

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.119-127>



УДК 633.491:631.362.3

Лабораторные исследования ударных воздействий роликовой сортировальной машины на клубни картофеля

© 2021. А. С. Дорохов, А. В. Сибирёв[✉], А. Г. Аксенов, Н. В. Сазонов
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва,
Российская Федерация

Существующие машины для сортирования картофеля повреждают товарную продукцию в результате взаимодействия клубней картофеля между собой, с рабочими органами и комками почвы. Наибольший процент поврежденных клубней картофеля происходит в результате их взаимодействия с рабочими органами машин для сортирования. С целью определения места наибольшего силового воздействия рабочих органов сортирующих машин на клубень картофеля и проведения последующих мероприятий по устранению негативных воздействий в конструкции данных машин проведены лабораторные исследования с использованием программного инструмента «Электронный картофель Tuber Log». Представлены результаты сравнительных исследований силового воздействия сортирующей поверхности на электронный клубень картофеля при различных значениях поступательной скорости движения и времени взаимодействия рабочей поверхности машины для сортирования клубней картофеля роликового типа. Анализ графических зависимостей показал, что наибольшее силовое воздействие (до 22 Н) на клубень картофеля приходится на временной интервал значений от 8,5 до 9,5 с при этом среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации составляют $\sigma = 5,7$ и $v = 24,8$ % соответственно. Анализ экспериментальных данных показал, что наиболее «щадящим» силовым воздействием рабочих органов машины для сортирования при поступательной скорости движения роликового полотна 1,4 м/с, на протяжении всего технологического процесса сортирования является минимальное силовое воздействие на сортируемую продукцию в диапазоне от 3 до 6,5 Н, что составляет 28-31 % от максимального силового воздействия рабочих органов при скоростях движения 1,8 и 2,2 м/с.

Ключевые слова: уборка, силовое воздействие, картофель, рабочие органы, машина для сортирования

Благодарности: работа выполнена при государственной поддержке молодых российских ученых (стипендия Президента РФ СП-1004.2021.1).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Дорохов А. С., Сибирёв А. В., Аксенов А. Г., Сазонов Н. В. Лабораторные исследования ударных воздействий роликовой сортировальной машины на клубни картофеля. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(1):119-127. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.119-127>

Поступила: 17.10.2020

Принята к публикации: 15.01.2021

Опубликована онлайн: 22.02.2021

Laboratory studies of the impact of a roller sorting machine on potato tubers

© 2021. Alexey S. Dorokhov, Alexey V. Sibirev[✉], Alexander G. Aksenov, Nikolay V. Sazonov

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Existing machines for sorting potatoes damage marketable products as a result of the interaction of potato tubers with each other, with working organs and soil clods. The greatest percentage of damage to potato tubers occurs as a result of their interaction with the working bodies of the machines for sorting. In order to determine the place of the greatest force impact of the working bodies of the sorting machines on the potato tuber and to carry out subsequent measures to eliminate negative effects in the design of these machines, laboratory studies were carried out using the "The TuberLog Electronic Potato" software tool. The article provides the results of comparative studies of the force impact of the sorting surface on the electronic potato tuber at various values of the forward speed of movement and interaction time of the working surface of roller-type machine for sorting potato tubers. Analysis of graphical dependencies showed that the greatest force impact (up to 22 N) on a potato tuber falls on the time interval of values from 8.5 to 9.5 s, while the standard deviation and coefficient of variation are $\sigma = 5.7$ and $v = 24.8$ %, respectively. The analysis of the experimental data showed that the most "gentle" force impact of the working bodies of the sorting machine at the forward speed of the roller belt of 1.4 m / s throughout the entire technological

process of sorting is the minimum force impact on the sorted products in the range from 3 to 6.5 N, which is 28-31% of the maximum force impact of working bodies at speeds of 1.8 and 2.2 m/s.

Keywords: *harvesting, force impact, potato, working bodies, sorting machine*

Acknowledgments: the work was carried out under the state support of young Russian scientists (scholarship of the President of the Russian Federation SP-1004.2021.1).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of interests: the authors declared no conflicts of interest.

