

УДК 631.31.06

ЗОВНІШНЄ НАВАНТАЖЕННЯ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Блезнюк О.В., к.т.н., доцент
(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Україна)

Розглянуто вплив чинників зовнішнього навантаження на надійність сільськогосподарських машин з метою підвищення їх технічного рівня. Встановлено, що підвищення ймовірності безвідмовної роботи машин забезпечується зміною вихідного запасу міцності та формуванням розподілення діючих сил

Вступ. Сучасний стан технічного забезпечення агропромислового комплексу країни характеризується значним різноманіттям конструктивного виконання та застосування сільськогосподарських машин і агрегатів в технологіях виробництва продукції. Характерною особливістю їх роботи слід вважати ймовірнісний характер навантаження на робочі органи, що зумовлено зміною в досить широкому діапазоні характеристик середовища, з яким контактують робочі органи машин при використанні машин за призначенням [1,2,3].

Актуальною задачею при створенні ефективної сільськогосподарської техніки є забезпечення показників надійності, зокрема, ймовірності безвідмовної роботи та довговічності, що зумовлює якісне виконання технологічних процесів сільськогосподарського виробництва у відповідності до діючих агротехнічних вимог. Розглянуті показники надійності, з одного боку, пов'язані з чинниками зовнішнього навантаження на робочі органи та тяговим опором машини, а з іншого - з характеристиками міцності вузлів і агрегатів, що зумовлюють працездатність при виконанні функцій призначення. Тому, розгляд та обґрунтування чинників впливу на надійність машин є актуальною задачею сільськогосподарського машинобудування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сутність досліджень та отриманих результатів в напрямку підвищення надійності сільськогосподарських машин врахуванням чинників зовнішнього навантаження полягає в розгляді машини як елемента, який має несучу здатність R і виконує задані функції призначення з подоланням зовнішніх сил P . Для визначення ймовірності безвідмовної роботи необхідно визначити сумісну щільність ймовірності $f(R,P)$. При цьому для спрощення розрахунків приймається припущення про незалежність величин R і P , яке відповідає реальним умовам в досить широкому інтервалі зміни значень цих величин. В [4,5] розглянуто найбільш поширений випадок, коли ймовірність безвідмовної роботи проаналізовано з точки зору впливу запасу міцності за рахунок

збільшення несучої здатності, припускаючи, що діюче навантаження має постійне значення. В роботах [6,7] встановлено, що ймовірність безвідмовної роботи машин збільшується при зменшенні середнього значення зовнішніх сил та зменшення їх розсіювання навколо цього значення. Але відносно зменшення розсіювання зовнішніх сил, яке характеризується коефіцієнтом варіації, отримані висновки є дійсними тільки для симетричних розподілень. Що стосується асиметричних розподілень, то тут діють інші закономірності, що більш детально розглянуто в [6]. При цьому є доцільним проведення більш детального аналізу впливу на безвідмовність машин зовнішніх чинників, що зумовлюються їх вихідними характеристиками.

Мета роботи. Проаналізувати вплив змінних характеристик зовнішнього навантаження на безвідмовність сільськогосподарських машин.

Основна частина. Залежність ймовірності безвідмовної роботи сільськогосподарських машин, згідно дослідженнями [2,3] отримана у вигляді:

$$P_{\bar{o}} = \Phi \left(\frac{K-1}{\sqrt{K^2 v_R^2 + v_P^2}} \right), \quad (1)$$

де Φ – нормована функція Лапласа; $K = \bar{R} / \bar{P}$ – запас міцності; v_R , v_P – коефіцієнти варіації несучої здатності R і зовнішніх сил P .

Отримана формула (1) досконало проаналізована в [4,5] з точки зору впливу запасу міцності за рахунок збільшення несучої здатності, припускаючи, що діюче навантаження залишається на тому ж самому рівні.

