



УДК 631.95: 631.3.06

**УРАХУВАННЯ ПОКАЗНИКА ЕКОЛОГІЧНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО  
ЗАСОБУ В МЕТОДИЦІ РОЗРАХУНКУ ЙОГО  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІВНЯ**

Мітков В.Б., к.т.н.,

Кувачов В.П., к.т.н.,

Чорна Т.С., к.т.н.,

Сологуб С.В., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: kuvachoff@mail.ru

**Анотація** – в роботі представлені методика оцінки технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу з урахуванням показника його екологічних властивостей. Наведені результати опитування експертів з метою визначення вагомості одиничних показників в оцінки узагальненого показника екологічних і технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу.

**Ключові слова:** технологічні властивості, показник екологічних властивостей, екологічність, мобільний енергетичний засіб, метод ранжирування показників.

*Постановка проблеми.* Методи теорії технологічної експлуатації дозволяють провести кількісну оцінку технологічного рівня мобільного енергетичного засобу, виявити ступінь відповідності його конструктивних параметрів і технічних характеристик, а також технологічних властивостей в цілому вимогам технологічного процесу сільськогосподарського виробництва [1]. Запропонований метод оцінки технологічних властивостей мобільних енергетичних засобів д.т.н. Кутьковим Г.М. [1] враховує такі, найбільш вагомні, узагальнені показники, як технологічну універсальність, продуктивність, агротехнічну якість та вартість виконаної операції, але не враховує показника їх екологічних властивостей.

Зрозуміло, що мобільні енергетичні засоби є одними з головних джерел негативного техногенного впливу на довкілля шкідливими продуктами згоряння дизельного палива, підтікання експлуатаційних мастильно-охолоджуючих рідин, механічним ущільненням та руйнуванням ґрунту, акустичним впливом, вібрацією тощо. Саме тому вра-



хування узагальненого показника екологічних властивостей в методиці оцінки технологічного рівня дозволяє оцінити відповідність даного мобільного енергетичного засобу технологічним вимогам з позиції екологічної безпеки на всьому комплексі сільськогосподарських операцій, для виконання яких у складі машинно-тракторних агрегатів він призначений.

Але розраховувати показник технологічного рівня мобільного енергетичного засобу, в такому випадку, можна після того, як будуть отримані коефіцієнти вагомості кожного із узагальнених показників. Тому дослідження направлені на вирішення цього питання є актуальними.

*Аналіз останніх досліджень.* Методика розрахунку основних узагальнених показників технологічних властивостей (технологічної універсальності, продуктивності, агротехнічної якості та вартості виконуваної операції) достатньо повно викладена в [1]. На відміну від згаданих показників оцінка узагальненого показника екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу є сьогодні рідкостю недостатньо вивченою. В класичній теорії експлуатації машинно-тракторного парку показник «екологічності комплексу машин» визначається за показниками екологічності: енергонасиченістю, ущільненням ґрунту, виносом гумусу, забрудненням навколишнього середовища [2].

Проте в дисертаційній роботі [3], наприклад, рекомендується більш вдосконалена нова методика визначення узагальненого «коефіцієнта екологічної безпеки» ( $Y_{Кеб}$ ) від впливу роботи машинно-тракторного агрегату на довкілля, який представлений у вигляді відносного коефіцієнта погіршення суми екологічних параметрів роботи останнього, віднесених до їх нормативних значень:

$$Y_{Кеб} = K_{U_i} \cdot U_{ki} / U_i + K_F \cdot F_{ki} / F_i + SK_{T_i} + K_N \cdot N_{ki} / N_i + K_{CO} \cdot g_{CO_{ki}} / g_{CO_i} + K_{CH} \cdot g_{CH_{ki}} / g_{CH_i} + K_{NOx} \cdot g_{NO_{xki}} / g_{NO_{xi}} + K_{L1} \cdot L_{1k} / L_1 + K_{L2} \cdot L_{2k} / L_2 + K_{L3} \cdot L_{3k} / L_3 + K_N \cdot N_{Kx,x} / N_{x,x} + K_{CO} \cdot g_{CO_{Kx,x}} / g_{CO_{x,x}} + K_{CH} \cdot g_{CH_{Kx,x}} / g_{CH_{x,x}} + K_{отх}, \quad (1)$$

де  $K_{U_i}$  - механічне руйнування ґрунту;

$K_{T_i}$  - забруднення нафтопродуктами;

$K_F$  - коефіцієнт впливу від тиску рушіїв трактора;

$K_{N_i}$  - димність відпрацьованих газів;

$K_{CO_i}$  - викиди окису вуглецю;

$K_{CH_i}$  - викиди вуглеводнів;

$K_{NO_{xi}}$  - викиди окислів азоту;