For citation: Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Aksenov A. G., Sazonov N. V. Laboratory studies of the impact of a roller sorting machine on potato tubers. *Agrarnaya nauka Evro Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22 (1):119-127. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.119-127>

Received: 17.10.2020

Accepted for publication: 15.01.2021

Published online: 22.02.2021

Повреждение клубней картофеля при механизированной уборке зависит от многих факторов, главными из которых являются конструкция машин для уборки и послеуборочной обработки, материал, из которого изготовлены рабочие органы машин и режимы работы [1, 2, 3]. Не последнюю роль играют физико-механические свойства клубней [4, 5, 6], зависящие в свою очередь от сорта, агротехники возделывания, структуры почвы и климатических условий.

Установлено, что около 70 % травмируемости клубней отдельных групп приходится на внутренние повреждения (потемнение мякоти), возникающие при ударных нагрузках на сепарирующих и сортирующих поверхностях и перепадах между ними. Для определения места и уровня повреждения клубней картофеля при послеуборочной обработке необходимо проведение исследований, которые позволят внести корректировки в конструктивное исполнение сортирующих поверхностей, обеспечивающих исключение или максимальное снижение травмируемости товарной продукции.

Цель исследований – определение силового воздействия роликовой сортирующей поверхности на клубень картофеля.

Научная новизна. Определены эмпирические зависимости силового воздействия на клубень картофеля технологических параметров сортирующей поверхности.

Материал и методы. С целью определения места и регистрации величины наибольшего силового воздействия рабочих органов сортировальных машин на клубни картофеля с последующими рекомендациями об изменениях конструктивно-технологических параметров машин для сортирования картофеля были проведены экспериментальные лабораторные исследования с использованием программного инструмента «Электронный картофель Tuber Log» в условиях ФНАЦ ВИМ [7, 8, 9].

Программный инструмент «Электронный картофель Tuber Log» (рис. 1) включает в себя: регистратор данных 1, выполненный по форме, размеру и плотности в соответствии со стандартным клубнем картофеля, персональный 2 или планшетный компьютер 3 с установленным программным обеспечением для обработки зарегистрированных данных повреждений корнеплодов и последующего его анализа, а также вспомогательная аппаратура 4.



Рис. 1. Общий вид программного инструмента «Электронный картофель Tuber Log»: 1 – регистратор данных; 2 – персональный компьютер; 3 – планшетный компьютер; 4 – вспомогательная аппаратура /

Fig. 1. General view of the "The TuberLog Electronic Potato" software tool: 1 – data logger; 2 – personal computer; 3 – tablet computer; 4 – auxiliary equipment

Программный инструмент «Tuber Log» позволяет фиксировать величину приобретенного ускорения, а также импульс ударной силы от его взаимодействия с рабочим органом [10, 11].

Исследования по определению наибольшего силового воздействия на программный инструмент «Tuber Log» на роликовой поверхности сортировальной машины проводили

при различных значениях поступательной V_{EL} скорости движения сортирующего полотна.

Для фиксации места и момента времени повреждений регистратора данных 1, имитирующего клубень картофеля, на сортировальной машине был закреплен видеорегистратор марки «Inspector Tornado» с разрешением экрана 960×240 и углом обзора по диагонали 150°, установленный на лабораторном штативе. Использование видеофиксации перемещения регистратора данных по поверхности роликовой сортировальной машины обусловлено необходимостью сопоставления времен-

ных промежутков, полученных с видеорегистратора, с диаграммами персонального компьютера программного инструмента «Электронный картофель Tuber Log» с последующим их наложением для определения места наибольшего силового воздействия сортирующей поверхности на регистратор данных.

Экспериментальные исследования по оценке силового воздействия рабочих органов на клубни картофеля проводили на машине для сортирования картофеля, конструктивное исполнение и принцип работы которой разработаны в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (рис. 2).

