

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ І КОЕФІЦІЄНТА ЗАВАНТАЖЕННЯ ДВИГУНА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ І ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

*О.А. Демко аспірант\**

*А.А. Демко, О.В. Надточій, кандидати технічних наук*

*Уточнена залежність розрахунку швидкості руху зернозбирального комбайна (ЗК) з врахуванням фактичної потужності двигуна і динаміки руху ЗК. Визначено допустимі значення робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотарки.*

*Комбайн, баланс потужності, врожайність, пропускна здатність, завантаженість двигуна, молотарка.*

**Постановка проблеми.** У літературі потужність двигуна при розрахунках розглядається як стала величина. В умовах же реальної експлуатації із збільшенням наробітку в мотогодинах потужність двигуна знижується через загальне зношування циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, елементів паливної системи, а також загальної їх розрегульованості.

**Аналіз останніх досліджень.** В формулах приведених в літературних джерелах [1, 2, 3, 4], за якими розраховується продуктивність мобільних агрегатів, потужність двигуна вводиться величиною сталою (1), і яка не змінюється із збільшенням наробітку в мотогодинах, тобто строків експлуатації, в роках протягом яких реалізується наробіток:

$$W_{зм} = \frac{C}{K_a} \cdot N_e \cdot \xi_{Ne} \cdot \eta_{TP} \cdot T_p, \quad (1)$$

де  $C$  – перевідний коефіцієнт;  $K_a$  – питомий опір МТА, кН/м;  $N_e$  – потужність двигуна, кВт;  $\xi_{Ne}$  – ступінь використання потужності(ступінь завантаження);  $\eta_{TP}$  – ККД трансмісії;  $T_p$  – чистий термін роботи, год.

Для оцінки ефективності використання потужності двигуна вводиться коефіцієнт завантаження  $\xi_{Ne}$  імовірнісним значенням не залежно від його технічного стану, від фактичного завантаження молотарки і затрат потужності на рух.

За показанням спеціалістів, досвідчених механізаторів в умовах виробництва зниження потужності проявляється через

\*Науковий керівник – доктор технічних наук В.О. Дубровін

© О.А. Демко, А.А. Демко, О.В. Надточій, 2014

зниження робочих швидкостей при переході на нижчі передачі: із 3-ї на 2-ої на 1-шу передачу, що прямо впливає на годинну змінну продуктивність.

За визначенням Ждановського Н.С. [5] параметричною відмовою двигуна називається такий параметричний стан за якого потужність двигуна без турбонадуву знижується на 7-8 %, а з турбонадувом знижується на 12-13 %.

Для двигуна СМД-31А при номінальній потужності  $N_{ен} = 235$  к.с. (173 кВт) зниження потужності на 19% (до стану відмови) означатиме 45 к.с. до фактичної потужності  $N_{ф} = 190$  к.с. (152кВт).

Визначити стан параметричної відмови по зниженню потужності за суб'єктивними показниками без спеціальних діагностичних приладів практично неможливо. Тому в полі працюють трактори, комбайни із потужністю двигунів зниженою до 30% від номінального значення.

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

Очевидно, що зниження потужності двигуна комбайна навіть на 23...24 к.с. впливатиме на годинну і зміну продуктивність через зниження робочих швидкосте та час розгону по завантаженню молотарки комбайна до оптимальної пропускну здатності.

**Результати досліджень.** Проведеними дослідженнями [6] виявлено, що зменшення частоти обертання молотильного барабана від 2000 до 1700 об/хв. при подачі хлібної маси 2 кг/с. (урожайність 2,5т/га., вологість зерна  $\approx 16\%$ , соломи 19%, соломистість 1...1,3) зростають втрати за молотаркою до 3,5%, знижується продуктивність комбайна на 0,6 га/год.

Однією із причин зниження обертів молотарки може бути зниження потужності двигуна, через розрегульованість або зношування циліндро- поршневої групи або спільної їх дії.

