

УДК 631.354.2

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ЯК ПОХІДНА ФЛУКТУАЦІЙ УРОЖАЙНОСТІ ПОЛЯ**Демко О.А., аспірант, Демко А.А., к.т.н., Надточій О.В., к.т.н.
(НУБіП України)**

Досліджено вплив нерівномірності урожайності хлібостою по площі поля на ефективність використання комбайнів через зміну пропускної здатності і завантаження МСП та збільшення крутного моменту приводу барабана.

Мета досліджень. Метою досліджень було визначення ймовірних числових значень гармонічної і флукуаційної складової нерівномірності урожайності хлібостою по площі поля і вплив її на завантаження молотарки.

Спеціалісти, керівники сільгосп підприємств, відомств, міністерств в своїх оцінках і характеристиках врожайності зернових, користуються середньостатистичними її значеннями. Подібні оцінки в загальному правомірні. Однак при збиранні врожаю спеціалісти агротехнологічних та інженерних служб повинні враховувати ймовірні значення відхилень врожайності від середнього значення для більш реалістичних прогнозів продуктивності зернозбиральних комбайнів, темпів жнив і термінів збирання з конкретного поля.

Багаторічна практика використання зернозбиральних комбайнів показує, що нерівномірність урожайності по площі поля через агробіологічні і фізико-механічні характеристики хлібостою культури, що збирають, суттєво впливають на ефективність використання через ступінь завантаження молотильно-сепаруючого пристрою (МСП) зернозбиральних комбайнів і відповідає за механічні втрати урожаю.

Зовнішнім суб'єктивним показником впливу нерівномірності врожайності по площі поля агробіологічного стану хлібостою є характеристична зміна звукового тиску (від 90..95 до 100 Дб) протягом 1-5с., що викликано зміною завантаження двигуна. Вплив стану хлібостою культури може відбуватися, що відчувається, не тільки протягом терміну жнив, а і протягом робочого дня, чи протягом проходження робочої довжини гону одного поля. До зовнішніх факторів, що викликають зміну завантаження двигуна, які відчуваються суб'єктивно, відносяться коливання моменту опору зі сторони приводу робочих органів, через зміну секундної подачі хлібної маси, викликану зміною врожайності від середнього значення хлібної маси культури.

На зміну врожайності культури по площі поля впливає багато факторів. Зокрема нерівномірність внесення добрив під культуру: ячмінь – min =10-33% до max = 59-95%; озима пшениця – min =19-25% до max = 70-73% (грунт –

чорнозем глибокий). Якість основного обробітку ґрунту перед посівом – до 20%, якість і рівномірність посіву – до 30%, рельєф поля і мікрорельєф площі, як залежність якості основного обробітку – до 30%. Виживання рослин озимої пшениці залежно від погодно-кліматичних умов в осінній, зимовий та весняні періоди від 81 до 49%, вплив якості і своєчасності підживлення до 25%, відповідно якість і своєчасність внесення засобів захисту рослин від шкідників – до 20%. Схематичний вираз зміни врожайності по площі поля в залежності від агротехнологічних факторів показано на рис. 1.

Залежність від кількох різних факторів, зміна яких носить випадковий характер і приводить до неусталеного режиму роботи двигуна.

З врахуванням вище приведених факторів врожайність можна визначити використовуючи визначення випадкових функцій:

$$U_{XM} = U_{CP} \pm \Delta U_{CP}' \pm \Delta U_{CP}'' \quad (1)$$

де U_{CP} – середнє значення врожайності хлібостою, $\text{кг}/\text{м}^2$;

$\Delta U_{CP}'$ – центрований випадковий детермінований процес зміни врожайності, $\text{кг}/\text{м}^2$ (гармонічна складова);

$\Delta U_{CP}''$ – флуктуація процесу зміни врожайності, викликана не прогнозованими факторами, $\text{кг}/\text{м}^2$.