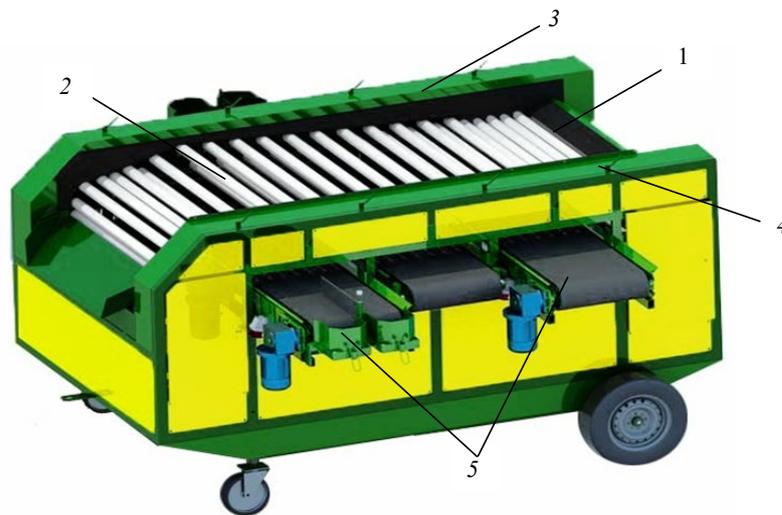


Рис. 2. Трехмерная модель машины для сортирования клубней картофеля: 1 – поверхность сортирующая; 2 – ролики; 3 – направляющие; 4 – винт; 5 – транспортер выгрузной /

Fig. 2. Three-dimensional model of the machine for sorting potato tubers: 1 – sorting surface; 2 – rollers; 3 – guides; 4 – screw; 5 – unloader

Машина для сортирования клубней картофеля роликового типа состоит из: сортирующей поверхности 1 сортировочного устройства и представляет собой бесконечный роликовый транспортер с размещением роликов 2 в шахматном порядке. В процессе работы расстояние между роликами изменяется за счет набегания нижнего ряда роликов на направляющие 3, положение которых регулируется винтом 4.

Разделение по фракциям происходит за счет того, что по мере продвижения роликового транспортера из начала в конец сортировочного устройства расстояние между роликами увеличивается, образуя щели, в которые проходит разделяемый продукт. Разделенный на фракции продукт выгрузными транспортерами 5 отводится от линии и загружается в контейнеры или рабочими в мешки.

Методика проведения экспериментальных исследований заключается в следующем. Устанавливали оптимальные значения посту-

пательной V_{EL} скорости движения сортирующей поверхности, полученные при проведении лабораторных исследований. Далее производили включение привода сортирующей поверхности от шкафа управления 2 (рис. 3).

При установившемся режиме движения рабочей поверхности сортировальной машины 1 включался видеорегистратор, и на сортирующую поверхность подавался регистратор данных, имитирующий клубни картофеля 3. После прохождения электронным картофелем 3 сортирующей поверхности производилось отключение видеорегистратора, шкафа управления 2, изменялись исследуемые факторы, и эксперимент повторялся в соответствии с выбранным планом проведения исследований. Измерение изучаемого параметра – силовое воздействие на клубень картофеля проводили в трехкратной повторности, после чего для оценки вариационного ряда пользовались средними величинами массовых измерений.



Рис. 3. Общий вид лабораторной установки по определению места и уровня повреждений корнеплодов: 1 – сортировальная машина; 2 – шкаф управления; 3 – регистратор данных; 4 – планшетный компьютер /

Fig. 3. General view of the laboratory set up for determining the spot and level of potato tubers damage: 1 – sorting machine; 2 – control cabinet; 3 – data logger; 4 – tablet computer

Повторность проведения опытов при исследовании влияния технологических параметров роликовой сортирующей поверхности на величину силового воздействия сортирующего материала является четырехкратной. При этом использовали общепринятые в вариационной статистике понятия и элементы, характеризующие вариационный ряд: средняя вариационная – \bar{x} , среднеквадратическое отклонение – σ , коэффициент вариации – v . Каждый из основных элементов определяли по известным формулам вариационной статистики. Это позволило определить точность экспериментальных данных и установить допустимые пределы, в которых они достаточно надежны. Для определения количества интервалов (K) варьирования значений силового воздействия на клубень картофеля воспользовались эмпирической зависимостью [10, 11, 12]:

$$K = \sqrt{n}, \quad (1)$$

где n – количество исследуемых клубней, шт.

В нашем случае получаем:

$$K = \sqrt{100} = 10.$$

Диапазон размаха выборки:

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \quad (2)$$

где x_{\max} , x_{\min} – максимальное и минимальное значение исследуемого признака.