Комбайни, обладнані одним двигуном по суті об'єднують у собі дві машини - молотарку та ходову частину. Робота молотарки потребує підтримання постійної швидкості обертання її механізмів, коливання яких не повинно перевищувати 5-7% [6]. Це пов'язано з забезпеченням якісних показників обмолоту та сепарації. Ходова частина потребує до 40% енергії двигуна, інша частина якої витрачається на виконання технологічного процесу. Саме тому продуктивність ЗК обмежується недостатньою потужністю двигуна.

Основне рівняння, що описує роботу молотильного барабану пов'язує потужність двигуна  $N_e$  характеристики барабану  $r_i$ , та подачу хлібної маси  $q_i$ :

$$N = I \frac{d\omega}{dt} \omega = \frac{q_i \cdot r}{1-f} \cdot \omega^2 \quad (2)$$

Затрати потужності на одиницю переробленої маси визначається із залежності:

$$\frac{N}{q_i} = \frac{V^2}{1-f} = \frac{\omega^2 \cdot r^2}{1-f} \quad (3)$$

У формулах приводиться номінальне значення потужності. Очевидно, що із зменшенням потужності двигуна знижується колова швидкість барабана, і, відповідно, знижується кількість переробленої маси. Для забезпечення стабільності технологічного процесу при зниженні потужності двигуна необхідно зменшити подачу хлібної маси до барабана за рахунок зниження робочої швидкості або ширини захвату жатки ( $V_p$ ).

Потужність двигуна витрачається на забезпечення роботи молотарки і ходової частини:

$$N_e = N_m + N_p \quad (4)$$

Технологія роботи молотарки вимагає збереження постійного швидкісного режиму роботи її механізмів, тобто постійного числа обертів, коливання яких не повинно перевищувати 5–7%. Такі вимоги диктуються необхідністю забезпечення якісних показників роботи при обмолоті і сепарації.

Ходова частина, як споживач потужності, характеризується її основним призначенням – забезпечення живлення молотарки. Тому, величина потужності, необхідної для руху комбайна знаходиться в прямій залежності від режиму роботи молотарки.

Продуктивність комбайна може бути рівною розрахунковій і конструктивній пропускній здатності молотарки:

$$q_{\text{опт}} = \frac{V_p \cdot B_p \cdot Q_3 (1 + \gamma_c)}{360} \quad (5)$$

Така продуктивність відповідає пропускній здатності і забезпечується відповідною робочою швидкістю:

$$V_p = \frac{360 \cdot q_{\text{опт}} \cdot Q_3 (1 + \gamma_c)}{B_p} \quad (6)$$

Швидкість руху при всіх постійних величинах визначається агробіологічним станом хлібної маси, тобто урожайністю і солонистістю хлібної маси  $Q_3(1 + \gamma_c)$ . За такої швидкості ефективна потужність двигуна для руху і забезпечення роботи молотарки витрачається на 100%. У випадках, коли продуктивність комбайна за одиницю часу нижче пропускної здатності молотарки, залишається

невикористана потужність двигуна, яка у формулах враховується коефіцієнтом використання потужності –  $\xi_N$  (7).

$$V_p = \frac{3.6 \left[ \frac{N_{eH}}{1.36} \right] \cdot \xi_N - N_p}{\frac{\left[ C_{mk} \left( f + \frac{i}{100} \right) \right]}{\eta_{тр}} + \frac{B_p \cdot Q_3 (1 + \gamma_c) N_{пит}}{10}}. \quad (7)$$

Значимість коефіцієнта завантаження двигуна в залежності від фактичної потужності розглянемо через баланс потужності. В загальному випадку баланс потужності двигуна комбайна визначається рівнянням:

$$N_e = N_x + N_m + N_p \mp N_y \pm N_n + N_3. \quad (8)$$

де  $N_e$  – ефективна потужність двигуна, кВт;  $N_x$  – потужність, для холостого приводу робочих органів комбайна, кВт;  $N_m$  – потужність, необхідна для забезпечення процесу комбайна, кВт (без  $N_x$ );  $N_p$  – потужність, затрачена на переміщення комбайна, кВт;  $N_y$  – потужність, затрачена на подолання ухилів комбайном, кВт;  $N_n$  – потужність на подолання опору повітря, кВт;  $N_3$  – залишкова потужність двигуна, кВт.

