

УДК 631.1.004

МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ ІНЖЕНЕРНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В МЕТОДАХ ПІДВИЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – листопад 2020, акцептовано – грудень 2020.

Бібл. 24, рис. 0, табл. 7.

Анотація. В статті проведено аналіз підтримання існуючих сільськогосподарських машин в працездатному стані, за яким слід відпрацювати систему технічного обслуговування з урахуванням умов реформування аграрного сектора. Під технічним обслуговуванням розуміється комплекс робіт по підтриманню робоздатності або справності виробів при використанні за призначенням шляхом регулювальних, знаючих, заправних і кріпильних робіт. Для оцінки альтернативних варіантів доцільно проводити морфологічний аналіз всієї сукупності можливих рішень досліджуваної проблеми, поданих у вигляді морфологічної матриці, в якій подані основні функції машини і варіанти предметних форм їх виконання.

Теоретичними дослідженнями надали відповідь на два головні питання – як має змінюватися система технічного обслуговування залежно від рівня розвитку аграрного виробництва, а також – які параметри повинна мати система обслуговуючого сервісу, щоб виконувати відповідні втручання з мінімальними технологічно потрібними витратами ресурсів та капіталовкладеннями. Оцінку рівня технічного обслуговування сільськогосподарських машин передбачено виконувати за сукупністю організаційно-технічних факторів, формалізованих через частині і комплексні показники, в два етапи. Перший – оцінка через частині показники по кожному фактору окремо. Другий – оцінка комплексного показника (за всіма факторами в цілому).

Ключові слова: методологія, коефіцієнт готовності, ефективність, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми

Виробництво зерна в Україні у сучасних умовах знаходиться на етапі зростання та збільшення валового збору [1, 2]. Так, у 2012–2020 рр. він зріс з 40 до 60 млн тон зерна [3, 4]. Поряд з цим необхідно відмітити, що показники успіху супроводжуються таким негативним явищем, як втрати вирощених урожаїв, які сягають 7–8 млн тон, а це складає 16–18% від валового збору [5,

6]. Домінуючою причиною таких значних втрат урожаю є постійна нестача зернозбиральних комбайнів [7], низька технічна готовність [8] і невідповідність персоналу застосовувати сучасну техніку [9]. Відомо [10], що в агротерміни збирають лише 30 % посівів зернових культур, а тривалість збирального сезону перевищує їх в 3–5 разів [11].

Навантаження на один фізичний комбайн складає 189 га, на технічно справний – приблизно 218 га або 770 т [12]. Понад 70 % комбайнів мають термін експлуатації до 30 років з ймовірним значенням коефіцієнта готовності 0,4–0,7, які намолочують 200–600 т [13]; втрати від біологічного осипання досягають мінімум 10 % від валового збору [14]. Причинами значних втрат вирощеного урожаю є високе фізичне навантаження на комбайн і низька ефективність використання наявного парку за потужністю двигуна та пропускною здатністю молотарки, агробіологічним станом хлібної маси, втратами зерна за молотаркою [15]. В умовах реального виробництва потужність двигунів зернозбиральних комбайнів [16] і пропускна здатність молотарки використовуються максимально до 57–63 % від номінального завантаження [17]. Безумовно [18], низьке завантаження є основною причиною низької продуктивності, затягування термінів жнив і значних втрат зерна від біологічного осипання та перевитрат палива [19]. Втрати вирощеного урожаю через осипання і низький відсоток збирання продовольчих класів зерна у встановлені агротерміни є причиною значних збитків (≈1 млрд \$) вітчизняних аграріїв [20]. Ось чому тема роботи є актуальною, а сама робота має значну практичну цінність як для виробників зернозбиральних комбайнів, так і для їх користувачів, а також у навчальному процесі при підготовці інженерних кадрів сільськогосподарського виробництва [21].

Аналіз останніх досліджень

Виходячи з результатів досліджень Національної програми виробництва, технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства,

харчової і переробної промисловості сформульовані такі локальні критерії (показники) оцінки [22]:

- 1) експлуатаційні затрати;
- 2) прямі витрати палива;
- 3) затрати сукупної енергії;
- 4) матеріаломісткість;
- 5) приведені затрати.

Локальні показники визначають на одиницю продукції (для технологій і технологічних комплексів машин) або на одиницю роботи (для технологічних ліній, окремих машинно-тракторних агрегатів) [23].

На основі аналізу сучасних наукових досягнень по багатокритеріальній оптимізації технічних рішень та існуючих нормативних документів [24, 25] визначено такі комплексні критерії оцінки:

- 1) Байєса-Лапласа;
- 2) Гурвіца;
- 3) Севіджа;
- 4) Ходжа-Лемана
- 5) критерій за ДСТУ ISO 9000-2.