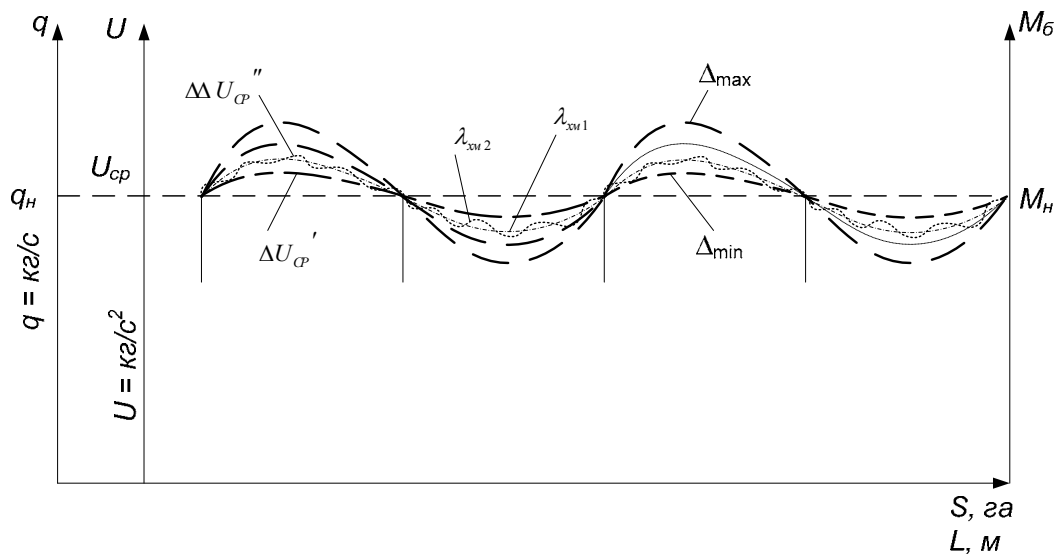


Рисунок 1 – Схематичний вираз зміни врожайності, пропускної здатності і моменту опору барабану від середнього значення, залежно від впливу агротехнологічних факторів. $\Delta \min$ - (19%), $\Delta \max$ - (35%)

За оцінками агротехнологів і науковців [1] зміна середньої врожайності по площі поля U_{CP} з допустимою похибкою може описуватися гармонічною функцією виду:

$$\Delta U_{CP}' = C_{x_{m1}} \sin\left(\frac{n_1 x_1}{\lambda_{x_{m1}}}\right) \quad (2)$$

де n_1 – число повних коливань;

$$x_1 = V(t) \cdot t;$$

$\lambda_{x_{m1}}$ – період коливання врожайності, м(с);

$C_{x_{m1}}$ – залежність амплітуди від середньої врожайності для конкретних господарств.

При урожайності 4 та 8 т/га становить C_{x_m} відповідно 1 та 1,6 кг/м². Приймаємо значення коефіцієнта впливу нерівномірності внесення добрив на зміну урожайності $K_\partial = 0.25U_{cp}$. Амплітуда коливань гармонійної складової зміни середньої врожайності з допустимою точністю виразимо такою залежністю:

$$C_{x_{m1}} = \pm 0.25U_{cp} \pm 0.025U_{cp}^{-2} = \pm 0.25 \cdot 1.5 \pm 0.025 \frac{1}{1.5^2} = \pm 0.375 \pm 0.011$$

Флуктуаційну (місцеву) складову нерівномірності врожайності і гармонічної зміни

$$C_{x_{m2}} = \pm 0.5(C_{x_{m1}}) = \pm 0.1875 \pm 0.006$$

Для аналізу прийmemo $C_{x_m} = 1.5$ кг/м².