Зважаючи, що на рівній ділянці поля  $N_y = 0$ , а при малих швидкостях  $N_n = 0$ , матимемо:

$$N_e = N_x + N_m + N_p + N_3. \quad (9)$$

Розглянемо значимість кожної складової балансу. Потужність двигуна, яка необхідна на холостий привід робочих механізмів ( $N_x$ ), може бути виражена через рівняння:

$$N_x = \frac{1}{9550} \sum_1^i \frac{M_{xi} \cdot n_i}{\eta_i}. \quad (10)$$

де  $M_{xi}, n_i, \eta_i$  – крутний момент (Нм), оберти (об/хв) і К.К.Д. відповідних робочих механізмів.

При роботі двигуна на регуляторній вітці характеристики оберти підтримуються все режимним регулятором. Тому з достатньою точністю; для практики можна вважати потужність на холостий привід робочих механізмів постійною  $N_x \cong \text{const}$ .

На переробку і переміщення одиниці секундної подачі певного агробіо-логічного стану хлібної маси необхідно для кожного робочого механізму  $m_i$  крутного моменту двигуна або  $N_i$  затрат потужності, необхідної для сепарації, транспортування та переробки можна

визначити із рівняння:

$$N_M = \frac{q}{9550} \sum_1^i \frac{m_i \cdot n_i}{\eta_i} + \frac{q \cdot m_6 \cdot n_6}{\eta_6} = q \sum_1^i \frac{N_i}{\eta_i} + q N_{\text{пит}}. \quad (11)$$

де  $N_i, N_{\text{пит}}, m_6, n_6, \eta_6$  – питома потужність кВт сек./кг., питомий крутний момент Нм сек./кг., оберти об/хв. і к.к.д. барабана.

Потужність необхідну для забезпечення технологічного процесу можна визначити через питому подачу хлібної маси  $q$  кг/сек. та питомі витрати потужності  $N_{\text{пит}}$  кВт с/кг:

$$N_M = q \cdot N_{\text{пит}} = \frac{B_p \cdot U(1 + \gamma_c) N_{\text{пит}}}{36} = \left( \frac{B_p \cdot U(1 + \gamma_c) N_{\text{пит}}}{10} \right) \cdot \frac{B_p}{3.6}. \quad (12)$$

де:  $U$  – урожайність, т/га;  $\gamma_c$  – солومистість.

За даними А.Я. Полякова [1], величина потужності, необхідна для сепаруючих і транспортних механізмів  $N_{Cm}$  практично не залежить від швидкості руху комбайна та подачі хлібної маси і її можна приймати постійною:

$$N_{Cm} = \frac{q}{9550} \sum_1^i \frac{N_{\text{пит}i}}{\eta_i} = \text{const}. \quad (13)$$

Із рівняння (11) витікає, що потужність необхідна для робочого процесу, залежить від основного споживача потужності барабана.

Із виразів(10) та (13) можна записати:

$$N_{CTx} = N_x + N_{CT} = \text{const}. \quad (14)$$

де  $N_x$  – потужність, необхідна для холостого приводу всіх робочих органів і робочого процесу (крім  $N_6$ ), кВт;  $N_{CTx}$  – потужність, необхідна для забезпечення робочого процесу сепаруючих та транспортних механізмів, кВт.

За умов  $N_x = \text{const}'$ ,  $N_{Cm} = \text{const}$  основними споживачами потужності є барабан, молотарка та ходова частина комбайна.