Для дослідження функції (1) прийемо, що ймовірність безвідмовної роботи має початковий рівень $P_{\bar{o}0}$ та середні значення несучої здатності \bar{R}_0 і діючих сил \bar{P}_0 . Тоді формула (1) приймає вигляд:

$$P_{\bar{o}0} = \Phi \left(\frac{K_0-1}{\sqrt{K_0^2 v_{R0}^2 + v_{P0}^2}} \right), \quad (2)$$

де $K_0 = \bar{R}_0 / \bar{P}_0$ – запас міцності.

Приймаючи, що середнє значення несучої здатності і зовнішніх сил змінюються лінійно від початкових їх значень:

$$\bar{R} = \frac{\bar{R}_0}{K_1}; \quad \bar{P} = \frac{\bar{P}_0}{K_2}, \quad (3)$$

а середні квадратичні відхилення значень R і P дорівнюють:

$$\sigma_R = \frac{\sigma_{R0}}{K_1}; \quad \sigma_P = \frac{\sigma_{P0}}{K_2}, \quad (4)$$

отримана залежність ймовірності безвідмовної роботи у такому вигляді:

$$P_{\bar{o}} = \Phi \left(\frac{K_0 K_2 - K_1}{\sqrt{K_0^2 K_2^2 v_{R0}^2 + K_1^2 + v_{P0}^2}} \right). \quad (5)$$

Аналіз формули (5) проведено при зміні зовнішньої сили P , тобто, за рахунок коефіцієнта K_2 , при незмінній несучій здатності. Це припущення

виконується до того, що коефіцієнт K_1 дорівнюватиме одиниці. З урахуванням цього, формула (5) перетворюється до наступного вигляду:

$$P_6 = \Phi \left(\frac{K_2 K_0 - 1}{\sqrt{K_2^2 K_0^2 v_{RO}^2 + v_{PO}^2 + 1}} \right). \quad (6)$$

Для визначення впливу на ймовірність безвідмовної роботи P_6 величин, що входять до складу формули (6), необхідно обґрунтувати їх доцільний інтервал. На основі результатів досліджень [4,5] запас міцності K_0 визначений в межах 1 - 2,5, а коефіцієнти варіації несучої здатності v_{RO} та зовнішніх сил v_{PO} прийнято на рівні 0,3. Це обумовлено правилом трьох сигм ($3\sigma_{RO}, 3\sigma_{PO}$) зміни випадкових величин, які розподілені за нормальним законом. Інтервал зміни коефіцієнтів варіації від 0 (нуль характерний тільки для детермінованих, а не для випадкових величин) до 0,7. При цьому, збільшення коефіцієнтів варіації більше ніж 0,4 треба вводити поправочний коефіцієнт, що характеризує ступінь усічення нормального закону.

Стосовно коефіцієнта K_2 , що визначає ступінь зниження зовнішніх сил, можна сказати, що нижня його межа дорівнює одиниці, а верхня обмежується значеннями від 3 до 3,5. При цьому ймовірність безвідмовної роботи наближається до одиниці.

Результати розрахунків ймовірності безвідмовної роботи P_6 в залежності від зміни величин, які входять до складу формули (6), наведено на рис. 1,2,3.

Аналіз отриманих графічних залежностей дозволяє зробити наступні висновки: - зменшення зовнішніх сил суттєво впливає на збільшення ймовірності безвідмовної роботи при збільшенні коефіцієнта K_2 до 2; - вплив зміни зовнішніх сил на ймовірність безвідмовної роботи зменшується при збільшенні існуючого запасу міцності K_0 ; - при малих запасах міцності коефіцієнти варіації несучої здатності і зовнішніх сил суттєво впливають на ймовірність безвідмовної роботи машини, при цьому найбільший вплив має коефіцієнт варіації зовнішніх сил.