Відповідно то прийнятих локальних критеріїв визначена номенклатура показників оцінки [26]:

- 1) питомі експлуатаційні затрати, грн/оддиницю продукції чи роботи;
- 2) питомі прямі витрати палива, кг одиницю продукції чи роботи;
- 3) питомі затрати сукупної енергії, МДж/оддиницю продукції чи роботи;
- 4) питомі приведені затрати, грн/оддиницю продукції чи роботи;
- 5) питома матеріаломісткість, кг/оддиницю продукції чи роботи.

Якщо є можливість визначити прибуток при оцінюванні технології або комплексу машин, то показники за рештою критеріїв тільки контролюють, а прибуток як критерій буде основним для прийняття рішення [12]. Коли ж прибуток визначити неможливо (при оцінюванні технологічних ліній, окремих машинно-тракторних агрегатів), то використовують перші 5 локальних критеріїв [2].

Критерії оцінки технічного рівня відображають кінцеві результати використання комплексу машин чи окремого машинно-тракторного агрегату [4]. Показники визначають в розрахунку на одиницю кінцевої сільськогосподарської продукції, як правило на 1 ц продукції [11]. Коли проводять оцінку технічного рівня окремої машини, МТА або технологічної лінії, тоді показники визначають на одиницю обсягу робіт: на один гектар, на одну тону тощо [19].

Питомі затрати праці на одиницю продукції:

$$Z_T = \frac{Z_0}{\Pi}, \text{ люд.-г/ц}, \quad (1)$$

де Z_0 – прямі за рік затрати праці по комплексу;

Π – вироблена за рік продукція ц.

Затрати праці на одиницю роботи визначають за формулою:

$$Z_T = \frac{L}{W_{3M}}, \text{ люд.-г.} \quad (2)$$

де W_{3M} – продуктивність за годину змінного часу агрегату або машини (га. тон. голів, та інш.);

L – кількість виробничого персоналу, людей.

Витрати палива визначають за існуючими типовими нормами для окремих агрегатів з подальшим

складанням їх для всього комплексу. Проте за типовими нормами можна визначати продуктивність МТА і витрачання палива для фіксованих значень нормоутворюючих факторів. Для проміжних значень нормоутворюючих факторів потрібно застосовувати існуючі математичні моделі і програмне забезпечення, яке розроблене для основних польових МТА для всіх зон і природно-економічних умов України [16].

Питомі приведені затрати на одиницю продукції:

$$p = \frac{P_T}{\Pi}, \text{ грн./ц}, \quad (3)$$

де P_T – річні приведені затрати по комплексу:

$$P_T = C_0 + E \cdot K, \text{ грн.}, \quad (4)$$

де C_0 – річні експлуатаційні затрати при використанні комплексу, грн.;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K – балансова вартість комплексу машин, грн.

Для окремого МТА приведені затрати на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$\Pi = I + K \cdot E, \text{ грн.}, \quad (5)$$

де I – прямі експлуатаційні затрати на одиницю виробітку, грн.;

K – капітальні вкладення на одиницю виробітку, грн.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \text{ грн.}, \quad (6)$$

де Z – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.;

Γ – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн.;

P – затрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, грн.;

A – затрати на реновацію, грн.;

Φ – інші прямі затрати на основні і допоміжні матеріали (насіння, добрива, пестициди, проволочку, шпагат, тара), грн.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу на одиницю виробітку визначають так:

$$Z = [\sum_j L_j r_j \cdot k_d] / W_{3M}, \text{ грн.}, \quad (7)$$

де W_{3M} – продуктивність агрегату або робітника за 1 годину змінного часу, од. виробітку/годину;

r_j – тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу за j -тим розрядом, грн./люд.-годину;

k_d – коефіцієнт, який враховує доплати за продукцію, премії, добавки за класність і стаж роботи, кваліфікацію, оплату відпусток і нарахування за суспільне страхування;

L_j – кількість j -го обслуговуючого персоналу, люд.

Затрати на паливно-мастильні матеріали і електроенергію на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot \Pi, \text{ грн.} \quad (8)$$

де q – витрачання паливно-мастильних матеріалів, електроенергії, кг/од. виробітку, кВт-г/од. виробітку;

Π – ціна 1 кг палива, 1 кВт-г електроенергії, які включають кошти мастильних матеріалів, що приходяться на 1 кг основного палива або 1 кВт-г електроенергії; грн./кг, грн./кВт-г.

Затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт за нормативними відрахуваннями від балансової вартості машини визначають за формулою:

$$P = B \cdot (r_t + r_k) / (W_{\text{ек}} \cdot T_{\text{ч}}), \text{ грн.} \quad (9)$$

де B – балансова вартість машини, грн.;

$W_{\text{ек}}$ – продуктивність агрегату або робітника за 1 годину експлуатаційного часу, од. виробітку/год;

r_t – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування;

r_k – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$T_{\text{ч}}$ – нормативне річне завантаження, годин.