З врахуванням основних споживачів потужності баланс двигуна буде визначатись рівняннями:

$$N_e = N_p + N_6 + N_{CT} + N_3, \quad N_M = N_6 + N_{CT}, \\ N_e = N_p + N_M + N_3. \quad (15)$$

Затрати потужності на рух комбайна визначаються із залежності:

$$N_p = \frac{q}{\eta_{\text{тр}}} \cdot C_r \left( f + \frac{i}{100} \right).$$

де  $f$  – коефіцієнт перекошування;  $i$  – нахил поля, якщо  $i = 0$ .

$$N_p = q \cdot G_k \cdot \frac{f}{\eta_{\text{тр}}}. \quad (16)$$

Дослідженнями [8] було визначено затрати потужності на рух комбайнів в залежності від характеристики поля.

### 1. Вплив характеристик поля на потужність руху комбайнів.

Марка комбайна	Маса при повному навантаженні, кг.	Характер поверхні поля		Швидкість руху V, км/год.	Момент на ходовому колесі, Мк, кН м.	Потужність затрачена на рух, N, кВт
		Вид	Кут підйом. град.			
Дон-1500	17800	Стерня	±0,3	3,00...5,00	8,0...9,0	6,5...17,0
		Стерня	+6,5	2,70...8,10	25,2...28,7	17,5...71,0
		Стерня	+8,0	2,66...4,13	24,6...34,5	47,0...75,0
		Дорога	±0,3	9,00...11,16	9,0...12,8	20,0...36,0
KD-116 (ФРГ)	18500	Стерня	±0,3	10,0...11,80	17,4...26,5	8,5...15,0
		Дорога	±0,3	27,0	6,5	18,0...20,0
E-516 (ГДР)	15870	Стерня	±0,3	9,7	17,0	8,1
		Дорога	±0,3	19,8	8,6	18,0

Якщо потужність двигуна в наслідок загального зношування та розрегульованості за показником параметричної надійності  $\Delta N_{\Pi}$  знижена від номінального значення  $N_{ен}$  до фактичного  $N_{ф}$ :

$$\Delta N_{\Pi} = N_{ен} - N_{ф}. \quad (17)$$

де  $\Delta N_{\Pi}$  – значення параметричної надійності двигуна.

То очевидно значення залишкової потужності також зменшиться на величину  $\Delta N_{\Pi}$ :

$$N_3 = N_e - N_p - N_M - \Delta N_{\Pi}. \quad (18)$$

Зниження залишкової потужності необхідно враховувати при імовірнісному визначенні коефіцієнта завантаження двигуна в розрахункових формулах.

Розглянемо можливості регуляторної характеристики двигуна на зміну навантажень при рухові комбайна і роботі молотарки.

При роботі комбайна може бути нерівномірність завантаження барабана на  $\pm \Delta N_{\Pi}$  і нерівномірність навантаження при рухові на  $\pm \Delta N_p$ .

З врахуванням приведеного і можливих пікових завантажень баланс потужності можна записати:

$$N_e = (N_p \mp \Delta N_p) + [(N_M \pm \Delta N_M) + N_3]. \quad (19)$$

Із рівняння (19) можна визначити значення залишкової потужності

$$N_3 = N_e - (N_p \mp \Delta N_p) + [(N_M \pm \Delta N_M) + N_{СП}]. \quad (20)$$

З врахуванням рівнянь (19) та (20) фактичне значення залишкової потужності буде:

$$N_3 = N_e - (N_p \mp \Delta N_p) + [(N_M \pm \Delta N_M) + N_{СП}] - \Delta N_{П}. \quad (21)$$

Неустановлений характер навантаження приводить до коливання моменту опору. Тому навантаження двигуна на повну або близьку до неї потужність неминуче викликає перехід двигуна на режим роботи без регуляторну ділянку характеристики.

Пояснення коефіцієнта завантаження двигуна можна отримати виходячи з досліджень Болтінського В.Н. [7]. Для визначення ступеня завантаження двигуна автор роботи запропонував формулу для визначення коефіцієнта завантаження.

$$K_3 = 1 - (\gamma_c - K_d). \quad (22)$$

де  $\gamma_c$  – коефіцієнт можливого опорк перевантаження;  $K_d$  – коефіцієнт допустимого перевантаження.

