

УДК 659.13

Хребет В.Г., к.ф.-м.н., Виноградов М.С., к.т.н., Котула Е.Л.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМБАЙНА НА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ

Представлено аналіз впливу техніко-експлуатаційних показників комбайна на його продуктивність. Показано, що на продуктивність комбайну суттєво впливає врожайність, а відповідна залежність має гіперболічний характер. Знання числових параметрів врожайності на конкретному полі дозволяють визначити продуктивність комбайна та корегувати технологію спільної роботи автомобілів і комбайнів при збиранні зернових культур.

Вступ

Ефективність робіт збирально-транспортного процесу, в першу чергу, залежить від узгодженості та ритмічності операцій збирання й транспортування продукції. У даному процесі задіяні автотранспортні засоби та зернові комбайни, де останні виступають основною ланкою, яка впливає на роботу автомобілів і транспортний процес у цілому. Тому визначення продуктивності комбайна та аналіз впливу техніко-експлуатаційних показників на його роботу є актуальною задачею.

Аналіз публікацій

Аналіз існуючих літературних джерел [1, 2] показав, що продуктивність комбайна визначається рядом чинників, частина яких, у постановці цієї задачі, може вважатися незмінною, а сама продуктивність комбайна ($m/\text{год}$) розраховується за формулою [2]:

$$W_{\text{ком}} = \frac{60 \cdot \omega_k \cdot d_n}{T_{\text{цк}}}, \quad (1)$$

де ω_k – об'єм бункера комбайна, м^3 ;

d_n – об'ємна маса зерна, $\text{т}/\text{м}^3$;

$T_{\text{цк}}$ – час циклу комбайна (хв), який вимірюється часом між двома послідовними вивантаженнями бункерів і подається розрахунковою формулою [2]:

$$T_{\text{цк}} = t_3 + t_6 + t_6, \quad (2)$$

де t_3 – час повороту й заїзду в загін, хв . Приймаємо $t_3 = 0,5-1,0 \text{ хв}$ відповідно до експериментальних спостережень;

t_6 – час вивантаження зерна з бункера комбайна в автомобіль, хв ;

$$t_6 = \frac{m_6}{W_{\text{ш}}}, \quad (3)$$

де $W_{\text{ш}}$ – продуктивність вивантажувального шнека комбайна, $\text{т}/\text{хв}$. $W_{\text{ш}} = 2 \text{ т}/\text{хв}$ для прийнятої марки комбайна;

m_6 – маса зерна в бункері комбайна, т . Для комбайна типу «Дон-1500Б» $m_6 = 4 \text{ т}$.

$$m_6 = \omega_k \cdot d_n; \quad (4)$$

t_6 – час заповнення бункера комбайна, хв .

Час заповнення бункера комбайна (t_6) є змінною величиною, значення якої залежить від факторів, що входять в її розрахунок, а саме [2]:

$$t_6 = \frac{6000 \cdot \omega_k \cdot d_n}{b_p \cdot V_p \cdot h}, \quad (5)$$

де V_p – робоча швидкість комбайна при підборі валків або прямому комбайнуванні, км/год;

b_p – ширина захвату комбайна або відстань між валками, м;

h – врожайність на полі, ц/га.

З урахуванням (2) та (5) залежність (1) набуває вигляду:

$$W_{ком} = \frac{60 \cdot \omega_k \cdot d_n}{\frac{6000 \cdot \omega_k \cdot d_n}{b_p \cdot V_p \cdot h} + t_3 + t_B}. \quad (6)$$

Враховуючи, що раніше, на наш погляд, не виконувалося дослідження впливу кожного показника на продуктивність комбайна, мету статті склав саме аналіз впливу техніко-експлуатаційних показників комбайна на його продуктивність.

Основний матеріал

Для досягнення поставленої мети необхідно за допомогою відомих характеристик виявити показники, які суттєво впливають на роботу комбайна, встановити та дослідити характер функціональної залежності між виявленими показниками, що дозволить впливати на технологію спільної роботи автомобілів та комбайнів під час збирання зерна.

Реальні умови показують, що при роботі комбайна параметри b_p , V_p , t_3 та t_B є сталими величинами, як такі, що приймаються відповідно до характеристик комбайна та експериментальних спостережень. А тому можна вважати, що на продуктивність комбайна ($W_{ком}$) суттєво впливає врожайність (h), яка є змінною величиною.