Через вплив гармонічної і флуктуаційної складових амплітуда середньої врожайності по площі поля може змінюватися від $C_{x_{m\min}} = 1.5$ до $C_{x_{m\max}} = 1.89$ кг/м². З врахуванням виразу (2) можна зазначити, що флуктуаційна складова зміни врожайності описується подібною функцією з іншими параметрами:

$$\Delta\Delta U_{CP}'' = C_{x_{m2}} \sin\left(\frac{n_2 x_2}{\lambda_{x_{m2}}}\right) \quad (4)$$

де n_2 – число коливань флуктуаційної складової зміни врожайності $n_1 \gg n_2$;

$\lambda_{x_{m2}}$ – амплітуда коливань флуктуаційної складової, м(с) $\lambda_{x_{m1}} \gg \lambda_{x_{m2}}$;

Секундну подачу хлібної маси в молотарку комбайна в любий момент часу t визначається із залежності:

$$g^{k(t)} = U_{cp}(t) \cdot B(t) \cdot V(t) \quad (5)$$

За умов реального комбайнування оператор (комбайнер) здатен відреагувати на коливання середньої урожайності $\Delta U_{CP}'$, процес зміни якої випадковий і нестационарний, однак має низькочастотну випадковість. На коливання, які мають випадково-флуктуаційний характер в межах 1-5 с. $\Delta\Delta U_{CP}''$, комбайнер відреагувати фізіологічно не спроможний і ці коливання сприймаються двигуном.

За таких обставин повинна виконуватися умова:

$$V_K(t) = \frac{q_{ном}}{U_{cp}(t) \cdot B}; \quad \Delta U_{CP} = \pm C_{xM} \sin\left(\frac{n \cdot x}{\lambda_{xM}}\right) \quad (6)$$

З врахуванням виразу формули x_1 та виразу (6) запишемо:

$$\pm C_{xM} \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot V_K(t) \cdot t}{\lambda_{xM}}\right) = \pm C_{xM} \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot q_{ном} \cdot t}{C_{xM} \cdot B \cdot \lambda_{xM}}\right), \text{ а} \quad (7)$$

$$\frac{2\pi}{\lambda_{xM}} = \omega_x \left(\frac{1}{M}\right) - \text{просторова частота коливань.}$$

Динаміка зміни завантаження двигуна також залежить від макрорельєфу контуру поля, який оператор візуально може врахувати при виборі робочої швидкості. Проте мікрорельєф поля, який формується якістю основного і передпосівного обробітку ґрунту і в подальшому може змінюватися під впливом кліматичних умов (дощі, танення снігу) оператори не завжди можуть миттєво врахувати і подібні навантаження сприймаються двигуном через залежність ($f \pm \sin(\alpha)$).

Потужність на переміщення комбайнового агрегату визначається із залежності:

$$N_n = \frac{g \cdot G_{ка} \cdot V_k \cdot (f \pm \sin(\alpha))}{3.6\eta_{mp}} \quad (8)$$

де g – сила тяжіння 9.8 кг/с²;
 $G_{ка}$ – середня маса комбайнового агрегату, т;
 V_k – робоча швидкість, м/с;
 η_{mp} – к.к.д. трансмісії, 0.88.

$$V_k(t) = \frac{q_k(t)}{(U_{CP} \pm \Delta U_{CP} \pm \Delta U_{CP}) \cdot (t) \cdot B(t)} \quad (9)$$

Врахувавши (8) і (9) отримаємо:

$$N_n = \frac{g \cdot G_{ка} \cdot q_k(t) \cdot (f \pm \sin(\alpha))}{(U_{CP} \pm \Delta U_{CP} \pm \Delta U_{CP}) \cdot (t) \cdot B(t) \cdot 3.6\eta_{mp}} \quad (10)$$

$$U_{XM} = U_{CP} \pm (0.25U_{cp} \pm 0.025U_{cp}^{-2}) \cdot \sin\left(\frac{n_1 x_1}{\lambda_1}\right) \pm (0.125U_{cp} \pm 0.01U_{cp}^{-2}) \cdot \sin\left(\frac{n_2 x_2}{\lambda_2}\right) \quad (11)$$

Гармонічна і флуктуаційна складові нерівномірності врожаю на коротких відрізках часу (шляху загінки) неминуче впливають на значення пропускної здатності МПС комбайнів.

