

УДК 631.37:621.4

ВЛИЯНИЕ ЗАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЯ ЭНЕРГОСРЕДСТВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАШИННО- ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

*А.П. Уханов, доктор технических наук, профессор,
8(8412) 628-517, dspgsha@mail.ru*

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

*С.В. Стрельцов, кандидат технических наук, доцент, 8-927-633-
53-60, ssv314@mail.ru*

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

*Р.Н. Мустякимов, кандидат технических наук, доцент,
8-904-193-36-32, musrail@yandex.ru*

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: коэффициент загрузки двигателя; часовая производительность; цикловая подача; крутящий момент двигателя; погектарный расход топлива; эффективность использования машинно-тракторного агрегата.

В работе представлены результаты сравнительной оценки влияния коэффициента загрузки двигателя на основные эксплуатационные показатели (производительность, погектарный расход топлива) культиваторного агрегата. В результате которых определена возможность повышения эффективности использования МТА за счет рациональных режимов его работы по параметру загрузки двигателя энергосредства.

Введение. В производственных условиях недостаточно используются резервы, реализующие повышение эффективности машинно-тракторного агрегата (МТА) за счет выбора режимов его работы обеспечивающие более полное использование мощности двигателя энергосредства. Причиной этому является недостаточная теоретическая база и отсутствие серийных технических средств, контролирующих степень загрузки двигателя [3]. В связи с этим исследования по теоретическому обоснованию влияния загрузки двигателя энергосредства на основные эксплуатационные показатели МТА, определяющие эффективность его использования, являются актуальными.

Материалы и методы исследований. Целью данной работы является оценка влияния загрузки двигателя энергосредства на основные эксплуатационные показатели МТА (производительность, погектарный

расход топлива), для выполнения которой решались следующие задачи - получение теоретических зависимостей оценивающих влияние загрузки двигателя энергосредства на производительность и погектарный расход МТА и проверить их достоверности в производственных условиях.

Часовая производительность почвообрабатывающего (культиваторного) МТА определяется по формуле:

$$W = C \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \text{ га/ч} \quad (1)$$

где C - коэффициент пропорциональности, учитывающий размерность параметров уравнения; B_p - рабочая ширина захвата МТА, м; V_p - рабочая скорость МТА, м/с; τ - коэффициент использования времени рабочей смены.

Работоспособность МТА по условию использования тягового усилия трактора (при условии равномерного движения по горизонтальному участку поля) имеет вид [2]:

$$P_{\text{кр}} - P_{\text{фм}} = K_{\text{уд}} \cdot B_p, \quad (2)$$

где $P_{\text{кр}}$ - крюковое усилие трактора, кН; $P_{\text{фм}}$ - усилие, затрачиваемое на перемещение агрегируемой машины, кН; $K_{\text{уд}}$ - удельное сопротивление на выполнение технологической операции, кН/м.

Выше указанная зависимость позволяет определить рабочую ширину захвата агрегата,

$$B_p = \frac{P_{\text{кр}} - P_{\text{фм}}}{K_{\text{уд}}}, \text{ м.} \quad (3)$$

Учитывая, что крюковое усилие определяется разницей:

$$P_{\text{кр}} = P_{\text{к}} - P_{\text{фмм}}, \text{ кН,} \quad (4)$$

где $P_{\text{к}}$ - касательная сила тяги, кН; $P_{\text{фмм}}$ - сила, затрачиваемая на самопередвижение тягового средства (трактора), кН.

В данном случае именно режимы и условия эксплуатации двигателя, параметры трансмиссии и движителей тягового средства определяют касательную силу тяги:

$$P_{\text{к}} = \frac{M_e \cdot i_{\text{мп}} \cdot \eta_{\text{мп}}}{r_{\text{к(но)}}}, \text{ кН} \quad (5)$$

где M_e - эффективный крутящий момент двигателя кН м; $i_{\text{мп}}$ - передаточное отношение трансмиссии; $\eta_{\text{мп}}$ - КПД трансмиссии энергосредства

(трактора); $r_{к(но)}$ - радиус качения ведущих колес трактора (или радиус наружной окружности ведущей звездочки гусеничного трактора), м.

