

М. Д. Занько, канд. техн. наук, завідувач лабораторії

Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробувань техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого

Дослідження залежності питомих витрат палива від технічних параметрів та продуктивності зернозбирального комбайна

На основі проведених досліджень розроблена математична багатофакторна модель показника питомих витрат палива зернозбирального комбайна з молотаркою різних типів. На її основі розроблені методи визначення питомих витрат палива в залежності від проектної (фактичної) продуктивності комбайна і його параметрів.

зернозбиральний комбайн; питомі витрати палива; технічні параметри молотарки; математичне моделювання; багатофакторне графічне залежність

Постановка проблеми та її зв'язок з важливим науково-практичним завданням. Зернозбиральні комбайни - важлива і складна група сільськогосподарської техніки, яка потребує об'єктивної оцінки показників призначення на всіх етапах їх створення та експлуатації. В особливій мірі це відноситься до експлуатаційних показників призначення, одним з яких є показник "питомі витрати палива (Q_n)". Даний показник характеризує затрати палива на одиницю виконаної роботи або отриманої продукції. Комбайни з різною функціональною здатністю характеризуються своїм Q_n [1] - властивою для них величиною питомих витрат, які дозволяють оцінити економічність технологічного процесу. Його розмірність може визначатись:

- у кілограмах на одиницю отриманої продукції (на 1 тону зерна, отриманого при обмолоті технологічної культури) - кг/т;
- у кілограмах на одиницю виконаного об'єму роботи. При збиранні зернових та інших культур (ріпаку, сої, соняшника, кукурудзи на зерно), призначених для комбайнового обмолоту, обліковою одиницею виконаної роботи є площа скошеної та обмолоченої технологічної культури - кг/га [1].

Абсолютне значення показника "питомі витрати палива" кожного комбайна першочергово визначається факторами, які характеризують його енергоспоживання, функціональну здатність (продуктивність), технологічний принцип обмолоту хлібної маси в молотарці та умови роботи (технологічну культуру і її урожайність) [1]. Однак, в методиці його досліджень, яку регламентують державні стандарти ГОСТ 24055-88 - ГОСТ 24059-88 [1], дані фактори не знаходять відповідного відображення: визначення показника Q_n ведеться з допомогою аналітичного розрахунку через інші показники призначення комбайна - витрачене паливо і продуктивність за 1 годину експлуатаційного часу. При цьому, значне число факторів (в тому числі і відмічених), які мають вплив на формування його величини, залишаються за полем уваги та аналізу. З точки зору об'єктивного аналізу та оцінки даного показника така ситуація є недопустимою.

Значимість об'єктивного визначення даного показника для кожного комбайна в особливій мірі зростає на етапі розробки Технічного завдання або Технічних вимог на комбайн - при обґрунтуванні економічних показників його використання.

Ефективність експлуатації комбайна в господарських умовах в значній мірі визначається витратами палива протягом зміни, оптимальна кількість якого забезпечується експлуатацією комбайна в економічному режимі. Вибір такого режиму можливий при об'єктивній і незалежній оцінці показника питомих витрат палива і продуктивності, при якій досягається така витрата палива. Тому, дослідження показника питомих витрат палива з урахуванням всіх об'єктивних факторів, що мають на нього вплив, є достатньо актуальним питання і потребує застосування відповідних методів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експлуатаційно-технологічна оцінка із застосуванням експериментальних методів [1] дозволяє провести визначення питомих витрат палива, але не дозволяє ідентифікувати досліджуваний комбайн, по даному показнику, згідно його параметрів, технологічних можливостей та умов роботи. Це не дозволяє на різних етапах досліджень комбайна оцінити показник Q_n у відповідності із метою та задачами випробувань.