$K_{L1}$  - шум внутрішній;

$K_{L2}$  - шум зовнішній;

$K_{L3}$  - вібрація, передана технічним засобом навколишньому середовищу;

$K_{отх}$  - вагомість технологічних відходів МТА;

- $U_{ki}, N_{ki}, g_{CO_{ki}}, g_{CH_{ki}}, g_{NO_{xki}}, L_{1k} \dots L_{3k}$  - контрольні заміри відповідно механічного руйнування ґрунту, концентрації викидів вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, шуму внутрішнього, зовнішнього, вібрації;
- $U_i, N_i, g_{CO_i}, g_{CH_i}, g_{NO_{xi}}, L_1 \dots L_3$  - нормативні значення екологічних показників згідно до державних стандартів;
- $F_{ki}, F_i$  - питомий тиск рушіями трактора на ґрунт відповідно при випробуванні і рекомендований;
- $N_{Kx.x}, g_{CO_{Kx.x}}, g_{CH_{Kx.x}}$  - контрольні заміри димності, концентрації окису вуглецю та вуглеводнів відповідно у відпрацьованих газах на холостих обертах дизеля.

Варто врахувати результати останніх наукових досліджень в оцінки показника екологічних властивостей самого мобільного енергетичного засобу.

*Мета роботи.* Підвищення інформативності методики оцінки технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу шляхом урахування узагальненого показника його екологічних властивостей.

*Основна частина.* Залежність для розрахунку показника технологічного рівня мобільного енергетичного засобу з урахуванням його екологічних властивостей матиме вигляд:

$$ПТ = S_{yT} \cdot yT + S_{AT} \cdot AT + S_{WT} \cdot WT + S_{CT} \cdot CT + S_{ET} \cdot ET, \quad (2)$$

де  $yT, AT, WT, CT, ET$  - узагальнені показники відповідно технологічної універсальності, продуктивності, агротехнічних властивостей, вартості виконання технологічних операцій, екологічних властивостей;

$S_y, S_A, S_w, S_c, S_E$  - коефіцієнти вагомості відповідних узагальнених показників технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу.

Структура показника екологічних властивостей  $E_T$  залежить від призначення оцінюваного енергетичного засобу і мети розв'язуваної задачі. На нашу думку, при порівняльній оцінці енергозасобів в якості одиничних можна прийняти такі показники їх екологічних властивостей:  $K_{явг}$  - якість відпрацьованих газів;  $K_{зеп}$  - забруднення експлуатаційними рідинами;  $K_{мрг}$  - механічного руйнування ґрунту;  $K_{ш}$  - шумності;  $K_v$  - вібрації;  $K_{yT}$  - ущільнення ґрунту;  $K_{кст}$  - компоновальна схема енергозасобу. Тоді для мобільного енергетичного засобу показник екологічних властивостей  $E_T$  в узагальненій формі може бути виражений сумою добуток коефіцієнтів вагомості  $S_i$  одиничних узагальнених показників на їх відносні значення:



$E_T = S_{\text{Кявг}} \cdot K_{\text{явг}} + S_{\text{Кзер}} \cdot K_{\text{зер}} + S_{\text{Кмрг}} \cdot K_{\text{мрг}} + S_{\text{Кш}} \cdot K_{\text{ш}} + S_{\text{Кв}} \cdot K_{\text{в}} + S_{\text{Куг}} \cdot K_{\text{уг}} + S_{\text{Ккст}} \cdot K_{\text{кст}},$  (3)  
де  $S_{\text{Кявг}}, S_{\text{Кзер}}, S_{\text{Кмрг}}, S_{\text{Кш}}, S_{\text{Кв}}, S_{\text{Ккст}}$  - коефіцієнти вагомості одиничних відносних показників екологічної властивості.

Узагальнені одиничні показники за рівнянням (3) не зв'язані між собою або з  $E_T$  ніякою аналітичною або емпіричною залежністю. Задача полягає в тому, щоб знайти таку залежність. Найбільш прийнятним методом вирішення цієї задачі є метод ранжирування одиничних показників шляхом опитування експертів [1, 4].

Достовірність результатів опитування експертів для визначення рангів одиничних показників визначається двома основними факторами: кваліфікацією і чисельністю експертів. Зменшення числа експертів веде до зниження точності результату, оскільки на групову оцінку надмірний вплив надає оцінка кожного з експертів. При дуже великому числі експертів стає складніше виявити їх узгоджену думку через зменшення ролі тих суджень, які хоча і відрізняються від думок більшості, але далеко не завжди виявляються помилковими. В [1] автори вважають, що така група повинна складатися не менше ніж з 7 експертів.

