

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ

О.М.Костенко, С.М.Кривонос, О.У.Дрожчана

Полтавська державна аграрна академія

olga_bgd@ukr.net

Ключові слова: оптимізація, тракторний двигун, оптимальна потужність, напружений період, об'єм робіт, витрати палива.

Анотація. В роботі пропонується методика визначення оптимальної потужності тракторного двигуна з урахуванням об'єму механізованих робіт у напружений період польових робіт, агротехнічних строків їх виконання, витрати палива. Приведене рішення оптимізаційної задачі по обґрунтуванню одиничної потужності сільськогосподарських тракторів в основі яких лежить формула "від енергозберігаючої технології механізованих робіт оптимального трактора до оптимального парку".

Постановка проблеми. В сільському господарстві України використовуються трактори різного тягового класу з різною потужністю двигунів. Як відомо всі сільськогосподарські роботи необхідно виконувати в оптимальні агротехнічні строки з мінімальними затратами праці та грошей, з високою якістю їх проведення. Існуючі трактори не відповідають агротехнічним вимогам. Потужність їх двигунів не пристосована до об'ємів робіт в напружені періоди польових робіт. Виникла необхідність розробки методики визначення оптимальної потужності тракторного двигуна з врахуванням об'ємів робіт, агротехнічних строків їх виконання, витрати палива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науково-дослідні роботи передбачають розробку методики оптимізації потужностних параметрів енергозасобів по економічному критерію. Однак запропоновані методи не знайшли широкого використання, так як вони ґрунтуються на помилкових припущеннях: стабільність показників річної зайнятості та структури робіт, відсутність взаємозв'язку з іншими типами тракторів в загальному парку машин. Дослідження, проведені в роботах, спираються на системний підхід до проблеми, при цьому для усунення вище вказаних недоліків використовуються сучасні економіко-математичні моделі оптимізації потужності енергозасобів по народногосподарському економічному критерію [1, 2].

Нами запропоновано методику визначення оптимальної потужності тракторного двигуна з урахуванням об'ємів робіт, витрати палива та агротехнічних строків їх виконання.

Постановка завдання – розробка методики визначення оптимальної потужності двигуна трактора з урахуванням об'ємів робіт, агротехнічних строків їх виконання, витрати палива.

Виклад основного матеріалу дослідження. Економічне обґрунтування оптимальних рівнів одиничної потужності парку тракторів і сільськогосподарських машин в господарствах впливають на економічну

ефективність сільськогосподарської техніки.

Якби трактор був призначений для виконання одного виду робіт і на протязі року агрегувався з одним і тим же сільськогосподарським агрегатом, то при рішенні вказаної задачі при конкретизації господарських умов не виникали б труднощі. Складності виникають в зв'язку з універсальністю, із-за намагання зменшити по можливості тракторний парк в господарствах, покладаючи на кожний трактор виконання великого комплексу робіт в агрегаті з різними знаряддями. В результаті задача оптимізації одиничної потужності тракторів при коректній постановці запитання може розглядатися тільки в рамках більш загальної і складної задачі – оптимізація парку машин в господарствах. Рішення її стає можливим при орієнтації на громіздкі, дорогі і малодоступні економічно-математичні методи. Чим більше виділено модельних господарств, тим легше підібрати серед них аналог для кожного конкретного господарства і тим точніше можна вирішити для нього оптимізаційну задачу, однак тим більшу номенклатуру тракторів ми отримуємо при визначенні їх потрібності для країни в цілому.

Таким чином, в погоні за точністю і коректністю рішення оптимізаційної задачі по визначенню одиничної потужності трактора обов'язково приходимо до необхідності оптимізації парку машин в господарствах і, як наслідок, до обґрунтування багатомарочності сільськогосподарської техніки. І ці обставини дають відчутні результати: кількість моделей тракторів в перспективній системі машин.

Зменшення кількості необхідних моделей тракторів – найважливіша народногосподарська задача. Вона в значній мірі визначає проблеми їх уніфікації та підвищеної надійності, а в кінцевому рахунку зниження витрат в сфері виробництва і експлуатації. Формула "від оптимального парку до оптимального трактора" домінуюча сьогодні в техніко-економічних обумовленнях, не сприяє їх рішенню.

Отже, виникає необхідність у розробці інших методи оптимізації, в основі яких лежить формула "від оптимального трактора до оптимального парку".