Дослідження свідчать, що абсолютна величина питомих витрат палива, навіть для одного комбайна, має закономірність змінюватися в залежності від його енергозабезпечення та режиму роботи - продуктивності, робочої швидкості руху, технологічної культури і її урожайності [2]:

Таблиця 1 - Показники призначення зернозбиральних комбайнів

Показники призначення	Значення показника комбайнів					
	MF-9790	MF -7246 Activa	MF -7274 Cerea	Acros-530	Lexion -580 Claas	Поле-сьє-1218C X
Потужність двигуна, кВт	257	186	283	184	316	243
Тип молотарки	Роторна	Барабанна	Барабанна	Барабанна	Барабанна	Барабанна
Умови та режим роботи:						
-технологічна культура	Озима пшениця	Озима пшениця	Ріпак	Ріпак	Озима пшениця	Озима пшениця
-урожайність зерна, ц/га	50,4	65,0	51,2	40,7	49,9	40,2
-швидкість руху, км/год	6,4	4,5	6,4	6,4	4,3	6,8
-продуктивність, т/год (га/год)	30,27/ /5,71	18,76/ /2,93	24,95/ /4,87	17,66/ /4,34	16,03/ /3,21	18,88/ /4,70
Питома витрата палива, кг/га /(кг/т)	8,88/ 1,76	10,4/ 1,60	9,10/ 1,77	7,57 /1,85	9,70/ /2,25	10,40/ 2,6

Застосування методики [1] для визначення питомих витрат має ряд суттєвих недоліків. По результатам досліджень навіть однієї культури можна отримати тільки його середнє значення, яке істотно відрізняється від оптимального і не дозволяє визначити економічно ефективний режим роботи комбайна. Реалізація методу можлива при роботі досліджуваного комбайна в сезон збирання хлібів і потребує допоміжного

комплексу спеціалізованих машин (обладнання), значних трудових і економічних затрат. Застосовані методи і отримані результати не дозволяють встановити залежність між досліджуваним показником Q_n та технічними параметрами систем комбайна, які в той же час визначають величину експлуатаційної продуктивності комбайна та витрати палива на одиницю отриманої продукції. В той же час ряд факторів, які мають вплив на формування показника продуктивності і величину питомих витрат палива, не знаходять відображення в абсолютній величині показника Q_n . В силу цих причин, отриманий і використаний для ідентифікації результат - визначений показник Q_n , дуже обмежено можна використати для аналізу і оцінки параметрів та конструкції, економічності всього технологічного процесу комбайна (скошування хлібної маси та подачі її молотарку, обмолоту, сепарації та очищення зерна).

Аналіз свідчить, що достовірне та об'єктивне дослідження складних сільськогосподарських машин можливе при комплексному застосуванні різнопланових наукових методів та методичних підходів. Про це свідчать результати ефективного застосування методів багатофакторного експерименту, математичного і графічного моделювання [3-6].

По результатам досліджень, виконаних в 90-их роках ХХ століття [7], зроблено висновок, що зернозбиральний комбайн, з урахуванням його техніко-технологічної складності та принципу формування показників призначення, необхідно розглядати як систему. З урахуванням цього, на відповідному методичному рівні проведено багатофакторні дослідження, що дозволило ідентифікувати комбайн по ряду важливих показників призначення: об'єму бункера для зерна, показнику подачі технологічної маси на обмолот, якості роботи - дробленню зерна барабанною молотильно-сепаруючою системою та втратам зерна за молотаркою [3-5].

З урахуванням складної залежності оціночних показників роботи комбайна, із застосуванням експериментальних методів та методів математичного і графічного моделювання виконана робота "Исследование удельных затрат топлива зерноуборочного комбайна" [8]. В ній представлено оптимізовану, по вхідним факторам, які обумовлюють вплив на її величину, багатофакторну математичну модель показника Q_n . Отримана модель враховує більшість факторів, які мають вплив на її формування. Однак, дослідження зміни абсолютної показника Q_n виконано в залежності тільки від двох факторів - продуктивності комбайна за 1 годину основного часу (W_o , тонн/год.) та площі основної системи сепарації зерна в молотильно-сепаруючій системі (S_i , м²), - на основі побудованої графічної залежності $Q_n = f(W_o; S_i)$. Аналіз впливу інших факторів на показник Q_n , які входять до складу розробленої математичної моделі, не досліджено. Встановлено, що аналітичні дослідження оцінюваного показника можливе також за участю і інших факторів, які входять до її складу.