Ширина интервала исследуемого признака:

$$D = R/K. \quad (3)$$

Результаты исследований записывали в журнал наблюдений.

Результаты и их обсуждение. Графическое отображение результатов исследований по определению силового воздействия роли-

ковой сортирующей поверхности представлено на рисунке 4.

Используя представленные графические зависимости, можно определить место наибольшего силового воздействия на сортируемую товарную продукцию, с целью корректировки конструктивных параметров роликовой сортирующей поверхности, а также оптимизации режимных и технологических параметров. Для этого, после определения соответствующего участка по длине сортирующей поверхности, необходимо провести параллельно оси ординат прямую до пересечения с графиком.

Анализ графических зависимостей (рис. 4), полученных при проведении экспериментальных исследований на машине для сортирования клубней картофеля с роликовой сортирующей поверхностью, позволяет сделать вывод о том, что наибольшие силовые воздействия ($F = 20,3$ Н) на клубни картофеля происходят при сходе с рабочей поверхности роликового сортирующего полотна во временном интервале 9-11 секунд. Это объясняется тем, что в процессе движения регистратора данных по сортирующей поверхности, вне зависимости от поступательной скорости движения роликового полотна, происходит вертикальный подъем полотна в результате воздействия интенсификатора сортирования, наличие которого в конструкции машины для сортирования обусловлено созданием дополнительного крутящего момента для ориентирования клубня в целевое отверстие, образованное смежными роликами. Все это обуславливает

увеличение вертикальной составляющей силы воздействия интенсификатора сортирования между рабочими элементами сортирующего

полотна и клубнями картофеля, что и приводит к увеличению силового воздействия на клубни и увеличению повреждений.