Затрати на реновацію машини (A) на одиницю виробітку визначають так:

$$A = (B \cdot a) / (W_{\text{ек}} \cdot T_3), \text{ грн.} \quad (10)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на реновацію машини;

T_3 – зональне річне завантаження, годин.

Інші прямі затрати на основні (насіння, добрива, гербіциди, пестициди тощо) та допоміжні (проволока, шпигат, тара тощо) матеріали (Φ) на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$\Phi = \sum_i h_i \cdot C_{M_i}, \text{ грн.}, \quad (11)$$

де h_i – питомі витрати i -го виду матеріалу, кг/од. виробітку, т/од. виробітку, шт./од. виробітку;

C_{M_i} – оптова ціна одиниці i -го виду матеріалу, що витрачається, грн.

Питома матеріаломісткість комплексу або агрегату:

$$m = (M1 + M2) / P, \text{ кг/ц}, \quad (12)$$

де $M1$ – приведена маса машин і обладнання, які постійно використовують у даному комплексі, кг;

$M2$ – приведена маса машин і обладнання, що залучають для виконання робіт.

$$M1 = \sum_{i=1}^n [G_i \cdot K_{r_i}] = \sum_{i=1}^n [G_i / T_i], \text{ кг}, \quad (13)$$

де G_i – маса i -ї машини у комплексі або МТА, загальна кількість яких дорівнює n ;

K_{r_i} – коефіцієнт реновації i -ї машини;

T_i – строк використання (нормативний) i -ї машини, років.

$$M2 = \sum_{j=1}^n D_j / D_{r_j} \cdot K_{r_j}, \text{ кг}, \quad (14)$$

де G_i – маса i -ї машини, яка залучається для роботи у даному комплексі або МТА, загальна, кількість яких m ;

D_j – річне зональне завантаження j -ї машини на даній операції або в комплексі машин, годин;

D_{r_j} – річне нормативне завантаження j -ї машини, годин.

Питомі затрати сукупної енергії дорівнюють:

$$E = \sum_{i=1}^m E_i, \text{ кг}, \quad (15)$$

де E_i – енергетичні затрати технологічного процесу на одиницю робіт, МДж.

Мета досліджень

Мета досліджень – описати особливості аналітичних підходів до узагальнення математичної моделі формування альтернатив інженерного менеджменту в методах підвищення виробництва зерна в сільськогосподарських підприємствах.

Результати досліджень

Дані методичні рекомендації поширюються на сільськогосподарське виробництво – технології виробництва продукції, технологічні комплекси машин, машини і машинно-тракторні агрегати, що використовують в рослинництві, тваринництві, меліорації, лісовому господарстві і для переробки сільськогосподарської продукції.

Призначені для використання в державних керівних установах, виробничих підприємствах, наукових установах, конструкторських організаціях при обґрунтуванні і визначенні кращих технологій і машин для виробництва, при обґрунтуванні напрямків створення нових і удосконалення існуючих технологій і машин, при обґрунтуванні придбання зарубіжної техніки.

Під технічним рівнем технології, комплексу машин, машинно-тракторного агрегату розуміють відносну характеристику якості об'єкту, що заснована на порівнянні значень показників, які характеризують технічну досконалість зразка, що оцінюють, з відповідними базовими значеннями.

Терміни, що використовуються в рекомендаціях – за ДСТУ 3278.

Показники оцінки технологій і машин складають групу локальних критеріїв оцінки.

Визначення показників за визначеними критеріями проводять згідно ДСТУ 3230.

Основним методом визначення корисності технологій є прибуток. Якщо прибуток неможливо визначити, використовують комплексні критерії і машин метод багатокритеріальної оцінки за комплексними показниками.

Комплексних показників передбачається застосувати п'ять, а результати оцінки одержують у вигляді рекомендацій для прийняття рішень.

Складові формули (15) є:

$$E_i = E_{\Pi} + E_0 + (E_{\text{ж}} + E_{\text{т}} + E_{\text{м}} + E_{\text{с}}) / W_{\text{зм}}, \quad (16)$$

де E_{Π} – затрати прямої енергії, що виражені витратами палива, МДж/од. виробітку;

E_0 – затрати енергії, які містяться у добривах, ядохімікатах, насінні, гербіцидах, МДж/од. виробітку;

$E_{\text{ж}}$ – енергетичні затрати живої праці на од. виробітку, МДж;

$E_{\text{т}}$ – енергомісткість енергетичних засобів на одиницю години роботи, МДж/год;

$E_{\text{м}}$, $E_{\text{с}}$ – енергомісткість машин, зчіпок на одиницю змінного часу, МДж/год;

$W_{\text{зм}}$ – змінна продуктивність агрегату, од. виробітку/год.