Мета статті: багатофакторні дослідження та встановлення залежності питомих витрат палива від технічних параметрів та продуктивності зернозбирального комбайна і на їх основі проведення аналізу впливу параметрів показників призначення, які обумовлюють його величину.

Виклад основного матеріалу досліджень. Показник "питомі витрати палива" є комплексним, оскільки його величина залежить від значної множини чинників-факторів, що характеризують комбайн і кількісно визначають продуктивність та витрати палива при цьому: технічних параметрів основної технологічної системи - молотарки та витрат палива комбайном за 1 годину роботи. Його дослідження та вираження слід проводити у взаємозв'язку з чинниками (факторами), які мають на

нього вплив [6]. Розроблена методика досліджень та план експерименту, у відповідності з методичними принципами побудови багатофакторного експерименту при дослідженні зернозбирального комбайна, дозволила реалізувати план експерименту в польових - реальних умовах та сформувати масив даних. Із застосуванням методів математичного моделювання та прикладної математичної програми розроблено математичну модель (1) оптимальної складності показника Q_n . Особливістю її будови є те, що вона об'єднує показники призначення комбайна, які не мають між собою функціональної залежності:

$$Q_n = -0,01454W_oS_c + 1,5196 S_c/V_b + 0,6978/S_i + 7,9502 V_b/W_o + 0,04104BW_o - 0,13, \quad (1)$$

де Q_n - питомі витрати палива комбайном за 1 годину експлуатаційного часу, кг/тонну;

S_i - площа сепарації зерна молотильно-сепаруючих дек МСС;

S_c - площа соломосепаратора грубого вороху (соломотрясу), м²;

B - ширина молотарки, мм;

V_b - об'єм бункера для зерна, м³;

W_o - продуктивність комбайна за 1 годину основного часу, тонн/год;

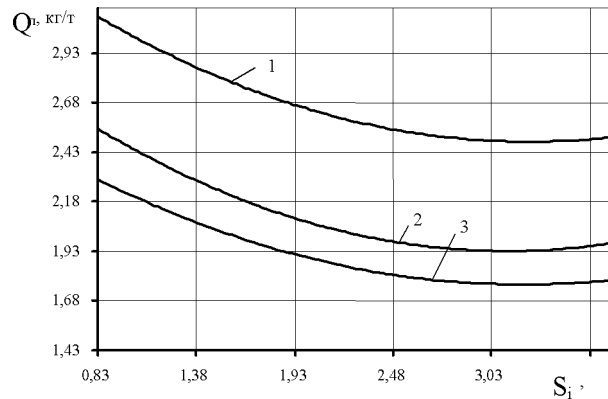
N - потужність двигуна комбайна, к. с.

Оцінку адекватності даних показника Q_n , отриманих експериментально та згідно моделі (1), проведено із застосуванням дисперсійного аналізу. Порівняння дисперсій двох сукупностей значень показника Q_n - експериментальних ($Q_{n, \text{експер}}$) і розрахункових ($Q_{n, \text{розрах}}$) згідно математичної моделі (1), проведено із застосуванням критерію Фішера - F . Отримано: $F_p \leq F_{0,05}$ (при $F_p = 1,29$ і $F_{0,05} = 2,31$). Тому, розроблена математична модель (1) є адекватною отриманим експериментальним даним із імовірністю 0,95.

Застосування математичної моделі (1) та програми Microsoft Office Excel 2003 дозволяє ідентифікувати конкретний зернозбиральний комбайн (марки, технічних параметрів, продуктивності та пропускної здатності) по показнику Q_n . Для цього необхідно в математичній моделі (1) показникам S_i , B , V_b і S_c , даного комбайна надати їх абсолютні значення, які можна визначити методом їх заміру або взяти із ТЗ або ТУ на даний комбайн. Значення продуктивності комбайна за 1 годину основного часу - показника W_o , - визначається розрахунково із урахуванням проектного значення пропускної здатності молотарки даного комбайна.

