

УДК 630.171.075.3

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЕРГОНОМІЧНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН В СИСТЕМІ ЇХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Роговський І.Л. к.т.н.

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

Тел.: (044) 527-81-29

Анотація – в статті представлено результати щодо аналітичного опису формалізації ергономічності сільськогосподарських машин в системі їх технічного обслуговування.

Ключові слова – ергономічність, машина, технічне обслуговування.

Постановка проблеми. Характерною ознакою сучасного світового ринку продукції сільськогосподарського машинобудування є наявність широкої гами типорозмірних рядів машин, що дозволяє задовольнити попит усіх типів споживачів при чіткому поділу впливу основних гравців цієї галузі.

Для підприємств галузі сільськогосподарського машинобудування України характерною ознакою є предметна спеціалізація виробництва з жорсткими технологічними лініями, які не дозволяють швидко і з малими витратами переходити на нові прогресивні моделі машин. Технології і обладнання та якість конструкційних матеріалів не дозволяють виготовляти конкурентоздатну продукцію. Через це український ринок сільськогосподарської техніки агресивно освоюють закордонні фірми.

Проте ставка на імпорту сільськогосподарську техніку є недоцільною з державної, економічної та соціальної позицій оскільки призведе до втрати виробничого та науково-технічного потенціалу, безробіття, залежності від імпорту, а відтак до значного зменшення надходжень до державного бюджету.

Аналіз останніх досліджень. За науковими положеннями академіків НААН України Я.С. Гукова [1] і В.М. Булгакова [2], членкореспондента НААН України В.І. Кравчука [3], професора В.П. Ковбаси [4] вирішення проблеми лежить в площині:

- забезпечення інноваційного розвитку галузі сільськогосподарського машинобудування за рахунок її технічного та технологічного переоснащення структурної перебудови;
- зменшення ресурсомісткості виробництва техніки для аграрного сектору економіки України, підвищення її технічного рівня та конкурентоздатності;
- створення сприятливого інвестиційного клімату для залучення інвестицій в інноваційний розвиток галузі;
- створення та освоєння виробництва техніки за адаптованими принципами;
- формування та розвиток вторинних ринків сільськогосподарської техніки;
- удосконалення та розвиток ринку техсервісних послуг;
- коригування ролі держави в управлінні процесом інноваційного розвитку галузі сільськогосподарського машинобудування.

За сучасної структури сільськогосподарського машинобудування, стану його матеріально-технічної бази і фінансового забезпечення створення та освоєння конкурентоздатної техніки є досить проблематичним. Для забезпечення технічної незалежності держави, успішного розвитку виробничого та науково-технічного потенціалу галузі частка вітчизняної продукції на ринку має становити 78...82% [5]. Крім того, необхідно не менше 17 відсотків продукції експортувати на зовнішні ринки [5]. Для цього необхідно створити і освоїти виробництво техніки, яка має забезпечити зменшення питомих витрат палива на 14...19%, ринкової ціни на 5...8% менше аналогів, сприятливі комфортні умови роботи операторів та вплив на довкілля в межах допустимих міжнародними стандартами (не нижче Євро-4) [4]. Номенклатура техніки має відповідати структурі виробництва та вимогам ресурсозберігаючих технологій в різних підгалузях аграрного сектора економіки.

Формулювання цілей статті. Формування технічних положень із забезпечення потреб аграрного сектора України ефективною продукцією сільськогосподарського машинобудування інноваційного покоління конкурентоздатною на внутрішньому ринку за рахунок структурної перебудови, технічного та технологічного переоснащення самої галузі.

Основна частина. Для успішного розв'язання цих завдань необхідно:

- здійснити техніко-технологічне переоснащення підприємств, забезпечивши перехід до адаптивних технологій виробництва;
- законодавчо врегулювати створення спільних із зарубіжними фірмами підприємств з виготовлення уніфікованої елементної бази і компонентів техніки;

- освоїти на підприємствах вхідний контроль якості конструкційних матеріалів і металопрокату;
- удосконалити систему кадрового та наукового забезпечення галузі;
- удосконалити систему лізингу техніки або іпотеки на неї;
- удосконалити систему розроблення конструкторської документації за рахунок систем автоматизованого проектування та комп'ютеризації процесу конструювання;
- перейти на блочно-модульний принцип побудови самих конструкцій машин;
- забезпечити навчання кадрів-операторів, техсервісного забезпечення в гарантійний та післягарантійний періоди експлуатації, розвитку системи контролю технічного стану техніки;
- забезпечити прийняття нормативно-правових актів, які забезпечать створення сприятливого інвестиційного середовища в галузі.

