

ДО МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТИВ

Козаченко О.В. д.т.н.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведено аналіз методів енергетичної оцінки сільськогосподарських агрегатів, встановлена залежність похибки визначення потужності для процесу з коливанням навколо середньої швидкості руху.

Вступ. Сучасний стан розвитку засобів механізації сільськогосподарського виробництва зумовлює вимоги до витрат енергії при виконанні технологічних операцій. Це вимагає розробки методичних рекомендацій, що регламентують обґрунтування енергоємності агрегатів з високим ступенем достовірності вимірювань показників при випробуваннях нової або модернізованої техніки. Програмою таких випробувань встановлюються показники якості виконання технологічного процесу, надійності агрегатів та витрат енергії. Методики визначення цих показників відомі, але вони постійно удосконалюється в напрямку підвищення точності проведення випробувань.

Постановка проблеми. Внаслідок випадкового характеру навантажень на сільськогосподарські агрегати, енергетичні показники розглядаються як випадкові величини, що змінюються у часі. При визначенні комплексних показників енергетичної оцінки набуває актуальності зменшення похибки вимірювань середніх значень потужності за часом і пройденим шляхом. Це дозволить вибрати найбільш раціональний варіант агрегату при порівняльних випробуваннях або при створенні нової техніки.

Аналіз досліджень і публікацій. Відомі методики енергетичної оцінки сільськогосподарських агрегатів передбачають проведення порівняльних випробувань серійних і нових комплексів машин [1]. При цьому показником ефективності приймають безрозмірний коефіцієнт, що є відношенням енергоємності технологічних процесів, що виконуються серійними і новими машинами. Але такий підхід є недосконалим з точки зору точності і вірогідності отриманих результатів.

Питання удосконалення методів енергетичної оцінки агрегатів розглянуто в [2]. На підставі досліджень [3], автором запропоновано енергетичну оцінку агрегатів виконувати за відношенням активної потужності до повної потужності двигуна, що є коефіцієнтом використання потужності динамічною системою. В роботі [4] запропоновано уточнений спосіб оцінки середніх витрат енергії при роботі сільськогосподарських агрегатів. Особливістю наведеної методики є розгляд змінної величини – потужності, як множення середніх значень сили і швидкості, по різних аргументах, зокрема за часом t (для

рівномірного руху) або за шляхом S . На такий підхід при визначенні сили за шляхом і часом вказував в своїх роботах і академік В.П.Горьчкін [5]. Дослідженнями Н.Н.Лучанського [6, 7] встановлено, що однією з причин зниження енергетичної ефективності роботи агрегатів є нерівномірність руху, які можуть досягати до 7-8 % і більше. Автором в роботі [8] на простих моделях коливного руху визначена похибка, що має місце при оцінці середніх значень сили і потужності за часом і пройденим шляхом і визначається залежністю

$$\varepsilon = \left| \frac{N_3 - N_6}{N_3} \right| = \left| 1 - \frac{4}{\pi} \right|. \quad (1)$$

При цьому максимальна похибка становить 27%, і як впливає із результатів досліджень, похибка не залежить від кутової швидкості та амплітуди коливань. Але отриманий результат відноситься до випадку, коли маса коливається навколо нерухомого центру, що значно відрізняється від реального руху сільськогосподарського агрегату при виконанні технологічного процесу.

Результати досліджень. Швидкість руху сільськогосподарського агрегату при виконанні технологічного процесу коливається навколо заданого середнього значення. При цьому рух агрегату можна розглядати як дві складові:

- переміщення агрегату із заданою постійною швидкістю V_0 ;
- коливний рух відносно V_0 на величину ΔV .

У зв'язку з цим, розглянутий в [8] приклад є тільки однією складовою руху агрегату. Теоретичне обґрунтування похибки в оцінці енергетичних показників реальної сільськогосподарської машини є неможливим. Це пов'язано з тим, що рух машини масою M з постійною швидкістю теоретично не можна оцінити з енергетичної точки зору. Згідно положень теоретичної механіки [9], рух тіла масою m з постійною швидкістю здійснюється у випадку, коли рівнодіюча сила дорівнює нулю. Але в [9, с. 27] представлена задача, де розглядається рух точечної маси під дією періодичної сили. В цьому випадку маса здійснює коливний рух повного режиму постійної швидкості, що значно наближає процес до реального руху сільськогосподарського агрегату. Розглянемо такий рух агрегату. Діюча в напрямку руху по осі X сила P_x дорівнює

$$P_x = P \cdot \sin \omega t, \quad (2)$$

а закон руху точки по цій же осі має вигляд:

$$X = \frac{P}{m\omega^2} (\omega t - \sin \omega t). \quad (3)$$

З формули (3) можна отримати значення швидкості руху V_x :

$$V_x = \frac{P}{m\omega}(1 - \cos\omega t) = V_0 - \frac{P}{m\omega}\cos\omega t. \quad (4)$$

Визначимо в деякий довільний час t миттєву потужність N_t як:

$$N_t = P_t \cdot V_t, \quad (5)$$

де P_t, V_t – миттєві значення сили P_t та швидкості V_t .

Середнє значення потужності, згідно [10] має вигляд:

$$\bar{N}_t = \bar{P}_t \cdot \bar{V}_t, \quad (6)$$

де \bar{P}_t, \bar{V}_t – середні значення сили і швидкості.