Енергомісткість вказаних складових вміщена в таблиці 1.

За локальними критеріями, наведеними вище, утворюємо матрицю рішень, яка є кінцевою сукупністю варіантів рішень. Таких варіантів рішень буде m , причому $m > 1$. Позначимо варіанти $E_1, E_2, \dots, E_m$.

Прийmemo умову, що кожним варіантом E_i однозначно визначається деякий результат (тобто машинно-тракторний агрегат, технологічна лінія, технологічний комплекс машин) e_i .

Таблиця 1. Вхідні дані для розрахунку повних енергозатрат.

Table 1. Input data for the calculation of total energy consumption.

Показник	Енергетичний еквівалент, МДж/кг
Паливо (енергетичний еквівалент разом з енерговмістом)	
Дизельне	52,7
Бензин авіаційний	54,4
Бензин автомобільний	54,4
Керосин тракторний	53,9
Біогаз	36,2
Електроенергія	15,6 МДж/кВт.г
Теплова енергія	0,0055 МДж/ккал
Трактори, комбайни	86,4
Автомобілі	79,3
Сільськогосподарські машини, зчіпки	75,0
Будівлі і споруди	39,5 МДж/кв.м
Виробничі споруди	21,7 МДж/кв.м
Адміністративні і культурно-побутові споруди	21,7 МДж/кв.м
Добрива:	МДж/кг д.р.
Органічні	0,42
Торфоперегнійні компости	1,70
Вапнові матеріали	3,80
Місцеві мінеральні добрива	2,90
Азотні добрива	86,80
Фосфорні добрива	12,60
Калійні добрива	8,30
Комплексні (нітроаммофоска та ін.)	51,50
Пестициди	МДж/кг д.р.
Гербициди:	
Масла, що змішуються	419,6
Порошок, що змочується	263,6
Гранули	363,7
Інсектициди:	
Масла, що змішуються	365,0
Порошок, що змочується	258,2
Гранули	312,1
Фунгіциди:	
Масла, що змішуються	272,6
Порошок, що змочується	116,6
Гранули	216,7
Бордоська рідина:	МДж/кг д.р.
Вапно (гашене)	11,6
Мідний купорос	86,0
Затрати живої праці, робота:	МДж/л-г
Дуже легка	0,6
Легка	0,9
Середня	1,26
Важка	1,86
Дуже важка	2,52
Керування трактором, комбайном	1,26
Робота на сівалках	0,90
Навантаження, допоміжні роботи	0,60

Таблиця 2. Енерговміст продукції рослинництва.

Table 2. Energy content of crop products.

Назва продукції	Енерговміст, МДж/кг
Пшениця (зерно):	
Озима	16,45
Мягка ярова	16,61
Тверда ярова	16,76
Солома	10,60
Жито (зерно)	16,76
Ячмінь (зерно)	16,45
Овес (зерно)	16,17
Просо (зерно)	16,94
Гречка(зерно)	16,67
Рис (зерно)	16,85
Квасоля (зерно)	17,78
Горох (зерно)	17,69
Сорго (зерно)	15,77
Кукурудза (зерно)	15,14
Кукурудза (зелена маса)	4,10
Льон-довгунець волокно	18,01
Льон-довгунець	20,68
Цукрові буряки	2,56
Соняшник (насіння)	17,83
Соняшник (зелена маса)	4,20
Соя (зерно)	18,10
Картопля	3,66
Бахча	1,64
Овочі	1,44
Кормові коренеплоди	4,10
Багаторічні трави на сіно (крім люцерни)	3,78
Люцерна на сіно	5,46
Однорічні трави на сіно	3,28
Лукові трави	3,24
Зернофуражні культури на з/масу	4,62
Табак (махорка)	9,09
Конопля (волокно)	17,64
Насіння:	
Пшениця озима (зерно):	29,61
Жито (зерно)	30,17
Ячмінь (зерно)	29,61
Овес (зерно)	29,10
Просо (зерно)	30,50
Гречка (зерно)	30,00
Рис (зерно)	28,78
Горох (зерно)	31,84
Соя (зерно)	32,58
Кукурудза (зерно)	27,74
Льон-довгунець	20,68
Соняшник (насіння)	32,09
Цукрові буряки	18,40
Картопля	6,58
Бахча	18,70
Овочі	18,70
Багаторічні трави	19,70
Однорічні трави на сіно	19,70
Табак (махорка)	17,60
Конопля (насіння)	18,48

Співвідношення між одиницями енергії:

1 кілокалорія	= 427 кгм
1 кіловат-година	= 3,6МДж
1 МДж	= 0,034 кг у.п.
1 кг умовного палива	= 7000 ккал
1 кВт. година	= 0,12 кг у.п.
1 кілокалорія	= 0,00419МДж
1 кілокалорія	= 1,163 Вт.г
1 кг умовного палива	= 29,33 МДж
1 к.с.-годину	= 2,65 МДж
1 МДж	= 0,278 кВт.г
1 кг дизельного палива	= 1,45 кг у.п.
1 кг автобензина	= 1,52 кг у.п.

