Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 3, 151-162
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2020.03.151

УДК 631.1.004

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Л. Л. Тітова, І. М. Ничай

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція авторів: l_titova@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – квітень 2020, акцептовано – серпень 2020.
Бібл. 37, рис. 0, табл. 9.

Анотація. В статті наведено аналіз сучасних наукових досягнень по багатокритеріальній оптимізації технічних рішень та існуючих нормативних документів та визначені комплексні критерії оцінки сільськогосподарської машини; оцінки їх ефективності у взаємозв'язку з актуальними цілями і завданнями, призначеними 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. Такий підхід змушує при вирішенні будь-якої науково-технічної задачі по створенню нового продукту розглядати цей продукт не тільки на етапі науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт або постановки на виробництво, а й протягом усього можливого періоду подальшого існування цього продукту, тобто протягом усього життєвого циклу продукту.

Дані методологічні положення поширюються на сільськогосподарське виробництво – технології виробництва продукції, технологічні комплекси машин, машини і машинно-тракторні агрегати, що використовують в рослинництві і виробництва сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: методологія, технічний рівень, комплекс машин, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми

Зміни методології управління процесами досягнення цілей: як на рівні державної інфраструктури, так і на рівні інфраструктур безпосередніх виконавців, перш за все при вирішенні завдань формування та реалізації державної науково-технічної політики [1-4]. Зміни ці полягають, перш за все, в переході від традиційних методів управління (процесного, функціонального) до проєктних і програмно-цільових методам управління [5-8]. Методологія проєктного управління стала формуватися і впроваджуватися в світову практику ще в 50-60-х років XX століття [9-12]. За наступний період розвитку методології проєктного менеджменту сформувалося і стало загальновизнаним новий науковий напрям - «наука про управління проєктами» [13-18]. В Україні основні принципи проєктного (проєктно-цільового) управління знайшли своє усвідомлене застосування з початку 2000-х років нового століття з переходом на ринкові виробничо-економічні відносини [19-21]. Саме проєкти і проєктні програми стали основним інструментом реалізації масштабних унікальних завдань, поставлених в рамках науково-технічної державної політики України, не дивлячись на те, що сьогоднішня організація реалізації інноваційних процесів не позбавлена певних недоліків [22-23].

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 с 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.

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 :

1) експлуатаційні затрати,
2) прямі витрати палива,
3) затрати сукупної енергії,

4) матеріаломістісткість,

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) [24-26].

Аналіз останніх досліджень

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

1) Байєса-Лапласа,

2) Гурвіца,

3) Севіджа,

4) Ходжа-Лемана,

5) критерій за ГОСТ 22732.

Відповідно то прийнятих локальних критеріїв визначена номенклатура показників оцінки [27-31]:

1) питомі експлуатаційні затрати, грн/одиницю продукції чи роботи;

2) питомі прямі витрати палива, кг одиницю продукції чи роботи;

3) питомі затрати сукупної енергії. МДж/одиницю продукції чи роботи;

4) питомі приведені затрати, грн/одиницю продукції чи роботи;

5) питома матеріаломісткість, кг/одиницю 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 [32-34]. Коли ж прибуток визначити неможливо (при оцінюванні технологічних ліній, окремих машинно-тракторних агрегатів), то використовують перші 5 локальних критеріїв [35-37].

Мета досліджень

Мета досліджень – представити методологічні положення технічного рівня використання комплексу сільськогосподарських машин.

Результати досліджень

Критерії оцінки технічного рівня відображають кінцеві результати використання комплексу машин чи окремого машинно-тракторного агрегату. Показники визначають в розрахунку на одиницю кінцевої сільськогосподарської продукції, як правило на 1 ц продукції. 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.

Питомі затрати праці на одиницю продукції:

$$З_Т = \frac{З_0}{П}, \text{ люд-г/ц}, \quad (1)$$

де $З_0$ – прямі за рік затрати праці по комплексу;

П – вироблена за рік продукція ц.

Затрати праці на одиницю роботи визначають за формулою:

$$З_Т = \frac{Л}{W_{зм}}, \text{ люд-г.} \quad (2)$$

де $W_{зм}$ – продуктивність за годину змінного часу агрегату або машини (га. тон. голів, та ін.).

