

Экспериментальное исследование производительности погрузчика корнеклубнеплодов с лопастным питателем

Павел Иванович Павлов, Виктор Владиславович Корсак, Иван Павлович Павлов, Иван Леонидович Дзюбан
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»,
г. Саратов, Россия.
e-mail: pavlovsgau@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований производительности лопастного питателя к погрузчику непрерывного действия для корнеклубнеплодов. Исследованиями получены уравнения регрессии и графические зависимости производительности при изменении угловой скорости вращения лопастей, скорости поступательного движения питателя с погрузчиком, а также радиуса лопастей цилиндрической формы. Результаты экспериментальных исследований показывают, что производительность лопастного питателя погрузчика непрерывного действия при работе с картофелем находится в нелинейной зависимости от исследуемых параметров, описывается уравнением второго порядка. Установлены значения исследуемых параметров, при которых производительность имеет наибольшее значение.

Ключевые слова: производительность; лопастный питатель; погрузчик непрерывного действия; уравнение регрессии; скорость вращения.

Для цитирования: Павлов П. И., Корсак В. В., Павлов И. П., Дзюбан И. Л. Экспериментальное исследование производительности погрузчика корнеклубнеплодов с лопастным питателем // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 108–110. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp108-110>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Experimental study of the performance of a root crop loader with a paddle feeder

Pavel I. Pavlov, Viktor V. Korsak, Ivan P. Pavlov, Ivan L. Dzyuban
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
e-mail: pavlovsgau@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of experimental studies of the performance of a paddle feeder for a continuous root crop loader. The studies have obtained regression equations and graphical dependences of productivity when changing the angular speed of the blade rotation, the speed of the forward movement of the feeder with the loader, as well as the radius of the cylindrical blades. The results of experimental studies show that the performance of a paddle feeder of a continuous loader when working with potatoes is in a non-linear dependence on the studied parameters and is described by a second-order equation. The values of the studied parameters are established, at which the performance is of the greatest importance.

Keywords: performance; paddle feeder; loader of continuous action; regression equation; rotational speed.

For citation: Pavlov P. I., Korsak V. V., Pavlov I. P., Dzyuban I. L. Experimental study of the performance of a root crop loader with a paddle feeder // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(10):108–110. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp108-110>.

Введение. Выращивание и хранение овощной продукции требует выполнения большого объема погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ. Особые требования к погрузочным машинам для корнеклубнеплодов, в частности, картофеля, свеклы, лука обусловили особенности конструкции их рабочих органов. Они должны не только иметь достаточную производительность, но и не травмировать корнеклубнеплоды в процессе погрузки. Лопастные грузозахватные рабочие органы – питатели – являются высокопроизводительными и поэтому используются в погрузчиках непрерывного действия. Однако, для работы с корнеклубнеплодами и выполнения вышеуказанных требований необходимы исследования по обоснованию их параметров.

Методика исследований. Для повышения эффективности погрузки корнеклубнеплодов предложена конструкция двух-роторного лопастного питателя [1, 2]. Экспериментальными исследованиями изучали влияние режимов работы погрузчика, включающих в себя поступательную скорость в направлении бурта, угловую скорость лопастей на производительность погрузки картофеля. Исследовали также влияние радиуса лопастей роторов. Планом эксперимента поступательная скорость устанавливалась параметрами трансмиссии трактора по усредненным величинам 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 м/с. Угловая скорость поворота лопастей устанавливалась передаточным числом цепной передачи: 1,69; 2,71; 3,73; 4,74 рад/с. Выбранные для исследования параметры и их величина обосновывались предварительными экспериментами. Лопасты по форме выполнены криволинейными в виде сектора цилиндра с радиусом 0,2; 0,31; 0,42; 1,0 м (рис. 1, 2).