В результате на основании формулы (4) зависимость для определения крутящего момента примет вид:

$$P_{кр} = \frac{M_e \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп}}{r_{к(но)}} - P_{fmm}, \text{ кН} \quad (6)$$

В свою очередь режимы и условия работы двигателя, параметры трансмиссии и движителей тягового средства определяют рабочую скорость МТА:

$$V_p = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_{к(но)}}{i_{мп}} (1 - \delta) \quad (7)$$

где n_e - частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} ; δ - коэффициент буксования движителей (колес или гусениц) трактора.

Соответственно формула (1) после подстановки в неё выражений (3), (4), (7) и её преобразования примет вид:

$$W = 0,0377 \left(\frac{\frac{M_e \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп}}{r_{к(но)}} - P_{fmm}}{K_{y\delta}} \right) \cdot \frac{n_e \cdot r_{к(но)}}{i_{мп}} (1 - \delta) \cdot \tau \quad (8)$$

Учитывая что суммарное сопротивление на перекачивание МТА определяется как,

$$P_f = P_{fм} + P_{fmm}, \text{ кН} \quad (9)$$

Получим выражение оценивающее влияние на часовую эксплуатационную производительность МТА режимов, условий работы энергосредства и параметров ходовой системы трактора:

$$W = 0,0377 \frac{(M_e \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп} - P_f \cdot r_{к(но)}) \cdot n_e \cdot (1 - \delta) \cdot \tau}{K_{y\delta} \cdot i_{мп}} \quad (10)$$

Необходимо отметить что именно, за счет изменения подачи топлива и передаточного отношения трансмиссии оператор задает режим работы трактора, в частности индикаторный момент двигателя [1]:

$$M_i = \frac{10^3 \cdot g_y \cdot \eta_i \cdot i_\partial \cdot H_u}{\pi \cdot \tau_\partial}, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (11)$$

где τ_∂ - тактность двигателя; M_i - индикаторный крутящий момент двигателя, Н·м; η_i - индикаторный КПД двигателя; i_∂ - количество цилиндров двигателя; H_u - низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг.

Учитывая, что эффективный крутящий момент двигателя (M_e) определяется разностью между индикаторным моментом (M_i) и моментом механических потерь ($M_{\text{мп}}$):

$$M_e = M_i - M_{\text{мп}}, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (12)$$

При этом, момент механических потерь определяется конструктивными параметрами двигателя [1]:

$$M_{\text{мп}} = \frac{V_h \cdot i_\partial}{30 \cdot \tau_\partial} \cdot (0,08 + 0,005 \cdot \pi \cdot r_{\text{кр}} \cdot n_e), \quad (13)$$

где V_h – рабочий объем одного цилиндра, м³; $r_{\text{кр}}$ – радиус кривошипа коленчатого вала двигателя, м.

Получим обобщенную формулу для определения цикловой подачи:

$$g_y = \frac{\pi \cdot \tau_\partial \left[M_e + \frac{V_h \cdot i_\partial}{30 \cdot \tau_\partial} (0,08 + 0,005 \pi \cdot r_{\text{кр}} \cdot n_e) \right]}{10^3 \cdot \eta_i \cdot i_\partial \cdot H_u}, \text{ г/цикл}. \quad (14)$$

В результате зависимость для определения эффективного крутящего момента с учётом цикловой подачи топлива примет вид:

$$M_e = \frac{10^3 \cdot g_y \cdot \eta_i \cdot i_\partial \cdot H_u}{\pi \cdot \tau_\partial} - \frac{\pi \cdot V_h \cdot i_\partial \cdot (0,08 + 0,005 \cdot \pi \cdot r_{\text{кр}} \cdot n_e)}{30 \cdot \pi \cdot \tau_\partial}. \quad (15)$$

