

Anatoliy Yakovenko, Leonid Doroshenko*, Krzysztof Plizga **

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Аннотация. В статье приведен анализ различных способов оптимизации режимов работы машинно-тракторных агрегатов и предлагается критерий оптимизации по минимальным удельным энергозатратам.

Ключові слова: оптимизация работы, режимы, энергозатраты

ВВЕДЕНИЕ

Для экономической оценки механизированных технологий и комплексов технических средств растениеводства, для формирования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий применяются различные методики определения технико-эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов (МТА).

Обновление номенклатуры выпускаемой заводами сельхозмашиностроения техники не всегда отражается в типовых нормах выработки, которые отстают от расширяющегося рынка технических средств. Отсутствует информация об оптимальных режимах работы двигателя, что не позволяет выбрать наиболее выгодный режим работы с целью получения максимальной производительности агрегата.

Это можно отнести и к проектированию технического оснащения растениеводства с рассмотрением в качестве альтернатив сельскохозяйственной техники иностранного производства, по которой, как правило, отсутствует полная и достоверная информация о величине сменной производительности и расходе топлива применительно к условиям отечественного производства, не приводятся оптимальные режимы работы двигателей мобильной техники.

* Prof. dr Anatoliy Yakovenko, Assistent Leonid Doroshenko, Katedra Traktorov i Avtomobili, Odesskiy Gosudrstvienniy Agrarniy Universytet, Ukraina

** Mgr inż. Plizga Krzysztof Akademia Rolnicza w Lublinie

Из-за неравномерности изменения внешней нагрузки невозможно выбрать номинальную нагрузку в качестве рабочего режима двигателя, чтобы его энергетические возможности использовались максимально эффективно.

Поэтому применяют различные критерии оптимизации для выбора наиболее выгодного режима работы двигателя: производительность агрегата, расход топлива, приведенные затраты, энергоемкость процесса, стоимость единицы продукции и другие показатели [1, 2, 3, 4].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Выбор критерия эффективности при обосновании оптимальных показателей и режимов работы МТА является очень важным, так как от выбора зависят результаты работы агрегата, эффективность эксплуатации.

Исследования ряда ученых [1, 4] показали, что критерии эффективности (или оптимизации), зависящие от непрерывно изменяющихся факторов, при выполнении технологических операций оказывают существенное влияние на оптимум показателя. Поэтому в условиях эксплуатации требуется применение автоматической оптимизации режимов работы [1].

Результаты исследований профессора Б.А. Линтварева показывают, что отклонение нагрузки двигателя влево или вправо от оптимальной приводит к снижению производительности агрегата и его технико-экономических показателей. К примеру, при изменении степени загрузки двигателя на 1,2% (с 0,91 до 0,8) повышается себестоимость использования трактора на 16%. При изменении же степени загрузки двигателя на 23% (с 0,91 до 0,7) - себестоимость повышается на 35%.

При выборе загрузки двигателя надо учитывать то, что при изменении момента сопротивления она не должна выйти за пределы регуляторной ветви его характеристики. Академик В.Н. Болтянский предложил следующую формулу для определения степени загрузки двигателя [6]:

$$\xi_z = 1 - (\nu_k - \xi_o), \quad (1)$$

где: ν_k — коэффициент возможной перегрузки двигателя;

ξ_o — коэффициент допустимой перегрузки двигателя.

При пахоте для различных тракторов установлены следующие значения коэффициентов ξ_z, ν_k, ξ_o :

$$\begin{aligned} \nu_k &= 1,2 - 1,49; & \xi_o &= 1,022 - 1,04; \\ \xi_z &= 0,732 - 0,94. \end{aligned}$$

Другой ученый И.И. Киселев предложил определить рациональную степень загрузки по формуле [7]:

$$\eta = (1 + \mu) / (1 + \alpha), \quad (2)$$

где μ - запас крутящего момента двигателя;

α - степень неравномерности тягового сопротивления агрегата.

Профессор Ю.К. Киртбая [8] предлагает формулу для определения оптимальной загрузки двигателя трактора по наибольшей производительности и экономичности агрегата по расходу топлива:

$$\xi_{\delta.onm} = \frac{K_{\delta}}{1 + \frac{\delta_R}{2}}, \quad (3)$$

где: K_{δ} – коэффициент допустимой перегрузки двигателя из условия безостановочной работы;

δ_R – неравномерность тягового сопротивления.

По эффективной мощности оптимальная загрузка может быть определена по формуле [9],

$$\xi_{N_i} = \frac{N_{e_i}^{cp}}{N_{eH_i}^{cp}}, \quad (4)$$

$N_{e_i}^{cp}$ – средневзвешенная в данный момент времени мощность двигателя, кВт;

$N_{eH_i}^{cp}$ – средневзвешенное значение номинальной мощности двигателя, кВт.

Значение $N_{eH_i}^{cp}$ рекомендуется определять в точке перегиба (перехода фактической загрузки от регуляторной к корректорной ветви) характеристики двигателя. Чтобы использовать эту методику, нужно устройство, контролирующее загрузку и надежную работу двигателя.