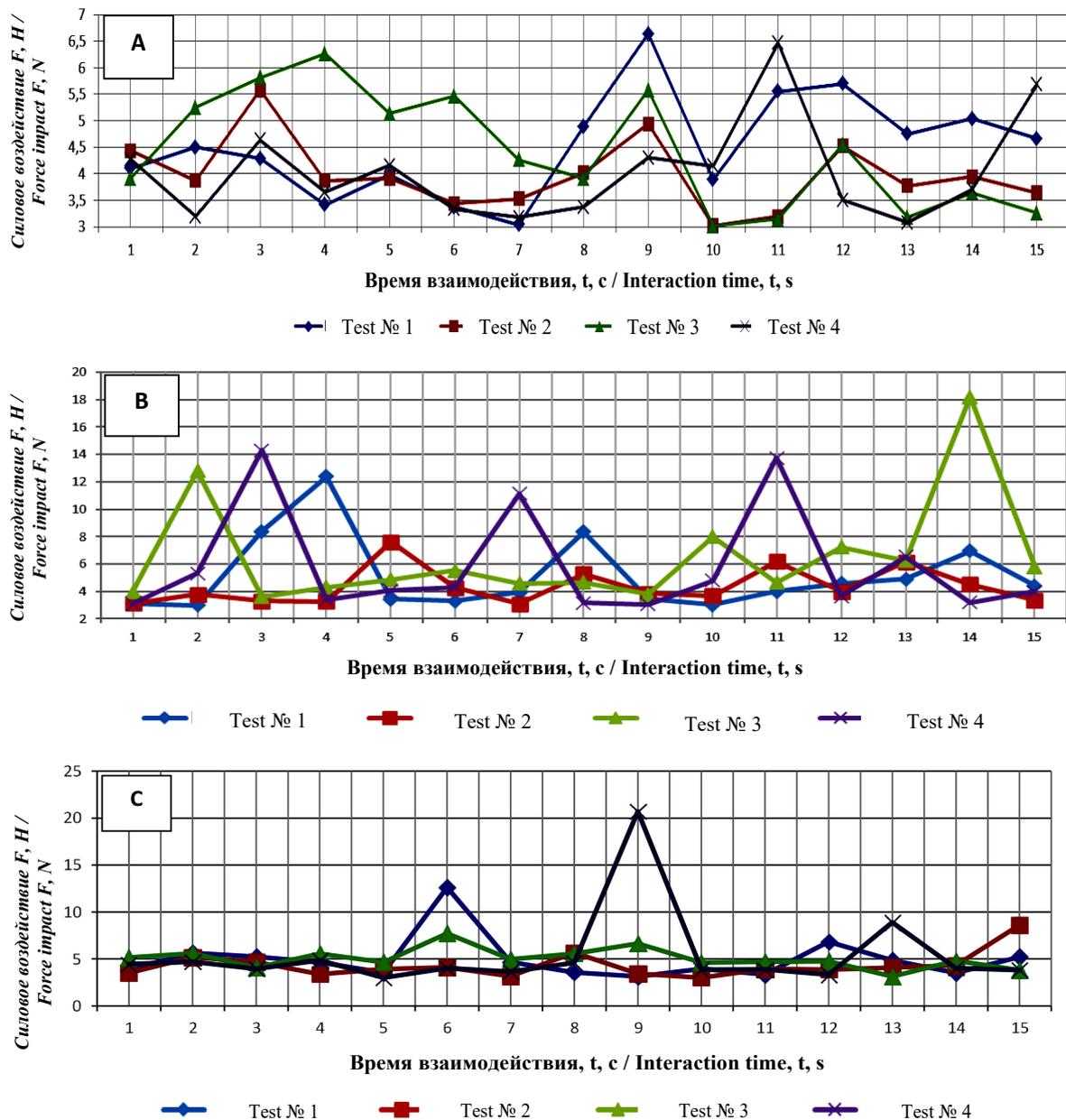


Рис. 4. Силовое воздействие роликовой сортирующей поверхности на клубень картофеля: А – поступательная скорость движения роликовой сортирующей поверхности $V_{EL} = 3,6$ км/ч; В – $V_{EL} = 5,0$ км/ч; С – $V_{EL} = 6,4$ км/ч /

Fig. 4. Force impact of the roller sorting surface on the potato tuber: А – forward speed of the roller sorting surface $V_{EL} = 3.6$ km/h; В – $V_{EL} = 5.0$ km/h; С – $V_{EL} = 6.4$ km/h

Анализируя результаты экспериментальных исследований силового воздействия на клубень картофеля рабочими органами сортировальной машины роликового типа, необходимо отметить, что измеряемая величина колеблется в широких пределах в зависимости от нахождения клубня на

функционирующем элементе (коэффициент вариации $v = 26,9\%$, среднее квадратическое отклонение $\sigma = 5,52$). Наибольшее силовое воздействие (до 22 Н) на клубень картофеля приходится на временной интервал значений от 8,5 до 9,5 с (рис. 4), при этом среднее квадратическое отклонение и коэффициент

вариации составляют $\sigma = 5,7$ и $v = 24,8$ %, соответственно.

Сравнительный анализ силового воздействия роликовой сортирующей поверхности на

клубни картофеля (рис. 5) позволяет констатировать, что рабочие органы более интенсивно воздействуют на сортируемую продукцию в диапазоне от 8 до 10,8 Н.