Технічний рівень сільськогосподарської машини визначається сукупністю взаємозалежних показників безпеки, економічності, екологічності, надійності й ергономічності (рис. 1).



Рис. 1. Методологія упорядкування показників сільськогосподарської машин з факторами природокористування.

При цьому ергономічність вважається досягнутою, якщо виконується наступне:

- умови праці → оптимум;
- зручність → максимум;
- естетичність → оптимум.

Економічність вважається досягнутою, якщо виконується наступне:

- виробничі витрати → оптимум;
- експлуатаційні витрати → мінімум;

- витрати на технічне обслуговування → мінімум.

Безпека вважається досягнутою, якщо виконується наступне:

- якість систем → максимум;
- ризик для персоналу → мінімум.

Надійність вважається досягнутою, якщо виконується наступне:

- безвідмовність → максимум;
- довговічність → максимум;
- ремонтпридатність → оптимальна;
- зберігаємість → оптимальна.

Екологічність вважається досягнутою, якщо виконується наступне:

- ризик для навколишнього середовища → мінімум.

Отже, розглянемо завдання забезпечення ергономічності сільськогосподарської машини на основі підходу «ергономічність – ризик – технічне обслуговування». Алгоритм розв'язку цього завдання можна побудувати так:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{D(x_i)}{P(x_i)} = \rho(x_i) = \lambda_x \frac{P(t)}{Q(t)} \\ \Downarrow \\ 1 - \frac{\rho(x_i)}{\lambda_x} = R_p = 1 - \frac{P(t)}{Q(t)} \end{array} \right\}; \quad (1)$$

$$\frac{P(t)}{Q(t)} = \rho(t) = \frac{1}{\lambda_x} \rho(x_i)$$

Із існуючої кількості характеристик механічних властивостей матеріалів і опору зносо-втомних пошкоджень для аналізу ергономічності ухвалюється лише обмежене число варіантів x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, наприклад: границі витривалості при механічній, контактній і фрикційній втомі; граничні напруги при контактній-механічній і фрикційно-механічній втомі; інтенсивність зношування при контактній, фрикційній, контактній-механічній і фрикційно-механічній втомі; основні характеристики властивостей матеріалу при розтягу.

Згідно зі стандартом ГОСТ 1234-2000 статистичний показник ергономічності по даній характеристиці x_i механічних властивостей є ймовірність того, що її величина буде більше нормативного значення x_i^* (рис. 2).

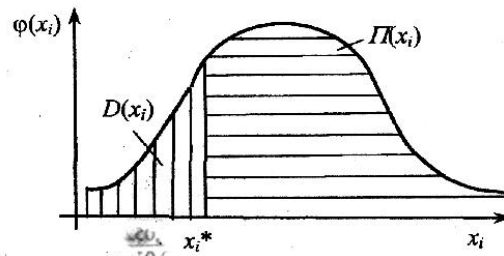


Рис. 2. Узагальнений розподіл характеристики властивостей.
Тоді,

$$П(x_i) = P(x_i \geq x_i^*) = \int_{x_i^*}^{\infty} p(x_i) dx_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\bar{x}_i}}} \int_{x_i^*}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - \bar{x}_i}{S_{\bar{x}_i}}\right)^2\right] dx_i. \quad (2)$$

Тобто статистичний показник порушення ергономічності (див. рис. 2),

$$D(x_i) = \int_{-\infty}^{x_i^*} p(x_i) dx_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\bar{x}_i}}} \int_{-\infty}^{x_i^*} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - \bar{x}_i}{S_{\bar{x}_i}}\right)^2\right] dx_i = 1 - П(x_i). \quad (3)$$

Показник ризику визначається як очікування порушення ергономічності:

$$0 \leq p(x_i) = \frac{D(x_i)}{П(x_i)} \leq 1. \quad (4)$$

Взаємозв'язок показника ризику з показником порушення ергономічності задається відомою формулою:

$$p(x_i) = \left(\frac{1}{D(x_i)} - 1\right)^{-1}, \quad (5)$$

а взаємозв'язок з показником ергономічності – формулою:

$$p(x_i) = \frac{1}{П(x_i)} - 1. \quad (6)$$

Погоджена у формулі (4) залежність показника ризику $p(x_i)$ від показників $П(x_i)$ і $D(x_i)$ називається оперативною характеристикою ризику. Її графічна інтерпретація дана на рис. 3. Теоретичні дані для побудови оперативної характеристики ризику наведені в табл. 1.