Производительность погрузки картофеля определяли исходя из массы m_k и времени t_n :

$$Q_{\text{пит}} = \frac{m_k}{t_n}. \quad (1)$$



Для получения достоверного результата принята трехкратная повторность каждого опыта. Полученные значения производительности составляли корреляционное поле и обрабатывались с помощью методов математической статистики с использованием программ Math Cad и Excel.

Результатом обработки являлись графические зависимости и уравнение регрессии вида:

$$Y = A_1 + A_2x + A_3y - A_4x^2 + A_510^{-4}xy - A_610^{-6}y^2, \quad (2)$$

где Y – производительность погрузки, $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ – коэффициенты, x – поступательная скорость, м/с, y – угловая скорость, рад/с.

Результаты исследований. Реализация программы экспериментальных исследований погрузчика с лопастным питателем на погрузке картофеля позволила получить численные данные для производительности при различных значениях конструктивно-режимных параметров. Обработка полученного корреляционного поля позволила провести регрессионный анализ и установить характер полученных зависимостей. Графически в виде двумерной поверхности зависимость производительности погрузки от поступательной скорости движения и угловой скорости роторов представлена на рис. 3.

В виде уравнения полученная зависимость представлена выражением:

$$Q = -22,379 + 450,614v + 15,845\omega - 10150v^2 + 148,282v\omega - 2,582\omega^2. \quad (3)$$

Полученные результаты позволяют определить влияние исследуемых факторов на производительность лопастного питателя. Характер изменения производительности от угловой скорости роторов и поступательной скорости питателя различный.

Влияние угловой скорости имеет нелинейный характер с областью оптимальных значений, при которых производительность лопастного питателя наибольшая. При невысоких значениях угловых скоростей производительность возрастает с их ростом, достигает максимума и при дальнейшем увеличении угловой скорости производительность снижается. При поступательной скорости 0,021 м/с увеличение ω с 1,73 до 2,4 рад/с позволяет увеличить производительность погрузки картофеля с 7,15 до 13,28 кг/с. После достижения максимума $Q = 15,9$ кг/с при $\omega = 3,5 \dots 3,8$ рад/с производительность снижается до 14,06 кг/с при $\omega = 4,78$ рад/с. Следует отметить, что с увеличением поступательной скорости область значений угловой скорости роторов, при которых производительность максимальная, смещается в большую сторону. Так, при поступательной скорости 0,021–0,041 м/с максимум производительности достигается при $\omega = 4,2 \dots 4,4$ рад/с. И далее, чем выше угловая скорость, тем больше снижение производительности. Уменьшение производительности при $\omega > 4,5$ рад/с связано с тем, что при большой угловой скорости корневые клубнеплоды не успевают опуститься с лопастей в выгрузное окно на отгрузочный транспортер. Поэтому частично перемещаются лопастями обратно в борт, что приводит к снижению производительности [3, 4]. Данный характер зависимости имеет место у других вращающихся рабочих органов погрузчиков непрерывного действия [5–7].

При увеличении поступательной скорости погрузчика производительность линейно возрастает. Однако такой характер зависимости имеет только в начальный период. Далее рост производительности замедляется, а при дальнейшем увеличении поступательной скорости производительность достигает максимума и несколько снижается. Последнее объясняется взаимодействием производительности подачи клубней и производительности их перемещения лопастями питателя. При росте поступательной скорости погрузчика с некоторых ее значений лопасти не успевают отгрузить весь объем поступивших клубней и производительность машины

