



Результаты полевых исследований машины для уборки лука-севка, оснащенной прутковым элеватором с асимметричным расположением встряхивателей

А. С. Дорохов, А. В. Сибирёв*, А. Г. Аксенов

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
(г. Москва, Россия)

*sibirev2011@yandex.ru

Введение. Существующие машины для уборки корнеплодов и лука не обеспечивают качественных показателей сепарации вороха корнеплодов, что и приводит к нарушению агротехнических требований при их уборке. Необходим поиск новых решений по увеличению качественных показателей сепарации корнеплодов, повышению полноты сепарации и снижению повреждений.

Материалы и методы. В статье представлена конструкция машины для уборки лука-севка, оснащенная прутковым элеватором с асимметричным расположением встряхивателей. Описана методика проведения и результаты полевых исследований по определению качественных показателей сепарации вороха лука-севка на экспериментальном прутковом элеваторе.

Результаты исследования. Результаты производственных исследований машины для уборки лука-севка, оснащенной прутковым элеватором с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом, показали качественное выполнение технологического процесса сепарации вороха лука-севка при оптимальных значениях параметров: межсоевое расстояние между эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом 0,36–0,4 м при полноте сепарации 97,0–97,2 % и повреждениями луковиц лука-севка 1,65–1,68 %; поступательная скорость $v_{\text{эл}}$ движения пруткового элеватора с асимметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика 1,6 м/с при полноте сепарации 98,5 % и повреждениях продукции 1,3 %.

Обсуждение и заключение. Применение пруткового элеватора с асимметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика позволяет, в сравнении с симметричным расположением встряхивателей, повысить полноту сепарации луковиц лука-севка на 2,0 %, а повреждения луковиц снизить на 1,1 %.

Ключевые слова: прутковый элеватор, встряхиватели, поступательная скорость движения, качество сепарации, полнота сепарации, повреждения луковиц, лук-севок

Для цитирования: Дорохов, А. С. Результаты полевых исследований машины для уборки лука-севка, оснащенной прутковым элеватором с асимметричным расположением встряхивателей / А. С. Дорохов, А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202001.133-148 // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 133–148.



The Results of Field Tests of an Onion Set Harvesting Machine Equipped with a Shaker Arrangement Asymmetrical Bar Elevator

A. S. Dorokhov, A. V. Sibirev*, A. G. Aksenov

Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Moscow, Russia)

*sibirev2011@yandex.ru

Introduction. Machines for harvesting roots and onions do not provide qualitative indices of root heap separation that leads to violation of technical requirements during harvesting. New solutions are needed to increase the quality of root separation, increase the quality of separation and reduce damage.

Materials and Methods. The article presents the design of the onion set harvesting machine. The machine is equipped with a bar elevator with asymmetrical arrangement of shakers. The technique and results of field research to determine the quality of set onion separation at the experimental rod elevator are described.

Results. The results of production research of the onion set harvesting machine showed qualitative performance of the technological process of separating onion heap at optimal values of parameters: center distance between elliptical shaker and supporting roller 0.36-0.4 m at full separation of 97.0-97.2% and onion damage 1.65-1.68%; forward speed of rod elevator with asymmetrical arrangement of elliptical shaker and supporting roller 1.6 m/s at full separation of 98.5% and bulb damage 1.3%.

Discussion and Conclusion. The use of a bar elevator with an asymmetrical arrangement of the elliptical shaker and support roller allows, in comparison with the symmetrical arrangement of shakers, an increase in bulb separation by 2.0% and a decrease in onion damage by 1.1%.

Keywords: bar elevator, shakers, progressive speed, separation quality, full separation, bulb damage, set onion

For citation: Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. The Results of Field Tests of an Onion Set Harvesting Machine Equipped with a Shaker Arrangement Asymmetrical Bar Elevator. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2020; 30(1):133-148. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.030.202001.133-148>

Введение

В машинной технологии возделывания и уборки корнеплодов и лука одним из важнейших показателей качества, определяющих длительность хранения корнеплодов, является наличие в закладываемом на хранение ворохе почвенных и растительных примесей [1; 2].

