

ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АГРЕГАТОВ С ПРИВОДОМ ОТ ВАЛА ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»

А.И. Бобровник, докт. техн. наук, ст. науч. сотр., Д.А. Жданко, канд. техн. наук,
М.Ф. АЛЬ-Кинани, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

Рассмотрен вопрос повышения топливной экономичности агрегатов с приводом от вала отбора мощности трактора «БЕЛАРУС». Приведен пример определения расхода топлива агрегатов переменной массы в составе трактора БЕЛАРУС-3022 и разбрасывания органических удобрений ПМФ-18.

The question of improving fuel efficiency drive units with PTO tractors "BELARUS" has been examined. An example of determining the fuel consumption of aggregates of variable mass in the tractor BELARUS-3022 and spreading manure SMP-18 has been given.

Введение

Трактор стал одной из наиболее распространенных машин во всех отраслях хозяйственной деятельности. Разнообразие условий его эксплуатации предъявляют специфические требования к конструкции, технологии производства, приспособленности к ремонту и уходу.

Трактор является органическим элементом энерготехнологического комплекса в сельскохозяйственном производстве, на основе которого комплектуются агрегаты различного технологического назначения. По соотношению между требованиями технологического процесса и эксплуатационными показателями трактора делается вывод о степени технологичности трактора, его совершенстве.

Минский тракторный завод (МТЗ) – один из крупнейших производителей тракторной техники в мире, флагман тракторостроения на всем пространстве СНГ. На МТЗ накоплен более чем полувековой опыт создания и серийного производства колесных тракторов, завод является непосредственным разработчиком концепции отечественного тракторостроения, которая включает в себя важнейшие научно-технические, конструкторские и экономические решения. ПО «МТЗ» предлагает потребителю практически полную гамму тракторов «БЕЛАРУС» различного назначения мощностью от 6 л.с. до 350 л.с., производит 24 модели универсально-пропашных и общего назначения тракторов, мотоблоков и мини тракторов. Требования к трактору постоянно возрастают и его функциональные свойства расширяются. Производители тракторов непрерывно занимаются модернизацией и разработкой конструкции тракторов по требованию потребителей с целью повышения их технического уровня. Для создания конкурентной на мировом уровне продукции необходимо проводить исследования по долгосрочному прогнозированию ее развития, т.е. постоянно вести работы по улучшению технологических свойств тракторов, в первую очередь по снижению расхода топлива на единицу выполненной работы.

Основная часть

Двигатель является источником энергии и движущей силы трактора. От динамических и экономических свойств двигателя в значительной степени зависят эксплуатационные качества трактора и машинно-тракторного агрегата. Основными эксплуатационными показателями работы тракторного двигателя (рис. 1) являются [1]: эффективная мощность, эффективный крутящий момент, часовой и удельный расходы топлива, частота вращения коленчатого вала.

При работе двигателя на максимальном скоростном режиме развиваемая им мощность на некоторых сельскохозяйственных операциях используется не полностью. Это часто наблюдается при работе трактора, когда максимальная рабочая скорость и ширина захвата ограничены агротребованиями.

По мере уменьшения загрузки двигателя показатели его топливной экономичности ухудшаются, т.е. увеличиваются удельный и погектарный расходы топлива.

Эффективного снижения удельного расхода топлива можно достичь при увеличении его загрузки. Это можно осуществить одним из следующих способов: совмещением технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур и работой на пониженном скоростном режиме двигателя при одновременном включении более высокой передачи – частичный режим (рис. 1) с уменьшенной подачей топлива и изменением эксплуатационных показателей. На частичной характеристике им присвоен индекс «'». Из рис. 1 следует, что переход на частичный режим не только улучшает тяговые возможности трактора за счет приращения момента ΔM , но и позволяет улучшить экономичность двигателя по расходу топлива из-за его снижения ΔG .

Между эксплуатационными показателями работы двигателя существуют следующие основные соотношения:

– эффективная мощность двигателя в кВт:

$$N_e = 6,28M_e \cdot n, \quad (1)$$

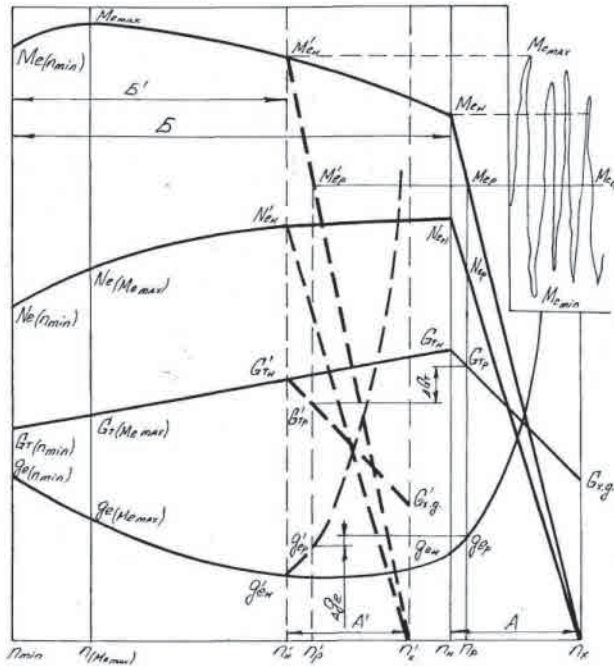


Рисунок 1. Скоростная характеристика тракторного двигателя:

I зона (А) – регуляторная часть характеристики;
II зона (Б) – безрегуляторная (перегрузочная) часть характеристики; $N_{eн}$ – максимальная эффективная

мощность двигателя; $M_{e_{max}}$ – максимальный крутящий момент на валу двигателя; $M_{eн}$ – крутящий

момент двигателя при максимальной мощности; n_H – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя; $g_{eн}$ – удельный расход топлива при максимальной

мощности двигателя, г/кВт·ч; $G_{Tн}$ ($G_{T_{max}}$) – максимальный часовой расход топлива, кг/ч; $g_{e_{min}}$ –

минимальный удельный расход топлива двигателем, г/кВт·ч; $G_{х.д}$ – часовой расход топлива двигателем на холостом ходу при максимальной частоте вращения коленчатого вала, кг/ч; G_{T_0} – часовой расход топлива двигателем на холостом ходу при минимальной частоте вращения коленвала, кг/ч

где M_e – эффективный крутящий момент, кН·м; n – частота вращения коленчатого вала двигателя, с⁻¹.

Удельный эффективный расход топлива в г/кВт·ч:

$$g_e = \frac{1000G_T}{N_e}, \quad (2)$$

где G_T – часовой расход топлива, кг.

Рассмотрим вопрос повышения топливной экономичности агрегатов со стабилизацией привода от ВОМ трактора «БЕЛАРУС» на примере агрегата БЕЛАРУС-3022+ПМФ-18.

Агротехнически допустимая скорость движения [2]

$$V_{min,max}^{acr} = 1,7...3,3 \text{ м/с}$$

Скорость, максимально возможную по нагрузке двигателя, определяем по формуле [2]

$$V_{P_{max}}^{N_e} = \frac{(N_{eн} \cdot \eta_{N_e} - N_{ВОМ} / \eta_{ВОМ}) \cdot \eta_{ME} \cdot \eta_{\delta}}{R_M + G \cdot (f_T + i/100)}, \quad (3)$$

где $N_{eн}$ – номинальная мощность двигателя, кВт.

$N_{eн} = 223$ кВт;

η_{N_e} – коэффициент оптимальной загрузки двигателя [2], $\eta_{N_e} \approx 0,8...0,95$;

$N_{ВОМ}$ – мощность, потребная для привода рабочих органов через ВОМ трактора [1], $N_{ВОМ} = 40$ кВт;

$\eta_{ВОМ}$ – КПД ВОМ [1], $\eta_{ВОМ} \approx 0,94...0,96$;

$\eta_{MГ}$ – КПД трансмиссии [1, с. 81], $\eta_{MГ} \approx 0,78...0,82$;

η_{δ} – КПД буксования;

f_m – коэффициент сопротивления качению [2], $f_m = 0,12$;

R_M – тяговое сопротивление рабочей машины, Н;

i – уклон местности, %;

G – вес трактора, Н [2], $G=112,7$ кН.

КПД буксования определяем по формуле [2]

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100}, \quad (4)$$

где δ – буксование, % [2], $\delta = 8$ %.

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{8}{100} = 0,92.$$

Тяговое сопротивление рабочей машины рассчитываем по формуле [2]

$$R_M = (G_{np} + G_{zp}) \left(f_{np} + \frac{i}{100} \right), \quad (5)$$

где G_{np} – конструктивный вес разбрасывателя, кН, $G_{np}=70,56$ кН;

G_{zp} – вес груза (навоза) в кузове разбрасывателя, $G_{zp}=176,4$ кН;

f_{np} – коэффициент сопротивления качению разбрасывателя, [2].

$$R_{M1} = (70,6+176,4)(0,12+2/100)=34,6 \text{ кН.}$$

$$R_{M2} = (70,6+9,8)(0,12+2/100)=11,3 \text{ кН}$$

Тогда скорость, максимально возможная по нагрузке двигателя, равна

$$V_{P_{\max}}^{N_e} = \frac{(223 \cdot 0,95 - 40 / 0,95) \cdot 0,82 \cdot 0,92}{34,6 + 112,7(0,12 + 2/100)} = 2,5 \text{ м/с.}$$

Принимаем скорость движения 2,46 м/с, что соответствует III диапазону 14 передаче.

