УДК 635.134

ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ ТЕЛЕЖКИ

ТРУШКИН Владимир Александрович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

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

ИЩЕНКО Антон Павлович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

В работе приводится анализ действия сил на рельсовую электрифицированную тележку в момент ее интенсивного использования. Основной силой, которая определяет величину момента приводных колес, является сила тяжести. Она зависит от массы тележки, массы персонала и дополнительной массы, которая определяется в конкретный момент технологического процесса (например, масса урожая в момент его сбора). По величине момента определяется мощность на валу, а затем мощность электродвигателя. С учетом требований по скорости перемещения тележки и исходных параметров существующих электроприводов мощность электродвигателя зависит от коэффициента бокового трения, материала катков и максимальной массы конструкции.

Усовершенствование конструкции рельсовой электрифицированной тележки для теплиц закрытого грунта (РЭТ) привело к перераспределению рабочего веса. Масса основания тележки увеличилась относительно массы аналогов. Это выполнено для того, чтобы вся конструкция была более устойчивой при движении на рельсах (тепловых регистрах) [1]. Масса кабины в 3 раза уменьшилась вместе с устройством фиксации кабины и роликовыми направляющими, что способствует оперативному регулированию ее по высоте одним человеком.

Требования к грузоподъемности тележки формируются в ходе технологического процесса. Как правило, они зависят от массы персонала и массы отходов, инвентаря или урожая. Также дополнительная масса создается различными нуждами в конкретный период процесса:

масса инвентаря – в период технического обслуживания подвесных и других конструкций, в период обработки растений и т.п. – 0...50 кг;

масса отходов – в период ухода за растениями (обрезка листьев, неэффективных стеблей и т.п.) – 10...50 кг;

масса урожая – в период сбора урожая – определяется количеством ящиков из расчета на один – 8...12 кг массы урожая вместе с ящиком; конструкцией кабины предусмотрено перевозить до 12 ящиков.

Максимальная грузоподъемность рассчитывается в момент максимальной загрузки, тогда общая масса конструкции РЭТ в максимально нагруженном состоянии m

$$m = m_к + m_п + m_д, \quad (1)$$

где $m_к$ – масса конструкции РЭТ, кг; $m_п$ – масса персонала, кг; $m_д$ – дополнительная масса (в период сбора урожая), кг.

Однако в реальных условиях масса персонала может быть как больше, так и меньше массы среднестатистического человека, а дополнительная масса может складываться из массы инвентаря и урожая. Поэтому для определения общей массы РЭТ в максимально нагруженном состоянии введем коэффициент для массы персонала $k = 1{,}25$, а дополнительную массу $m_д$ представим как сумму масс урожая $m_у$ и инвентаря $m_и$:

$$m_д = m_у + m_и.$$

Тогда максимальная масса РЭТ

$$m_{max} = m_к + km_п + m_у + m_и. \quad (2)$$

Мощность электропривода РЭТ напрямую зависит от максимальной массы. Поэтому для расчета мощности необходимо рассмотреть действие максимальной массы РЭТ и других сил.

Примем условие, что электропривод РЭТ установлен на одном из двух валов рельсовых катков. Мощность электропривода определяется через момент, который зависит от суммарного действия всех сил на приводные катки (рис. 1).

Рассмотрим все действующие силы на тележку при движении [4] (см. рис. 1)

Как видно из рис. 1, сила тяжести $\vec{F}_T$ всей конструкции тележки распределяется равномерно на четыре катка и, соответственно, на две оси, равные $\vec{F}_{T1}$ и $\vec{F}_{T2}$, рельсовых катков. Примем условие, что передача вращающего момента электропривода происходит на одну ось пары катков через цепную передачу и действует равномерно на каждый каток этой оси, при этом действую-

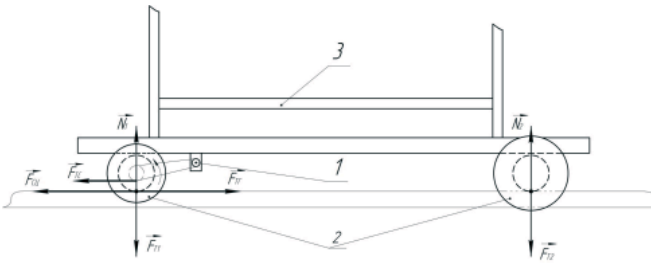

Рис. 1. Силовая схема РЭТ:
1 – электропривод; 2 – катки; 3 – фрагмент конструкции РЭТ ($\vec{F}_{СЦ}$ – сила сцепления, $\vec{F}_{ТС}$ – сила трения скольжения, $\vec{F}_{ТГ}$ – сила тяги, $\vec{F}_{Т1}, \vec{F}_{Т2}$ – сила тяжести РЭТ, распределенная соответственно на 1-й и 2-й парах катков; $\vec{N}_1, \vec{N}_2$ – сила реакции опоры, распределенная соответственно на 1-й и 2-й парах катков)

щие силы на каждый каток оси равны.

