 2004. − 504 с.
17. Степнов М.Н. Новый подход к расчету коэффициента запаса прочности при циклическом нагружении / М.Н. Степнов // Вестник машиностроения. − 2004. − № 11. − С. 14-17.
18. Черниш О.М. Визначення запасу міцності для вуглецевих сталей при циклічному навантаженні/ О.М. Черниш // Зб. наук. праць Таврійського державн. агротехнічного ун.-ту. – Вип.12.– Т. І. – Мелітополь: ТДАТУ.– 2012. – С.185 – 191.
19. Черныш О.Н. Оценка усталостной прочности рабочих элементов сельскохозяйственных машин / О.Н. Черныш // Zemes ukio inzinerija / Mokslo Darbai 45(3). Aleksanras stulginskis university. – Kauno r., Lithuania. – 2013. − Mokslo Darbai 45(2). − С. 51−58.
20. Яременко В.В., Черниш О.М. Надійність гідравлічних приводів зернозбиральних комбайнів / В.В. Яременко, О.Н. Черныш // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : Зб. наук. праць. / ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого». – Дослідницьке. – 2013. – Вип. 17 (31). – С.332 – 347.

Черныш А.М. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В УМО-ВАХ ПЕРЕГРУЗКИ

Проведено аналитическую оценку надежности ответственных элементов машин в расчетном временном интервале эксплуатации при кратковременных случайных перегрузках. Метод оценки основан на отыскании вероятности достижения опасного состояния при реализации экстремального случайного процесса в расчетном временном интервале эксплуатации. Для этого случайные параме-три нагрузки и прочности рабочего элемента машины представлены в виде функциональных зависимостей обобщенного нагрузки и обобщенной прочности от времени.

Ключевые слова: *запас прочности, надежность, ответственные элементы сельскохозяйственных машин-шин, статистический подход, перегрузки.*

Chernish A. M. SECURITY OF RESPONSIBLE ELEMENTS ANALYSIS AGRICULTURAL MACHINES IN THE CONDITIONS OF OVERLOAD

Summary*. The analytical estimation of reliability of responsible elements of machines is conducted in the calculation temporal interval of exploitation at brief casual overloads. The method of estimation is based on searching for of probability of achievement of the dangerous state during realization of extreme casual process in the calculation sentinel interval of exploitation. For this purpose the casual parameters of loading and durability of working element of machine are presented as functional dependences of the generalized loading and generalized durability from time.*

Keywords: *a safety margin, reliability, responsible elements of agricultural machines, the statistical approach, overloads.*

Стаття надійшла в редакцію: 05.10.2016
Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кузема О.С.

УДК 631.3.06: 631.95

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ

В. Б. Мітков В.Б., к.т.н., доцент
В. П. Кувачов В.П., к.т.н., доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет

Запропоновано комплексний підхід до оцінки рівня екологічної безпеки машино-тракторних агрегатів (МТА), який дозволить оцінювати його вплив на навколишнє середовище у вигляді прогнозного значення і-го фактору екологічної безпеки, до їх нормативних.

Ключові слова: *енергетичний засіб, відпрацьовані гази, екологічна безпека, сільськогосподарський агрегат, комплексний коефіцієнт.*

Постановка проблеми. При виконанні механізованих технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві сільськогосподарські агрегати є одними з головних об’єктів негативного впливу на навколишнє середовище. Останнє проявляється у забрудненні навколишнього середовища шкідливими продуктами згоряння дизельного палива в двигунах енергетичних засобів, механічним руйнуванням ґрунту внаслідок надмірного тиску рушіїв на грунт та їх буксування тощо, акустичним впливом на навколишнє середовище, вібрацією, яку створюють окремі агрегати МТА і т.д.

Для підвищення ефективності використання МТА у с.-г. виробництві з позиції його екологічної безпеки, перспективно освоєння та впровадження сучасних методів керування самою екологічною безпекою, як на етапі проектування або удосконаленні МТА, так і безпосереднього при його використанні. Відомо, що під екологічною безпекою об’єктів агропромислового комплексу (АПК) розуміють стан захищеності навколишнього середовища від впливу об’єктів АПК. При цьому забезпечується функціонування природно-технічних систем в межах допустимих змін параметрів навколишнього середовища [1].

Для рішення вказаної проблеми постає питання, якими властивостями МТА повинно відповідати, що обумовлює його придатність задовольняти певні вимоги екологічної безпеки. Іншими словами – як оцінити екологічну безпеку МТА на етапі його проектування або модернізації, та як керувати екологічною безпекою в процесі функціонування МТА. Виходячи з цього розробка методології оцінки рівня екологічної безпеки на етапі проектування, модернізації та функціонування МТА є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. При експлуатації МТА розрізняють наступні фактори, які впливають на стан екологічної безпеки при роботі енергетичних засобів [2]:

- питомі викиди CO, CH і NOx у відпрацьованих газах (ВГ) дизельних ДВЗ;
- димність ВГ дизеля (в усталеному режимі і режимі вільного прискорення), з урахуванням умов експлуатації;
- вміст CH і NOx у повітрі робочої зони оператора трактора або сільськогосподарської машини (герметичність кабіни);
- витоку моторного, трансмісійного і гідравлічного масла, дизельного палива, охолоджуючої рідини;
- викиди відпрацьованих газів крім вихлопної труби трактора або сільськогосподарської машини;
- шум зовнішній і внутрішній створюваний трактором (сільськогосподарською машиною);
- вібрації від роботи деталей та вузлів енергетичного засобу (машини);