Достижение заданных агротехнических требований обеспечивается при предельно допустимых жестких режимах работы комкоразрушающих и просеивающих сепарирующих устройств машин для уборки корнеплодов и лука с целью разрушения непроходowych почвенных комков и приводит к повышенным повреждениям и потерям сепарируемой продукции.

Невозможность отделения почвенных комков из вороха корнеплодов и лука обусловлена тем, что на большинстве уборочных машин применяют щелевые сепарирующие рабочие органы, при этом межпрутковое расстояние сепарирующего транспортера с целью исключения потерь корнеплодов выполнено меньше минимального размера сепарируемого корнеплода, что приводит к невозможности их очистки на сепарирующих рабочих органах уборочных машин, а следовательно, к травмированию значительной части товарной продукции и потерям при хранении значительной части выращенного урожая.

Отсутствие и недостаточная эффективность способов решения проблемы

отделения почвенных комков от товарной продукции корнеплодов и лука на сепарирующих рабочих органах уборочных машин как в первой, так и во второй фазе уборки приводит к широкому применению ручного труда на операции послеуборочной доработки, что увеличивает себестоимость производства продукции.

В результате проведенного анализа технологий и технических средств машинной уборки корнеплодов и лука выявлены основные способы и средства, способствующие снижению количества почвенных комков в товарной продукции корнеплодов и лука при их машинной уборке и имеющие свои положительные стороны и недостатки.

Качественные показатели уборки определяются тем, насколько качественно выполнены предыдущие технологические операции.

При уборке лука очень важно поддерживать почву во взрыхленном состоянии в связи с тем, что применяемые на сепарации щелевые рабочие органы не способны отделить почвенные примеси от лукович, так как он имеет небольшие размеры, что затрудняет сепарацию почвенных примесей [3–5].

Выявленные недостатки известных способов и технических средств снижения содержания почвенных примесей в товарной продукции корнеплодов и лука не дают оснований исключать их из практики исследовательской работы и считать пройденным этапом.

Однако следует сделать вывод о том, что современные технологии и технические средства уборки корнеплодов и лука не способны обеспечить получение качественной товарной продукции при минимальных трудозатратах, что обусловлено отставанием или отсутствием в разработке технологических основ, технологий и рабочих органов уборки корнеплодов и лука, а также метода контроля режимно-технологических показателей работы как в целом уборочной машины, так и ее

рабочих органов, оказывающих определяющее влияние на качественные свойства корнеплодов и лука.

Следовательно, разработка и исследование технологий и технических средств уборки корнеплодов и лука, обеспечивающих получение качественной товарной продукции при минимальных трудозатратах (отделение корнеплодов от соизмеримых почвенных комков), представляет научную проблему, решение которой будет способствовать инновационному развитию внутреннего рынка сельскохозяйственной продукции, устойчивому положению России на внешнем рынке и обеспечит переход к высокопродуктивному производству сельскохозяйственной продукции в результате:

- повышения производительности труда;
- повышения качества продукции;
- снижения себестоимости производства и обеспечения населения России ценной продовольственной продукцией.