Момент, создаваемый электродвигателем, определяют как

$$M = M_{в.эд} + M_{о} + M_{к}, \quad (3)$$

где $M_{в.эд}$ – момент в точке соприкосновения звездочки с цепью на оси электродвигателя, Н/м; $M_{о}$ – момент в точке соприкосновения звездочки с цепью на оси катков, Н/м; $M_{к}$ – момент в точке соприкосновения катков с рельсами, Н/м.

Момент в точке соприкосновения звездочки с цепью на оси электродвигателя зависит от массы цепи и диаметра и массы звездочки. С учетом требований к конструкции РЭТ масса цепи и параметры звездочки имеют незначительные размеры, поэтому данным моментом можно пренебречь.

Момент в точке соприкосновения звездочки с цепью на оси катков также зависит от массы катков и диаметра звездочки на валу катков, а также от силы трения скольжения и коэффициента трения скольжения подшипников

$$M_{о} = F_{Тпк} r_{з} + F_{ТС} r, \quad (4)$$

где $F_{Тпк}$ – сила тяжести пары катков, *Н*; $F_{ТС}$ – сила трения скольжения, *Н*; $r_{з}$ – радиус звездочки, *м*; r – радиус вала катков, *м*. Сила тяжести катков по отношению к общей силе тяжести РЭТ значительно меньше, поэтому в расчетах данной силой можно пренебречь.

Момент в точке соприкосновения катков с рельсами зависит от силы тяги РЭТ $F_{ТГ}$, а также от силы бокового трения $F_{БТ}$, которая образована формой катков (рис. 2):

$$M_{к} = F_{ТГ} R + F_{БТ} R_1, \quad (5)$$

где R – радиус катков, м; R_1 – расстояние от оси вращения вала катков до точки соприкосновения катков с рельсами, м (см. рис. 2).

Как известно из теории по рис. 1:

$$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 = \vec{F}_{Т1} + \vec{F}_{Т2} = \vec{F}_{Т}; \quad (6)$$

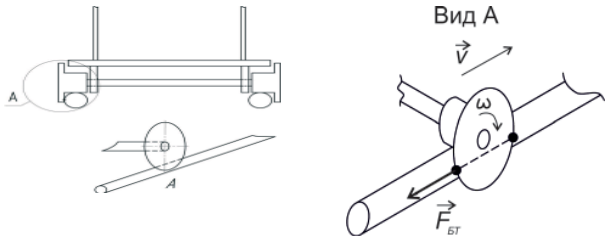

Рис. 2. Точка действия силы бокового трения:
ω – направление радиальной частоты вращения;
$\vec{v}$ – направление скорости движения

$$\vec{F}_{Т} = m_{max} g; \quad (7)$$

$$\vec{F}_{Т} = \vec{F}_{ц} = \psi(\vec{F}_{Т1} + \vec{F}_{Т2}) = \psi \vec{F}_{Т};, \quad (8)$$

$$\vec{F}_{т} = k(\vec{N}_1 + \vec{N}_2) = k\vec{F}_{Т}; \quad (9)$$

$$\vec{F}_{БТ} = \mu \vec{N}_{Б}, \quad (10)$$

где $\vec{F}_{Т}$ – сила тяжести РЭТ, Н; ψ – коэффициент сцепления; k – коэффициент трения скольжения; μ – коэффициент бокового трения; $\vec{N}_{Б}$ – сила реакции опоры бокового давления, *Н*; g – ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с^2.

Примем, что

$$\vec{N}_{Б} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2, \quad (11)$$

где $\vec{N}_1, \vec{N}_2$ – силы реакции опоры, распределенные соответственно на 1-й и 2-й парах катков, *Н*.