В нашому випадку для ранжирування екологічних та технологічних властивостей було обрано 10 експертів – це науковці і фахівці в галузі механізації сільського господарства, агрономії, екології та охорони навколишнього середовища (таблиця. 1 та 2). В результаті їх опитування про значимість одиничних показників екологічних та технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу (таблиця. 1 та 2) були визначені ранги самих показників. При чому, найвищий ранг відповідає показникам, що мають найбільшу значимість, найнижчий, відповідно, - найменш значимим.

Оцінку узгодженості оцінок, отриманих від експертів, здійснювали за допомогою коефіцієнта конкордації  $W$  [1].

Перевірку значимості коефіцієнта конкордації  $W$  здійснювали за допомогою  $\chi^2$ -критерію Пірсона [1].

За результатами опитування експертів (див. рис. 1 та 2) були визначені коефіцієнти вагомості одиничних показників екологічних та технологічних властивостей для мобільних енергетичних засобів за рівнянням [1]:

$$S_i = \left(1 - \frac{t_k - 1}{n}\right) / \sum_{j=1}^n \left(1 - \frac{t_k - 1}{n}\right), \quad (4)$$

де  $t_k$  – підсумковий ранг одиничного показника екологічних та технологічних властивостей;

$n$  – загальна кількість одиничних показників.

Дані (табл. 1) свідчать про те, що на узагальнений показник екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу найбільший вплив оказує показник ущільнення ґрунту  $K_{уг}$ , потім механічне руйнування ґрунту  $K_{мрг}$ , склад відпрацьованих газів  $K_{явг}$ , забрудненість експлуатаційними рідинами  $K_{зер}$ , шумність  $K_{ш}$ , вібрація  $K_{в}$  і найменший вплив – компоновальна схема енергозасобу  $K_{кст}$ .

Таблиця 1 –  
Результати опитування експертів про значимість одиничних показників екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу

Експерти	Склад відпрацьованих газів $K_{явг}$	Забрудненість експлуатаційними рідинами $K_{зер}$	Механічне руйнування ґрунту $K_{мрг}$	Шумність $K_{ш}$	Вібрація $K_{в}$	Ущільнення ґрунту $K_{уг}$	Компоновочна схема трактора $K_{кст}$
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7
Пастухов В.І. д.т.н., проф.	4	3	1	6	5	2	7
Дідур В.А. д.т.н., проф.	2	3	4	5	6	1	7
Надикто В.Т. д.т.н., проф.	3	4	1	5	6	2	7
Петрук В.Г. д.т.н., проф.	4	5	2	6	7	1	3
Улексін В.О. к.т.н., доц.	7	5	1	4	3	2	6
Кувачов В.П. к.т.н., доц.	3	4	1	5	6	2	7
Федюшко М.П. к.с.г.н., доц.	2	3	4	5	6	1	7
Богатирьова О.Б. к.б.н., доц.	3	4	2	5	6	1	7
Шкарівський Г.В. к.т.н., доц.	5	6	1	4	3	2	7
Петрук Р.В. к.т.н., н.с.	4	7	1	6	5	2	3
Сума рангів $T$	37	44	18	51	53	16	61
Підсумкові ранги одиничних показників $t_k$	3	4	2	5	6	1	7
Відхилення від середньої суми рангів $\Delta$	9	16	-10	23	25	-12	33
Квадрат відхилень $\Delta^2$	81	256	100	529	625	144	1089
Сума квадратів відхилень $R$	2824						

Аналіз вказаних показників дозволяє встановити, які конструктивно-технологічні або режимні параметри енергозасобу та в якій мірі впливають на узагальнений показник його екологічних властивостей. І чим глибшим буде цей аналіз, тим найбільш точнішими і вдалими будуть запропоновані конструктивно-технологічні або режимні заходи щодо їх покращення.

Показник екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу за формулою (3) в результаті опитування експертів (дані табл. 1) прийме вид:

$$E_T = 0,25K_{уг} + 0,22K_{мрг} + 0,18K_{явг} + 0,14K_{зер} + 0,11K_{ш} + 0,07K_{в} + 0,03K_{кст}.$$

Таблиця 2 –  
Результати опитування експертів про значимість одиничних показників технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу

Експерти	Показник технологічної універсальності, $U_T$	Показник продуктивності, $W_P$	Показник агротехнічних властивостей, $A_T$	Показник вартості технологічного процесу, $S_T$	Показник екологічності, $E_T$
	n1	n2	n3	n4	n5
Пастухов В.І. д.т.н., проф.	1	3	2	4	5
Дидур В.А. д.т.н., проф.	4	2	1	3	5
Надикто В.Т. д.т.н., проф.	1	3	2	5	4
Петрук В.Г. д.т.н., проф.	2	1	5	3	4
Улексін В.О. к.т.н., доц.	5	4	1	3	2
Кувачев В.П. к.т.н., доц.	1	3	4	5	2
Федюшко М.П. к.с.г.н., доц.	3	4	2	5	1
Богатирьова О.Б. к.б.н., доц.	3	2	5	4	1
Шкарівський Г.В. к.т.н., доц.	4	5	2	3	1
Петрук Р.В. к.т.н., н.с.	3	1	4	2	5
Сума рангів $T$	27	28	28	37	30
Пісумкові ранги одиничних показників $t_k$	1	3	2	5	4
Відхилення від середньої суми рангів $\Delta$	-1	0	0	9	2
Квадрат відхилень $\Delta^2$	1	0	0	81	4
Сума квадратів відхилень $R$	86				

В оцінки технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу найбільшої вагомості, на думку експертів, має показник технологічної універсальності  $U_T$ , потім агротехнічних властивостей  $A_T$ , продуктивності  $W_P$ , екологічності  $E_T$  і найменший вплив оказує показник вартості технологічного процесу  $S_T$ . А рівняння для розрахунку показника технологічного рівня мобільного енергетичного засобу за формулою (1) в результаті опитування експертів (дані табл. 2) прийме вид:

$$P_T = 0,33U_T + 0,27A_T + 0,2W_P + 0,13E_T + 0,07S_{E_T}$$

Отриманий результат свідчить про те, що сьогодні більш актуальним є оцінка техногенного впливу мобільного енергетичного засобу на довкілля, ніж собівартість виконання ним одиниці роботи. І з таким висновком неможна не погодитися, оскільки знехтуванням впливом на екологію вже у найближчий час може звести нанівець економічний прибуток від виробництва сільськогосподарської продукції. Тому, оцінка технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу за критеріями його технологічної універсальності, продуктивності, аг-





ротехнічної якості, екологічних властивостей та вартості виконуваної операції дозволяє прийняти найбільш об'єктивне рішення щодо доцільності запровадження його у виробництво, ефективності його використання та технологічний рівень будь-якого техпроцесу.

#### *Висновки.*

1. Актуальність та значимість впливу екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу на його технологічні властивості підтверджена психологічним експериментом шляхом опитування експертів. Встановлено, що вагомість вказаної властивості, на думку експертів, менша за технологічної універсальності, продуктивності, агротехнічної якості, але більша за вартості виконуваної операції. Урахування показника екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу дозволяє прийняти найбільш об'єктивне рішення щодо доцільності запровадження його у виробництво, ефективності його використання та технологічний рівень будь-якого техпроцесу.

2. Оцінка вагомості одиничних показників на узагальнений показник екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу, за результатами опитування експертів, показала, що найбільш вплив оказує показник ущільнення ґрунту, потім механічне руйнування ґрунту, склад відпрацьованих газів, забрудненість експлуатаційними рідинами, шумність, вібрація найменший вплив - це компоновальна схема енергозасобу. Аналіз вказаних показників дозволяє встановити, які конструктивно-технологічні або режимні параметри енергозасобу та в якій мірі оказують вплив на узагальнений показник його екологічних властивостей. І чим глибшим буде цей аналіз, тим найбільш точнішими і вдалими будуть запропоновані конструктивно-технологічні або режимні заходи щодо їх покращення.

#### *Література*

1. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: Учебник / Г.М. Кутьков - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 506с.
2. Довідник з машинобудівництва в землеробстві/ В.І. Пастухов, А.Г. Чигрин, П.А. Джолос та ін. - Харків: «Веста», 2001. - 347с.
3. Внукова Н.В. Науково-методологічні основи екологічної безпеки комплексу автомобіль – дорога – середовище: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека»/ Н.В. Внукова; Український науково-дослідний інститут екологічних проблем. - Харків: 2015. - 40с.
4. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. - Ленинград: «Колос», 1980. – 168с.



**УЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА  
В МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ**

В.Б.Митков, В.П.Кувачев, Т.С. Чорна, С.В.Сологуб

***Аннотация*** – в работе представлена методика оценки технологических свойств мобильного энергетического средства с учетом показателя его экологических свойств. Представлены результаты опроса экспертов с целью определения весомости единичных показателей в оценке обобщенного показателя экологических и технологических свойств мобильного энергетического средства.

**ACCOUNTING INDICATOR OF THE ECOLOGICAL  
PROPERTIES OF MOBILE POWER TOOLS IN THE METHOD  
OF DETERMINING ITS TECHNOLOGY LEVEL**

V. Mitkov, V. Kuvachov, T. Chorna, S. Sologub

***Summary***

**The paper technique of an estimation of technological properties mobile power tools by its ecological properties. The results of a survey of experts to determine the weight of single indicators in the evaluation of the generalized indicator of environmental and technological properties of mobile power tools a presented.**