Слід додати, що формула (6) є дійсною для випадку, коли P_t і V_t не є корельованими величинами. В протилежному випадку в рівняння (6) слід додати кореляційний момент K_{pv} , який визначається як математичне сподівання:

$$K_{pv} = M[(P_t - \bar{P}_t) \cdot (V_t - \bar{V}_t)]. \quad (7)$$

Формулу (7) можна також записати і для потужності, що визначається за пройденим шляхом. Визначивши, по аналогії з [8] середні значення сил і швидкостей за чверть періоду, отримаємо середні значення потужності за часом і пройденим шляхом:

$$\begin{aligned} \bar{N}_t &= \frac{2P \cdot V_0}{\pi} \pm \frac{4P^2}{\pi^2 m \omega}; \\ \bar{N}_x &= \frac{2P \cdot V_0}{\pi} \pm \frac{P^2}{\pi m \omega}. \end{aligned} \quad (8)$$

Із (8) випливає, що середнє значення потужності включає складову, яка залежить від швидкості руху V_0 і не залежить від t та X . Якщо \bar{N}_x взяти з позитивним знаком, тобто максимальне значення потужності, то похибка ε згідно з залежністю (1) буде мати вигляд:

$$\varepsilon = \frac{4/\pi - 1}{2m\omega V_0 / P + 1}. \quad (9)$$

При $V_0 = 0$ формула (9) співпадає з (1), тобто гіпотеза поєднання складових руху агрегату має місце. Середня швидкість руху агрегату за чверть періоду, що визначається інтегруванням формули (1), має вигляд

$$\bar{V}_x = V_0 - \frac{P}{m\omega} \quad (10)$$

і за наступну чверть періоду в формулі середньої швидкості руху з'являється знак плюс, тобто поступово середня швидкість руху визначається як

$$\bar{V}_x - V_0 \pm \frac{P}{m\omega} = V_0 \pm \Delta V, \quad (11)$$

де ΔV – відхилення швидкості від заданого значення V_0 .

Приймаючи до уваги, що похибка згідно (1) є максимальною і позначивши відношення $\Delta V / V_0 = K$ формулу (9) можна отримати у вигляді:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\max}}{1/K + 1}. \quad (12)$$

Результати розрахунків похибки ε в залежності від K представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків похибки ε в долях ε_{\max} від співвідношення швидкості руху K .

K	0	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	∞
$\varepsilon / \varepsilon_{\max}$	0	0,047	0,090	0,130	0,166	0,200	0,230	0,259	0,285	0,310	0,333	1

Аналіз отриманих результатів вказує на те, що при $K = 0$, коли процес відбувається при постійній швидкості руху, різниця в оцінці середніх значень потужності за часом і пройденим шляхом відсутня. Другий граничний випадок, коли $K = \infty$ і відбувається чисто коливний процес, приводить до отримання максимального значення похибки. Приймаючи до уваги коливання швидкості руху в межах 20-30%, середні значення оцінки потужності за часом і пройденим шляхом відрізнятимуться на 17-23 % від максимальної похибки чисто коливного процесу.

Висновки

1. При визначенні середніх значень енергетичних показників сільськогосподарських агрегатів є доцільним врахування їх у функції часу або пройденого шляху.

2. Встановлена залежність похибки визначення середньої потужності за часом і пройденим шляхом для процесу руху маси з коливанням швидкості руху навколо заданого значення.

Список використаних джерел

1. Севернев М.М., Токарев В.А. Методика энергетической оценки технологий и комплексов машин. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – № 9. – С. 3 – 5.
2. Вантюсов Ю.А. Оценка затрат энергии на движение машин и агрегатов. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. - № 7. – С. 42 – 44.
3. Шеповалов В.Д. Определение мощности, необходимой для

- осуществления движения механической системы. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1972. № 3 – С. 34 – 36.
4. Лучинский Н.Н. Об энергооценке сельскохозяйственных агрегатов. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. - № 4. – С. 41 – 43.
 5. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3 т. Под ред. Н.Н.Лучинского. М.: Колос. 1968.
 6. Лучинский Н.Н. Научные основы теоретической оценки сельскохозяйственных агрегатов. /Автореф. докт. техн. наук. М. 1982. – 36 с.
 7. Лучинский Н.Н. Особенности энергетически установившегося движения машинного агрегата. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. - № 12. – С. 36 – 38.
 8. Лучинский Н.Н. Основы метрологии в земледельческой механике. //Научн. тр. ВИМ. – 1977. – Т. 75. – С. 78 – 135.
 9. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. Т. 2: Динамика – 3-е изд. исправленное. – М.: Наука, 1985. – 496 с.
 10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Физматгиз, 1962. – 564 с.

Аннотация

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Козаченко А.В.

Приведены результаты анализа методов энергетической оценки сельскохозяйственных агрегатов, установлена зависимость ошибки при оценке средней мощности для процесса с колебанием относительно средней скорости движения.

Abstract

TO THE TECHNIQUE OF DEFINITION OF POWER CONSUMPTION OF AGRICULTURAL AGGREGATES

Kozachenko A.V.

Results of the analysis of methods of a power estimation of agricultural aggregates are reduced, dependence of an error of estimation of average power for process with an oscillation concerning average speed of driving is established(installed).