Л – 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.

Питомі приведені затрати на одиницю продукції:

$$р = \frac{Р_Г}{П}, \text{ грн./ц}, \quad (3)$$

де $Р_Г$ – річні приведені затрати по комплексу:

$$Р_Г = С_0 + Е \cdot К, \text{ грн.}, \quad (4)$$

де $С_0$ – річні експлуатаційні затрати при використанні комплексу, грн.,

Е – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,

К – балансова вартість комплексу машин, грн.

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

$$П = І + К \cdot Е, \text{ грн.}, \quad (5)$$

де І – прямі експлуатаційні затрати на одиницю виробітку, грн.,

К – капітальні вкладення на. одиницю виробітку, грн.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$І = З + Г + Р + А + Ф, \text{ грн.}, \quad (6)$$

де З – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.,

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

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

А – затрати на реновацію, грн.,

Ф – інші прямі затрати на основні і допоміжні матеріали (насіння, добрива, пестициди, проволоку, шпагат, тара та ін.), грн.

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

$$З = \left[\sum_J Л_j r_j \cdot k_Д\right] / W_{зм}, \text{ грн.}, \quad (7)$$

де $W_{зм}$ – 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-г,

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

$Л_j$ - кількість j-го обслуговуючого персоналу, люд.

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

$$Г = q \cdot Ц, \text{ грн.} \quad (8)$$

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

Ц – 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 ремонти за нормативними відрахуваннями від балансової вартості машини визначають за формулою:

$$Р = Б \cdot (r_t + r_k)/(W_{ек} \cdot Т_ч), \text{ грн.} \quad (9)$$

де Б – балансова вартість машини, грн.,

$W_{ек}$ – 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,

$Т_ч$ – нормативне річне завантаження, годин.

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

$$А = (Б \cdot а)/(W_{ек} \cdot Т_з), \text{ грн.} \quad (10)$$

де а – коефіцієнт відрахувань на реновацію машини.

$Т_з$ – зональне річне завантаження, годин.

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

$$Ф = \sum_i h_i \cdot Ц_{М_i}, \text{ грн.,} \quad (11)$$

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

$Ц_{М_i}$ – оптова ціна одиниці і-го виду матеріалу, що витрачається, грн.

Питома матеріаломісткість комплексу або агрегату:

$$м = (М1 + М2)/П, \text{ кг/ц,} \quad (12)$$

де М1 – приведена маса машин і обладнання, які постійно використовують у даному комплексі, кг,

М2 – приведена маса машин і обладнання, що залучають для виконання робіт.

$$М1 = \sum_{i=1}^{n}\left[G_i \cdot K_{r_i}\right] = \sum_{i=1}^{n}[G_i/T_i], \text{ кг,} \quad (13)$$

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

K_{r_i} – коефіцієнт реновації *і-ї* машини,

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

$$М2 = \sum_{j=1}^{n} D_j/D_{r_j} \cdot K_{r_j}, \text{ кг,} \quad (14)$$

де G_i – маса і-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;

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

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

Складові формули (15) є:

$$E_i = E_П + E_О + (E_ж + E_Т + E_М + E_С)/W_{зм}, \quad (16)$$

де $E_П$ – затрати прямої енергії, що виражені витрачанням палива, МДж/од. виробітку,

$E_О$ – затрати енергії, які містяться у добривах, ядохімикатах, насінні, гербіцидах, МДж/од. виробітку,

$E_ж$ – енергетичні затрати живої праці на од. виробітку, МДж,

$E_Т$ – енергомісткість енергетичних засобів на одиницю години роботи, МДж/год,

$E_М$, $E_С$ – енергомісткість машин, зчіпок на одиницю змінного часу, МДж/год,

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

Енергомісткість вказаних складових вміщена в таблиці 1.

Таблиця 1. Вхідні дані для розрахунку повних енергозатрат.

Table 1. Input data for calculating total power inputs.