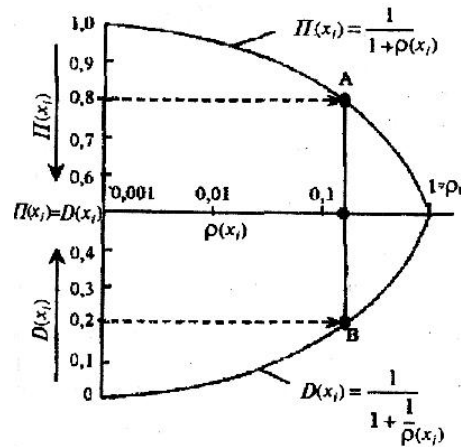


Рис. 3. Оперативна характеристика ризику, на якій зазначено оцінене значення $p(x_i)$ (пряма АВ).

Нижня границя ризику $p(x_i) = 0$ відповідає випадку, коли $D(x_i) = 0$. Верхнє значення аналізованих ризиків $p(x_i) = 1$ обмежене умовою, що $\Pi(x_i) = D(x_i) = 0,5$. Значення $p_k = 1$ вважається критичним. Оскільки чисельне значення показника ризику може змінюватися на кілька порядків, то шкалу $p(x_i)$ для оперативної характеристики ухвалюють логарифмічної (рис. 3).

Поточне (оцінене по формулах (4), (5) або (6)) значення ризику вказують на оперативній характеристиці суцільною вертикальною лінією АВ (див. рис. 3).

Таблиця 1 – Теоретичні дані для побудови оперативної характеристики ризику.

$D(x)$	$\Pi(x) = 1 - D(x)$	$p = D(x) / \Pi(x)$	$R_p = 1 - p(x)$
0,01	0,99	0,0101	0,9899
0,05	0,95	0,0526	0,9474
0,1	0,9	0,1111	0,9999
0,2	0,8	0,2500	0,7500
0,3	0,7	0,4286	0,5714
0,4	0,6	0,6666	0,3334
$D(x) = 0,5 = \Pi(x)$	0,5	$p_k = 1$	0
0,6	0,4	0,6666	0,03334
0,7	0,3	0,4286	0,5714
0,8	0,2	0,2500	0,7500
0,9	0,1	0,1111	0,9999
0,95	0,05	0,0526	0,9474
0,99	0,01	0,0101	0,9899
$\Pi(x)$	$D(x) = 1 - \Pi(x)$	$p_k = D(x) / \Pi(x)$	$R_p = 1 - p(x)$

Стосовно будь-якої характеристики може бути встановлене нормативне значення ризику. Його обґрунтовують відповідним техніко-економічним розрахунками з урахуванням ваги наслідків у випадку реалізації тих або інших несприятливих подій. Стандарт ГОСТ 1234-2000 встановлює три категорії ергономічності й відповідного їм нормативного ризику (табл. 2). Нормативне значення ризику вказують вертикальною пунктирною лінією на оперативній характеристиці ризику (рис. 4).

Таблиця 2 – Категорії ергономічності сільськогосподарських машин.

Категорії	Нормативні значення показників		
	$P(x)$ не менш	$D(x_i)$, %, не більш	$p(x)$
Вища	0,995	0,5	0,0050
Перша	0,990	1,0	0,0101
Друга	0,950	5,0	0,0526

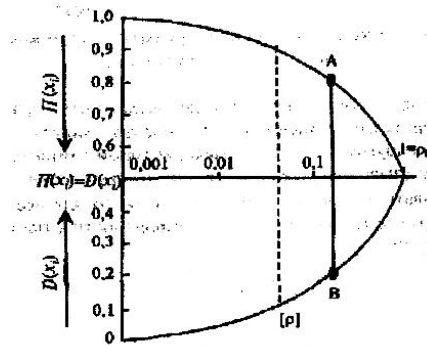


Рис. 4. Нормативний ризик (пунктир) на його оперативній характеристиці.