З метою вирішення задачі по визначенню оптимальної одиничної потужності трактора на виконання комплексу робіт в умовах модельного господарства необхідно знайти таку потужність для трактора, яка б гарантувала його високу економічну ефективність практично для любых реальних господарських ситуацій. При цьому задається одна умова, а саме вважається, що на всіх виконаних трактором операціях забезпечується його необхідне навантаження по потужності. Реалізація його на практиці, напевно, не зустрине яких-небудь принципових труднощів, особливо для малих і середніх потужностей (до 150 кВт), оскільки це не вичерпані резерви по збільшенню ширини захвату і робочих швидкостей агрегатів, суміщення технологічних операцій, застосуванню активних робочих органів сільськогосподарських знарядь при впровадженні енергозберігаючих технологій.

Проаналізуємо, як на отриманий результат впливає вибір самого критерію з врахуванням собівартості робіт, різних форм диференційних витрат.

Приведені до 1 га оброблюємої площі витрати S на виконання будь-якої

технологічної операції можуть бути виражені наступним чином:

$$S = \frac{(m + uQ + K)}{W}, \quad (1)$$

де m – годинна зарплата механізатора;

Q – витрати палива, кг/год.;

K – приведені до поточних витрат річні капіталовкладення в придбання і утримання техніки (балансова вартість трактора і вартість набору робочих машин до нього з урахуванням річних амортизаційних відрахувань) грн за 1 год.;

W – продуктивність МТА га/год.

Продуктивність МТА і витрати палива можуть бути виражені через одиницю потужності трактора відомими відношеннями [3]:

$$W = \frac{\xi \eta \tau}{R_{уд}}, \quad (2)$$

$$Q = (1 + V) \xi g_e \tau N, \quad (3)$$

де ξ – коефіцієнт використання ефективної потужності двигуна;

η – тяговий ККД трактора;

τ – коефіцієнт використання годин зміни;

$R_{уд}$ – питома (на одиницю ширини захвату) опір сільськогосподарського знаряддя, кН/м;

$V = 0,03-0,08$ – коефіцієнт, враховуючий витрати палива на поворотах і холостих переїздах;

g_e – ефективна витрата палива кг/(кВт.год.).

Чим краще укомплектований трактор робочими машинами, тим більше його річне навантаження в годинах. Тому між вартістю трактора, набору машин до нього і різного завантаження існує цілком визначене співвідношення 1. Це дає можливість привести вартість трактора з набором машин і витрат на їх утримання до 1 години роботи за допомогою наступного виразу:

$$K = \frac{1,1 C_{уд} N (1 + \lambda) (r + n + E)}{\tau} \quad (4)$$

де $1,1 C_{уд}$ – питома (на одиницю потужності) балансова вартість трактора (множник 1,1 враховує витрати на транспортування) грн на 1 кВт;

λ – відношення між вартістю набору машин і вартістю трактора, при яких забезпечується задана річна завантаження останнього;

$(1 + \lambda)$ – загальна вартість трактора і набору машин, виражена в долях вартості трактора;

i – середні річні норми відрахувань на реновацію і ремонти;

E – норматив ефективності капіталовкладень в техніку.

Тоді відношення (1) можна представити у вигляді суми трьох показників:

$$S = S_m + S_T + S_K \quad (5)$$

де S_m – витрати на зарплату механізатора, грн на 1 га;

$$S_m = \frac{m}{grN} \cdot \frac{R_{уд}}{\eta_T} \quad (6)$$

S_K – витрати на паливо, грн на 1 га\$

$$S_K = \frac{1,1C_{уд}(1+V) \cdot (r+n+E)}{\zeta_{rt}} \cdot \frac{R_{уд}}{\eta} \quad (7)$$

S_T – витрата на придбання і утримання техніки, грн на 1га.

Витрати на паливо є практично постійними для будь-якої потужності трактора, а капіталовкладення зворотно-пропорційні коефіцієнту використання часу зміни.

При переході від однієї операції до іншої найбільше змінюються дві величини, які входять одночасно в три приведені витрати – опір сільськогосподарського знаряддя, тяговий ККД трактора.

Оптимальне значення потужності сільськогосподарського трактора суттєво впливає на зміни вихідних вартісних і технічних показників, а також на витрати палива і це є особливістю інженерних оптимізаційних задач.

Вирішимо оптимізаційну задачу, орієнтуючись на самий розповсюджений економічний критерій – мінімум приведених затрат на виконання одиниці роботи (грн на 1га в напружений період, D_K).

