

УДК 629.33

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗГОНА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО  
АГРЕГАТА (МТА) НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ

П. А. АМЕЛЬЧЕНКО, И. Н. ЖУКОВСКИЙ, \* А. В. КЛЮЧНИКОВ,  
\* А. В. ВАЩУЛА

Государственное научное учреждение  
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»  
\* ОАО «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД»  
Минск, Беларусь

Выявить основные закономерности разгона МТА на электротяге можно на его упрощенной одномассовой динамической модели, движущейся на горизонтальном участке пути без учета буксования ведущих колес, податливостей и демпфирования в силовых передачах. Движение такой модели описывается выражением

$$P_k - R_c - m_a \frac{dv}{dt} = 0, \quad (1)$$

где  $P_k$  и  $R_c$  – касательная сила тяги и сопротивления движению на ведущих колесах трактора;  $m_a$  – масса агрегата;  $V$  – скорость движения;  $t$  – время.

Касательная сила тяги представляет собой приведенную к ведущим колесам механическую характеристику тягового электродвигателя (ТЭД) с учетом сцепных свойств

$$m_3 \cdot g \cdot \varphi_{\max} \geq P_k = \frac{M_{ТЭД} \cdot U_{MT} \cdot \eta_{MT}}{R_k}, \quad (2)$$

где  $m_3$  – эксплуатационная масса трактора;  $g$  – ускорение от силы тяжести;  $\varphi_{\max}$  – максимальный коэффициент сцепления;  $M_{ТЭД}$  – крутящий момент ТЭД;  $U_{MT}$  и  $\eta_{MT}$  – передаточное число и КПД механической части трансмиссии;  $R_k$  – радиус качения ведущих колес.

Функция касательной силы тяги  $P_k(V)$ , как и механическая характеристика ТЭД, имеет два характерных участка – участок постоянной тяги  $P_{kconst}$  и участок постоянной мощности  $N_{kconst}$ . Участок постоянной тяги

$$(P_{kconst} = \frac{M_{ТЭДн} \cdot U_{MT} \cdot \eta_{MT}}{R_k},$$

где  $M_{ТЭДн}$  – номинальный момент ТЭД) имеет место при скорости движения

$V=0 \dots V_{\min}$  (где  $V_{\min} = \frac{\pi \cdot n_{ТЭДн} \cdot R_k}{30 \cdot U_{MT}} \leq \frac{N_{kconst}}{m_3 \cdot g \cdot \varphi_{\max}}$ ,  $n_{ТЭДн}$  – номинальная частота вращения вала ТЭД).

Участок постоянной мощности ( $N_{const} = N_{ТЭДН} \cdot \eta_{МТ}$ ,  $N_{ТЭДН}$  – номинальная мощность ТЭД) имеет место при скорости движения  $V = V_{\min} \dots$

$V_{\max}$  ( $V_{\max} = \frac{\pi \cdot n_{ТЭД \max} \cdot R_k}{30 \cdot U_{МТ}}$ ,  $n_{ТЭД \max}$  – максимальная частота вращения вала

ТЭД). Касательная сила тяги на этом участке  $P_k = \frac{N_{kconst}}{V}$ .

Численные значения времени разгона  $t_p$  и максимального ускорения  $a_{\max}$  можно определить, если в выражении (1) разделить переменные и взять определенные интегралы на каждом из упомянутых участков. На участке постоянной тяги время разгона

$$t_{p1} = \frac{m_a \cdot V_{\min}}{P_k - R_c},$$

а на участке постоянной мощности

$$t_2 = \frac{m_a}{R_c^2} ((-R_c \cdot V_{\max} - N_{kconst} \cdot \ln(R_c \cdot V_{\max} + N_{kconst})) - (-R_c \cdot V_{\min} - N_{kconst} \cdot \ln(-R_c \cdot V_{\min} + N_{kconst}))).$$

Суммарное время разгона  $t_{p1} = t_{p1} + t_{p2}$ . Максимальное ускорение будет на первом участке  $a_{\max} = \frac{V_{\min}}{t_{p1}} = \frac{P_{kconst} - R_c}{m_a}$ .

Адекватность приведенных закономерностей подтверждена испытаниями транспортного агрегата на базе трактора Беларус-3023 с полнопоточной электромеханической трансмиссией (ЭМТ) при разгоне на сухом асфальте при общей массе МТА 55,1 т. Установлено, что расчетная и экспериментальные диаграммы по времени разгона отличаются не более 10 %. Приведенные зависимости можно рекомендовать для анализа разгонных свойств МТА на ранних этапах проектирования тракторов с ЭМТ.

Для более подробного анализа разгонных свойств тракторов с ЭМТ необходимо использовать как минимум 3-х массовые динамические модели МТА с моделированием буксования ведущих колес, податливостей и демпфирования силовых передач, электромеханических процессов в тяговом приводе и его системе управления.