



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  $\psi = 0,12...0,18$ ; капролона –  $\psi = 0,2...0,5$ ; пластмассы –  $\psi = 0,1...0,4$ . 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 ребрами катков сила реакции опоры бокового давления не превышает по модулю силу реакции опоры от силы тяжести  $|N_B| = (0...1,0)|N_1 + N_2|$ .

#### 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., Пашиковский 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 ELECTRIFIED 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**, Magistrand, 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 загрузки картофеля, позволяющий производить погрузочные операции с высокой производительностью и рациональной энергоемкостью. Рассмотрена конструктивная особенность отдельных узлов и механизмов. Приводятся технологический процесс загрузки и результаты экспериментальных исследований. Установлены значения угловой скорости лопастей, поступательной скорости погрузчика, соответствующие наибольшей производительности.*

**В**ыращивание корнеклубнеплодов – важное направление овощеводства. Современные технологии производства корнеклубнеплодов, в частности, картофеля предусматривают

большой объем погрузочных и транспортных работ. Для загрузки в полевых условиях, в условиях складов и овощехранилищ применяют различные погрузчики и транспортеры [4, 6]. Прове-



денный анализ конструктивно-технологических схем применяемых машин [6, 8, 9] показал их недостаточную производительность и высокую энергоемкость. Повышение производительности часто приводит к значительному повреждению и травмированию корневых клубнеплодов.

Для повышения эффективности погрузки картофеля разработан погрузчик непрерывного действия. Рабочим органом погрузчика является лопастной питатель [1, 2, 6]. Питатель (рис. 1) включает в себя наклонную плиту 1 с выгрузным окном 2, два встречно вращающихся ротора 3, состоящих из дисков 4 с лопастями 5. Каждый ротор имеет механизм привода 6. На наклонной плите с каждой стороны выгрузного окна установлены два неподвижных сектора 7 в виде части цилиндра. Диаметр секторов меньше диаметра внутренних кромок лопастей на 5-7 мм, при этом ось цилиндрической поверхности сектора совпадает с осью роторов. Наклонная плита соединена с навесной коробкой 8 с передним брусом 9, на котором имеются посадочные места под механизм привода 6 и подшипниковые узлы 10 роторов 3. Поверхность лопастей покрыта мягкой резиной для предотвращения повреждения клубней.

При поступательном движении погрузчика питатель внедряется в массив картофеля. Вращающиеся лопасти 5 захватывают клубни и по поверхности сектора 7 перемещают их к выгрузному окну 2 наклонной плиты 1. В выгрузном окне клубни попадают на отгрузочный транспортер 11, который перемещает клубни в транспортное средство.

Особенностью конструкции предлагаемого питателя является наличие во внутреннем пространстве вращающихся лопастей 5 неподвижного сектора 7, позволяющего увеличить поступательную скорость базовой машины и избежать потерь погружаемого материала. Благодаря этому достигается увеличение производительности погрузчика и уменьшение энергоемкости погрузки за счет движения клубней по оптимальной траектории.

Режимными параметрами лопастного питателя являются: частота вращения  $n$ , мин<sup>-1</sup>, и угловая скорость лопастей  $\omega$ , рад/с, поступательная скорость погрузчика  $v$ , м/с. К конструктивным параметрам (см. рис. 1) относятся: диаметр лопастей роторов  $D$ , м, ширина захвата  $B$ , высота роторов  $H_p$ , толщина наружной кромки лопасти  $\delta$ , количество лопастей  $z$ , длина лопасти  $l_n$ , ра-

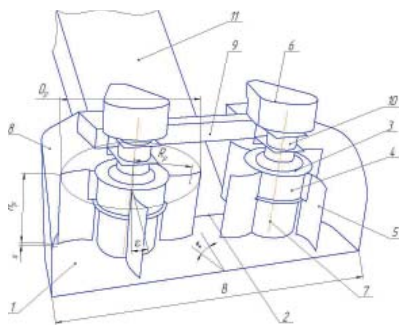


Рис. 1. Схема предлагаемого лопастного питателя

диус лопасти  $R_n$ , радиус вращения точки лопасти  $R_p$ , зазор между плитой и нижним краем лопасти  $s$ , угол наклона питателя к горизонту  $\beta$ .

Для проведения исследований изготовлен опытный образец погрузчика с предлагаемым лопастным питателем (рис. 2).

Каждый ротор с лопастями приводится во вращение цепной передачей и гидромотором, который подключен к гидравлическому насосу с приводом от вала отбора мощности трактора. Заданная частота вращения достигалась сменной звездочек в приводе роторов и изменением частоты вращения гидромотора. Отгрузочный транспортер ленточно-скребкового типа также приводится в движение с помощью гидромотора и цепных передач.

Экспериментальные исследования [3, 5, 6, 7, 10] проводили в производственных условиях на погрузке клубней картофеля, что позволило получить уравнения регрессии и графические зависимости. Производительность  $Q$  определяет массу корневых клубнеплодов, погружаемых в единицу времени, и является основным показателем эффективности погрузчика, поэтому была выбрана в качестве критерия оптимизации. На рис. 3 представлена графическая зависимость производительности лопастного питателя от поступательной скорости движения погрузчика и угловой скорости вращения лопастей.