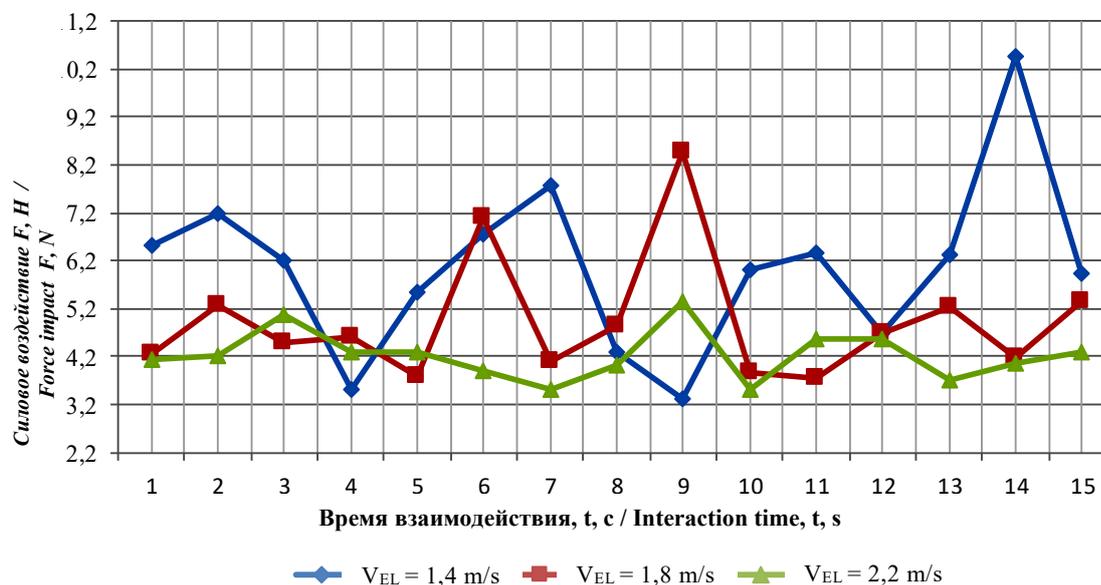


Рис. 5. Сравнительная характеристика силового воздействия сортирующей поверхности на клубень картофеля /

Fig. 5. Comparative characteristics of the force impact of the sorting surface on the potato tuber

Увеличение подачи клубней при выполнении технологического процесса сортирования обусловлено обеспечением возможности повышения производительности послеуборочной обработки в производственных условиях.

При значительном увеличении подачи клубни могут перемещаться по сортирующей поверхности более чем в один слой. При этом многие калибрующие отверстия могут быть перекрыты, и вероятность прохождения через них клубней верхнего слоя снижается [13, 14, 15]. Это сокращает число клубней, контактирующих с калибрующими отверстиями сортирующей поверхности, и, как следствие, снижается точность разделения клубней. Следовательно, для обеспечения равномерного распределения сортируемой товарной продукции при неизменном качестве сортирования клубней вороха необходимо обеспечить увеличение поступательной скорости движения сортирующего полотна и определить значения силового воздействия на исследуемый объект – программный инструмент «Электронный картофель Tuber Log».

Наиболее «щадящее» силовое воздействие рабочих органов машины для сортирования на регистратор данных наблюдается при поступательной скорости движения роликово-

го полотна $V_{EL} = 1,4$ м/с, где на протяжении всего технологического процесса сортирования минимальное силовое воздействие на сортируемую продукцию в диапазоне от 3,0 до 6,5 Н, что составляет 28-31 % от максимального силового воздействия рабочих органов при скоростях движения 1,8 и 2,2 м/с.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рисунке 5, позволяет заключить, что в процессе сортирования клубни взаимодействуют с активными рабочими органами машины. На перепадах с одного ролика на другой клубни падают с высоты не более 0,1 м, что соответствует скорости соударения 1,9 м/с и удовлетворяет допустимой скорости соударения клубней с рабочими органами (2,2 м/с).

Выводы. Таким образом, анализ лабораторных исследований силового воздействия рабочих органов машины для сортирования клубней картофеля при различных скоростях движения рабочего полотна позволяет заключить следующее: наименьшее силовое воздействие на клубень картофеля осуществляется при минимальном значении поступательной скорости движения сортируемого полотна, что обусловлено отсутствием повышенного силового воздействия между рабочей поверхностью функционирующего элемента и клубнем,

имеющего значение от 3,0 до 6,5 Н при суммарной составляющей от максимального силового воздействия в интервале 28-31 % с варьированием поступательной скорости движения 1,8 и 2,2 м/с.

Наибольшее силовое воздействие на клубни картофеля, составляющее значение более 20 Н при временном интервале от 8,5 до 9,5 с, наблюдается на роликовой сортирующей поверхности в результате воздействия интенсификаторов сортирования на регистра-

тор данных, что приводит к ориентированию клубня в соответствующее щелевое отверстие роликового полотна, а также к значительному повреждению клубней картофеля.

Для качественного выполнения технологического процесса сортирования клубней картофеля необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию конструкции и технологического процесса сортирующих рабочих органов роликового типа машины.