Некоторые отечественные ученые, такие как С.А. Иофинов [3], Л.Е. Агеев [1] и другие в качестве критериев эффективности при выборе оптимальной нагрузки применяли: производительность агрегата, топливную экономичность и удельную энергоёмкость сельскохозяйственных работ.

Профессор С.А. Иофинов [3] для определения оптимальной нагрузки двигателя (по производительности) предлагает следующую формулу:

$$\xi_{M_{опт}} = \sqrt{\frac{1 + \frac{n_H}{n_X} \cdot (K_{\delta}^2 + K_{\delta}) + \frac{n_{min}}{n_X} \cdot (K_{\delta}^2 - K_{\delta} - 1)}{3[2 - (1 - 0,5 \cdot \delta)]}}, \quad (5)$$

где: n_H, n_X, n_{min} – частота вращения вала двигателя номинальная, холостого хода, минимальная.

Л.Е.Агеев в своих работах [1] оптимальную загрузку тяговых и тяговоприводных агрегатов определяет как

$$\lambda_M^* = 1 - t_H^* \cdot \sigma_M \cdot M_H^{-1}, \quad (6)$$

$$\lambda_M^* = 1 - [z^* \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}] \cdot M_H^{-1}, \quad (7)$$

где t_H^*, z^* – оптимальные значения аргумента функции Лапласа, соответствующие минимумам удельного расхода топлива и удельным эксплуатационным затратам.

M_H – крутящий момент двигателя при номинальной мощности.

В.Ф. Скробач [4] рекомендуют для двигателей Д-50Л и Д-37Е определять оптимальную нагрузку по максимуму расхода топлива по формулам:

$$\xi_M^* = 1 - 0.011 \cdot \sigma_M, \quad (8)$$

$$\xi_M^* = 1 - 0.006 \cdot \sigma_M, \quad (9)$$

где: σ_M – среднеквадратическое отклонение моментов сопротивления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫВОДЫ

Современные тракторы, как правило, все оснащены мощными двигателями с высокими числами оборотов коленчатого вала. Тяговый класс тракторов, которого придерживались тракторостроители, сейчас *нивелируется*. Эксплуатационники раньше комплектовали МТА такими сельхозмашинами, тяговые сопротивления, которых в общем соответствовало тяговому классу. Иностранные тракторы вообще классифицируются по интервалу мощности двигателя, причем в больших пределах. Сами же двигатели обладают довольно большими коэффициентами перегрузки.

Поэтому оптимизация работы МТА с такими форсированными двигателями должна проводится по критерию вычислений реальной работы. Тем более в современных условиях повсеместного фермерского ведения сельскохозяйственного производства владельца техники больше всего интересуют вопросы производительности и экономичности при использовании техники, чтобы каждый кВт мощности двигателя приносил большей выгоды.

Мы предлагаем в качестве критерия оптимизации (выбора режима работы МТА) минимальные удельные энергозатраты ($E_{y\partial}$), определяемые по формуле:

$$E_{y\partial} = N_n / (B_p \cdot V_p) \longrightarrow \min, \quad (10)$$

где: N_n – номинальная мощность двигателя трактора ;
 B_p – реальная ширина захвата машинно-тракторного агрегата;
 V_p – рабочая скорость МТА.

Статистическая обработка предварительных производственных измерений показывает, что критерий (10) одновременно будет обеспечивать минимум расхода топлива при рабочем ходе МТА, а также максимум удельной чистой производительности агрегата.

ЛІТЕРАТУРА

- Агеев Л.Е.**, 1978: Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов. Л.: Колос, 296с.
- Гуськов В.В.**, 1966: Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. М.: Машиностроение, 195с.
- Иофинов С.А.**, 1974: Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 480с.
- Скробач В.Ф.**, 1971: Обоснование оптимальных параметров и режимов работы пахотного агрегата для условий северо-западной зоны. Автореферат дис. канд. техн. наук. Л., 20с.
- Линтварев Б.Л.**, 1962: Научные основы повышения производительности земледельческих агрегатов. БТИ ГОСНИТИ.М., 606с.
- Болтинский В.Н.**, 1949: Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. М.: Сельхозгиз, 216с.
- Киселев И.И.**, 1952: Резервы использования машинно-тракторного парка. М.: Сельхозгиз, 126с.
- Киртбая Ю.К.**, 1966: Элементы теории оптимальных параметров с.-х. агрегатов //Тракторы и с.-х. машины. №12, с. 19–22.
- Попов В.Н., Гусятников В.А.**, 1964: Результаты испытаний двигателя Д-130 при неустановившейся нагрузке. Тракторы и с.-х. машины. №7, с.11–13.

OPTIMIZATION OF MACHINE-TRACTOR

Summary. The analysis of different regimes work optimization of machine-tractor units is given in this article. The optimization criterion on minimum specific energy loss is suggested.

Keywords: work optimization, regimes, energy loss

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Dreszer