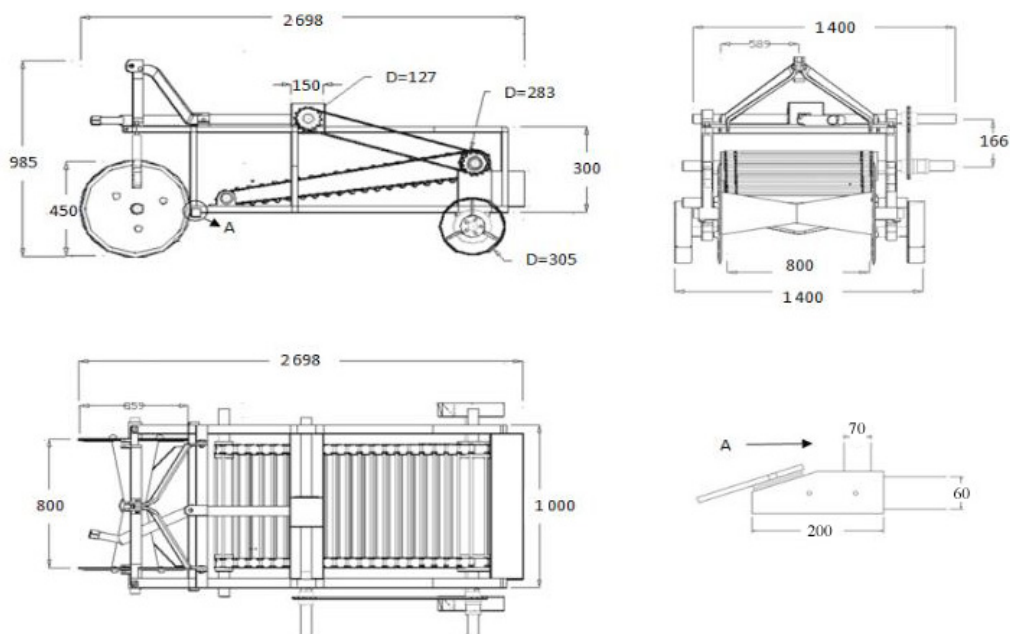
Обзор литературы

Известна машина для уборки корнеплодов с устройством сепарации от почвенно-растительных примесей, выполненным в виде пруткового элеватора (рис. 1), который установлен под углом 10 градусов к горизонту для достижения вертикального подъема сепарируемой продукции на высоту 0,26 м для улучшения очистки [6].

Рабочая скорость полотна пруткового элеватора составляет 2,5 м/с, что приводит при взаимодействии с различными видами встряхивателей к силовому воздействию на обрабатываемый ворох корнеплодов и, следовательно, к повреждению продукции.

Известна конструкция роторного сепарирующего устройства отделения корнеплодов, клубней и лукович от почвенных примесей [7].

Рабочая поверхность данного сепарирующего устройства выполнена по спирали, образованной стальными



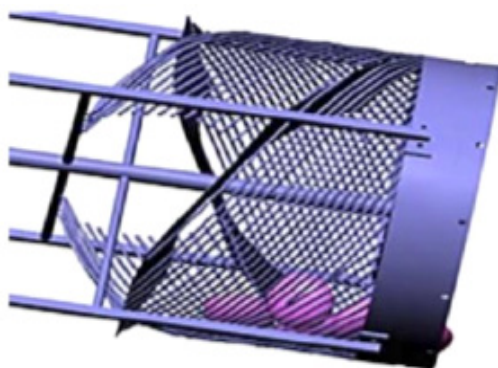
Р и с. 1. Общий вид машины для уборки корнеплодов
F i g. 1. General view of a machine for harvesting root crops

ми прутками диаметром 9 мм с целью исключения потерь через щелевые отверстия между смежными прутками с расстоянием меньше минимального размера убираемого корнеплода (рис. 2).

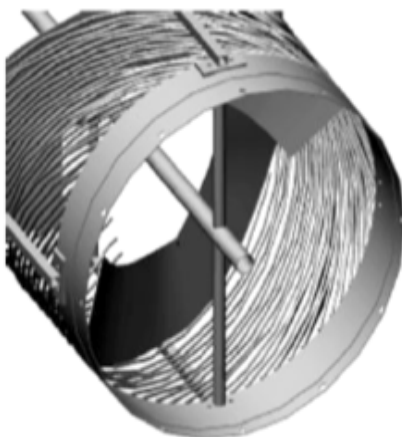
Крепление прутков на сепарируемом роторе осуществляется установкой

последних на обечайке ротора, общий вид которой представлен на рисунке 3.

