

УДК 631.3

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Болтянська Н.І. к.т.н.,

Болтянський О.В. к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: (0619) 42-04-42

**Анотація** – в статті представлена методика визначення продуктивності зернозбирального комбайна. Алгоритм моделювання для заданої культури і заданого поля передбачає виконання розрахунків продуктивності комбайна і витрачання палива на кожній елементарній ділянці з урахуванням результатів збирання попередньої ділянки на даному полі.

**Ключові слова** – методика, продуктивність, комбайн.

*Постановка проблеми.* Аналіз тенденцій розвитку основних показників технічного рівня зернозбиральних комбайнів показує, що за останні 40 років, як за кордоном, так і в країнах СНД, постійно підвищувалися потужність двигунів, місткість бункерів, маса комбайнів. Ці зміни були визвані необхідністю підвищення пропускної здатності комбайнів, яка в свою чергу є наслідком зростання урожайності і стислих строків жнив. В Україні з її великими площами під зернові культури до 2010 року пріоритетні комбайни з пропускною здатністю 6 і 9 кг/с, а на період до 2015 року – 6, 9 і 12 кг/с.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз конструкцій сучасних зернозбиральних комбайнів за даними про комбайни Європейського ринку (99 моделей різних фірм) дозволив визначити основні напрямки їх розвитку. Подальше вдосконалення [1-4]: традиційної класичної схеми обмолоту і сепарації (збільшення площі сепарації, площі очистки, активізація технологічного процесу); роторних молотильно-сепаруючих агрегатів (одинарний ротор, подвійний ротор, поперечний ротор); конструкцій жниварок, підвищення частоти коливань ножа різального апарату до 1060 ходів на хвилину; існуючих і розробка нових систем автоматизації, контролю і управління за виконанням технологічного процесу (застосування комп'ютерів та електронних пристроїв); конструкції і технологічного процесу очистки з метою підвищення продуктивності і зменшення засміченості бункерного

зерна; робочих органів похилої камери для рівномірної подачі маси в молотарку.

Використання [1,4]: додаткових робочих органів для інтенсифікації процесу виділення зерна з грубого вороху сепаратором (бітери-сепаратори, ворущилки над соломотрясом тощо); дизельних двигунів з порівняно невеликими габаритами і низькою питомою масою, а також питомою витратою пального – 160 г/к.с.-год; гідроприводів на робочі органи комбайна; електроприводу в управлінні варіаторами; плаваючих різальних апаратів.

Створення і застосування [1,3]: ходових систем, які менше ущільнюють і розпушують ґрунт; робочих органів, які запобігають пошкодженню і травмуванню зерна;

Покращення конструкцій бункерів, комфортності умов в кабінах; маневрування комбайна з метою зменшення холостих проходів при поворотах в кінці гонів.

Збільшення: місткості бункерів; продуктивності вивантажуючих пристроїв. Зменшення матеріаломісткості комбайна.

*Формулювання цілей статті.* Обґрунтувати методику визначення показників продуктивності зернозбирального комбайна.

*Основна частина.* Продуктивність зернозбирального комбайна залежить від трьох основних факторів:

- 1) техніко-експлуатаційних показників комбайна;
- 2) умов збирання;
- 3) технології збирання.

Розглянемо окремо показники вказаних факторів.

*Етап перший.* Основний техніко-експлуатаційний показник, що визначає продуктивність комбайна – пропускна здатність  $q$  (кг/с), яку може розвинути комбайн при заданих умовах збирання і якості виконання роботи (втрати зерна за молотаркою, як правило, не більше 1,5%). Виходячи з того, яка можлива пропускна здатність, можна визначити і продуктивність  $W_0$  (га/год), тобто за годину основного часу роботи. Проте можлива продуктивність не завжди може бути реалізована, тому що існують обмеження по потужності двигуна і по швидкості руху агрегата. Тому показники номінальної потужності двигуна  $N_{en}$  (к.с.) і допустимої швидкості  $V_{max}$  (км/год) також визначають продуктивність комбайна. Для визначення вказаних показників використовують також: масу комбайна, місткість зернового бункера і паливного бака.

