

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 ($S_{пр.дк}$) с учетом длительности напряженного периода полевых работ (D_k) и их объема (Ω).

Тогда:
$$S_{пр.дк} = S_{н.дк} + E_n \cdot N_e \cdot K \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $S_{н.дк}$ - прямые эксплуатационные затраты;

N_e - эффективная мощность;

E_n - норматив эффективности капиталовложений в технику;

K - дополнительные приведенные капиталовложения.

Целевая функция $S_{пр.дк}$ обоснования единичной мощности мобильных энергетических средств имеет такую общую

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

$$S_{пр.дк} = \sum_{i,j \in I_1} r_{ij}^l \rho_{ij}^l x_{ij}^l + \sum_{i,j \in I_2} r_{ij}^l \rho_{ij}^l x_{ij}^l + \sum_{k \in K_1} r_k^l \rho_k^l x_k^l + \sum_{l,m \in I_2} r_l \rho_l (d_{lm} x_{lm}^l + d_{lm}^n u_{lm}^n) + \sum_{i \in I_1} r_i^l \rho_i^l x_i^l + \sum_{i,j \in I_2} h_{ij} z_{ij} + \sum_{k \in K_2} h_k W_k \rightarrow \min. \quad (2)$$

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

$$\sum_{i,j} a_{ij}^l x_{ij}^l = A_{ij}^l \quad (3)$$

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

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{j \in I_2} g_{ij} a_{ij}^l x_{ij}^l \leq 0 \quad (4)$$

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

$$\sum_{i,j} e_{kji} x_{ij}^l + x_{kп}^l - \sum_m x_{km}^l = 0, k \in K_2 \quad (5)$$

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

$$\sum_{i,j} e_{kji} x_{ij}^l + x_{kп}^l + x_k^l = 0, k \in K_3 \quad (6)$$

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

$$\sum_{i,j} e_{kji} x_{ij}^l - x_k^{ol} \leq 0, k \in K_1 \quad (7)$$

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

$$x_{km}^l - R \cdot u_{km}^l \leq 0, k \in K_2 \quad (8)$$

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

$$\sum_{k \in K_2} u_{km}^l - m \cdot v_{mn}^l = 0. \quad (9)$$

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

$$\sum_{mn} v_{mn}^l \leq 1. \quad (10)$$

Условия неотъемлемости непрерывных поисковых величин имеют следующее выражение:

$$\{x_{ij}^l, x_{kп}^l, x_k^{ol}, x_{km}^l, x_k^l, z_{kf}^l, I_k\} \geq 0 \quad (11)$$

Целевая функция затрат S и ее коэффициенты

$c_{jip}^I, c_{kpr}^I, l_k^o, d_{km}^o, d_{km}^o, l_k, h_{kf}, h_k$ в зависимости от их состава (затраты средств, рабочей силы, дополнительными верхними индексами (например, S_{nLk}^I, c_{jip}^{II} и т.д.).

Максимальный объем полевых работ в напряженный период определяется по формуле:

$$\Omega = \frac{0,36 l_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{zm} \cdot D_k \cdot K_{zm} \cdot \alpha}{\sum K_i} \quad (12)$$

Выполнив ряд подстановок в формулу (1) получим зависимость:

$$\begin{aligned} S_{np,dk} = & \frac{0,36(a_n' + a_n'') \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{zm} \cdot D_k \cdot K_{zm} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100 T_z \cdot \sum K_i \cdot C_{\alpha} \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_e \cdot \xi_v \cdot \tau} + \\ & + \frac{0,36 a_p \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{zm} \cdot D_k \cdot K_{zm} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100 T_T \cdot \sum K_i \cdot C_{\alpha} \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_e \cdot \xi_v \cdot \tau} + \\ & + \frac{0,36 a_{TO} \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{zm} \cdot D_k \cdot K_{zm} \cdot \alpha \cdot \tau \cdot 1,06}{100 T_z \cdot \sum K_i \cdot C_{\alpha} \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_e \cdot \xi_v \cdot \tau} + \\ & + S_m \frac{0,36 N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{zm} \cdot D_k \cdot K_{zm} \cdot \tau \cdot \alpha \cdot 1,06}{\sum K_i} \cdot q_i + \\ & + 1,0455 \frac{(m_T \cdot f_{Ii} + m_{ocn} \cdot f_{2i} + S_i) \cdot 1,046 \cdot 0,36 N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot D_k \cdot K_{zm} \cdot T_{zm} \cdot \alpha \cdot 1,06}{7 C_{\alpha} \cdot \sum K_i \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_e \cdot \xi_v \cdot \tau} + \\ & + E_n \cdot N_e \cdot k. \end{aligned} \quad (13)$$

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

$$\begin{aligned} N_e = & \frac{E_n \cdot 100 \cdot C_{\alpha} \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_e \cdot \xi_v \cdot \sum K \cdot T_T}{0,78 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{zm} \cdot D_k \cdot K_{zm} \cdot \alpha \cdot 1,06 \cdot (a_n' + a_n'' + a_{TO} + a_p)} - \\ & - \frac{S_m \cdot 100 \cdot C_{\alpha} \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_e \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot q_i \cdot T_z + 1,0455 (m_T \cdot f_{Ii} + m_{ocn} \cdot f_{2i} + S_i) \cdot 1,046}{7 (a_n' + a_n'' + a_p + a_{TO}) \cdot \alpha \cdot k} \end{aligned} \quad (14)$$

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.