Результаты исследований разработанного сепарирующего устройства при значении установленных технологических параметров свидетельствуют о том, что процент механических по-



Р и с. 2. Общий вид роторного сепарирующего устройства
F i g. 2. General view of the rotary separating device



Р и с. 3. Общий вид обечайки роторного сепарирующего устройства

F i g. 3. General view of the shell rotor separating device

вреждений клубней картофеля составляет около 4 %, что не соответствует современным требованиям качественных показателей уборки по повреждениям (не более 2 %).

Наличие данных повреждений обусловлено воздействием на клубни картофеля вертикальной составляющей силы тяжести и силы трения клубней о поверхность стальных прутков [8].

Известна комбинированная система очистки корнеплодов от механических примесей уборочной машины (рис. 4), состоящая из сочетания подающего конвейера 1, фрикционной горки 2, эллиптической щелевой поверхности, образуемой батареей эллиптических роликов 3 с нанесенным резиновым покрытием 4, закрепленных на приводном валу 5 и расположенных по образующим 6 и 7 винтовой поверхности [9; 10].

Для интенсификации очистки корнеплодов на эллиптической щелевой поверхности в конструкции сепарирующей системы на приводном валу 8 размещен барабан 9 с упругими элементами 10.

Материалы и методы

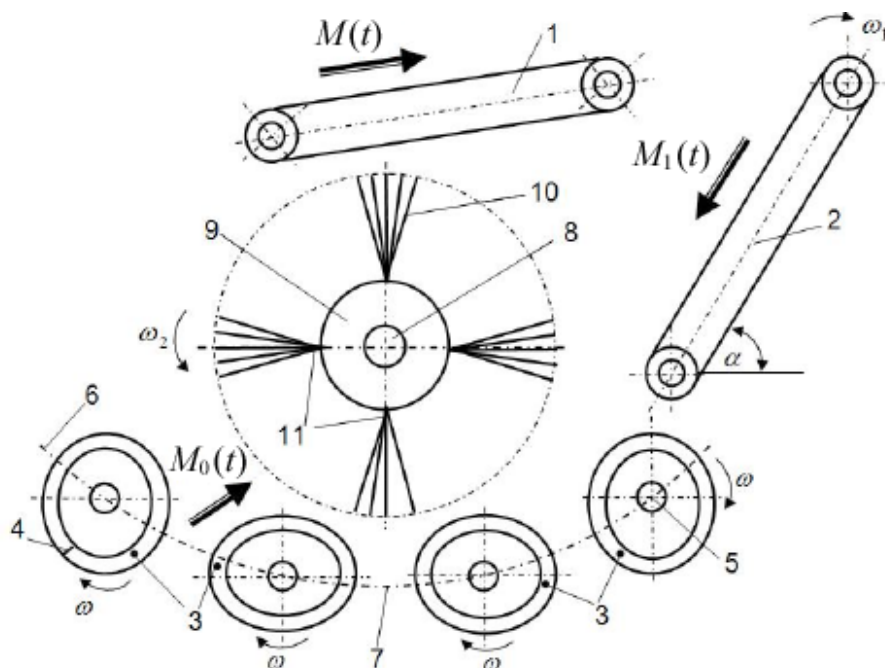
Результаты исследований в области механизации технологических процессов уборки различных видов

корнеклубнеплодов и лука позволили разработать сепарирующий прутковый элеватор с асимметричным расположением встряхивателей, изображенный на рисунке 5 [11].

Результаты проведенных исследований пруткового элеватора с асимметричным расположением встряхивателей в лабораторных условиях позволили определить факторы и интервалы их варьирования, оказывающие определяющее влияние на качественные показатели работы исследуемого устройства для очистки корнеклубнеплодов и луковиц от почвенно-растительных примесей.