*Етап другий.* До показників умов збирання відносять показники хлібної маси: вологість зерна і соломи під час збирання, солемистість (скільки часток соломи приходить на одну частку зерна), забур'яненість і полеглисть хлібостою; показники поля: довжину гону, кут схилу.

*Етап третій.* В господарствах України застосовують основні чотири технології збирання зернових культур, які відрізняються способом збирання незернової частини урожаю: копицеву, валкову, з подрібненням і розкиданням по полю, поточну (з подрібненням і збором соломи у візок).

Відомо, що продуктивність за годину експлуатаційного часу визначають за відомою формулою:

$$W_{\text{ек}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \text{ га/год} \quad (1)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату, м;  $V_p$  – робоча швидкість руху, км/год;  $\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Сучасні методики визначення продуктивності зернозбирального комбайна передбачають використання середніх значень показників, що входять до (1). Проте значення  $\tau$  вираховують в залежності від довжини гону. Тому рекомендовані значення  $\tau$ , прийняті середні протягом зміни, але швидкість руху визначають за результатами моделювання пропускну здатності в залежності від погодних умов. Разом з тим очевидно, що протягом робочого дня змінюються погодні умови (отже і вологість хлібної маси), маса комбайна, що впливає на зміну продуктивності і потрібної потужності. Такої методики, яка враховувала би реальні умови роботи комбайна протягом робочого дня, немає.

Нами розроблена і реалізована на персональному комп'ютері методика моделювання роботи зернозбирального комбайна, яка дозволяє виключити вказані недоліки. Суть методики полягає в моделюванні роботи комбайна протягом робочого дня з врахуванням зміни умов збирання і параметрів агрегата.

Моделювання проводять в просторі і часі. Алгоритм моделювання для заданої культури і заданого поля передбачає виконання розрахунків продуктивності комбайна і витрачання палива на кожній елементарній ділянці з урахуванням результатів збирання попередньої ділянки на даному полі з заданою урожайністю  $U$  (ц/га), солемистістю  $SL$ , забур'яненістю  $S_{ог}$  (%), полеглистю  $P_{ол}$  (%), довжиною гону  $L_r$  (м), кутом схилу  $\alpha$ , а також погодними умовами (дефіцит вологості повітря  $D$ ), що змінюються протягом робочого дня.

Для цього поле для збирання розбиваємо на елементарні ділянки. Після збирання чергової елементарної ділянки перевіряють, яку роботу буде виконувати комбайн: вивантаження зерна при наповненні бункера, вивантаження соломи при наповненні копнувача, заміну візка для соломи при його наповненні, виконання повороту при досягненні кінця загінки поля, усунення відмови, якщо вона має місце. Ми виходимо з умови, що протягом доби існує тільки один

відрізок часу  $T_{зб}$ , протягом якого може працювати комбайн, причому  $T_{зб} \geq 0$ . Також виходимо з реально існуючих в господарствах положень, що на комбайні працюють два механізatori (комбайнер і помічник) і тривалість часу на відпочинок протягом робочого дня, час для особистих потреб в тривалість зміни  $T_{зм}$  не входить. Також не входить в  $T_{зм}$  і тривалість підготовчо-заклучних робіт  $T_{пз}$ , тому що ці роботи виконуються механізаторами до початку і в кінці збирання. Проте при розрахунку експлуатаційних затрат  $T_{зм} = T_{зб} + T_{пз}$ .

За елементарну ділянку прийнято довжину загінки, що дорівнює  $L_d$ . В наших дослідженнях прийнято  $L_d = 100$  м. Проте цю величину можна взяти будь-якого розміру і не обов'язково кратному довжині гону. Моделювання роботи комбайна починають за астрономічним часом (час визначаємо в хвилинах) з моменту  $T_{поч}$ , коли дефіцит вологості повітря становить  $D \geq 3,7$ . В цей час і починається збирання до астрономічного часу  $T_{кін}$ , коли  $D \leq 3,7$ . Тоді  $T_{зб} = T_{кін} - T_{поч}$ .

