

УДК 631.372

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ЭНЕРГОСРЕДСТВ К РАБОТЕ В СОСТАВЕ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

С.И. Кирилук

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Основные технологические операции в растениеводстве выполняются мобильными энергетическими комплексами (МЭК), в состав которых входит машина и энергосредство, а источником энергии является двигатель энергосредства. Современный энергонасыщенный трактор проектируется не только как тяговая машина, способная создать необходимое тяговое усилие для преодоления сопротивления сельскохозяйственной машины, но и как источник энергии для привода энергоемких агрегатов.

Одним из важнейших показателей тягово-сцепных свойств энергосредства является тяговый КПД, значение которого определяется по выражению $\eta_T = \eta_{мг} \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_f$, где $\eta_{мг}$ – КПД, учитывающий потери мощности в трансмиссии; $\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100}$ – КПД, учитывающий потери мощности, связанные с буксованием движителей; δ – буксование ведущих колес энергосредства, определяющее потери поступательной скорости агрегата, %; η_f – КПД, учитывающий потери мощности при качении колес энергосредства. В целом η_T показывает совершенство конструкции энергосредства, его технический уровень и учитывает долю мощности двигателя, связанной с ее производительными затратами. По литературным данным [1-2], наибольшие значения тяговых КПД колесных тракторов находятся в пределах 0,60-0,70 на плотных почвах и 0,45-0,55 – на рыхлых. Мощность двигателя энергосредства при движении агрегата расходуется на преодоление сопротивления передвижению энергосредства и мощности, затрачиваемой сельскохозяйственной машиной на выполнение технологической операции. В общем случае необходимая мощность двигателя при движении тягового агрегата равна

$$N_e = \frac{\left[R_M + G_T \left(f_T + \frac{i}{100} \right) \right] v_p}{\eta_{мг} \eta_{\delta}}, \quad (1)$$

где R_M – тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН; G_T – эксплуатационный вес энергосредства, кН; f_T – коэффициент

сопротивления качению энергосредства на данном агрофоне; i – уклон местности, %; v_p – действительная скорость движения агрегата, м/с.

При работе тягово-приводного агрегата с активными рабочими органами мощность двигателя затрачивается на их привод через вал отбора мощности (ВОМ):

$$N_e = \frac{\left[R_M + G_T \left(f_T + \frac{i}{100} \right) \right] v_p}{\eta_{mc} \eta_{\delta}} + \frac{N_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}}, \quad (2)$$

где $N_{ВОМ}$ – мощность, потребляемая на привод активных рабочих органов сельскохозяйственных машин и подводимая через ВОМ энергосредства, кВт; $\eta_{ВОМ}$ – КПД привода ВОМ. При комплектовании МЭК следует учитывать, что допустимое значение используемой мощности двигателя при эксплуатации должно удовлетворять условию $N_e \leq N_{e.n} \eta_{N_e}$, где $N_{e.n}$ – номинальная мощность двигателя, кВт; – допустимый коэффициент загрузки двигателя по мощности ($\eta_{N_e} = 0,80 - 0,95$).

С точки зрения оптимального агрегатирования, рациональный МЭК должен соответствовать определенным требованиям: обеспечение норм агротехники при высоком качестве и скорости выполнения работ; достижение наивысшей производительности и минимального удельного расхода топлива; обеспечение почвосберегающих технологий и соблюдение экологических требований; обеспечение удобного и безопасного обслуживания рабочего процесса.

При работе комплекса в оптимальном режиме необходимо учитывать непрерывное изменение характера нагрузки в процессе выполнения операции. Чтобы учесть случайные факторы для обоснования оптимальных параметров и режимов работы МЭК, необходимо установить их вероятностно стохастические характеристики [2]. Как следует из уравнений (1) и (2), на потребляемую мощность двигателя оказывает влияние сопротивление рабочей машины R_M , которое в реальных условиях эксплуатации имеет случайный характер. В большинстве практических расчетов используются средние определенные значения показателей, подставляемых в расчетную формулу. Так, для почвообрабатывающих машин, культиваторов для междурядной обработки, картофеле- и корнеуборочных машин и др., среднее расчетное сопротивление определяется по формуле:

$$R_M = k_o b + G_M \frac{i}{100}, \quad (3)$$

где k_o – удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН/м; b – конструктивная ширина захвата сельскохозяйственной машины, м; G_M – эксплуатационный вес машины, кН.

В формуле (3) удельное тяговое сопротивление сельхозмашины определено при скорости движения 5 км/ч. При этом известно [2], что удельное тяговое сопротивление увеличивается с ростом скорости (при неизменности конструкции) по следующей зависимости:

$$k_o = k_o \left[1 + (v_p - v_o) \frac{\Delta c}{100} \right], \quad (4)$$

где v_o – скорость движения, которой соответствуют значения k_o (обычно принимается равной 5 км/ч = 1,4 м/с), м/с; Δc – темп нарастания удельного тягового сопротивления в зависимости от скорости движения агрегата, %.

Основными факторами, определяющими оптимизацию параметров МЭК по критерию эффективности труда, являются ширина захвата и оптимальная рабочая скорость. Оптимальная скорость движения агрегата при постоянной ширине захвата определяет максимальную производительность. Эффективность в этом случае повышается при оптимальной нагрузке двигателя и при выполнении операции с рекомендуемой по агротехнике скоростью движения МЭК.

Учитывая, что мощность является потенциалом повышения производительности, то реальные резервы связаны с изысканием путей использования мощности в МЭК. Современные колесные мобильные энергосредства конструктивно могут передавать потоки мощности по следующим каналам, через ведущие колеса энергосредства и развиваемого ими тягового усилия; через валы отбора мощности; используя гидравлические системы (или другие) дистанционной передачи мощности; комбинированно, используя несколько каналов.

Важным узлом энергосредства, определяющим его возможность агрегатирования с сельскохозяйственными машинами, требующими отбора мощности, является ВОМ. Большинство мобильных энергосредств позволяет передать через ВОМ до 100% мощности двигателя, что позволяет применять их с энергоемкими машинами. Крутящий момент на ВОМ (кН·м) определяется величиной мощности на привод рабочих органов и рассчитывается по формуле:

$$M_{ВОМ} = \frac{N_{ВОМ}}{\omega}, \text{ где } \omega \text{ – частота вращения ВОМ, с}^{-1}.$$

Во избежание динамических перегрузок ВОМ необходимо, чтобы машины с повышенным моментом инерции вращающихся масс снабжались муфтой, исключаяющей поломки привода в момент выключения ВОМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства: практикум / Т.А. Непарко [и др.]; под. общ. ред. Т.А. Непарко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 216 с
2. Ляхов А.П. Параметры оценки приспособленности энергосредств к агрегатированию в составе МТА / А.П. Ляхов, Т.А. Непарко, Н.Н. Быков, О.В. Жаврид // Агропанорама. – 2022. – № 3. – С. 6-9.