Для спрощення запису формули введемо позначення:

$$Z_1 = U_{CP} \pm (0.25U_{cp} \pm 0.025U_{cp}^{-2}); Z_2 = U_{CP} \pm (0.125U_{cp} \pm 0.01U_{cp}^{-2}).$$

$$q_\phi = \frac{0.1Ne\xi}{0.1BZ_1 \sin\left(\frac{n_1x_1}{\lambda_1}\right)(N_{nm} + N_{nn}) + Z_2 \sin\left(\frac{n_2x_2}{\lambda_2}\right)(N_{nm} + N_{nn}) + \frac{gfG_{ка}}{\eta}} + 0.2 \quad (12)$$

$$B\left(Z_1 \sin\left(\frac{n_1x_1}{\lambda_1}\right) + Z_2 \sin\left(\frac{n_2x_2}{\lambda_2}\right)\right)$$

В роботі [1] приводяться дані, що момент приводу молотарки (M_M) пропорційний подачі хлібної маси q_ϕ^k при незмінних інших умовах. Тому можна прогнозувати що:

$$M_M(t) = k_M q_\phi^k(t) \quad (13)$$

де k_M – коефіцієнт пропорційності, $k_M = 64$

Молотарка комбайна приводиться в рух через клинопасову передачу від колінчастого валу двигуна до варіатора барабана, момент опору якого розраховують із залежності:

$$M_B = \frac{M_M}{i_{вар}\eta_{вар}}; \quad M_B = 391 \text{ нМ}. \quad (14)$$

де $\eta_{вар} = 0.9$; $i_{вар} = 2$.

За номінальної пропускної здатності при середній врожайності $M_B = 325 \text{ нМ}$.

Гармонічна і флуктуаційна складові зміни середньої врожайності є причиною збільшення завантаження двигуна і крутного моменту на привід барабана до 17% від номінального значення.

Висновок. Пропонований метод дозволяє оцінювати ступінь завантаження молотарки не тільки суб'єктивно по звуковому тиску роботи двигуна, а й визначити ймовірні кількісні значення впливу від гармонічної і флуктуаційних складових нерівномірності врожайності по профілю поля і навіть загінки. При прийнятих нами ймовірних значеннях коефіцієнтів впливу на середню врожайність пропускна здатність через раптове збільшення хлібної маси підвищується до 20%, що викликає збільшення крутного моменту барабана на 17%. Непередбачуване додаткове навантаження, яке по звуковому тиску роботи двигуна суб'єктивно відчуває оператор може бути причиною

забивання барабана, зменшення обертів приводних валів соломотряса і решіт, а відповідно збільшення втрат зерна за молотаркою.

Список літератури

1. *Иванов А.Б.* Внешнее воздействие на эффективную мощность двигателя [Текст] / *А.Б.Иванов, О.А.Поляков* // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – №6. – С. 23 – 24.
2. *Демко А.А.* Визначення пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою зернозбирального комбайна [Текст] / *А.А. Демко, О.В.Надточій, О.А. Демко* // Технічний сервіс машин для рослинництва: вісник ХНТУСГ. Вип. 121. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – С. 74 – 79.
3. *Иванов В.П.* Исследование неравномерности урожайности хлебной массы на коротких участках [Текст] / *В.П. Иванов* // Сб. н. тр. РОСНИИТиМ. – Новосибирск, 2005. – С. 32 – 36.
4. *Алферов С.А.* Динамика зерноуборочного комбайна [Текст] / *С.А.Алферов.* – М.:Машиностроение, 1973. – 143 с.

Аннотация

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ КАК ПРОИЗВОДНАЯ ФЛУКТУАЦИЙ УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЯ

Демко А.А., Демко А.А., Надточий А.В.

Исследовано влияние неравномерности урожайности хлебостоя по площади поля на эффективность использования комбайнов из за изменения пропускной способности и загрузки МСУ и увеличения крутящего момента привода барабана.

Abstract

PRODUCTIVITY OF GRAIN HARVESTERS AS A DERIVATIVE OF FLUCTUATIONS IN YIELD FIELDS

A. Demko, A. Demko, A. Nadtochiy

The explored influence to unevenness to productivities of the bread mass on area of the field on efficiency of the use combine from for change of reception capacity and loading MSU and increase turning moment of the drive of the drum.