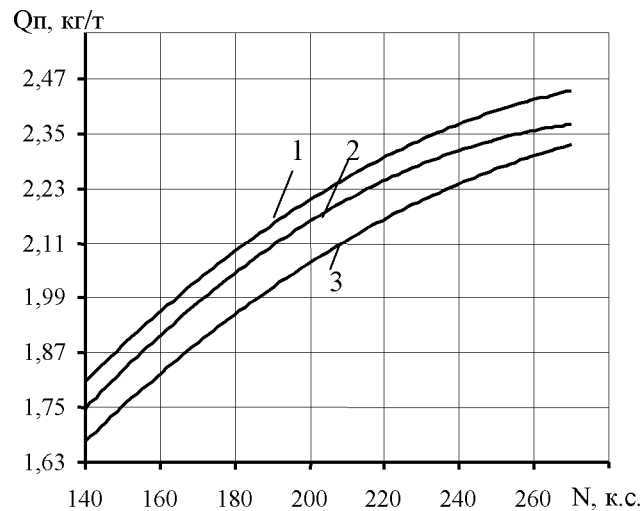
Особливістю математичної моделі (1) є її методична здатність проводити моделювання та встановлювати залежність абсолютного значення показника Q_n від параметрів інших факторів, що входять до її складу. З урахуванням відміченого побудовано графічні залежності $Q_n = f(S_i; W_o)$, $Q_n = f(W_o; S_i)$ і $Q_n = f(N; W_o)$ (рис.1-3).

Аналіз графічної залежності $Q_n = f(S_i; W_o)$ (див. рис. 1) свідчить, що збільшення технічно-технологічних параметрів молотильно-сепаруючої системи - площі сепарації зерна в МСС, - супроводжується зменшенням питомих витрат палива. Наприклад: площа дек для основної сепарації зерна в 0,83м², при продуктивності 8,50т/год, обумовлює питомі витрати на рівні 3,20 кг/тонну; збільшення продуктивності цього ж комбайна, що можливе при його роботі в обґрунтованому режимі 23,5 т/год, супроводжується зменшенням питомих витрат палива до 2,3 кг/тонну. Збільшення площі дек МСС до 3,03 м², при роботі у відмічених режимах продуктивності 3,20 і 23,5 т/год, дозволяє отримати питомі витрати відповідно на рівні 2,50 та 1,70 кг/тонну. Аналіз цих даних та їх "прив'язка" до технічних параметрів МСС і оціночних показників роботи - втрат зерна, - дозволяє обґрунтовано прийняти оптимальний режим роботи по величині витрат питомих витрат палива.



1- $W_o=8,50$ т/год; 2- $W_o=16,00$ т/год; 3- $W_o=23,50$ т/год.

Рисунок 1 - Залежність питомої витрати палива від площі молотильно- сепаруючих дек МСС та продуктивності комбайна по намоту зерна - $Q_n = f(S_i; W_o)$