Значення  $T_{поч}$  і  $T_{кін}$  визначають за динамікою зміни дефіциту вологості повітря в даний день.

Час на відмови і їх тривалість визначають за результатами випробувань комбайна. Для цього потрібно знати закономірність або хоча б середні значення наробітку на відмову і тривалість простоїв при черговій відмові.

Так, за даними малого підприємства "Агротехінформсервіс" (роботу виконав О.В. Надточій) встановлено, що в середньому для комбайна Дон-1500А за сезон простої за виною машини склали 25 годин, а виробіток 212 годин. Таких простоїв було 11, середнє значення одного простою склали 136,2 хв через кожні 1156 хв.

Площа елементарної ділянки складає:  $S_d = 0,0001 \cdot L_d \cdot B_p$ , га.

Зазначимо, що робоча ширина захвату жатки комбайна  $B_p = B_k \cdot K_B$ . Тут  $B_k$  – контсруктивна ширина захвату,  $K_B$  – коефіцієнт використання ширини захвату. Як правило,  $K_B = 0,95$ .

Час на збирання ділянки:  $T_d = 0,06 \cdot \frac{L_d}{V_p}$ , хв.

Маса зібраного зерна з однієї ділянки:  $Z_d = \frac{100}{U} \cdot L_d$ , кг.

Маса зібраної соломи:  $S_d = \frac{100}{SL} \cdot U$ , кг.

Алгоритм моделювання складається з таких кроків:

1. Номер ділянки  $N = 0$ . Пройдений шлях в загінці  $L_3 = 0$ . Тривалість збирання  $T_{фз} = 0$ . Початок збирання в даний день.
2. Визначити поточні умови збирання (вологість зерна і соломи).
3. Визначити поточну масу комбайна.

4.  $N = N + 1$ .  $L_d = 100$ . Перехід до чергової ділянки.
5.  $L_3 = L_3 + L_d$ . Визначити, скільки шляху в загінці пройдено.
6. Якщо  $L_T - L_3 < L_d$ , то  $L_d = L_T - L_3$ .
7. Визначити можливу поточну продуктивність  $W_{\Pi}$  комбайна (підпрограма).
8. Визначити можливу робочу швидкість комбайна  $V_p$  (підпрограма).
9. Якщо  $V_p > V_{\max}$ , то на крок 10 інакше на крок 11.
10.  $V_p = V_{\max}$ . Йти на крок 7.
11. Визначити поточну витрату палива  $g_{\Pi}$  і поточну потужність  $N_{\Pi}$  двигуна.
12. Якщо  $N_n \leq N_e \cdot K_d$  (тут  $K_d$ -коефіцієнт завантаження двигуна), перейти на крок 13, інакше йти на крок 14. Перевірити, чи достатньо потужності для продуктивності, що визначена у кроці 7.
13.  $V_p = 0,99 \cdot V_p$ . Зменшити робочу швидкість на 1%. Йти на крок 7.
14. Визначити поточні показники результатів збирання ділянки:  $T_{\varphi 3} = T_{\varphi 3} + T_d$ , масу зерна в бункері, масу соломи, масу палива.
15. Якщо зерновий бункер повний – вивантаження, якщо копнувач повний – вивантаження, якщо візок повний – заміна.  $T_{\varphi 3} = T_{\varphi 3} + T_{\text{ВИБ}}$ .
16. Якщо  $L_3 = L_T$  йти на крок 17 інакше на крок 4.
17. Виконати поворот.  $T_{\varphi 3} = T_{\varphi 3} + T_{\text{ПОВ}}$ .
18. Якщо  $T_{\varphi 3} = T_{36}$  - кінець робочого дня.
19. Визначити сумарні показники за робочий день: зібрану площу, масу зерна, кількість витраченого палива. Визначити питомі витрати – продуктивність  $W_{3M}$  в га/год і в т/год, витрати палива в л/га і в л/т.