Проаналізуємо функціональну залежність (1): продуктивність комбайна ($W_{ком}$, м/год – залежна змінна) від урожайності (h , ц/га – незалежна змінна); $W_{ком} = f(h)$.

Залежність (6) перепишемо у вигляді:

$$6000 \cdot \omega_k \cdot d_n \cdot W_{ком} + b_p \cdot V_p \cdot (t_3 + t_B) \cdot W_{ком} \cdot h - 60 \cdot b_p \cdot V_p \cdot \omega_k \cdot d_n \cdot h = 0 \text{ м}^2/\text{год}. \quad (7)$$

Співвідношення (7) визначає загальне рівняння лінії другого порядку:

$$a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0 \text{ м}^2/\text{год}. \quad (8)$$

Коефіцієнти біля змінних $W_{ком}$ та h у (7), згідно з (8), відповідно, дорівнюють:

- 1) $a_{11} = 0$; 2) $2a_{12} = b_p \cdot V_p \cdot (t_3 + t_B)$; 3) $a_{22} = 0$; 4) $2a_{13} = -60 \cdot b_p \cdot V_p \cdot \omega_k \cdot d_n$;
- 5) $2a_{23} = 6000 \cdot \omega_k \cdot d_n$; 6) $a_{33} = 0$.

Знайдемо визначник матриці квадратичної форми:

$$a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2. \quad (9)$$

Враховуючи, що

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{12} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11} \cdot a_{22} - a_{12}^2 = 0 - \frac{1}{4} b_p \cdot V_p \cdot (t_3 + t_B)^2 < 0, \quad (10)$$

робимо висновок, що маємо рівнобічну гіперболу з координатами центру [4–6]:

$$x'_0 = \frac{a_{12} \cdot a_{23} - a_{22} \cdot a_{13}}{a_{11} \cdot a_{13} - a_{12}^2} = -\frac{a_{12} \cdot a_{23}}{a_{12}^2} = -\frac{a_{23}}{a_{12}} = -\frac{6000 \cdot \omega_{\kappa} \cdot d_n}{b_p \cdot V_p \cdot (t_3 + t_B)} \text{ м/с}; \quad (11)$$

$$y'_0 = \frac{a_{12} \cdot a_{13} - a_{11} \cdot a_{23}}{a_{11} \cdot a_{13} - a_{12}^2} = -\frac{a_{13}}{a_{12}} = \frac{60 \cdot b_p \cdot V_p \cdot \omega_{\kappa} \cdot d_n}{b_p \cdot V_p \cdot (t_3 + t_B)} = \frac{\omega_{\kappa} \cdot d_n}{t_3 + t_B} \text{ м/год}. \quad (12)$$

Кут повороту гіперболи нової системи координат $X'O_1Y'$ визначаємо за формулою:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2a_{12}}{a_{11} \cdot a_{22}} = \frac{b_p \cdot V_p \cdot (t_3 + t_B)}{0} = \infty. \quad (13)$$

Як відомо, у цьому випадку

$$2\varphi = \frac{\pi}{2}, \text{ звідки } \varphi = \frac{\pi}{4}. \quad (14)$$

Проведений аналіз показує, що залежність $W_{\text{ком}} = f(h)$ – у системі координат XOY описує частину гіперболи з асимптотами паралельними осям координат, без екстремумів, а досліджувальний функціональний зв'язок (6) має дробово-лінійний характер. Дійсно, якщо позначити:

$$a = \frac{60 \cdot \omega_{\kappa} \cdot d_n}{t_3 + t_B}; \quad (15)$$

$$c = \frac{6000 \cdot \omega_{\kappa} \cdot d_n}{b_p \cdot V_p \cdot (t_3 + t_B)}, \quad (16)$$

то

$$W_{\text{ком}} = \frac{a \cdot h}{h + c}. \quad (17)$$

Вираз (17) співпадає з формулою (4.44) [4] при $b_x = 0$.

Координати точки $(0;0)$ задовольняють рівняння (6), тому графік цієї функції проходить через початок координат.

Центр симетрії знайдемо за допомогою перетворення:

$$W_{\text{ком}} = a \cdot \left(\frac{h}{h+c} \right) = a \cdot \left(1 - \frac{c}{h+c} \right). \quad (18)$$

Звідси центр симетрії: $O_1(-c; a)$.

Графік має дві асимптоти, які проходять через O_1 :

горизонтальну:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a \cdot h}{h+c} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a}{1 + \frac{c}{h}} = a, \quad W_{\text{ком}} = a;$$

і вертикальну: $h = -c$.