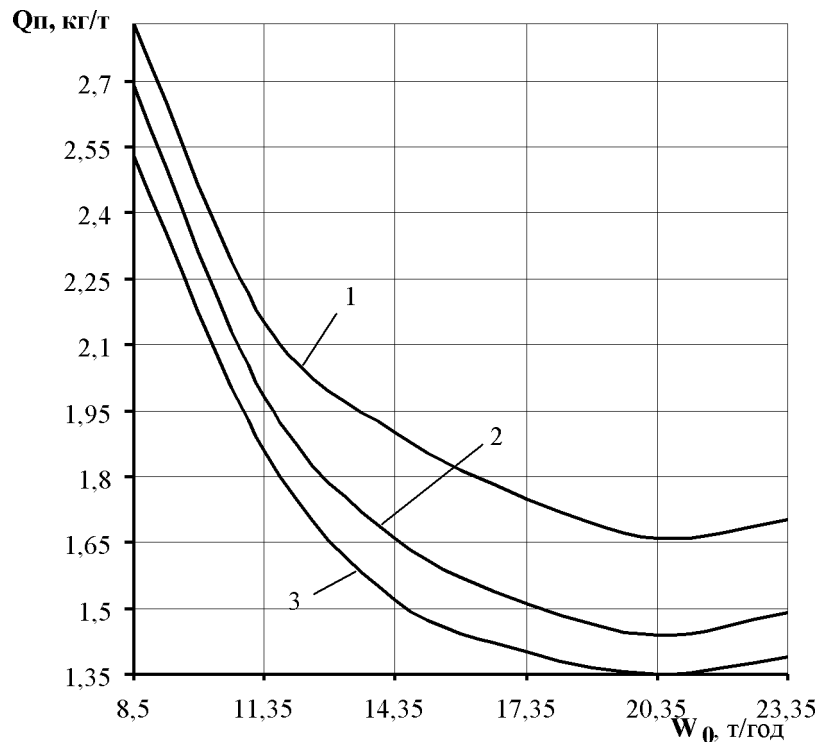


1- $W_o = 8,50$ т/год; 2- $W_o=16,00$ т/год; 3- $W_o=23,50$ т/год.

Рисунок 2 - Залежність питомої витрати палива від потужності двигуна та продуктивності комбайна - $Q_n = f(N; W_o)$

Проектне збільшення продуктивності комбайна неминуче пов'язане із збільшенням параметрів всіх його систем, в тому числі: маси комбайна, енергоспоживання (затрат енергії на виконання технологічного процесу всіма системами) та потужності двигуна. Це дозволяє проводити дослідження економічності технологічного процесу - питомих витрат палива, - в залежності від відмічених факторів (рис. 2). Потужність двигуна комбайна, як правило, збалансована із відміченими показниками. Побудована графічна залежність $Q_n = f(N; W_o)$ дозволяє встановити фактичну величину показника Q_n в залежності від потужності двигуна та продуктивності комбайна, в режимі якої в даний проміжок часу зміни працює комбайн. Її аналіз свідчить, що найменш енергозатратними та економічними є комбайни класу 5 -9 кг/с з потужністю двигуна до 200 к.с.: питомі витрати палива цих комбайнів знаходяться на рівні 2,2 кг/тонну. Подальше енергонасичення комбайнів –

використання в конструкції комбайна двигуна потужністю більше 200 к.с. - призводить до збільшеного та в деякій мірі не економічного споживання потужності і витрат палива. Це, в свою чергу, сприяє збільшенню як загальних, так і питомих витрат палива. Слід відмітити, що робота комбайна в режимі подач технологічної маси на обмолот, який значно нижчий проектно встановленого технічними умовами на комбайн, обумовлює не ефективну витрату палива і, як наслідок - збільшення показника Q_n .



1 - $S_i = 0,83 \text{ м}^2$; 2 - $S_i = 1,78 \text{ м}^2$; 3 - $S_i = 3,58 \text{ м}^2$.

Рисунок 3 - Залежність питомої витрати палива від продуктивності комбайна та площі молотильно-сепаруючих дек МСС - $Q_n = f(W_o; S_i)$

Аналогічні висновки по залежності питомих витрат палива від продуктивності комбайна та площі молотильно-сепаруючих дек МСС підтверджуються при аналізі графічної залежності $Q_n = f(W_o; S_i)$ (рис. 3). Незважаючи на збільшені енерговитрати в молотарках роторного типу [9], в яких площа обмолоту і сепарації зерна в МСС досягає $3,58 \text{ м}^2$, дані комбайни працюють при незначних втратах зерна за молотаркою. Це дозволяє їм працювати з продуктивністю (наприклад комбайн MF- 9790 (див. табл. 1), яка значно перевищує продуктивність комбайнів барабанного типу з фактично ідентичними технічними параметрами (комбайн Полесьє - 1218СХ). За рахунок цього фактора питомі витрати палива комбайнів даного типу (зі збільшеною величиною площі системи основної сепарації зерна) менші майже на 1/3: у комбайна MF- 9790 (фірми Massey Ferguson) вони становлять 1,76 кг/тонну (проти 2,60 кг/тонну у комбайна з барабанною МСС - Полесьє-1218СХ).