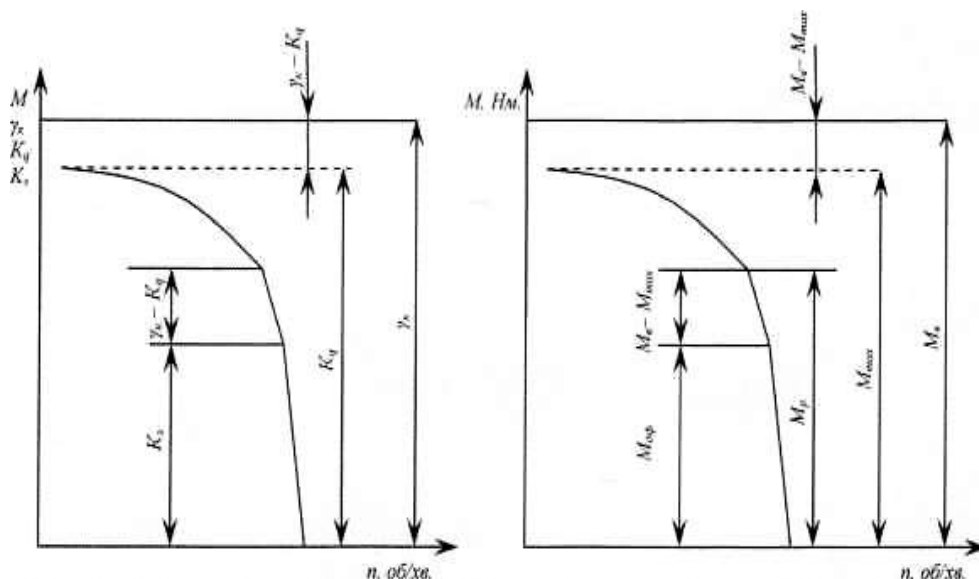


Рис. 1. Характеристика роботи комбайна при неустановленому навантаженні.

Дослідженнями Болтінського В.Н. показано, що значення коефіцієнта перевантаження  $K_d$  залежить від значної кількості факторів. В їх числі конструктивні особливості двигуна, сума приведених до колінчатого вала моментів інерції  $(M = \frac{d\omega}{dt})$ , частота зміни моменту опору на валу двигуна, ступінь його нерівномірності.

Коефіцієнт завантаження визначається із рівняння:

$$K_3 = \frac{M_{д.ср}}{M_p}, \quad (23)$$

де  $M_{д.ср}$  – середнє допустиме значення опору двигуна;  $M_p$  – розрахункове (номінальне) значення крутного моменту.

Середнє допустиме значення крутного моменту:

$$M_{д.ср} = M_p - (M_B - M_{max}). \quad (24)$$

Спільне рішення рівнянь (23) та (24) дає вираз:

$$K_3 = 1 - (\gamma_B - K_{II}). \quad (25)$$

де  $\gamma_B = \frac{M_B}{M_p}$  – коефіцієнт можливого перевантаження двигуна;

$K_{II} = \frac{M_{max}}{M_p}$  – коефіцієнт пристосованості двигуна.

Якщо виразити коефіцієнт завантаження двигуна (23) через коефіцієнт пристосованості і ступінь нерівномірності зміни опору двигуна отримаємо:

$$K_3 = \frac{K_{II}}{\gamma_d}, \quad (26)$$

де  $\gamma_d = \frac{M_{max}}{M_p}$  – коефіцієнт можливого зростання крутного моменту двигуна (момент опору).

