

## ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО АГРЕГАТА

**БАКИРОВ Сергей Мударисович**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**ЕЛИСЕЕВ Сергей Сергеевич**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

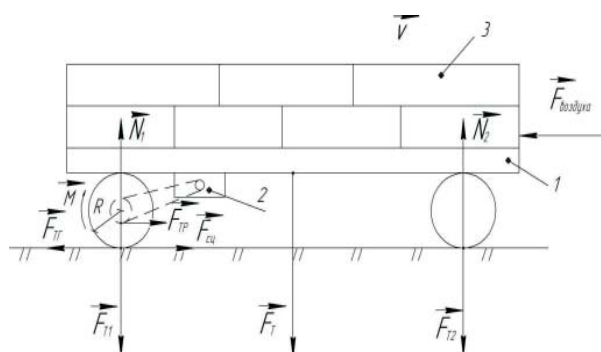
В работе рассмотрено обоснование мощности подъемно-транспортного электрифицированного агрегата, который используется для перевозки грузов массой до 1000 кг по технологическому коридору в теплицах. Приводится расчетная силовая схема агрегата. Момент на валу электродвигателя зависит от суммы моментов от действующих сил: силы тяги, силы трения скольжения, силы сопротивления при качении и других дополнительных сил. В результате мощность двигателя с учетом требований безопасности движения зависит от массы груза, передаточного числа и условий эксплуатации: коэффициента сцепления колес с поверхностью, коэффициента трения скольжения в подшипниках, давления в шинах колес.

Подъемно-транспортный радиоуправляемый электрифицированный агрегат (ПТРЭА) предназначен для перевозки груза из тепличного блока на место складирования или место подготовки к дальнейшей крупной транспортировке [1]. Габаритные размеры ПТРЭА соответствуют размеру поддона, так как он является съемной частью агрегата в комплексе работ. На поддон укладывается груз (плоды томата, огурца, салата и т.п.), упакованный в картонные ящики. Когда работа выполнена, поддон с грузом снимается специальной машиной и на агрегат кладут новый поддон.

Основным производственным параметром радиоуправляемого агрегата при перевозке груза является его максимальная грузоподъемность. Этот параметр имеет предельная масса, который обусловлен размерами поддона 1000×1200 мм, то есть на поддоне нельзя перевозить сколь угодно ящиков. На практике наблюдается укладка не более 10 рядов по 8 ящиков в ряду. Эта масса определяет грузоподъемность агрегата.

Чтобы обеспечить работоспособность агрегата и выполнение требований технологического процесса по грузоподъемности, необходимо обосновать зависимость исходных параметров от мощности, а именно электрической. Мощность электропривода зависит от радиуса колес, массы груза, КПД передачи, скольжения подшипников, сопротивления ветра (воздуха) и т.п. Чтобы обосновать эту зависимость, рассмотрим действующие силы и другие факторы на ПТРЭА (см. рисунок).

Как известно из теории [2], требуемый момент, создаваемый электродвигателем, определяется через сумму моментов от действующих сил: силы тяги  $F_{ТТ}$ , силы трения скольжения  $F_{ТР}$ , силы сопротивления при качении  $F_{К}$ . Помимо силы тяги и других сил действуют дополнительные силы: сопротивления воздуха, сопротивления разгону (ускорению). Одна-



Расчетная силовая схема агрегата:  
1 – рама ПТРЭА; 2 – электропривод; 3 – груз

( $\vec{F}_{\text{сц}}$  – сила сцепления;  $\vec{F}_{\text{ТР}}$  – сила трения скольжения;  
 $\vec{F}_T$  – сила тяги;  $\vec{F}_{T1}, \vec{F}_{T2}$  – сила тяжести ПТРЭА, распределенная соответственно на 1-й и 2-й пары колес;  
 $\vec{N}_1, \vec{N}_2$  – сила реакции опоры, распределенная соответственно на 1-й и 2-й пары колес;  $\vec{M}$  – момент на валу колес;  $\vec{F}_T$  – сила тяжести;  $\vec{F}_{\text{воздуха}}$  – сила сопротивления воздуха, действующая при движении агрегата;  
 $\vec{v}$  – направление скорости движения агрегата)

ко в условиях теплицы действием дополнительных сил можно пренебречь. Тогда

$$M = R(F_T + F_{\text{ТР}} + F_{\text{К}}), \quad (1)$$

где  $R$  – радиус приводных колес, м;  $F_T$  – сила тяги, Н;  $F_{\text{ТР}}$  – сила трения скольжения, Н;  $F_{\text{К}}$  – сила сопротивления при качении (зависит от давления в шинах колес), Н.