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 самохідні	86,4
Автомобілі	79,3
Сільськогосподарські машини, зчіпки	75,0
Будівлі і споруди	39,5 МДж/м^2
Виробничі споруди	21,7 МДж/м^2
Адміністративні і культурно-побутові споруди	21,7 МДж/м^2
Добрива:	МДж/кг д.р.
Органічні	0,42

Продовження таблиці 1

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 (нітроамофоска та ін.)	51,50
Пестициди	МДж/кг д.р.
Гербіциди:	
Масла, що змішуються	419,6
Порошок, що змочується	263,6
Гранули	363,7
Інтексициди:	
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
Продукція рослинництва	
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 (насіння)	20,68
Цукрові буряки	2,56
Соняшник (насіння)	17,83
Соняшник (зелена маса)	4,20

Продовження таблиці 2

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
Однолітні 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 (насіння)	20,68
Соняшник (насіння)	32,09
Цукрові буряки	18,40
Картопля	6,58
Бахча	18,70
Овочі	18,70
Багаторічні трави	19,70
Однолітні 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	= 4,19 кДж = 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.

За локальними критеріями, наведеними вище, утворюємо матрицю рішень, яка є кінцевою сукупністю варіантів рішень. Таких варіантів рішень буде m, причому $m > 1$. Позначимо варіанти $E_1, E_2, \dots, E_m$. Приймемо умову, що кожним варіантом E_i однозначно визначається деякий результат (тобто машинно-тракторний агрегат, технологічна лінія, технологічний комплекс машин) e_i. Значення строчки e_i, складають показники даного технічного рішення за визначеними локальними критеріями. Таку таблицю розміром $m * n$ (m – кількість варіантів, n - кількість локальних критеріїв) називають матрицею рішень.

Позначимо її e_{ij} Є Е.

Перш за все матрицю Е 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.

Матриця рішень матиме вигляд

№ показника	X_1	X_2	Y_i
1	-1	-1	Y_1
2	+1	-1	Y_2
3	-1	+1	Y_3
4	+1	+1	Y_4

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:

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

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

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

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

Правило вибору за критерієм Гурвіца формулюється 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:

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

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

де c – вагомість критерій. 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:

$$Z(S) = \min e_{ir} = \min\left[\max(\max e_{ij} - e_{ij})\right], \quad (23)$$

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

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}, строчках яких знаходяться найбільші значення цього стовпця.

Функція, за допомогою якої оцінюють результати, має вигляд:

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

$$e_{ir} = \left[\sum e_{ij} Wes_j + \min(Norm_{ij}/2)\right] \quad (26)$$

де Wes_j – вагомість і-го критерію.

Правило вибору за цим критерієм формулюється 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:

$$q_{ij} = pб_i/po_i \quad (27)$$

$$q_{ij} = po_i/pб_i \quad (28)$$

де po_i – значення і-го локального показника, $pб_i$ – 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 змій 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:

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

$$K_i = \sum q_{ij} \cdot Wes_j, \quad (30)$$

де Wes_j – вагомість j-го локального показника (критерія).

Для реалізації описаних методів розроблено спеціальне програмне забезпечення TUROW, за допомогою якого розраховують значення за всіма 5-мя 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 ГКБ-887Б (40 м^3) 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 5.

Значення за критерієм якості не враховували, тому що всі обприскувачі за показником якості – нерівномірність обприскування - одинакові. Для вітчизняних обприскувачів ОСШ-2500 і ОП-2000-2-01 це пояснюється тим, що вони укомплектовані імпортною 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 6.

Таблиця 3. Технології збирання зернових культур.
Table 3. Grain harvesting technologies.

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. Техніко-економічні показники обприскувачів польових культур при нормі внесення розчину пестицидів 100 л/га.
Table 5. Technical and economic indicators of field sprayers at the rate of pesticide solution application of 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 6. Значення комплексних критеріїв обприскувачів.
Table 6. The value of complex criteria for 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 імпортні машини, досить закуповувати елементну базу, а обприскувачі виготовляти на підприємствах держави.

Приклад застосування методики при визначенні технічного рівня технологій для збирання цукрових буряків. Визначали перспективність технологій, наведених в таблиці 7.