Тогда момент, создаваемый электродвигателем, после преобразования

$$M = m_{max} g(\psi R + kr + \mu R_1). \quad (12)$$

Полученный момент на валу передается через цепную передачу от электропривода. Потери на передачу зависят от длины и натяжения цепи. Примем КПД цепи $\eta_{ц}$, тогда мощность на валу P_2 электродвигателя

$$P_2 = \frac{m_{max} g\, n(\psi R + k r + \mu R_1)}{i\, \eta_{ц}}, \quad (13)$$

где n – частота вращения катков, мин$^{-1}$; i – передаточное отношение.

Электрическая мощность электродвигателя

$$P_1 = \frac{m_{max} g\, n(\psi R + k r + \mu R_1)}{i \eta_{ц} \eta_{дв}}. \quad (14)$$

Таким образом, исследования показали, что мощность электродвигателя РЭТ зависит от множества факторов, которые проявляются при движении. Обеспечивая плавный пуск и торможение с ускорением до 0,1 м/с^2, а также скорость движе-

ния тележки 0...3 м/с, мощность электропривода зависит от массы персонала и груза. При этом особое значение имеет материал, из которых выполнены катки РЭТ. Например, если катки выполнены из стали, то ψ = 0,12...0,18; капролона – ψ = 0,2...0,5; пластмассы – ψ = 0,1...0,4. Однако самым неопределенным является действие силы бокового трения, которая зависит от силы реакции опоры бокового давления. Установлено, что при учете максимального расстояния между рельсами путем регулирования расстояния между ребордами катков сила реакции опоры бокового давления не превышает по модулю силу реакции опоры от силы тяжести $|N_Б| = (0...1,0)|N_1 + N_2|$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакиров С.М., Ищенко А.П.* Анализ использования самоходной электрифицированной рельсовой тележки // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В.А. Трушкина. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – С. 12–14.

4. *Яблонский А.А.* Курс теоретической механики: учебник. – СПб.: Лань, 2001. - С. 181–348.

2. *Гиль Л.С., Пашковский А.И., Сулима Л.Т.* Современное овощеводство закрытого и открытого грунта. – Житомир: Рута, 2012. – 468 с.

4. *Трушкин В.А.* Учет неопределенности при выборе мощности электродвигателя // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. В. Павлова. – Саратов: КУБиК, 2010. – С. 328–331.

Трушкин Владимир Александрович, *канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

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

Ищенко Антон Павлович, *магистрант, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 74-96-10.

Ключевые слова: *мощность; электропривод; рельсовая тележка; боковое трение; момент.*

SUBSTANTIATION OF THE POWER OF THE RAIL ELECTRICIZED CART

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

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.*

Ischenko Anton Pavlovich, *Magistrandt, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.*

Keywords: *capacity; electric drive; rail-guided cart; lateral friction; moment.*

The paper analyzes the effect of forces on a rail electrified cart at the time of its intensive use. The main force that determines the magnitude of the moment of the drive wheels is the gravity force. It depends on the weight of the cart, the personnel weight and the additional weight, which is determined at a specific time in the manufacturing process (for example, the mass of the crop at the harvesting). The torque value determines the capacity on the shaft, and the motor power. Taking into account the requirements for the cart moving speed and the initial parameters of existing electric drives, the power of the electric motor depends on the coefficient of lateral friction, the material of the rollers and the maximum mass of the structure.

УДК 631.356

ПОГРУЗЧИК НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОГРУЗКИ КАРТОФЕЛЯ

ХАКИМЗЯНОВ Рустам Рафитович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

ПАВЛОВ Иван Павлович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

ПАВЛОВ Павел Иванович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

ОВЧИННИКОВА Татьяна Владимировна, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

Представлен новый погрузчик непрерывного действия для погрузки картофеля, позволяющий производить погрузочные операции с высокой производительностью и рациональной энергоемкостью. Рассмотрена конструктивная особенность отдельных узлов и механизмов. Приводятся технологический процесс погрузки и результаты экспериментальных исследований. Установлены значения угловой скорости лопастей, поступательной скорости погрузчика, соответствующие наибольшей производительности.

Выращивание корнеклубнеплодов – важное направление овощеводства. Современные технологии производства корнеклубнеплодов, в частности, картофеля предусматривают большой объем погрузочных и транспортных работ. Для погрузки в полевых условиях, в условиях складов и овощехранилищ применяют различные погрузчики и транспортеры [4, 6]. Прове-