Приведені витрати матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} S = & \frac{0,36(a'_H + a''_H)k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,6}{100T_r \cdot \sum K_i \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau} + \\ & + \frac{0,36a_p k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100T_r \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ & + \frac{0,36 \cdot a_{TO} \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot \tau \cdot 1,06}{100T_r \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ & + S_m \frac{0,36N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \tau \cdot \alpha \cdot 1,06}{\sum K_i} q_i + \\ & + 1,0455 \frac{(m_r \cdot f_{li} + m_{всп} + S_i)1,046 \cdot 0,36 \cdot N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot D_K \cdot T_{3M} \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{7C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ & + E_H \cdot N_e \cdot k \end{aligned} \quad (8)$$

Умови для подальшого розрахунку: $S_{прD_K} \rightarrow \min$

$$\begin{aligned}
& \text{Знаходимо: } \frac{dS_{\text{нпДк}}}{dN_e} = 0 \\
& \frac{dS_{\text{нпДк}}}{dN_e} = \frac{N_e \cdot 0,78(a'_H + a''_H)k \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100T_\Gamma \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\
& + \frac{N_e \cdot 0,78a_p k \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100T_\Gamma \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\
& + \frac{N_e \cdot 0,78 \cdot a_{TO} \cdot k \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot \tau \cdot 1,06}{100T_\Gamma \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\
& + S_m \frac{0,36 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \tau \cdot \alpha \cdot 1,06}{\sum K_i} q_i + \\
& + 1,0455 \frac{(m_\Gamma \cdot f_{li} + m_{\text{всп}} + S_i)1,046 \cdot 0,36 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot D_K \cdot T_{3M} \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{7C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\
& + E_H \cdot k = 0 \tag{9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_e = & \frac{E_H \cdot 100 \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \sum K_i \cdot T_\Gamma}{0,78 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06(a'_H + a''_H + a_{TO} + a_p)} - \\
& - \frac{S_m \cdot 100 \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot q_i \cdot T_\Gamma + 1,0455(m_\Gamma f_{li} + m_{\text{всп}} f_{2i} + S_i)1,046}{7(a'_H + a''_H + a_{TO} + a_p) \cdot k \cdot \alpha} \tag{10}
\end{aligned}$$

На наш погляд, наведені вище розрахунки в принципі справедливі для тракторів всіх типів і призначення (колісні і гусеничні, універсальні, просапні і орні). Вартість трактора, як відмічалось, на кінцевий результат впливає мало.

Останнім часом зростання вартості палива призводить до збільшення вартості механізованих робіт, яка тісно пов'язана з коливаннями потужності тракторного двигуна. Тому, при розрахунку оптимальної потужності пропонуємо враховувати оптимальну величину витрати палива.

$$S_{\Pi} = S_K \cdot g \cdot W_{\text{Дк}}, \tag{11}$$

де S_{Π} – вартість палива;

S_K – витрати палива на 1 га;

g – питома витрата палива;

$W_{\text{Дк}}$ – об'єм робіт в напружений період.

Для орних тракторів потужність можна істотно підвищити з метою досягнення більшої продуктивності агрегату. Для виконання малоенергоємких робіт (просапні трактори) поки слід орієнтуватися на менші потужності. Тому одержаний результат, в першу чергу, підходить для універсальних колісних

тракторів.

Висновки дослідження. Сучасні методи вирішення оптимізаційної задачі по обґрунтуванню одиничної потужності сільськогосподарських тракторів в основі яких лежить формула "від енергозберігаючої технології механізованих робіт оптимального парку до оптимального трактора", в значній мірі сприяє збільшенню багатомарковості тракторів. Тому необхідно застосовувати методи оптимізації які базуються на формулі "від енергозберігаючої технології механізованих робіт оптимального трактора до оптимального парку".

Список використаних джерел

1. Жукевич К.И. Методы экономической оценки сельскохозяйственных машин и технологий / К.И.Жукевич. – Минск, Ураджай, 1987. –286с.
2. Ксенович И.П. Проектирование универсально-промышленных тракторов / И.П.Ксенович, А.С.Солонский, С.М.Войчинский. – Минск, Ураджай, 1989. –348с.
3. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники / В.М.Кряжков. – М.: Агропромиздат, 1999. –278с.

Пути оптимизации мощности

Е.М.Костенко, С.М.Кривонос, О.У.Дрожчаная

Аннотация. В работе предлагается расчет оптимального выбора величины мощности тракторных двигателей, исходя из величины объема механизированных работ в напряженный период полевых работ, а также величины приведенных эксплуатационных затрат.

THE WAYS OF OPTIMIZATION OF TRACTOR POWER

O.Kostenko, S.Kryvonos, O.Drozhchana

Summary. The article deals with the methods of the estimation of the most efficient power of a tractor engine taking into an account the scope of mechanized operations in the busiest period of field work as well as the agrarian and technical terms of these operations and fuel expenses. The authors offer the solution of the problem of the estimation of the single-unit power of a farm tractor based on the formula “from the energy-efficient technology of mechanized operations of the most effective tractor to the most efficient tractor fleet”.