Список литературы

1. Протасов А. А. Функциональный подход к созданию лукоборочной машины. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». 2011;(2 (47)):37-43. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20231280>
2. Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Aksenov A. G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines. INMATEH – Agricultural Engineering. 2019;58(2):63-75. URL: <http://oaji.net/articles/2019/1672-1567792772.pdf>
3. Сорокин А. А. Теория и расчет картофелеуборочных машин: монография. М.: ВИМ, 2006. 159 с. Режим доступа: <http://vniiesh.ru/results/katalog/2342/16135.html>
4. Костенко М. Ю., Костенко Н. А. Вероятностная оценка сепарирующей способности элеватора картофелеуборочной машины. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009;(12):4.
5. Сибирёв А. В., Аксенов А. Г., Дорохов А. С. Уточненный расчет сепарирующей поверхности машины для уборки лука. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018;12(3):28-31. DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-12-3-28-31>
6. Сибирёв А. В., Аксенов А. Г., Мосяков М. А. Обоснование конструктивных и технологических параметров сепарирующего пруткового транспортера с ассиметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2018;(4):15–20. DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-4-15-20>
7. Краснощекоев Н. В. Агроинженерная стратегия: от механизации сельского хозяйства к его интеллектуализации. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2010;(8):5-8.
8. Камалетдинов Р. Р. Объектно-ориентированное имитационное моделирование в среде теории информации (информационное моделирование). Известия Международной академии аграрного образования. 2012;(14-1):186а-194.
9. Рейнгарт Э. С., Сорокин А. А., Пономарев А. Г. Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006;(10):3-5. Режим доступа: <http://www.avtomash.ru/gur/2006/200610.htm>
10. Сорокин А. А. Методика расчета параметров колеблющегося лемеха. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002;(7):25-26.
11. Hevko R. B., Tkachenko I. G., Synii S. V. Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters. INMATEH-agricultural engineering. 2016;49(2):53-60. URL: https://www.researchgate.net/publication/316672786_Development_of_design_and_investigation_of_operation_processes_of_small-scale_root_crop_and_potato_harvesters
12. Farhadi R., Sakenian N., Azizi P. Design and construction of rotary potato grader, Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2012;8(2):304-314. URL: https://www.researchgate.net/publication/266550697_Design_and_construction_of_rotary_potato_grader_part_I
13. Natenadze N. The design and theoretical justification of a vibratory digger shovel. Scientific technical union of mechanical engineering Bulgarian association of mechanization in agriculture. 2016;62(1):9-11. URL: <https://stumejournals.com/journals/am/2016/1/9>
14. Aniket U. Dongre, Rahul Battase, Sarthak Dudhale, Vipul R. Patil, Deepak Chavan. Development of Potato Harvesting Model, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2017;10(4):1567-1570. URL: <https://www.irjet.net/archives/V4/i10/IRJET-V4110288.pdf>
15. Bangar V. T., Jadhav S. R., Patil K. D., Biradar V. U., Ostwal R. S. Design and development of potato harvester. International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education. 2016;2(3):3343-3347 URL: http://www.ijariie.com/AdminUploadPdf/DESIGN_AND_DEVELOPMENT_OF_POTATO_HARVESTER_ijariie_2586.pdf