Значення строчки e_i , складають показники даного технічного рішення за визначеними локальними критеріями. Таку таблицю розміром $m \times n$ (m – кількість варіантів, n – кількість локальних критеріїв) називають матрицею рішень.

Позначимо її $e_{ij} \in E$.

Перш за все матрицю E потрібно нормалізувати

$$en_{ij} = e_{ij} - es_j/s_j, \quad (17)$$

де en_{ij} – елементи нормованої матриці E_n ;

e_{ij} – елементи вхідної (первинної) матриці E ;

es_j – середні значення критеріїв вхідної матриці;

s_j – середньоквадратичні відхилення критеріїв.

Відмітимо, що значення es_j та s_j вираховують за критеріями, тобто по стовпцях. Нагадаємо, що у нормованої матриці середні значення (по стовпцях) дорівнюють нулю, а дисперсії дорівнюють одиниці.

Ми будемо шукати варіант з найбільшим значенням результату, тобто метою вибору E ($\max en_i$). Якщо потрібно мінімізувати деякі критерії (а у нашому випадку всі локальні критерії потребують мінімізації), то значення їх показників беруть від'ємними, причому помножити на (-1) такі показники потрібно нормалізувати.

При застосуванні 5-го комплексного критерія використовують первинну, ненормалізовану матрицю рішень.

1. Правило вибору за критерієм Байєса-Лапласа інтерпретують таким чином:

Матриця рішень доповнюється ще одним стовпцем, який утворюється з математичних очікувань значень кожної строчки, помножених на вагомість критеріїв. Вибирають ті варіанти, в строчках яких знаходяться найбільші значення цього стовпця.

Тоді функція, за допомогою якої оцінюють результати, має вигляд:

$$Z(BL) = \max e_{ir}, \quad (18)$$

$$\text{та } e_{ir} = \sum_{j=1}^n e_{ij} \cdot q_j, \quad (19)$$

де q_j – вагомість j -го критерію. Зазначимо, що обов'язково:

$$\sum_i q_i = 1, \quad (20)$$

Правило вибору за критерієм Гурвіца сформулюється так.

Матриця рішень доповнюється ще одним стовпцем, який містить середні зважені найменшого і найбільшого результатів кожної строчки. Вибирають такі варіанти, в строчках яких знаходяться найбільші значення цього стовпця.

Тоді функція оцінки має вигляд:

$$Z(HW) = \max e_{ir}, \quad (21)$$

$$\text{та } e_{ir} = c \cdot \max e_{ij} + (1 - c) \cdot \min e_{ij} \quad (22)$$

де c – вагомість критеріїв. Як правило, $c = 0,5$, тобто за формулою (22) визначають середнє арифметичне значення.

Правило вибору за критерієм Севіджа формулюється так.

Кожен елемент матриці рішень віднімається від найбільшого результату відповідного стовпця. Різниці утворюють матрицю решток. Ця матриця доповнюється стовпцем найбільших різниць. Вибирають такі варіанти, в строчках яких знаходяться найменші значення цього стовпця.

Функція, за допомогою якої оцінюють результати, має вигляд:

$$Z(S) = \min e_{ir} = \min, \quad (23)$$

$$\text{та } e_{ir} = \max e_{ij} = \max[\max e_{ij} - e_{ij}], \quad (24)$$

Правило вибору за критерієм Ходжа-Лемана формулюється так.

Матриця рішень доповнюється стовпцем, який складено з середніх зважених математичного очікування і найменшого результату кожної строчки. Вибирають такі варіанти рішень E_{io} , в строчках яких знаходяться найбільші значення цього стовпця.

Функція, за допомогою якої оцінюють результати, має вигляд:

$$Z(HL) = \max e_{ir}, \quad (25)$$

$$\text{та } e_{ir} = [\sum e_{ij} W_{es_j} + \min(Norm_{ij}/2)] \quad (26)$$

де W_{es_j} – вагомість j -го критерію.

Критерій за ДСТУ ISO 9000-2. Правило вибору за цим критерієм сформулюється так.

Утворюють матрицю q_{mn} елементи якої є відносні зміни даного показника по відношенню до базового варіанту. Базовим варіантом приймають перше рішення. Відносні зміни визначають за формулами:

$$q_{ij} = pb_i/po_i \quad (27)$$

$$q_{ij} = po_i/pb_i \quad (28)$$

де po_i – значення i -го локального показника, pb_i – значення того ж показника, базового варіанту.