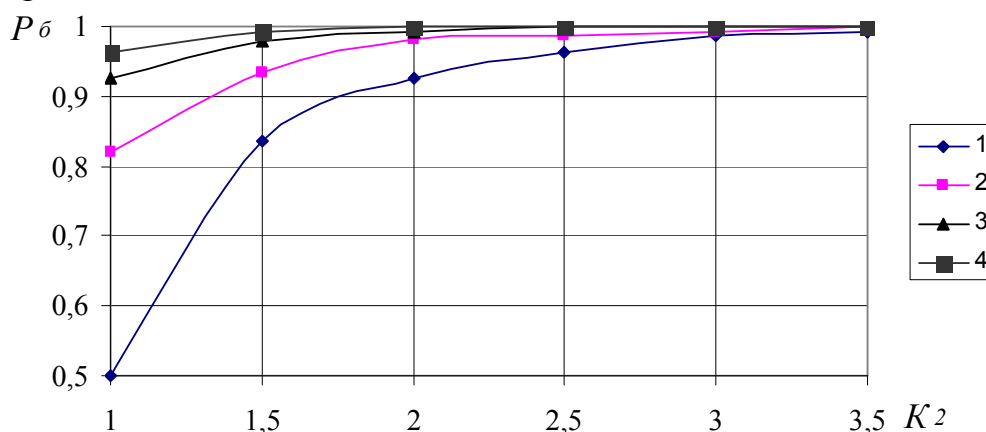


Рис. 1. Графіки залежності ймовірності безвідмовної роботи P_6 від K_2 при зниженні зовнішніх сил для вихідного запасу міцності K_0 : 1 – $K_0 = 1,0$ 2 – $K_0 = 1,5$; 3 – $K_0 = 2,0$; 4 – $K_0 = 2,5$

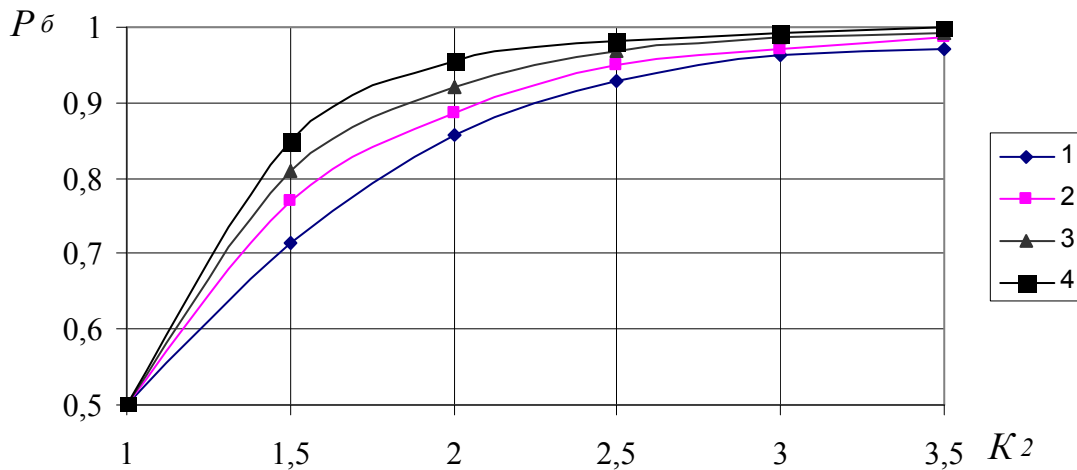


Рис. 2. Залежність ймовірності безвідмовної роботи P_0 від K_2 при зниженні зовнішніх сил та коефіцієнту варіації при $K_0 = 1,5$, $v_R = 0,3$: 1 – $v_P = 0,7$; 2 – $v_P = 0,5$; 3 – $v_P = 0,3$; 4 – $v_P = 0,1$