Для вибраних технологій вибрали критерії оптимізації: 1) експлуатаційні затрати, грн./га, 2) матеріаломісткість, кг/га, 3) прямі витрати палива, кг/га, 4) затрати енергії, кВт-г/га, 5) затрати праці, люд.-г/га. 6) капіталовкладення, тис. грн., 7) прибуток, тис. грн.

В даний перелік включено прибуток, проте розрахунки проводимо за всіма критеріями, тому що значення прибутку для всіх технологій відрізняються не більше як на 3 відсотки. Показники технологічних комплексів машин для площі збирання 800 га наведено в таблиці 8, причому 9-у технологію прийнято як контрольну, а показники решти технологій виражені в долях до контрольної.

Розрахунки за комплексними критеріями наведено в таблиці 9.

Таблиця 7. Технології збирання цукрових буряків.
Table 7. Sugar beet harvesting technologies.

№ технології	Назва технології	Кількість рядків
1	Однофазна комбайнова	1
2	Однофазна комбайнова	2
3	Однофазна комбайнова	3
4	Однофазна комбайнова	6
5	Двофазна, роздільна	2
6	Двофазна, роздільна	3
7	Двофазна, роздільна	6
8	Двофазна, роздільна	12
9	Трифазна валкова	6

Таблиця 8. Показники технологій за вибраними критеріями.
Table. 8. Indicators of technologies according to the selected criteria.

Технології	Критерії						
	1	2	3	4	5	6	7
	Вагомість критеріїв						
	0,159	0,143	0,143	0,127	0,111	0,158	0,159
1	2,50	13,90	10,11	8,75	8,64	1,74	0,97
2	2,87	4,09	2,71	3,10	2,94	1,08	0,96
3	2,37	3,55	2,02	2,53	1,23	1,26	0,97
4	0,93	1,67	1,36	1,33	0,23	1,26	0,97
5	0,95	1,00	1,17	4,11	3,71	0,27	0,97
6	1,54	1,85	1,76	2,17	2,00	0,72	0,98
7	0,98	1,49	0,84	0,96	0,51	1,20	0,98
8	0,52	1,07	0,40	0,85	0,14	0,83	0,98
9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблиця 9. Значення комплексних критеріїв технологічних комплексів машин для збирання цукрових буряків.
Table 9. The value of complex criteria of technological complexes of machines for harvesting sugar beets.

Байєса-Лапласа		Гурвіца		Севіджа		Ходжа-Лемана		ДСТУ	
№	Z(BL)	№	Z(G)	№	Z(S)	№	Z(HL)	№	Z(GOST)
9	+0,58	9	+0,80	3	2,65	9	-0,10	8	13,04
8	+0,53	5	+0,66	6	2,91	6	-0,14	4	6,89
7	+0,28	8	+0,32	4	2,96	7	-0,18	7	5,57
6	+0,20	6	0,21	7	3,00	8	-0,24	9	4,36
5	+0,17	7	0,14	8	3,10	4	-0,31	5	3,37
4	+0,10	4	0,11	5	3,12	5	-0,31	6	2,63
3	-0,24	1	-0,01	9	3,12	3	-0,54	3	2,52
2	-0,52	2	-0,31	2	3,54	2	-0,91	2	1,81,
1	-1,10	3	-0,70	1	3,57	1	-1,34	1	1,00

Аналіз результатів таблиці 9 показує, що за більшістю критеріїв (3) переваги має валковий спосіб збирання буряків - 9-а технологія. Вона і є пріоритетною для господарств України при обсягах виробництва 600-800 га.

Висновки

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

2. Аналіз результатів значення комплексних критеріїв технологічних комплексів машин для збирання цукрових буряків показав, що за більшістю критеріїв (3) переваги має валковий спосіб збирання буряків – 9-а технологія. Вона і є пріоритетною для господарств України при обсягах виробництва 600-800 га.

3. Для вибраних технологій вибрали критерії оптимізації: 1) експлуатаційні затрати, грн./га, 2) матеріаломісткість, кг/га, 3) прямі витрати палива, кг/га, 4) затрати енергії, кВт-г/га, 5) затрати праці, люд.-г/га. 6) капіталовкладення, тис. грн., 7) прибуток, тис. грн. Розрахунки проводили за всіма критеріями, тому що значення прибутку для всіх технологій відрізняються не більше як на 3 відсотки. Показники технологічних комплексів машин для площі збирання 800 га, де 9-а технологія прийнята як контрольна, а показники решти технологій виражені в долях до контрольної.