Сила тяги  $\vec{F}_T$  действует в точке прикосновения приводных колес с поверхностью и направлена горизонтально, противоположно направлению движения. Эта сила по величине сопоставима с силой



сцепления  $\vec{F}_C$  агрегата с поверхностью и должна удовлетворять условию

$$F_T \leq F_C. \quad (2)$$

Если данное условие не выполняется, то агрегат начинает буксовать.

Примем условие

$$F_T = F_C.$$

Определим силу сцепления агрегата с поверхностью при условии максимальной загрузки ПТРЭА (см. рис. 1):

$$F_C = \psi F_T, \quad (3)$$

где  $F_T$  – сила тяжести агрегата в момент максимальной загрузки,  $H$ ;  $\psi$  – коэффициент сцепления колеса с поверхностью, о.е. Окончательно

$$F_{TP} = \psi F_T.$$

Силы трения скольжения и сопротивления качению равны:

$$F_{TP} = k F_T, \quad (4)$$

$$F_K = f F_T, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент трения скольжения, который зависит от особенностей подшипников, о.е.;  $f$  – коэффициент сопротивления качения, который зависит от давления в шинах, скорости движения и определяется по выражению

$$f = f_0(1 + 5 \cdot 10^{-5}(3,6v)^2), \quad (6)$$

где  $f_0$  – коэффициент сопротивления качению при движении с малой скоростью (до 5 м/с) с оптимальным давлением шин (в соответствии с данными завода-изготовителя);  $v$  – фактическая скорость движения агрегата, м/с.

Тогда момент на валу электродвигателя

$$M = F_T R(\psi + k + f). \quad (7)$$

Сила тяжести определяется следующим образом:

$$F_T = m_{\max} g, \quad (8)$$

где  $m_{\max}$  – максимальная масса перевозимого груза, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Полученный момент на валу передается через цепную передачу от электродвигателя. Потери на передачу зависят от длины и натяжения цепи. При-

ем КПД передачи  $\eta_{\text{ц}}$ , тогда мощность на валу  $P_2$  электродвигателя

$$P_2 = \frac{m_{\max} g R n (\psi + k + f)}{i \eta_{\text{ц}}}, \quad (8)$$

где  $n$  – частота вращения колес, мин<sup>-1</sup>;  $i$  – передаточное отношение, о.е.

Электрическая мощность

$$P_1 = \frac{m_{\max} g R n (\psi + k + f)}{i \eta_{\text{ц}} \eta_{\text{в}}}. \quad (9)$$

С учетом требований безопасности движения, а также ограничения по скорости движения, плавного пуска и торможения, общих характеристик конструкции агрегата, его подшипника, передачи и электропривода, максимальная мощность электродвигателя определяется как

$$P_1 = 2,1 \frac{m_{\max}}{i} (\psi + k + f) \quad (10)$$

Таким образом, мощность электродвигателя ПТРЭА зависит от массы груза, а также особенностей условий эксплуатации: коэффициента сцепления колес с поверхностью, коэффициента трения скольжения в подшипниках, а также от давления в шинах колес.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакиров С.М., Елисеев С.С. Значение разработки подъемно-транспортного электрифицированного агрегата для теплиц закрытого грунта // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2016. – С. 35–36.
2. Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля: учеб. пособие. – М., 2007. – 102 с.

**Бакиров Сергей Мударисович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Россия.

**Елисеев Сергей Сергеевич**, магистрант, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-10.

**Ключевые слова:** мощность; электропривод; подъемно-транспортный электрифицированный агрегат; момент; теплица.

#### SUBSTANTIATION OF CAPACITY OF PICK-AND-PLACE ELECTRICIZED DEVICE

**Bakirov Sergey Mudarisovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Engineering Physics, Electrical Equipment and Electrical Technologies", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Eliseev Sergey Sergeevich**, Magistrand, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Keywords:** capacity; electric drive; pick-and-place electricized device; moment; greenhouse.

*It is substantiated capacity of the pick-and-place electricized device which is used for transportation of cargoes in*

*weight up to 1000 kg on a technological corridor in greenhouses. The design power scheme of the unit is given. The moment on the motor shaft depends on the sum of the moments from the acting forces: traction forces, sliding frictional forces, rolling resistance forces and other additional forces. Taking into account the requirements of traffic safety the engine's power depends on the weight of the cargo, the gear ratio and operating conditions: the coefficient of traction of the wheels with the surface, the coefficient of sliding friction in the bearings, and the pressure in the tires of the wheels.*