References

1. Protasov A. A. *Funktional'noy podkhod k sozdaniyu lukouborochnoy mashiny*. [Functional approach to onion harvester designing]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V. P. Goryachkina»* = Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin». 2011;(2 (47)):37-43. (In Russ.).
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20231280>
2. Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Aksenov A. G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019;58(2):63-75.
URL: <http://oaji.net/articles/2019/1672-1567792772.pdf>
3. Sorokin A. A. *Teoriya i raschet kartofeleuborochnykh mashin: monografiya*. [Theory and calculation of potato harvesting machines: monograph]. Moscow: VIM, 2006. 159 p.
URL: <http://vniiesh.ru/results/katalog/2342/16135.html>
4. Kostenko M. Yu., Kostenko N. A. *Veroyatnostnaya otsenka separiruyushchey sposobnosti elevatora kartofeleuborochnoy mashiny*. [Probabilistic assessment of the separating capacity of the potato harvester elevator]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2009;(12):4. (In Russ.).
5. Sibirev A. V., Aksenov A. G., Dorokhov A. S. *Utochnennyy raschet separiruyushchey poverkhnosti mashiny dlya uborki luka*. [Proximate Design of Onion Harvester Separating Surface]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii* = Agricultural Machinery and Technologies. 2018;12(3):28-31. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-12-3-28-31>
6. Sibirev A. V., Aksenov A. G., Mosyakov M. A. *Obosnovanie konstruktivnykh i tekhnologicheskikh parametrov separiruyushchego prutkovogo transportera s assimetrichnym raspolozheniem ellipticheskogo vstryakhivatelya i podderzhivayushchego rolika*. [Determining design and technological parameters of the separating rod conveyor with assymetrical shakers]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina»* = Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin». 2018;(4):15–20. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-4-15-20>
7. Krasnoshchekov N. V. *Agroinzhenernaya strategiya: ot mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva k ego intelektualizatsii*. [Agroengineering strategy: from mechanization of agriculture to its intellectualization!]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2010;(8):5-8. (In Russ.).
8. Kamaletdinov R. R. *Ob"ektno-orientirovannoe imitatsionnoe modelirovanie v srede teorii informatsii (informatsionnoe modelirovanie)*. [Object-oriented imitating modeling in the environment of the information theory (information modeling)]. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya* = Izvestia MAAO. 2012;(14-1):186a-194.
9. Reyngart E. S., Sorokin A. A., Ponomarev A. G. *Unifitsirovannyye kartofeleuborochnyye mashiny novogo pokoleniya*. [Unified potato harvesters of the new generation]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2006;(10):3-5. (In Russ.). Режим доступа: <http://www.avtomash.ru/gur/2006/200610.htm>
10. Sorokin A. A. *Metodika rascheta parametrov kolebyushchegosya lemekha*. [Method of calculating the parameters of the oscillating ploughshare]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2002;(7):25-26. (In Russ.).
11. Hevko R. B., Tkachenko I. G., Synii S. V. Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters. *INMATEH-agricultural engineering*. 2016;49(2):53-60. URL: https://www.researchgate.net/publication/316672786_Development_of_design_and_investigation_of_operation_processes_of_small-scale_root_crop_and_potato_harvesters
12. Farhadi R., Sakenian N., Azizi P. Design and construction of rotary potato grader, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2012;8(2):304-314.
URL: https://www.researchgate.net/publication/266550697_Design_and_construction_of_rotary_potato_grader_part_I
13. Natenadze N. The design and theoretical justification of a vibratory digger shovel. Scientific technical union of mechanical engineering Bulgarian association of mechanization in agriculture. 2016;62(1):9-11.
URL: <https://stumejournals.com/journals/am/2016/1/9>
14. Aniket U. Dongre, Rahul Battase, Sarthak Dudhale, Vipul R. Patil, Deepak Chavan. Development of Potato Harvesting Model, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2017;10(4):1567-1570.
URL: <https://www.irjet.net/archives/V4/i10/IRJET-V4I10288.pdf>
15. Bangar V. T., Jadhav S. R., Patil K. D., Biradar V. U., Ostwal R. S. Design and development of potato harvester. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*. 2016;2(3):3343-3347. URL: http://www.ijariie.com/AdminUploadPdf/DESIGN_AND_DEVELOPMENT_OF_POTATO_HARVESTER_ijariie_2586.pdf

Сведения об авторах

Дорохов Алексей Семенович, доктор техн. наук, член-корреспондент РАН, зам. директора по научно-организационной работе, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4758-3843>

✉ **Сибирёв Алексей Викторович**, доктор техн. наук, ст. научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9442-2276>, e-mail: sibirev2011@yandex.ru

Аксенов Александр Геннадьевич, кандидат техн. наук, вед. научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9546-7695>

Сазонов Николай Викторович, мл. научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4899-9197>

Information about the authors

Alexey S. Dorokhov, DSc in Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for scientific and organizational work, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4758-3843>

✉ **Alexey V. Sibirev**, DSc in Engineering, senior researcher, the Department of Technologies and Machines in Vegetable Growing, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9442-2276>, e-mail: sibirev2011@yandex.ru

Alexander G. Aksenov, PhD in Engineering, leading researcher, the Department of Technologies and Machines in Vegetable Growing, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9546-7695>

Sazonov Nikolay Viktorovich, junior researcher, the Department of Technologies and Machines in Vegetable Growing, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4899-9197>

✉ – Для контактов / Corresponding author