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., Jasinskas 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., Ohiienko 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. 18. 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. *Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Solomka O. V., Popyk P. S., Shvidia V. O., Stepanenko S. P.* Experimental studies of drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. 2019. Vol. 57. No 1. P. 141-146.

26. *Romaniuk W., Polishchuk V., Marczuk A., Titova L., Rogovskii I., Borek K.* Impact of sediment formed in biogas production on *productivity* of crops and ecologic character of production of onion for chives. Agricultural Engineering (wir.ptir.org). Krakow. Poland. 2018. Vol. 22. №1. P. 105-125. https://doi.org/10.1515/agriceng-2018-0010.

27. *Romaniuk W., Zheliezna T., Drahniev S., Bashtovyi A., Sobczuk H., Marczuk A., Titova L., Rogovskii I., Borek K. Prospects* for production and consumption of second generation biofuels in Ukraine. Agricultural Engineering (wir.ptir.org). Krakow. Poland. 2018. Vol. 22. №4. P. 71-79. https://doi.org/0.1515/ agriceng-2018-0038.

28. *Zagurskiy O., Rogach S., Titova L., Rogovskii I., Pokusa T.* «Green» supply chain as a path to sustainable development. Mechanisms of stimulation of socio-economic development of regions in conditions of transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. 2019. P. 199-213.

29. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Pokusa T., Zagurska S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I.* Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. 2020. 162 p.

30. *Zagurskiy O., Titova L.* Problems and prospects of blockchain technology usage in supply chain. Journal of Automation and Information Sciences. 2019. Vol. 51. Issue 11. P. 63-74.

31. *Voinalovych O., Aniskevych L., Motrich M., Titova L.* Rationale of acceptable risk of using tractors with operational damages of responsible parts. Engineering for Rural Development. 2020. Vol. 19. P. 784-792.

32. *Titova L. L., Chernik Yu. M., Gumenyuk Yu. O., Korobko M. M.* Research of Daubechies Wavelet spectrum of vibroacoustic signals for diagnostic of diesel engines of combine harvesters. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Issue 3. 032030.

33. *Titova L. L.* Simulation models of agricultural processes. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 3. P. 39-47.

34. *Тітова Л. Л., Надточій О. В.* Перспективні джерела струму мобільної сільськогосподарської техніки. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 2019. Вип. 10. № 1. С. 83-90.

35. *Войналович О. В., Гнатюк О. А., Поліщук О. Г., Тітова Л. Л.* Ймовірнісний метод аналізу ступеню небезпеки експлуатації тракторів на засадах даних дефектоскопії деталей. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 2019. Вип. 10. № 1. С. 121-126.

36. *Тітова Л. Л., Надточій О. В.* Оптимізація навантаження збиральних ланок залежно від терміну експлуатації. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 2019. Вип. 10. № 2. С. 97-102.

37. *Тітова Л. Л., Надточій О. В.* Аналітична модель визначення коефіцієнта відновлення ресурсу агрегатів машин для лісотехнічних робіт. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 2019. Вип. 10. № 2. С. 135-140.

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. *Astashev 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). Algorithmicly 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. 18(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). Metodological performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural mashines 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., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Solomka O. V., Popyk P. S., Shvidia V. O., Stepanenko S. P.* (2019). Experimental studies of drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. 57(1). 141-146.

26. *Romaniuk W., Polishchuk V., Marczuk A., Titova L., Rogovskii I., Borek K.* (2018). Impact of sediment formed in biogas production on productivity of crops and ecologic character of production of onion for chives. Agricultural Engineering (wir.ptir.org). Krakow. Poland. 22(1). 105-125. https://doi.org/10.1515/agriceng-2018-0010.

27. Romaniuk W., Zheliezna T., Drahniev S., Bashtovyi A., Sobczuk H., Marczuk A., Titova L., Rogovskii I., Borek K. (2018). Prospects for production and *consumption* of second generation biofuels in Ukraine. Agricultural Engineering (wir.ptir.org). Krakow. Poland. 22(4). 71-79. https://doi.org/0.1515/agriceng-2018-0038.