Ілюстрація характеру кривої продуктивності комбайна від врожайності наведена на рисунку 1.

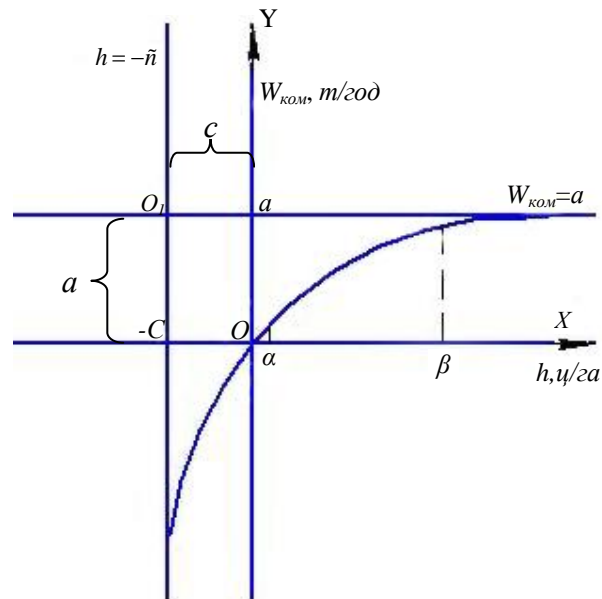


Рисунок 1 – Характер кривої продуктивності комбайна ($W_{ком}, m/год$) від врожайності ($h, u/га$)

Аналіз поведінки графіка функції $W_{ком}$ в околі горизонтальної асимптоти $W_{ком} = a$, дозволяє зробити висновок, що максимальне значення продуктивності комбайна ($W_{ком}$) необмежено наближається до граничного при зростанні значень врожайності (h), але продуктивність комбайна ($W_{ком}$) обмежена технічними характеристиками конкретної марки комбайна. Відповідно до залежності (15) значення a ($W_{ком}$) зменшується, як тільки зростатиме значення $(t_3 + t_B)$, і збільшуватиметься при зростанні $-\omega_k \cdot d_n$.

Аналіз поведінки $W_{ком}$ навколо вертикальної асимптоти $h = -c$ показує, що її значення набувають фізичного змісту лише для додатних значень врожайності, що відповідає проміжку $(\alpha; \beta)$. У реальному житті неможливо, щоб значення врожайності було від'ємним.

Таким чином, знання показника врожайності на конкретному полі дозволяє визначити продуктивність комбайна та управляти технологією спільної роботи автомобілів і комбайнів.

Висновок

1. Доведено, що на продуктивність комбайна суттєво впливає врожайність.
2. Залежність продуктивності комбайна від врожайності описується частиною рівнобічної гіперболи.
3. Маючи значення врожайності на конкретному полі можна визначити продуктивність комбайна, а тому і впливати на технологію спільної роботи автомобілів та комбайнів.

Подальший розвиток досліджень, що планується

Визначити можливі варіанти закріплення вантажних автомобілів за комбайнами при збиранні зернових культур. Враховуючи залежність продуктивності комбайна від врожайності.

Список літератури

1. Завора В.А. Основы технологии и расчета мобильных процессов растениеводства: учебное пособие / В.А. Завора, В.И. Толокольников, С.Н. Васильев. – Барнаул: изд-во АГАУ, 2008. – 263 с.
2. Зязев В.А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / В.А. Зязев, М.С. Капанович, В.И. Петров. – М. : Транспорт, 1979. – 253 с.
3. Рудавський Ю.К. Ленїйна алгебра та аналітична геометрія: навч. підручник / Ю.К. Рудавський, П.П. Костробій та ін. – Львів: Бескіт Біт, 2002. – 262 с.
4. Воркут А.Н. Грузовые автомобильные перевозки / А.Н. Воркут. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Главное издательство, 1986. – 447 с.
5. Куниця А.В. Технічне забезпечення системного функціонування складових частин кар'єрного транспортного комплексу / А.В. Куниця, О.А. Куниця, Д.М. Самісько //Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник. – 2008. – № 1(6). – С. 111–120.
6. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н.Бронштейн, К.А Семендяев. – М.: Физматгиз, 1959. – 608 с.

Рецензент: к.е.н., доц. Т.Є Василенко, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 14.11.11
© Хребет В.Г., Виноградов М.С., Котула Е.Л., 2011