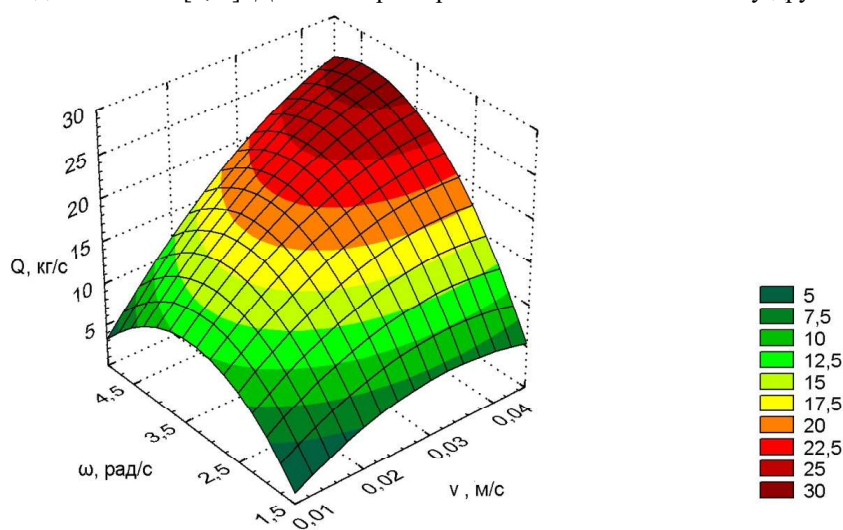


Рис. 3. Влияние угловой скорости роторов и поступательной скорости питателя на производительность погрузки картофеля



Рис. 1. Погрузка картофеля при экспериментальных исследованиях



Рис. 2. Взаимодействие лопастей с клубнями картофеля (лопасти формой в виде части цилиндра, поверхность обрешинена)



не увеличивается. Например, при угловой скорости 1,69 рад/с возрастание Q происходит при поступательной скорости 0,011–0,03 м/с, при угловой скорости 2,6 рад/с возрастание Q происходит при поступательной скорости 0,01–0,04 м/с. Увеличение поступательной скорости свыше 0,04 м/с приводит к повреждению клубней.

Экспериментально изучено влияние на производительность погрузки картофеля - радиуса лопастей роторов и угловой скорости их вращения. При обработке полученных экспериментальных данных получено уравнение (4.)

$$Q = -30,123 + 64,361R + 15,642\omega - 51,667R^2 + 1,183R\omega - 1,936\omega^2. \quad (4)$$

По уравнению (4) построена графическая зависимость производительности лопастного питателя от исследуемых факторов (рис. 4). Анализ данной зависимости подтверждает квадратичный характер влияния угловой скорости с на-

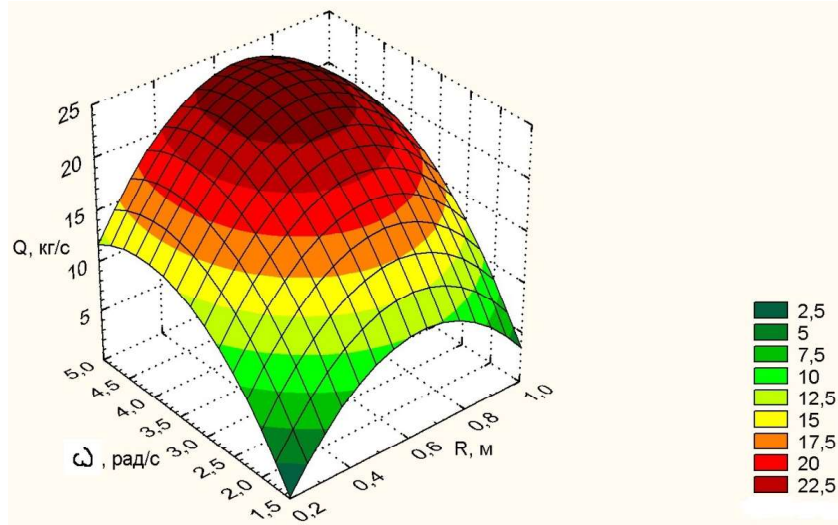


Рис. 4. Трехмерная поверхность, отражающая влияние исследуемых параметров на производительность погрузки картофеля

личием точки максимума. При высокой угловой скорости роторов часть клубней не успевает под действием силы тяжести переместиться в выгрузное окно и переносится лопастями обратно в борт, что приводит к снижению производительности. При малых угловых скоростях производительность снижается из-за низкой пропускной способности лопастей.

