

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ ТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д-р тех.н. Костенко Е.М., Дрожжаная О.У., Кривонос С.М.

Факультет инженерно-технологический – государственная аграрная академия, Полтава, Украина

Abstract: в работе предлагаются расчеты выбора оптимальной мощности тракторных двигателей путем минимизации приведенных удельных затрат с учетом объема механизированных работ в напряженный период, агротехнических требований современных технологий, а также рекомендуется использование композитных материалов высокостойких к длительным нагрузкам, что приведет к уменьшению металлоемкости энергосредств и увеличению сроков их службы.

KEYWORDS: ОПТИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ВЫРАБОТОК, НАПРЯЖЕННЫЙ ПЕРИОД ПОЛЕВЫХ РАБОТ, ОБЪЕМ РАБОТ, ЗАТРАТЫ.

1. Introduction

В агропромышленном комплексе Украины используются тракторы разного тягового класса с разной мощностью двигателей. Как известно все сельскохозяйственные работы необходимо выполнять в оптимальные агротехнические сроки с минимальными затратами труда и средств, с высоким качеством их проведения. Используемые тракторы не соответствуют этим агротехническим требованиям. Мощность их двигателей не приспособлена к объемам полевых работ в напряженные периоды. Поэтому возникает необходимость в разработке методики определения оптимальной мощности тракторного двигателя с учетом объемов работ и агротехнических сроков их выполнения, а также использования современных композитных материалов высокостойких к длительным нагрузкам, что приведет к уменьшению металлоемкости энергосредств и увеличению сроков их службы.

2. Preconditions and means for resolving the problem

Научно-исследовательские работы [1,2] предусматривают направления разработки методики оптимизации мощностных параметров энергосредств по экономическому критерию. Однако предложенные методы не нашли широкого применения, так как были основаны на ложных предположениях: стабильность показателей годовой занятости и структуры работ, отсутствие взаимосвязи с другими типами тракторов в общем парке.

Дальнейшие исследования [3,4] опираются на системный подход к проблеме, при этом для устранения выше указанных недостатков используются современные системные экономико-математические модели оптимизации мощности энергосредств по народнохозяйственному экономическому критерию. Из-за малоэффективности предложенной методологии имеют место случаи, когда высокая потенциальная возможность перспективных энергосредств не используется в полной мере и не приносит результативного экономического эффекта.

Нами предложена методология прогнозирования мощности энергосредств с учетом современных технологий, которая устраняет недостатки действующих.

Расчет оптимальной мощности тракторного двигателя проводится путем минимизации приведенных удельных затрат ($S_{пр.дв}$) с учетом длительности напряженного периода полевых работ (D_*) и их объема (Q).

Тогда:

$$S_{\text{экв}} = S_{\text{ср}} + E_{\text{ср}} \cdot N_{\text{ср}} \cdot K \rightarrow \min. \quad (1)$$

где $S_{\text{нзк}}$ - прямые эксплуатационные затраты;

N_e - эффективная мощность;

E_n - норматив эффективности капиталовложений в инку;

Целевая функция $S_{адк}$ обоснования единичной мощности мобильных энергетических средств имеет такую общую

структуру, которая включает определенные составные и затраты при соответствующих условиях:

$$J_{\text{tot}} = \sum_{i,j,k,l} \tau_{ijkl} x_i^j x_l^k x_j^i x_k^l + \sum_{i,j,k,l} \mu_{ijkl} x_i^j x_l^k x_j^i x_k^l + \sum_{i,j,k,l} \theta_{ijkl} x_i^j x_l^k x_j^i x_k^l + \sum_{i,j,k,l} \eta_{ijkl} (d_{ij} x_i^j x_l^k + d_{kl} x_l^k x_i^j) + \sum_{i,j,k,l} \tau_{ijkl} x_i^j x_l^k + \sum_{i,j,k,l} \mu_{ijkl} x_i^j x_l^k + \sum_{i,j,k,l} \theta_{ijkl} x_i^j x_l^k + \sum_{i,j,k,l} \eta_{ijkl} (d_{ij} x_i^j + d_{kl} x_l^k) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Условия выполнения сельскохозяйственных работ в хозяйствах в полном объеме и в соответствующие напряженные периоды работы при каждом варианте погодных условий выражается зависимостью:

$$\sum_{j=1}^n a'_{j|q} x'_{j|q} = A'_{|q} \quad (3)$$

Условия согласования взаимозависимых сельскохозяйственных работ в хозяйствах при каждом варианте погодных условий:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} g_{ij} a_{ij}^i x_{ij}^j \leq 0 \quad (4)$$

Баланс между имеющимися и используемыми тракторами в хозяйствах для соответствующих рабочих периодов при каждом варианте погодных условий имеет следующих вид:

$$\sum_{i \in I} \epsilon_{ki} x_{iup}^i + x_{knp}^k - \sum_{m \in M} x_{kpm}^k = 0, k \in K, \quad (5)$$

Баланс для сельскохозяйственных машин, которые агрегируются с тракторами, выражается формулой:

$$\sum_{j \in J} \epsilon_{kjl} x'_{jlp} + x'_{kqp} + x'_k = 0, k \in K_2 \quad (6)$$

Соотношение между имеющимися и используемыми механизаторами в хозяйствах для соответствующих рабочих периодов при каждом варианте погодных условий выражается формулой:

$$\sum_{i,j} e_{kji} x_{jlp}^i - x_k^{ol} \leq 0, k \in K_l \quad (7)$$

Условия взаимного соответствия выбранных в хозяйствах типоразмеров тракторов при возможных уровнях эксплуатационной многотипоразмерности выражается формулой:

$$x'_{km} - R \cdot u'_{km} \leq 0, k \in K, \quad (8)$$

Условия соответствия выбранных в хозяйствах типоразмеров тракторов с возможным уровнем их эксплуатационной многотипоразмерности выражается формулой:

$$\sum_{k \in K} u_{km}^i - m \cdot v_{mn}^i = 0. \quad (9)$$

Условия выбора в каждом хозяйстве одного из возможных уровней эксплуатационной многотипоразмерности в совокупности однородных типоразмеров тракторов имеют следующий вид:

$$\sum_i v_{in}^i \leq I. \quad (10)$$

Условия неотъемлемости непрерывных поисковых величин имеют следующее выражение:

$$\{x_{ht}^l, x_{hp}^l, x_{h1}^{ol}, x_{hm}^l, x_h^l, z_{ht}, I_h\} \geq 0 \quad (11)$$

Целевая функция затрат S и ее коэффициенты

$c_{\text{др}}^I, c_{\text{лр}}^I, l_k^I, d_{\text{лм}}^I, d_{\text{лм}}^{\text{II}}, l_k^{\text{II}}, h_{\text{лр}}, h_k$ в зависимости от их состава (затраты средств, рабочей силы, дополнительными верхними индексами (например, $S_{\text{лм}}^I, c_{\text{др}}^{\text{II}}$ и т.д.).

Максимальный объем полевых работ в напряженный период определяется по формуле:

$$\Omega = \frac{0,36 \lambda_{\text{л}} \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \tau \cdot T_{\text{л}} \cdot D_{\text{л}} \cdot K_{\text{л}} \cdot \alpha}{\sum K_i} \quad (12)$$