28. *Zagurskiy O., Rogach S., Titova L., Rogovskii I., Pokusa T.* (2019). «Green» supply chain as a path to sustainable development. Mechanisms of stimulation of socio-economic development of regions in conditions of

transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. 199-213.

29. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Pokusa T., Zagurska S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I.* (2020). Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. 162.

30. *Zagurskiy O., Titova L.* (2019). Problems and prospects of blockchain technology usage in supply chain. Journal of Automation and Information Sciences. 51(11). 63-74.

31. *Voinalovych O., Aniskevych L., Motrich M., Titova L.* (2020). Rationale of acceptable risk of using tractors with operational damages of responsible parts. Engineering for Rural Development. 19. 784-792.

32. *Titova L. L., Chernik Yu. M., Gumenyuk Yu. O., Korobko M. M.* (2020). Research of Daubechies Wavelet spectrum of vibroacoustic signals for diagnostic of diesel engines of combine harvesters. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548. 032030.

33. *Titova L. L.* (2018). Simulation models of agricultural processes. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 18(3). 39-47.

34. *Titova L. L., Nadtochiy O. V.* (2019). Promising power sources for mobile agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 10(1). 83-90.

35. *Voinalovich O. V., Hnatiuk O. A., Polischuk O. G., Titova L. L.* (2019). Probabilistic method of analysis of the degree of danger of operation of tractors on the basis of data of defectoscopy of details. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 10(1). 121-126.

36. *Titova L. L., Nadtochiy O. V.* (2019). Optimization of loading of loading links depending on service life. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 10(2). 97-102.

37. *Titova L. L., Nadtochiy O. V.* (2019). Analytical model for determining the resource recovery factor of machine units for forestry works. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 10(2). 135-140.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Л. Л. Титова, И. М. Ничай

Аннотация. В статье приведен анализ современных научных достижений по многокритериальной оптимизации технических решений и существующих нормативных документов и определены комплексные критерии оценки сельскохозяйственной машины; оценки их эффективности во взаимосвязи с актуальными целями и задачами, предназначенными для использования в государственных руководящих учреждениях, производственных предприятиях, научных учреждениях, конструкторских организациях при обосновании и определении лучших технологий и машин для производства, при обосновании направлений создания новых и совершенствования существующих технологий и машин, при обосновании приобретение зарубежной техники. Такой подход заставляет при решении любой научно-технической задачи по созданию нового продукта рассматривать этот продукт не только на этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ или постановки на производство, но и в течение всего возможного периода дальнейшего существования этого продукта, то есть в течение всего жизненного цикла продукта.

Данные методологические положения распространяются на сельскохозяйственное производство - технологии производства продукции, технологические комплексы машин, машины и машинно-тракторные агрегаты, используют в растениеводстве и производства сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: методология, технический уровень, комплекс машин, сельскохозяйственная машина.

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

METHODOLOGICAL PROVISIONS OF TECHNICAL LEVEL OF USE OF COMPLEX OF AGRICULTURAL MACHINES

L. L. Titova, I. M. Nichai

Abstract. The article presents an analysis of modern scientific achievements in multi-criteria optimization of technical solutions and existing regulations and identifies comprehensive criteria for evaluating the agricultural machinery; evaluation of their effectiveness in relation to the current goals and objectives for use in government agencies, manufacturing enterprises, research institutions, design organizations in the justification and determination of the best technologies and machines for production, in justifying the creation of new and improvement of existing technologies cars, when justifying the purchase of foreign equipment. This approach forces to solve any scientific and technical problem to create a new product to consider this product not only at the stage of research and development or production, but also during the entire possible period of further existence of this product, ie throughout product life cycle.

These methodological provisions apply to agricultural production – production technologies, technological complexes of machines, machines and machine-tractor units used in crop production and agricultural production.

Key words: methodology, technical level, complex of machines, agricultural machine.

Л. Л. Тітова ORCID 0000-0001-7313-1253.
І. М. Ничай ORCID 0000-0003-3720-5061.