З формул (27) і (28) вибирають ту, яка відповідає збільшенню відносної зміни показника q_{ij} при покращенні варіанта, що оцінюють. Так як локальні критерії 1-5 потребують зменшення всіх показників, то застосовують формулу (27).

Матриця відносних змін q_{mn} доповнюється стовпцем, який утворюється з зважених математичних очікувань значень кожної строчки. Вибирають ті варіанти, в строчках яких знаходяться найбільші значення цього стовпця.

Функція, за допомогою якої оцінюють результати, має вигляд:

$$Z(GOST) = \max K_i, \quad (29)$$

$$\text{та } K_i = \sum q_{ij} \cdot W_{es_j}, \quad (30)$$

де W_{es_j} – вагомість j -го локального показника (критерія).

Для реалізації описаних методів розроблено спеціальне програмне забезпечення TUROW, за допомогою якого розраховують значення за всіма 5-ма комплексними критеріями і одержують результат у вигляді таблиці 4. При цьому варіанти рішень для всіх

критеріїв записуються в окремий текстовий файл. Розташування рішень в файлі результатів виконується за пріоритетами, тобто перше видане рішення є найкращим, а останнє – найгіршим.

Застосування методики проілюструємо на декількох прикладах.

Приклад оцінки технологій збирання зернових культур. Оцінку проведемо за 4-ма локальними критеріями, що наведені в таблиці 3. Там же наведено і вагомості локальних критеріїв. Умови збирання: зона Степ України, культура – озима пшениця, врожайність - 60 ц/га.

Технології розглянемо такі:

1. Пряме комбайнування з подрібненням, транспортування соломи СПС-4 (60 куб.м) і скиртування УСА-10.

2. Пряме комбайнування без подрібнення, транспортування соломи ВКН-11 і скиртування ПФ-0,5.

3. Пряме комбайнування з подрібненням, транспортування соломи ГKB-887Б (40 м³) і скиртування УСА-10.

Як видно з результатів, наведених в таблиці 4, за всіма критеріями краща технологія 2 (копицева).

Застосування методики проілюструємо на прикладі визначення технічного рівня обприскувачів польових культур. Вхідні дані наведені в таблиці 4.

Значення за критерієм якості не враховували, тому що всі обприскувачі за показником якості – нерівномірність обприскування – однакові. Для вітчизняних обприскувачів ОСШ-2500 і ОП-2000-2-01 це пояснюється тим, що вони укомплектовані імпоротною елементною базою: насосом, розпилювачами, трубопроводами, а також мають пристрої для стабілізації штанги.

За наведеною вище методикою визначили значення комплексних критеріїв 1-5, які наведено в таблиці 5-7.

Таблиця 3. Технології збирання зернових культур.

Table 3. Technologies of grain harvesting.

Локальні критерії	Вагомість	Технології		
		1	2	3
1. Затрати праці, л-г/га	0,10	4,8	4,0	9,3
2. Прямі витрати палива, кг/га	0,35	44,1	32,9	43,4
3. Сукупні енергозатрати, МДж/га	0,20	1888	1409	1860
4. Матеріаломісткість, кг/га	0,15	206,2	180,7	189,2
5. Приведені затрати, грн/га	0,20	197,2	180,3	222,0

Таблиця 4. Оцінка технологій збирання зернових культур.

Table 4. Evaluation of grain harvesting technologies.

Байєса-Лапласа		Гурвіца		Севіджа		Ходжа-Лемана		ДСТУ	
№	Z(BL)	№	Z(G)	№	Z(S)	№	Z(HL)	№	Z(GOST)
2	+1,02	2	+0,93	2	0,00	2	+0,45	2	+1,25
1	-0,44	1	-0,33	1	+1,96	1	-0,53	1	+1,00
3	-0,48	3	-0,46	3	+1,99	3	-0,68	3	+0,5

Таблиця 5. Кореляційна матриця.

Table 5. Correlation matrix.

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8
t	0,94	0,98	0,89	0,94	0,91	0,87	0,96	0,96
u_1	1	0,93	0,83	0,96	0,87	0,87	0,95	0,84
u_2	0,93	1	0,84	0,96	0,9	0,84	0,97	0,94
u_3	0,83	0,84	1	0,74	0,89	0,87	0,79	0,94
u_4	0,96	0,96	0,74	1	0,86	0,8	0,99	0,84
u_5	0,87	0,9	0,89	0,86	1	0,89	0,92	0,92
u_6	0,87	0,84	0,87	0,8	0,89	1	0,82	0,86
u_7	0,95	0,97	0,79	0,99	0,92	0,82	1	0,89
u_8	0,84	0,94	0,94	0,84	0,92	0,86	0,89	1

Таблиця 6. Техніко-економічні показники обприскувачів польових культур при нормі внесення розчину пестицидів 100 л/га.