Выполнив ряд подстановок в формулу (1) получим зависимость:

$$\begin{aligned} S_{\text{лр}} = & \frac{0,36(a_{\text{л}}^I + a_{\text{л}}^{\text{II}}) \cdot k \cdot N_{\text{л}}^2 \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \tau \cdot T_{\text{л}} \cdot D_{\text{л}} \cdot K_{\text{л}} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100 T_{\text{л}} \cdot \sum K_i \cdot C_{\text{л}} \cdot B_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \tau} + \\ & + \frac{0,36 a_{\text{л}}^{\text{II}} \cdot k \cdot N_{\text{л}}^2 \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \tau \cdot T_{\text{л}} \cdot D_{\text{л}} \cdot K_{\text{л}} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100 T_{\text{л}} \cdot \sum K_i \cdot C_{\text{л}} \cdot B_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \tau} + \\ & + \frac{0,36 a_{\text{л}}^{\text{III}} \cdot k \cdot N_{\text{л}}^2 \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \tau \cdot T_{\text{л}} \cdot D_{\text{л}} \cdot K_{\text{л}} \cdot \alpha \cdot \tau \cdot 1,06}{100 T_{\text{л}} \cdot \sum K_i \cdot C_{\text{л}} \cdot B_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \tau} + \\ & + S_{\text{л}} \frac{0,36 N_{\text{л}} \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \tau \cdot T_{\text{л}} \cdot D_{\text{л}} \cdot K_{\text{л}} \cdot \tau \cdot \alpha \cdot 1,06}{\sum K_i} \cdot q_i + \\ & + 1,0455 \frac{(m_{\text{л}} \cdot f_{\text{л}} + m_{\text{лм}} \cdot f_{\text{лм}} + S_{\text{л}}) \cdot 1,046 \cdot 0,36 N_{\text{л}} \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \tau \cdot D_{\text{л}} \cdot K_{\text{л}} \cdot T_{\text{л}} \cdot \alpha \cdot 1,06}{7 C_{\text{л}} \cdot \sum K_i \cdot B_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \tau} + \\ & + E_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot k. \end{aligned} \quad (13)$$

Продифференцировав приведенные удельные затраты по эффективной мощности и выполнив некоторые преобразования получим выражение для определения оптимальной мощности тракторного двигателя:

$$\begin{aligned} N_{\text{л}} = & \frac{E_{\text{л}} \cdot 100 \cdot C_{\text{л}} \cdot B_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \sum K_i \cdot T_{\text{л}}}{0,78 \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \tau \cdot T_{\text{л}} \cdot D_{\text{л}} \cdot K_{\text{л}} \cdot \alpha \cdot 1,06 \cdot (a_{\text{л}}^I + a_{\text{л}}^{\text{II}} + a_{\text{л}}^{\text{III}} + a_{\text{л}})} \\ & - \frac{S_{\text{л}} \cdot 100 \cdot C_{\text{л}} \cdot B_{\text{л}} \cdot V_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \xi_{\text{л}} \cdot \tau \cdot q_i \cdot T_{\text{л}} + 1,0455 (m_{\text{л}} \cdot f_{\text{л}} + m_{\text{лм}} \cdot f_{\text{лм}} + S_{\text{л}}) \cdot 1,046}{7(a_{\text{л}}^I + a_{\text{л}}^{\text{II}} + a_{\text{л}}^{\text{III}} + a_{\text{л}}) \cdot \alpha \cdot k} \end{aligned} \quad (14)$$

Приведенные выше зависимости справедливы для определения оптимальной мощности тракторов любых типов и назначения. Полученная зависимость позволяет рассчитать оптимальную мощность тракторного двигателя в напряженный период взаимосогласованных полевых работ, в условиях взаимного соответствия типов тракторов и возможных уровней эксплуатационной типоразмерности.

Современные методы решения оптимизационной задачи по обоснованию мощности сельскохозяйственных тракторов, в основе которых лежит формула "от энергосберегающей технологии механизированных работ, оптимального парка машин к трактору с двигателем оптимальной мощности", в значительной степени способствуют увеличению тракторов различных модификаций. В данной работе разработана концепция, основанная на формуле "от энергосберегающих технологических операций, трактора с двигателем оптимальной мощности до оптимального парка машин" с элементами использования композитных материалов.