Наведемо залежності, за якими визначають продуктивність для поточних умов збирання. Поточна пропускна здатність  $q_{\Pi}$  визначається за формулою Антіпіна В.Г. [5]:

$$g_{\Pi} = \frac{g_T \cdot 0,6 \cdot ((100 - W_s) + SL \cdot (100 - W_z))}{(100 - Sor) \cdot \frac{Sor}{1 + Sor} + SL \cdot (100 - W_z)},$$

де  $q_T$  – теоретична пропускна здатність, кг/с;  $W_z = 29,35 \cdot D^{-0,3157}$ , вологість зерна за Процеровим;  $W_s = 29,35 \cdot D^{-0,3157}$ , вологість соломи.

Швидкість переміщення комбайну:

$$V_p = 360 \cdot \frac{g_T}{B_p \cdot (E + F)},$$

$$\text{де } E = U \cdot \frac{0,85}{1 - \frac{W_c}{100}}, \quad F = U \cdot SL \cdot \frac{0,85}{1 - \frac{W_s}{100}}.$$

Якщо  $V_p > V_{\max}$ , тобто більше допустимої максимальної швидкості руху, тоді приймаємо, що  $V_p = V_{\max}$ , і поточну пропускну здатність перераховуємо так:

$$g_T = V_p \cdot B_p \cdot \frac{(E + F)}{360}.$$

Перевірку запропонованої методики можна виконати тільки для умов, які були відомі в день збирання. Такі умови використали при збиранні озимої пшениці комбайном Дон-1500А за протоколом УкрНДІВТ, причому зміну дефіциту вологості повітря на день збирання взято за результатами Фастовської метеостанції. Порівняння результатів моделювання і випробування показало відхилення 4,8%, що характеризує задовільну адекватність розробленої методики.

*Висновок.* Використання запропонованої методики дозволяє визначати продуктивність і витрати палива зернозбирального комбайна, обґрунтовувати нормативи цих показників для заданих умов, а за одержаними результатами визначати економічні показники роботи комбайнів і проводити їх порівняння з метою вибору кращого без спеціальних випробувань.

#### Література

1. *Булгаков В.М.* Основні напрями наукового забезпечення механізації сільського господарства та сільськогосподарського машинобудування / *В.М. Булгаков, М.С. Даценко* // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – № 2. – С. 11–16.
2. *Рибак Т.І.* Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК / *Т.І. Рибак, П.В. Попович, М.Я. Сташків* // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – Вип. 39. – С. 40–47.
3. *Бурилко А.* Аналіз стану забезпечення аграрного виробництва сільськогосподарською технікою / *А. Бурилко* // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Дубляни: ЛНАУ, 2008. – Вип. №12, т. 1. – С. 83–89.
4. *Глазун В.В.* Сучасні тенденції удосконалення економічних механізмів функціонування аграрного технічного сервісу / *В.В. Глазун, Л.М. Гураль* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 54. – С. 156–160.

5. Антитин В.Г. Определение пропускной способности комбайнов / В.Г. Антитин, И.П. Хабаров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – № 9. – С. 23–26.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

Болтянская Н.И., Болтянский О.В.

*Аннотация* – в статье представлена методика определения производительности зерноуборочного комбайна. Алгоритм моделирования для заданой культуры и заданого поля предусматривает выполнение расчётов производительности комбайна и расхода топлива для каждого элементарного участка с учётом результатов уборки предидущего участка на даном поле.

## **TECHNIQUE OF DEFINITION OF PRODUCTIVITY CORNHARVESTING COMBINE**

N. Boltyanska, O. Boltyanskij

### *Summary*

In paper technique of definition of productivity cornharvesting combine is reduced. The algorithm of simulation for given culture and field provides execution of accounts of productivity of combine and expenditure of fuel for each of elementary site in view of results of harvest previous of site on given field.