Цикловая подача топлива определяет эксплуатационные показатели топливной экономичности МТА в частности часовой (G_m) и погектарный (g_u) расходы топлива:

$$G_m = 30 \cdot n_e \cdot i_\partial \cdot g_y \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч}; \quad (16)$$

$$g_{2a} = G_m / W, \text{ кг/га}. \quad (17)$$

Критерием обоснования рационального использования энергос-

редства МТА является загрузка двигателя, определяемая уровнем использования его крутящего момента:

$$K_z = \frac{M_e}{M_{ен}}, \quad (18)$$

где K_z – коэффициент загрузки двигателя по крутящему моменту; M_e – текущее значение крутящего момента двигателя, Н×м; $M_{ен}$ – крутящий момент двигателя, соответствующий номинальному режиму работы, Н×м.

На основании уравнений (15) и (18) получаем зависимость оценивающую влияние на коэффициента загрузки двигателя управляемого параметра – цикловой подачи топлива:

$$K_z = \left[\frac{10^3 \cdot g_u \cdot \eta_i \cdot i_\delta \cdot H_u}{\pi \cdot \tau_\delta} - \frac{\pi \cdot V_h \cdot i_\delta \cdot (0,08 + 0,005 \cdot \pi \cdot r_{кр} \cdot n_\delta)}{30 \cdot \pi \cdot \tau_\delta} \right] / M_{ен} \quad (19)$$

В данном случае получается зависимость оценивающая влияние на производительность МТА коэффициента загрузки двигателя энергосредства:

$$W = 0,037 \cdot \frac{(K_z \cdot M_{ен} \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп} - P_f \cdot r_{к(но)}) \cdot \eta_e \cdot (1 - \delta) \cdot \tau}{K_{y\delta} \cdot i_{мп}}, \text{ га/ч.} \quad (20)$$

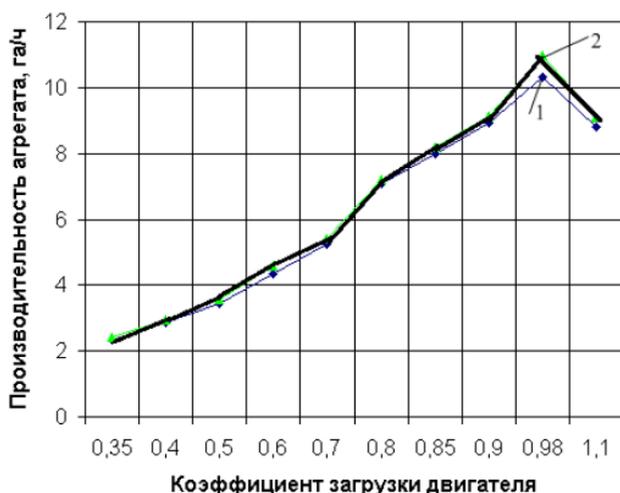
С учетом формулы (16) влияние коэффициента загрузки двигателя энергосредства на погектарный расход топлива определяется по формуле:

$$g_{за} = \frac{G_m}{W} = \frac{30 \cdot \tau_\delta \cdot g_u \cdot 10^3 \cdot K_{y\delta} \cdot i_{мп}}{0,0377 \cdot (K_z \cdot M_{ен} \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп} - P_f \cdot r_{к(но)}) \cdot (1 - \delta) \cdot \tau} \text{ кг/га.} \quad (21)$$

В результате теоретического обоснования получены зависимости (20) и (21), оценивающие влияние коэффициента загрузки двигателя энергосредства на основные эксплуатационные показатели МТА (производительность и погектарный расход топлива) определяющие эффективность его использования. Анализ данных зависимостей свидетельствует, что при увеличении коэффициента загрузки двигателя до единицы производительность МТА возрастает, а погектарный расход топлива уменьшается.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам производственных исследований проведена сравнительная оценка теоре-

тических и экспериментальных результатов влияния коэффициента загрузки двигателя энергосредства на производительность и погектарный расход топлива. На рисунке 1 представлены графические зависимости влияния коэффициента загрузки двигателя на часовую производительность: кривая 1 получена по результатам эксперимента; кривая 2 – по результатам расчета (формула 20).