Ступінь зростання крутного моменту двигуна:

$$\gamma_d = \frac{M_{max}}{M_{д.ср}} = \frac{M_{д.ср} + \Delta M}{M_{д.ср}} = 1 + \frac{\Delta M}{M_{д.ср}}. \quad (27)$$

Ступінь нерівномірності крутного моменту:

$$\delta_d = \frac{2\Delta M}{M_{д.ср}}, \quad M_{д.ср} = \frac{2\Delta M}{\delta_d}. \quad (28)$$

Підставивши (28) у рівняння (27), отримаємо:

$$\gamma_d = 1 + \frac{\delta_d}{2}. \quad (29)$$

Відповідно коефіцієнт завантаження двигуна дорівнює:

$$K_3 = \frac{K_{II}}{\gamma_d} = \frac{K_{II}}{1 + \frac{\delta_d}{2}} = \frac{2K_{II}}{2 + \delta_d}. \quad (30)$$

За рекомендаціями авторів роботи [8] краще брати ступінь нерівномірності крутного моменту і середньоквадратичного відхилення рівним значенням на валах приводу робочих механізмів.

Враховуючи тривалість впливу нерівномірності крутного моменту, регулятор буде реагувати коливання крутного моменту в межах середньоквадратичного відхилення. Коефіцієнт варіації середнього значення моменту опору на валу двигуна можна



визначити із залежності:

$$\delta = \frac{K_B}{50\%}. \quad (31)$$

Підставимо (31) в вираз (30) і отримаємо:

$$K_3 = \frac{100K_{II}}{100 + K_B}. \quad (32)$$

Із аналізу видно, що через запас крутного моменту приведений коефіцієнт завантаження буде діяти в межах короточасних перевантажень барабана  $\Delta N_6$  і короткострокових перевантажень при русі комбайна при русі комбайна  $\Delta N_p$ , тобто в межах запасу крутного моменту регуляторної характеристики двигуна, а не в межах залишкової потужності.

Залишкова потужність двигуна, в межах якої можна змінювати коефіцієнт завантаження має інший вираз. Розподіл ефективної потужності між молотаркою і ходовою частиною при роботі комбайна можна показати на рис. 2, рис. 3.

Для пояснення приймемо, що комбайн працює на стаціонарі ( $N_p = 0$ ), тобто працюють механізми молотарки які споживають енергію(потужність) двигуна – це барабан ( $N_6$ ) і сепаруючо – транспортуючі органи, та холостий їх привід.

Залишкова потужність ( $N_3$ ) в такому випадку буде максимальною, а коефіцієнт завантаження двигуна ( $\xi_N$ ) мінімальним.

$$N_3 = N_e - (N_6 + \Delta N_6) - N_M - N_x. \quad (33)$$

Затрати потужності зростають яішйао відповідно до підвищення швидкостей руху комбайна. При визначеній урожайності  $U_3 \cdot (1 + \gamma_c)$  при підвищенні швидкості руху комбайна  $V_p$  досягається  $g_{opt}$  оптимальне значення пропускної здатності комбайна.

В цьому випадку залишкова потужність двигуна дорівнює  $N_3 = 0$ , а коефіцієнт завантаження двигуна  $\xi_N = 1$ .

Розглянемо граничні значення залишкової потужності двигуна, максимальне значення залишкової потужності  $N_3 = \max$  буде за умов роботи комбайна на стаціонарі коли потужність двигуна на рух комбайна  $N_p = 0$ . Залишкова потужність при роботі на стаціонарі може 70 кВт. В умовах реальної експлуатації показником зміни потужності двигуна є зниження робочих швидкостей комбайнів і границі зміни коефіцієнта завантаження двигуна.

Формула (6) не дозволяє визначити вплив потужності двигуна кількісними значеннями швидкості руху комбайна. Дослідимо вплив зміни потужності двигуна на швидкість руху комбайна через

аналітичні залежності, які включають потужність двигуна. Для самохідних машин прийнято, що потужність рушія визначається із залежності [9]:

$$N_{руш} = \left[ G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 + \rho(V_p - V_0)) \right] \cdot \frac{V}{3.6} \quad (34)$$