Уравнение регрессии, описывающее данную зависимость, имеет следующий вид:

$$Q = -22,379 + 450,614v + 15,845\omega - 10150v^2 + 148,282v\omega - 2,582\omega^2.$$

Анализ зависимости показывает, что производительность погрузчика возрастает с увеличением поступательной скорости движения и угловой скорости вращения лопастей. Зависимость носит нелинейный характер, производительность достигает максимума 26 кг/с при  $\omega = 4,78$  рад/с и  $v = 0,041$  м/с.

При дальнейшем увеличении угловой скорости производительность снижается. При скорости вращения более 4,8 рад/с клубни не успевают разгрузиться на отгрузочный транспортер и переносятся лопастями через выгрузное окно, что приводит к уменьшению производительности. Интенсивность снижения производительности увеличивается с ростом угловой скорости. Чем



Рис. 2. Общий вид погрузчика с лопастным питателем

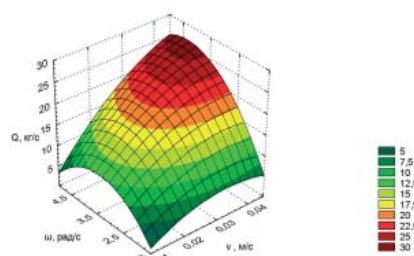
больше угловая скорость, тем большее количество клубней не успевают опуститься на отгрузочный транспортер.

При увеличении поступательной скорости погрузчика также наблюдается рост производительности в определенном диапазоне поступательных скоростей. При определенной угловой скорости вращения лопастей в некоторый момент времени рабочий орган не будет успевать отгрузить весь объем поступивших на него клубней и дальнейшее увеличение поступательной скорости не приведет к росту производительности машины. При  $\omega = 1,73$  рад/с рост производительности наблюдается в диапазоне  $v = 0,01 \dots 0,035$  м/с, а при  $\omega = 3,5$  рад/с в диапазоне  $v = 0,01 \dots 0,045$  м/с. Анализ полученного уравнения регрессии и графической зависимости показывает, что оптимум по поступательной скорости не достигнут. Однако, дальнейшее увеличение  $v$  приводит к высокой травмируемости клубней.

Таким образом, разработанный погрузчик непрерывного действия обеспечивает высокую производительность погрузки клубней картофеля на открытых площадках, в полевых условиях, а также в овощехранилищах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопастной питатель / Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р. // Патент № 24755436, РФ, бюл. №5, опублик. 20.02.2013 г.
2. Лопастной питатель / Хакимзянов Р.Р., Павлов И.П., Кричигин И.К., Постников С.Е. // Патент №152216, Российская Федерация, опублик. 10.05.2015, Бюл. № 13. – 2 с.
3. Овчинникова Т.В., Павлов П.И. Экспериментальное исследование энергоемкости транспортирования зерна пневмовинтовой установкой // Научная мысль. – 2015. – № 3. – С. 127–130.
4. Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р., Гамаюнов А.М. Структурный анализ технологического процесса погрузки буртованных сельскохозяйственных грузов // Научное обозрение. – 2012. – № 4. – С. 215–220.
5. Павлов П.И., Бедило П.С., Швечихин Д.В., Овчинникова Т.В. Результаты экспериментальных исследований активизатора выгрузки плохосыпучих грузов // Аграрный научный журнал – 2014. – № 11 – С. 62–64.
6. Павлов И.П. Повышение эффективности погрузки картофеля и лука путем обоснования параметров



**Рис. 3. Зависимость производительности лопастного питателя от угловой скорости лопастей и поступательной скорости погрузчика**

лопастного питателя погрузчика непрерывного действия: дис. ... канд. техн. наук – Саратов, 2016. – 150 с.

7. Павлов П.И., Корсак В.В., Загоруйко М.Г., Овчинникова Т.В. Экспериментальное исследование производительности транспортирования зерна пневмовинтовой установкой // Научное обозрение. – 2016. – № 7. – С. 91–94.

8. Погрузчик зерна / Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р., Сизов С.С., Съемщиков А.Е. // Патент на полезную модель №88659, заявка № 2008125553/22, Бюл. № 32, 20.11.2009.

9. Погрузчик сыпучих грузов / Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р. // Патент на полезную модель №156452, Бюл. №31, опублик. 10.11.2015.

10. Хакимзянов Р.Р., Павлов И.П. Результаты экспериментальных исследований погрузчика непрерывного действия с роторным лопастным питателем // Научное обозрение. – 2015. – № 15. – С. 34–37.

**Хакимзянов Рустам Рафитович**, д-р техн. наук, доцент кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Павлов Иван Павлович**, аспирант кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Павлов Павел Иванович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Овчинникова Татьяна Владимировна**, ассистент кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

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

Тел.: (8452) 74-96-50.

**Ключевые слова:** погрузчик непрерывного действия; лопастной питатель; лопасть; картофель; производительность; угловая скорость.

#### CONTINUOUS LOADER FOR POTATOES LOADING

**Khakimzyanov Rustam Raphitovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Processes and Agricultural Machines in Agro-industrial Complex", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Pavlov Ivan Pavlovich**, Post-graduate Student of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Pavlov Pavel Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Ovchinnikova Tatyana Vladimirovna**, Assistant of the chair "Processes and Agricultural Machines in Agro-industrial Complex", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Keywords:** continuous loader; blade feeder; blade; potatoes; performance; angular velocity.

*The article describes a new continuous loader for potatoes loading, which allows performing loading operations with high productivity and rational energy intensity. The constructive feature of individual units and mechanisms is considered. The technological process of loading and the results of experimental studies are given. They are established values of the angular velocity of the blades, the translational speed of the loader, corresponding to the greatest productivity.*