Влияние радиуса лопастей также носит квадратичный характер с наличием максимума производительности. Решение уравнения (4) показывает, что максимум производительности соответствует значениям радиуса лопастей $R = 0,6...0,8$ м. Изменение радиуса лопастей в большую или меньшую сторону от указанного значения вызывает снижение производительности. Сниже-

ние производительности обусловлено уменьшением рабочего объема лопастей. В результате снижается количество захватываемых клубней. По данным эксперимента при угловой скорости лопастей $\omega = 4,76$ рад/с и радиусе лопастей $R = 1$ м производительность составила 18,2 кг/с. При такой же угловой скорости и радиусе $R = 0,2$ м производительность составила 11,4 кг/с, что существенно ниже максимальных значений.

Заключение. Полученные результаты экспериментальных исследований показывают, что производительность лопастного питателя погрузчика непрерывного действия при работе с картофелем находится в квадратичной зависимости от исследуемых параметров. Анализ уравнений (3) и (4), графических зависимостей (см. рис. 3, 4) показывает, что наибольшая производительность $Q = 22,84$ кг/с достигается при угловой скорости вращения лопастей $\omega = 4,0...4,5$ рад/с; поступательной скорости 0,035–0,038 м/с и значениях радиуса лопастей $R = 0,6...0,8$ м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2475436, В 65 G 65/20. Лопастной питатель / Р.Р. Хакимзянов, И.П. Павлов. Оpubл. 20.02.2013 г. - Бюл. № 5.
2. Погрузчик непрерывного действия для погрузки картофеля / Р.Р. Хакимзянов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 6. С. 67–69.
3. Теоретическое исследование работы лопастного питателя погрузчика непрерывного действия / Р.Р. Хакимзянов [и др.] // Научное обозрение. 2014. № 11. С. 41–44.
4. Павлов И.П., Овчинникова Т.В. Теоретическое исследование процесса разгрузки лопастного питателя погрузчика непрерывного действия // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 36–39.
5. Павлов П.И. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Саратов, 2002. 441 с.
6. Павлов П.И., Дёмин Е.Е., Хакимзянов Р.Р. Определение производительности фрезерирующих рабочих органов погрузчика навоза // Техника в сельском хозяйстве. 2006. № 4. С. 14–17.
7. Павлов П.И. Совершенствование технологического процесса уборки навоза и обоснование параметров винтового питателя погрузчика непрерывного действия: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 1992. 172 с.

REFERENCES

1. RF patent No. 2475436, V 65 G 65/20. Vane feeder / R.R. Khakimzyanov, I.P. Pavlov. Published February 20, 2013 - Bull. No. 5.
2. Continuous loader for loading potatoes / R.R. Khakimzyanov et al. *The agrarian scientific journal*. 2017; 6: 67–69.
3. Theoretical study of the work of a paddle feeder of a continuous action loader / R.R. Khakimzyanov et al. *Scientific Review*. 2014; 11: 41–44.
4. Pavlov I.P., Ovchinnikova T.V. Theoretical study of the process of unloading a paddle feeder of a continuous loader. *Scientific Review*. 2015; 10-1: 36–39.
5. Pavlov P.I. Scientific and technical solutions to the problem of resource saving when using continuous manure loaders. Saratov, 2002. 441 p.
6. Pavlov P. I., Demin E. E., Khakimzyanov R. R., Russ. Determination of the productivity of milling working bodies of a manure loader. *Technique in agriculture*. 2006; 4: 14–17.
7. Pavlov P.I. Improving the technological process of manure cleaning and substantiating the parameters of the screw feeder of a continuous loader. Saratov, 1992. 172 p.

Статья поступила в редакцию 13.05.2022; одобрена после рецензирования 26.06.2022; принята к публикации 01.07.2022.
The article was submitted 13.05.2022; approved after reviewing 26.06.2022; accepted for publication 01.07.2022.