Із залежності (5), (6), (8), (12), (16), (34) визначимо  $N_e$ :

$$N_e = N_{CT} + N_3 + \left[ \frac{G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 + \rho(V_p - V_0))}{\eta_{тр}} + \frac{B_p \cdot U \cdot (1 + \gamma) \cdot N_{пит}}{10} \right] \cdot \frac{V_p}{3.6} =$$

$$= N_{CT} + N_3 + \frac{10 \cdot V_p \cdot G_{mk} \cdot f_0 + 10 \cdot V_p^2 \cdot \rho \cdot f_0 \cdot G_{mk} - 10 \cdot V_p \cdot V_0 \cdot \rho \cdot G_{mk} \cdot f_0}{\eta_{тр}} +$$

$$+ \frac{V_p \cdot B_p \cdot \eta_{тр} \cdot U \cdot (1 + \gamma) \cdot N_{пит}}{36 \cdot \eta_{тр}} \quad (35)$$

Після певних перетворень і позначивши:

$$A_1 = \frac{10 \cdot G_{mk} \cdot f_0 \cdot \rho}{36 \cdot \eta_{тр}} \quad (36)$$

та 
$$A_2 = \frac{10 \cdot G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 - \rho \cdot V_0) + B_p \cdot U \cdot (1 + \gamma) \cdot N_{пит} \cdot \eta_{тр}}{36 \cdot \eta_{тр}} \quad (37)$$

В остаточному вигляді рівняння залишається:

$$V_p^2 \cdot A_1 + V_p \cdot A_2 - (N_{ен} - N_M) = 0 \quad (38)$$

Із рівняння (35) визначаємо залишкові потужність для не зношених (відрегульованих) двигунів:

$$N_3 = N_{ен} - N_M - V_p^2 A_1 + V_p A_2 \quad (39)$$

Для зношених і не відрегульованих двигунів:

$$N_3 = N_{ен} - N_M - \Delta N - V_p^2 A_1 + V_p A_2 \quad (40)$$

Визначимо  $V_p$  вважаючи, що вся потужність двигуна витрачається на швидкість:

$$V_p = \frac{-A_2 \pm \sqrt{A_2^2 + 4A_1(N_{ен} - N_M - \Delta N)}}{2A_1} \quad (41)$$

Вплив зміни потужності на швидкість розраховані по формулі (7) і (38) комбайнів показано на рис. 2 та рис. 3.

Розрахункові значення коефіцієнта  $A_2$  зведені в табл. 2.

## 2. Значення коефіцієнта $A_2$ в залежності від урожайності (ц) т/га.

Урожайність (ц) т/га	2	3	4	5	6	7
значення коефіцієнта $A_2$	8,79	12,64	15,72	18,74	20,55	21,76
$A_2^2$	77,24	159,65	247,38	351,55	422,56	473,63

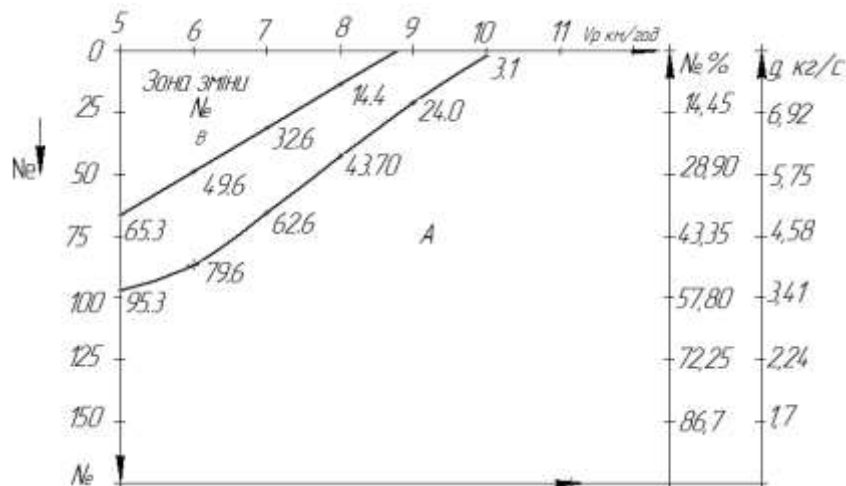


Рис. 2. Залежність зміни залишкової потужності двигуна ЗК від швидкості руху і фактичної потужності  $N_{эф}$ : А-область використання потужності на рух ЗК і обмолот; В-область залишкової потужності двигуна.