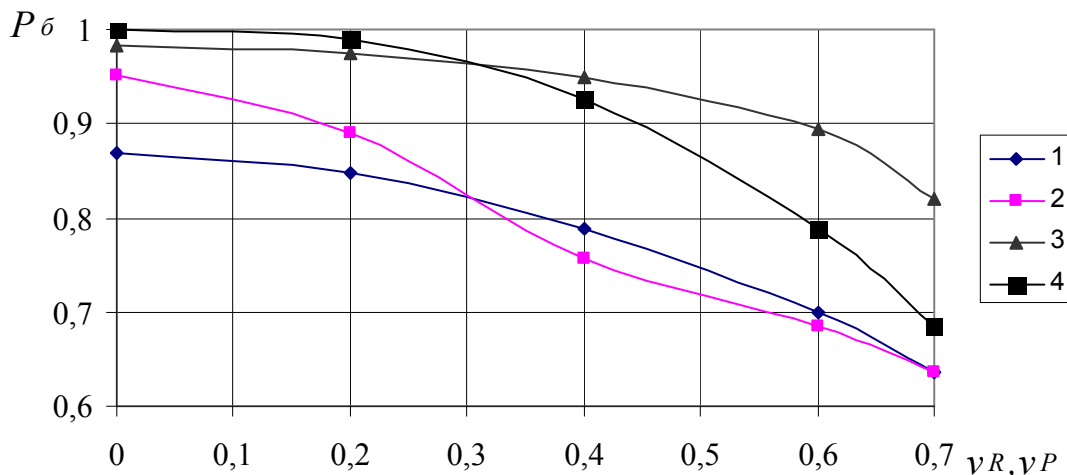


Рис. 3. Вплив коефіцієнтів варіації v_R та v_P на ймовірність P_0 при $K_1 = K_2 = 1$ для варіантів: 1 – $K_0 = 1,5$; $v_R = 0,3$; 2 – $K_0 = 1,5$; $v_P = 0,3$; 3 – $K_0 = 2,5$; $v_R = 0,3$; 4 – $K_0 = 2,5$; $v_P = 0,3$.

При збільшенні запасу міцності K_0 до 2,5 вплив коливання зовнішніх сил зменшується, а коефіцієнт варіації несучої здатності, навпаки, збільшується. Це пояснюється тим, що за абсолютним значенням несуча здатність є більшою величиною і тому, для одного і того ж коефіцієнта варіації середньквдратичне відхилення буде більше для несучої здатності в порівнянні з зовнішніми силами. Середньквдратичне відхилення визначає ймовірність безвідмовної роботи. Із розглянутого висновку випливає необхідність не тільки зменшувати середнє значення зовнішніх сил, а й забезпечувати його стабільність.

Висновки

1. Зменшення зовнішніх сил суттєво впливає на збільшення ймовірності безвідмовної роботи при збільшенні коефіцієнта K_2 до 2;

2. Вплив зміни зовнішніх сил на ймовірність безвідмовної роботи зменшується при збільшенні існуючого запасу міцності K_0 ;

3. При малих запасах міцності коефіцієнти варіації несучої здатності і зовнішніх сил суттєво впливають на ймовірність безвідмовної роботи машини, при цьому найбільший вплив має коефіцієнт варіації зовнішніх сил.

Список літератури

1. Анилович В.Я. Обеспечение надежности сельскохозяйственной техники / В.Я.Анилович, В.Г. Карпов. – К.: Техника, 1989. – 125 с.
2. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
3. Погорелый Л.В. Повышение эксплуатационно-технологической эффективности сельскохозяйственной техники. – К.: Техніка, 1990. – 176с.
4. Болотин В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчете сооружений. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с.
5. Канур К. Надежность и проектирование систем. Пер. с англ. / К.Канур, Л.Ламберсон. – М.: Мир, 1980. – 543 с.
6. Сычев И.П. Основы повышения надежности рабочих органов свекловичных машин. Автореф. на соиск. доктора техн. наук 05.20.04, М.:1995. – 42с.
7. Козаченко О.В. Аналіз впливу зовнішнього навантаження на надійність сільськогосподарських машин / О.В.Козаченко, І.П. Сичов // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 40. – С. 107-121.

Аннотация

Внешняя нагрузка как фактор влияния на надёжность сельскохозяйственных машин

Козаченко А.В., Блезнюк О.В.

Рассмотрено влияние факторов внешней нагрузки на надёжность сельскохозяйственных машин с целью повышения их технического уровня. Установлено, что повышение вероятности безотказной работы машин обеспечивается изменением исходного запаса мощности и формированием распределения действующих сил

Abstract

External load as a factor influencing the reliability of agricultural machines

A. Kozachenko, O. Bleznyuk

The influence of factors external loads on the reliability of agricultural machines with the aim of increasing their technical level. Established that increase the probability of failure-free operation of machines is provided by changes in initial margin and the formation of a distribution of the forces