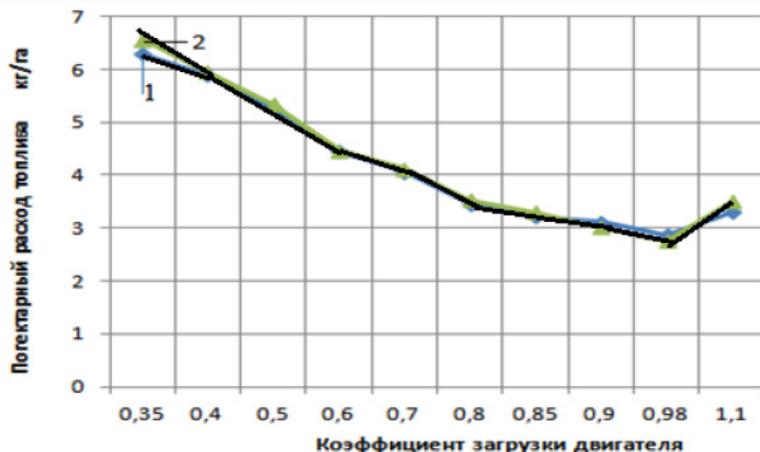


1 – зависимость, полученная по результатам экспериментальных исследований; 2 – зависимость, полученная расчетным путем по формуле (20)

Рисунок 1 – Влияние коэффициента загрузки двигателя энергосредства на часовую производительность МТА

На рисунке 2 представлены экспериментальные и расчетные графики влияния коэффициента загрузки двигателя на погектарный расход культиваторного МТА.

Заключение. Проведенная сравнительная оценка свидетельствует о достоверности полученных теоретических исследований по влиянию загрузки двигателя энергосредства на эксплуатационные показатели МТА (производительность, погектарный расход топлива), определяющих эффективность его использования. Сравнительный



1 – зависимость, полученная по результатам экспериментальных исследований; 2 – зависимость, полученная расчетным путем по формуле (21).

Рисунок 2 – Влияние коэффициента загрузки двигателя энергосредства на погектарный расход топлива МТА

анализ работы культиваторных агрегатов с тракторами, оснащенными устройством контроля загрузки двигателя [4], свидетельствует, что применение данных устройств обеспечивает повышение производительности на 16,2% и снижение погектарного расхода топлива 14,5%, по сравнению аналогичными агрегатами в серийной комплектации.

Библиографический список:

1. Баширов Р.Д. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета / Р.М. Баширов. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. – 336 с.
2. Зангиев А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка /А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2005. – 320 с.
3. Ларин Н.С. Оптимизация режимов работы МТА при выполнении технологических операций / Н.С. Ларин, Н.Ф. Полковников, Р.Н. Полковников // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. -№9. – С. 25.
4. Пат 2379640 РФ МПК GOLL23/22 Устройство контроля загрузки дизеля / А.П. Уханов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустякимов, Р.М. Гайсин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА», №20081300215/06; заявл. 21.07.2008; опубл. 20.01.2010, Бюл. №2.

INFLUENCE OF ENGINE LOADING OF POWER EQUIPMENT ON THE PERFORMANCE INDICATORS OF THE MACHINE-TRACTOR UNIT

Sukhanov A.P., Streltsov S.V., Mustyakimov R.N.

Key words: *engine load factor; hourly productivity; cycle feed; engine torque; per-hectare fuel consumption; efficiency of use of the machine-tractor unit.*

The paper presents the results of a comparative assessment of the impact of the engine load factor on the main performance indicators (productivity, per-hectare fuel consumption) of the cultivator unit. As a result of which the possibility of increasing the efficiency of using the MTA due to rational modes of its operation according to the parameter of the engine load of the energy medium is determined