Уточняем $N_{\text{ВОМ}}$ по формуле [2]

$$N_{\text{ВОМ}} = \frac{p \cdot h \cdot b_p \cdot V_p}{10^4 \cdot \gamma}, \quad (6)$$

где p – удельное сопротивление навоза измельчению, кН/м^2 , для хорошо разложившегося навоза $p=250 \dots 500 \text{ кН/м}^2$;

h – норма внесения удобрений, т/га. Принимаем 40 т/га;

b_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

γ – плотность навоза, т/м^3 [1], $\gamma=0,9 \text{ т/м}^3$.

$$N_{\text{ВОМ}} = \frac{365 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 2,46}{10^4 \cdot 0,9} = 40 \text{ кВт.}$$

Коэффициент загрузки двигателя при рабочем ходе агрегата определяем по формуле [1]

$$\eta_{N_{ep}} = \frac{N_{ep}}{N_{en}}, \quad (7)$$

где N_{ep} – эффективная мощность двигателя на рабочем режиме, кВт.

Эффективную мощность двигателя определяем по формуле [2, с. 80]

$$N_{ep} = \frac{(R_m + P_f + P_\alpha) \cdot V_p}{\eta_{me} \cdot \eta_\delta} + \frac{N_{\text{ВОМ}}}{\eta_{\text{ВОМ}}}, \quad (8)$$

где P_f, P_α – сила передвижения и подъема трактора, кН.

$$(P_f + P_\alpha) = G \left(f_\tau + \frac{i}{100} \right), \quad (9)$$

$$N_{ep,1} = \frac{(34,6 + 112,7(0,12 + 2/100)) \cdot 2,46}{0,82 \cdot 0,92} + \frac{40}{0,95} = 206 \text{ кВт.}$$

$$N_{ep,2} = \frac{(11,3 + 112,7(0,12 + 2/100)) \cdot 2,46}{0,82 \cdot 0,92} + \frac{40}{0,95} = 130 \text{ кВт.}$$

Тогда

$$\eta_{N_{ep,1}} = \frac{206}{223} = 0,92,$$

$$\eta_{N_{ep,2}} = \frac{130}{223} = 0,6.$$

Как видно из расчетов, при опустошении разбрасывателя нагрузка двигателя снизится до 60 %. Для работы двигателя с максимальной нагрузкой необходим переход на частичный режим или трансмиссии на повышенную передачу при постоянной скорости агрегата, что повлечет снижение частоты вращения коленчатого вала двигателя и соответственно ВОМ трактора.

В конструкции привода ВОМ трактора БЕЛАРУС-3022 предусмотрена возможность перехода на экономичный режим работы двигателя, обеспечивая частоту вращения ВОМ – 1000 мин^{-1} при частоте вращения коленчатого вала двигателя – 1435 мин^{-1} . Однако такой переход осуществляется ступенчато, путем переключения редуктора ВОМ при остановленном тракторе.

Создание стабилизированного привода ВОМ должно обеспечить возможность бесступенчатого регулирования оборотов двигателя при выполнении технологического процесса и поддержания постоянных оборотов ВОМ [3].

Расход топлива на частичном режиме работы определяем по следующей зависимости [2]

$$G'_T = G_T \frac{n'}{n}, \quad (10)$$

где n' и n – соответственно частота вращения коленчатого вала двигателя на частичном и рабочем режиме.

Например, переход на экономичный режим работы трактора БЕЛАРУС-3022 позволит получить часовой расход топлива:

$$G'_T = 35,5 \frac{1435}{2000} = 25,5 \text{ кг/ч}$$

Экономия топлива в этом случае

$$\Delta G = \frac{35,5 - 25,5}{35,5} 100 = 28\%$$

Заключение

Расчеты показывают, что при работе агрегатов переменной массы имеется возможность перехода на частичный режим при установке устройства для стабилизации частоты вращения ВОМа. Такая работа выполняется учеными БГАТУ совместно с ПО «МТЗ» по разработке устройства для стабилизации частоты вращения независимого вала отбора мощности [3].

ЛИТЕРАТУРА

- Новиков, А.В. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: практикум/А.В. Новиков. – Минск: БГАТУ, 2011. – С. 250.
- Ляхов, А.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособ. для с.-х. вузов / А.П. Ляхов; под ред. Ю.В. Будько. – Мн.: Ураджай, 1991. – С. 107.
- Вал отбора мощности универсально-пропашного трактора: пат. 8633 Респ. Беларусь, МПК6 В60К17/28 / А.И. Бобровник, М.Ф. Аль-Кинани, В.М. Мухин, В.Г. Сапельников; заявитель Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т; заявл. 23.03.12; опубл. 30.10.12 // Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012.