Table 6. Technical and economic indicators of field sprayers at the rate of application of pesticide solution 100 l/ha.

Модель	Фірма, держава	Показники за критеріями				
		1	2	3	4	5
3000x18 S-300	BBG, ФРН	1,803	7,13	0,060	1,803	183
3000x21 S-300	BBG, ФРН	1,748	6,64	0,053	1,748	181
Spidomat D2 20	RAU, ФРН	1,796	6,40	0,070	1,796	171
Spidomat D2 30	RAU, ФРН	1,798	7,49	0,065	1,798	175
Spidomat D2 40	RAU, ФРН	1,919	7,49	0,065	1,919	172

2400x18 Hardi	Hardi, Данія	1,528	6,89	0,080	1,528	173
2400x18 Hardi	Hardi, Данія	2,049	7,13	0,077	2,049	174
2600x21 Hardi	Hardi, Данія	1,775	6,40	0,066	1,775	170
2500x18 Sprau	FARNGER, Угорщина.	2,130	6,89	0,088	2,130	172
ОСШ-2500-18	Фрегат, Україна	1,046	6,89	0,082	1,046	179
ОП-2000-2-01	Львівхімсільгоспмаш, Україна	0,974	6,52	0,103	0,974	181

Таблиця 7. Значення комплексних критеріїв обприскувачів.**Table 7.** Values of complex criteria of sprayers.

Байєса-Лапласа		Гурвіца		Севіджа		Ходжа-Лемана		ДСТУ	
№	Z(BL)	№	Z(G)	№	Z(S)	№	Z(HL)	№	Z(GOST)
10	0,76	10	0,73	6	1,89	11	0,01	11	1,38
11	0,63	8	0,69	2	2,08	2	-0,04	10	1,34
2	0,48	11	0,57	8	2,16	3	-0,09	6	1,07
8	0,47	2	0,49	10	2,17	6	-0,23	2	1,06
3	0,22	3	0,18	3	2,22	1	-0,30	8	1,04
6	0,16	1	-0,01	1	2,36	10	-0,32	3	1,01
1	-0,16	6	-0,36	5	2,80	7	-0,51	1	1,00
4	-0,49	4	-0,46	4	2,80	9	-0,62	4	0,98
5	-0,64	5	-0,46	7	2,90	5	-0,82	5	0,95
7	-0,68	7	-0,48	9	3,11	4	-0,82	7	0,92
9	-0,75	9	-0,58	11	3,86	8	-1,36	9	0,89

Як видно з результатів оптимізації вітчизняні обприскувачі домінують перед закордонними, особливо за критерієм експлуатаційних затрат майже в 2 рази, тому висновок може бути досить вагомим про те, що для сільського господарства України немає потреби закуповувати імпорتنі машини, досить закуповувати елементну базу, а обприскувачі виготовляти на підприємствах держави.

Висновки

1. Під технічним рівнем технології, комплексу машин, машинно-тракторного агрегату розуміють відносну характеристику якості об'єкту, що заснована на порівнянні значень показників, які характеризують технічну досконалість зразка, що оцінюють, з відповідними базовими значеннями.

2. Вітчизняні обприскувачі домінують перед закордонними, особливо за критерієм експлуатаційних затрат майже в 2 рази, тому висновок може бути досить вагомим про те, що для сільського господарства України немає потреби закуповувати імпорتنі машини, досить закуповувати елементну базу, а обприскувачі виготовляти на підприємствах держави.

Список літератури

1. Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B. Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17. P. 1166-1172.
2. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.

Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 2017. Vol. 19. P. 158-163.

3. Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I. Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 2018. Vol. 16. P. 79-84.

4. Masek J., Novak P., Jasinskis A. Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16. P. 1180-1185.

5. Rogovskii I., Grubrin O. Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 298. P. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

6. Viba J., Lavendelis E. Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. P. 95-98.

7. Luo A.C.J., Guo Y. Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.

8. Astashev V., Krupenin V. Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16. P. 108-113.

9. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 2018. P. 64-74.

10. Drga R., Janacova D., Charvatova H. Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D

Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, Vol. 76. UNSP 04036.

11. Novotny J. Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15. P. 16-20.

12. Pinzi S., Cubero-Atienza A. J., Dorado M. P. Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration. 2016. Vol. 266. Issue 3. P. 407-441.

13. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.

14. Rogovskii I. L. Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 4. P. 145-150.

15. Роговський І. Л. Алгоритмічність визначення періодичності відновлення працездатності сільськогосподарських машин за ступенем витрат їх ресурсу. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 155-162.

16. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 2019. Vol. 18. P. 291-298.

17. Kalinichenko D., Rogovskii I. Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179-184.

18. Kalinichenko D., Rogovskii I. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 93-102.

19. Kalinichenko D., Rogovskii I. Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105-115.

20. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.

21. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.

22. Rogovskii I. L. Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 399-407.

23. Роговський І. Л. Методологічність виконання технологічних операцій відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212. Ч. 1. С. 314–322.

24. Rogovskii Ivan. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 2016. Vol. 18. No 3. P. 155–164.

25. Роговський І. Л. Модель стохастичного процесу відновлення працездатності сільськогосподарської машини в безінерційних системах із запізненням. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 3. P. 143–150.

References

1. Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B. (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 17. 1166-1172.
2. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F. (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 19. 158-163.
3. Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I. (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 16. 79-84.
4. Masek J., Novak P., Jasinskas A. (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 16. 1180-1185.
5. Rogovskii I., Grubrin O. (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 298. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.
6. Viba J., Lavendelis E. (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. 95-98.
7. Luo A.C.J., Guo Y. (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag. 213.
8. Astatheev V., Krupenin V. (2017). Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural

development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 16. 108-113.

9. Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64-74.

10. Drga R., Janacova D., Charvatova H. (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, 76, UNSP 04036.

11. Novotny J. (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 15. 16-20.

12. Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P. (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, 266 (3). 407-441.

13. Rogovskii I. L. (2019). Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(3). 181-187.

14. Rogovskii I. L. (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(4). 145-150.

15. Rogovskii I. L. (2020). Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 11(1). 155-162.

16. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. (2019). Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 18. 291-298.

17. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2014). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 19(3). 179-184.

18. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszów. 17(3). 93-102.

19. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2018). Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 18(1). 105-115.

20. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of

Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 258. 380-390.

21. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 262. 353-361.

22. Rogovskii I. L. (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 258. 399-407.

23. Rogovskii I. L. (2015). Methodological performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 212(1). 314-322.

24. Rogovskii Ivan. (2016). Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 18(3). 155-164.

25. Rogovskii I. L. (2020). Model of stochastic process of restoration of working capacity of agricultural machine in inertial systems with delay. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 11(3). 143-150.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВ ИНЖЕНЕРНОГО МЕНЕДЖМЕНТА В МЕТОДАХ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

И. Л. Роговский

Аннотация. В статье проведен анализ поддержания существующих сельскохозяйственных машин в работоспособном состоянии, за которым следует отработать систему технического обслуживания с учетом условий реформирования аграрного сектора. Под техническим обслуживанием понимается комплекс работ по поддержанию работоспособности или исправности изделий при использовании по назначению путем регулировочных, знающих, заправочных и крепежных работ. Для оценки альтернативных вариантов целесообразно проводить морфологический анализ всей совокупности возможных решений исследуемой проблемы, представленных в виде морфологической матрицы, в которой представлены основные функции машины и варианты предметных форм их выполнения.

Теоретическими исследованиями предоставили ответ на два главных вопроса – как должна меняться система технического обслуживания в зависимости от уровня развития аграрного производства, а также – какие параметры должна иметь система обслуживающего сервиса, чтобы выполнять соответствующие вмешательства с минимальными технологически необходимыми затратами ресурсов и капиталовложениями. Оценку уровня технического обслуживания сельскохозяйственных машин предусмотрено выполнять по совокупности организационно-технических факторов, формализованных через части и комплексные

показатели, в два этапа. Первый – оценка через части показатели по каждому фактору отдельно. Второй – оценка комплексного показателя (по всем факторам в целом).

Ключевые слова: методология, коэффициент готовности, эффективность, сельскохозяйственная машина.

MODELS OF FORMATION OF ENGINEERING
MANAGEMENT ALTERNATIVES IN METHODS
OF INCREASING GRAIN PRODUCTION
IN AGRICULTURAL ENTERPRISES

I. L. Rogovskii

Abstract. In the article the analysis of existing agricultural machines in a healthy state, followed by work on the maintenance system subject to the conditions of reforming of the agrarian sector. Under maintenance refers to the complex of works on maintenance of working capacity or serviceability of the products during use by adjusting, knowledgeable, filling and retaining work. For the assessment of the alternatives it is advisable to conduct morphological analysis of the entire set of possible solutions to the research problem presented in a morphological matrix, which presents the basic functions of the machine and options the subject of the forms of their implementation.

Theoretical research has provided the answer to two fundamental questions – how to change maintenance system depending on the level of development of agricultural production, and what parameters must have the system maintenance service to perform the appropriate intervention with the minimum technologically necessary costs of resources and investment. Assessment of the level of maintenance of agricultural machinery is provided to carry on the totality of organizational and technical factors, formalized through parts and complex indicators, in two phases. The first evaluation of using of the indicators for each factor separately. Second – assessment of a complex indicator (for all factors).

Key words: methodology, availability, efficiency, agricultural machine.

I. Л. Роговский ORCID 0000-0002-6957-1616.