Довільна подія й будь-яка ситуація вважаються прийнятними або припустимими. При необхідності порівняльного аналізу ризиків по багатьом і різним характеристикам будують секторну діаграму ризиків (рис. 5). Кожний сектор на діаграмі є оперативна характеристика ризику (рис. 3), побудована за даною ознакою. На радіусі А кола вказують шкалу для чисельних значень показника ризику $p(x_i)$. На секторній діаграмі: критичний ризик $p_k = 1$ відповідає зовнішньому колу; нормативне значення ризику відображає внутрішнє коло (пунктир); області ризику затемнюють до величини оціненого ризику $p(x_i)$, зображуваного дугою кола з радіусом $r = p(x_i)$ у межах кожного сектору.

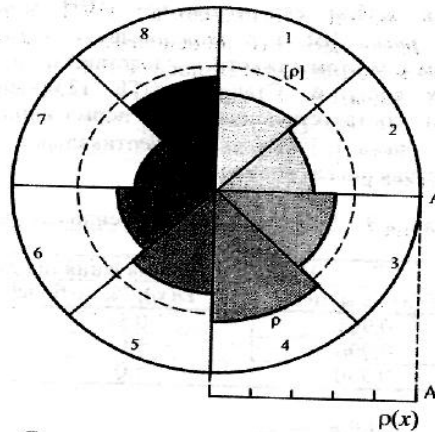


Рис. 5. Схема секторної діаграми ризику, побудованої по ознакам.

У випадках, коли нормативний ризик не встановлений, пунктирна окружність відсутня на діаграмі. Зовнішня окружність може відповідати не критичному ризику, а іншому значенню ризику, який вважається представницьким, а інше значення вказується на кінці A радіуса кола. Численні явища й фактори можуть впливати на варіювання ризику усередині інтервалу, наприклад, зменшуючи його або, навпаки, збільшуючи. Для обліку такого роду змін використовують діалектичну функцію δ (y, z, t), яка ухвалює значення $\delta \Leftrightarrow 1$ та $p(\delta, t) = p(t)\delta$. Діалектична функція має вигляд:

$$\delta = \delta(y, z, t) = e^{-\gamma+\beta} = e^{\beta\left(\frac{1-\gamma}{\beta}\right)} = \frac{1}{e^{\gamma\left(\frac{1-\beta}{\gamma}\right)}}, \quad (7)$$

де $\beta = \beta(z_1, z_2, \dots, z_n, t)$, $\gamma = \gamma(y_1, y_2, \dots, y_n, t)$.

Загальні закономірності розвитку процесів такі: з одного боку, рост параметра (веде до наростаючого збільшення функції); з іншого боку, як би не збільшувалося значення параметра, функція виявляється згасаючою – вона асимптотично наближається до нуля, ніколи його не досягаючи. І тому, коли обидва параметри ростуть однаково, система завжди йде до повної деградації, у тому числі й підривним способом. Функція (7) – конкретика стосовно до аналізованих умов розвитку подій (ситуацій), по характерних ознаках яких оцінюється ризик.

Висновок. Таким чином, за допомогою формул (3)–(7) підхід «ергономічність – ризик – технічне обслуговування», описаним загальним алгоритмом (1), виявляється конкретизованим для практичного використання.

Література

1. *Гуков Я.С.* Наукове забезпечення формування державної політики стосовно відтворення та оновлення матеріально-технічної бази агропромислових підприємств / *Я.С. Гуков* // *Механізація та електрифікація сільського господарства.* – 2008. – Вип. 92. – С. 13–25.

2. *Булгаков В.* Стан наукового забезпечення механізації сільського господарства в Україні / *В. Булгаков* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 2009. – Вип. 13, кн. 1. – С. 21–29.
3. *Кравчук В.І.* Окремі аспекти досліджень технічного забезпечення АПК / *В.І. Кравчук* // Техніка АПК. – 2008. – №3-4. – С. 6–7.
4. *Ковбаса В.П.* Використання ПЕОМ при проектуванні технологічних процесів в сільськогосподарському машинобудуванні / *Ковбаса В.П., Соломка В.О., Деркач О.П.* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – С. 264–270.
5. *Роговський І.Л.* Методи вирішення адаптивності системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Motrol : Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2010. – Vol. 12 В. – Р. 153–158.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЭРГОНОМИЧНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Роговский И.Л.

Аннотация

В статье представлены результаты аналитического описания формализации эргономичности сельскохозяйственных машин в системе их технического обслуживания.

FORMALISATION OF ERGONOMICS OF AGRICULTURAL MASHINES IN SYSTEM OF THEIR MAINTENANCE SERVICE

I. Rogovskii

Summary

In paper results of the analytical description of formalisation of ergonomics of agricultural mashines in system of their maintenance service are presented.