Висновки

1. Питомі витрати палива зернозбирального комбайна є комплексним показником оцінки конструкції зернозбирального комбайна. Його достовірні дослідження, ідентифікація та визначення абсолютної величини можливі при

урахуванні багатфакторної залежності від параметрів систем та продуктивності комбайна.

2. Розроблена на основі багатфакторних досліджень математична модель показника питомих витрат палива (1) дозволяє без проведення експериментальних досліджень в полі та незалежно від агротермінів збирання хлібів з достатнім ступенем достовірності ідентифікувати та проводити його визначення у відповідності з технічними параметрами та проектним значенням продуктивності даного комбайна.

3. Найбільш ефективне та оперативне визначення показника питомих витрат палива можливе у відповідності із його залежністю від площі системи основної сепарації зерна МСС молотарки та продуктивності комбайна - $Q_n = f(W_o; S_i)$. Відповідну графічну залежність доцільно використовувати на всіх етапах досліджень даного показника, які потребують оперативності та об'єктивності.

Список літератури

1. ГОСТ 24055-88 - ГОСТ 24059-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно - технологической оценки. - М.: Изд-во стандарт., 1988. - 25 с.
2. Митрофанов О., Мележик В., Костюнін М. Машины для збирання зернових культур: дослідження та випробування // Збірн. наук. праць, випуск 13(27): Техніко- технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. - Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. - С. 241-247.
3. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления // А.Б. Лурье, И.С. Нагорский, В.Г. Озеров / Под ред. А. Б. Лурье. - Л.: "Колос", 1979. - С.6.
4. Занько Н.Д., Осипов Н.М. Моделирование потерь зерна за молотилкой комбайна // ISSN 0235-8573. Тр-ры и с.-х. машины. - 1997. - № 8. - С.27-28.
5. Жалнин Э.В., Баранов А.А., Сулейманов М. Среднестатистическая пропускная способность зерноуборочных комбайнов // ISSN 0235-8573. Тр-ры и с.х. машины. - 1997. - № 8. - С.25 -27.
6. Табашников А.Т. Научно-методическое обеспечение испытаний сельскохозяйственной техники: Дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук 05.20.01 / Всероссийский науч.-исследов. и проект.-техн. институт механизации и электриф. сел. хоз-ва. - Зерноград, 1998. - С.37- 40.
7. Василенко П.М., Погорелый Л.В. Основы научных исследований: Учеб. пособие. - К.: Вища школа, 1985. - 265 с.
8. Занько Н.Д. Исследование удельных затрат топлива зерноуборочного комбайна /МінАПУ, Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип. 75, т. 2: «Механізація сільськогосподарського виробництва». - Харків, 2008.- С. 175-183.
9. Наконечний В., Коваль С. Зернозбиральні комбайни - клавішний чи роторний? // Амако-Інформ. Інформаційне науково-технічне видання. - 2008. - № 2.- С.22-25.

М. Занько

Исследование зависимости удельных затрат топлива от технических параметров и производительности зерноуборочного комбайна

По результат выполненных исследований разработана математическая многофакторная модель показателя удельных затрат топлива зерноуборочного комбайна с различным типом молотилки. На ее основе разработаны методы определения удельных затрат топлива в зависимости от производительности комбайна и параметров систем молотилки.

M.Zanko

Researches of dependence of specific expenses of fuel from technical parametres and efficiency of a combine harvester

Effort were carried out for index "fuel rate" of combine harvester. Simulator and pictorial model were made for index "fuel rate". Methods of determining of fuel rate were developed according to engineering data of combine harvester.

Одержано 12.09.09