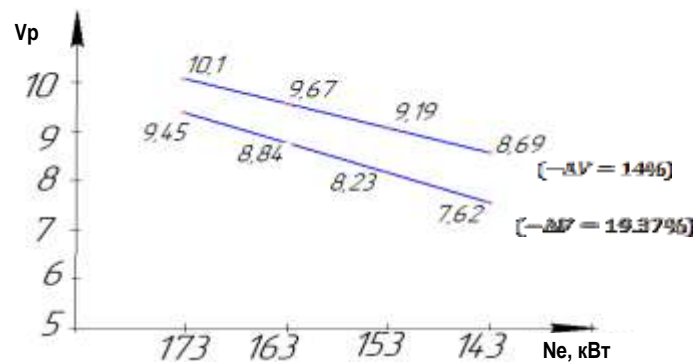


Рис. 3. Закономірності зміни швидкості руху ЗК від параметричної надійності двигуна при  $U$  2 т/га.

### Висновки

За приведеними формулами можна розрахувати числові значення залишкової потужності в залежності від агробіологічного стану хлібної маси, урожайності, технічного стану двигуна, швидкості руху ЗК і визначити область допустимих змін, а також коефіцієнт завантаження двигуна  $N_e$ , який може змінюватися тільки в межах залишкової потужності (рис. 2).

Використання формули (41) дозволяє більш точно розрахувати швидкості руху з врахуванням фактичної потужності двигуна і динаміки руху ЗК допустимі значення робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотарки (рис. 3).

### Список літератури

1. Иванов А.Б. Внешнее воздействие на эффективную мощность двигателя / А.Б. Иванов, О.А. Поляков // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – №6. – С. 23–24.

2. *Иванов В.П.* Исследование неравномерности урожайности хлебной массы на коротких участках / *В.П. Иванов* // Сб. науч. тр. РОСНИИТиМ. – Новосибирск, 2005. – С. 32–36.
3. *Алферов С.А.* Динамика зерноуборочного комбайна / *С.А. Алферов*. – М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.
4. *Ждановский Н.С.* Надежность и долговечность автотракторных двигателей / *Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко*. – Л.: Колос, 1981. – 294 с.
5. *Терских И.П.* Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов / *И.П. Терских*. – Иркутск: Изд-во Иркутского университета, 1987. – 310 с.
6. *Болтинский В.Н.* Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей / *В.Н. Болтинский*. – М.: Изд-во с.х. литературы, 1962. – 390 с.
7. *Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.* Изд-е второе // Под общей ред. *Г.Е. Листопада*. – М.: Агропромиздат, 1986. – 687 с.
8. *Горячкин В.П.* Собрание сочинений / *В.П. Горячкин*: – М.: Колос, 1968. – Т. I. – Изд-во второе. – 720 с.

*Уточнена залежність розрахунку швидкості руху зерноуборочного комбайна (ЗК) з урахуванням фактичної потужності двигателя і динаміки руху ЗК. Визначено допустимі межі значень робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотилки.*

***Комбайн, баланс потужності, урожайність, пропускна спроможність, завантаження двигателя, молотилка.***

*The elaborated dependency of calculation to velocities of motion grainharvesting combine (GC) with provision for actual engine size and speakers of motion GC. The possible limits of importance's worker velocities are determined for optimization of oading the thresher.*

***Combine, balance to powers, productivity, reception capacity, loading engine, thresher.***

УДК 621.873

## **ЗМЕНШЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ У КРАНОВОМУ МОСТІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ КРАНА**

***В.С. Ловеїкін, доктор технічних наук***  
***Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук***  
***В.В. Крушельницький, аспірант\****

\*Науковий керівник – доктор технічних наук **В.С. Ловеїкін**

© *В.С. Ловеїкін, Ю.О., Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014*