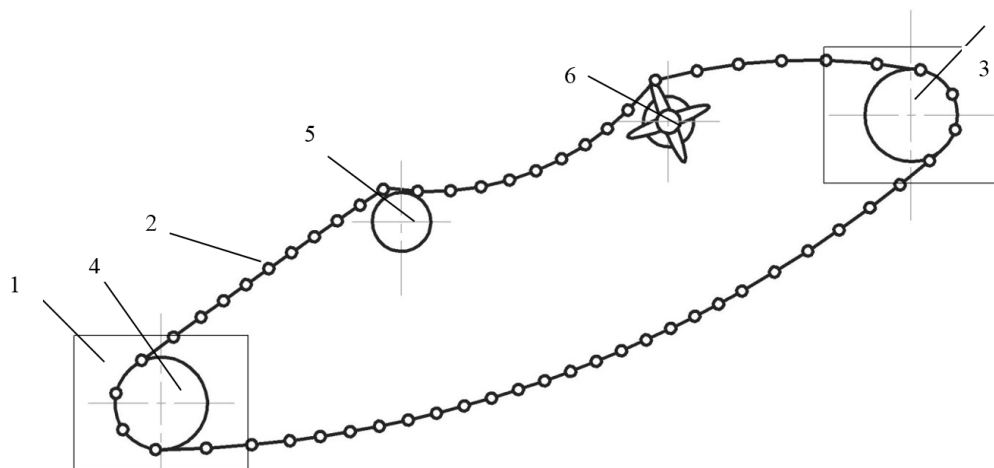
Согласно лабораторным исследованиям известно, что максимальная полнота сепарации вороха лука-севка составляет 98 % при поступательной скорости движения полотна пруткового элеватора $v_{эл} = 1,55 \dots 1,68$ м/с, подаче вороха лука-севка $Q_{вп} = 19,7 \dots 27,1$ кг/с и межосевого расстояния между пассивным эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом находится в пределах $S = 0,29 \dots 0,42$ м [12].

С целью подтверждения влияния исследуемых факторов и определенных уровней их варьирования на качественные показатели уборки лука-севка в полевых условиях были проведены



Р и с. 4. Схема комбинированной системы очистки корнеплодов: 1 – конвейер подающий; 2 – горка фрикционная; 3 – батарея эллиптических роликов; 4 – покрытие роликов; 5, 8 – валы приводные; 6, 7 – образующая винтовой поверхности; 9 – барабан; 10 – упругие элементы

F i g. 4. Scheme of the combined root cleaning system: 1 – feeding conveyor; 2 – friction slide; 3 – battery of elliptical rollers; 4 – roller cover; 5, 8 – drive shafts; 6, 7 – screw surface; 9 – drum; 10 – elastic elements



Р и с. 5. Схема сепарирующего пруткового элеватора с асимметричным расположением встряхивателей: 1 – рама; 2 – прутковый элеватор; 3 – ведущий ролик; 4 – ведомый ролик; 5 – поддерживающий ролик; 6 – встряхиватель

F i g. 5. Scheme of separating rod elevator with asymmetrical arrangement of shakers: 1 – frame; 2 – bar elevator; 3 – driving roller; 4 – driven roller; 5 – support roller; 6 – shaker

исследования машины для его уборки, оснащенной прутковым элеватором с асимметричным расположением встряхивателей. Исследования проводились в соответствии с методикой СТО АИСТ 8.7-2013¹.

При определении качественных показателей сепарации определялись следующие показатели:

- повреждения луковиц лука-севка (1);
- полнота сепарации вороха лука-севка (2).

Повреждения луковиц определяли по формуле:

$$П = \frac{G_{пов}}{G_{ст} - G_{пов}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $G_{пов}$ – масса поврежденных стандартных луковиц в ворохе, кг; $G_{ст}$ – масса сепарируемых луковиц в ворохе, кг.

Полноту сепарации вороха лука-севка определяли по формуле:

$$v = \frac{v_{п}^И - v_{п}^К}{v_{п}^И} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $v_{п}^И$ – масса почвенных примесей в исходном ворохе, кг; $v_{п}^К$ – масса почвенных примесей в контейнере (невыделенные примеси), кг.

Для оценки качества выполнения технологического процесса уборки лука были проведены исследования качественных показателей работы машины для уборки лука-севка на полях ЗАО «Озёры» (Московская обл.).

Из проведенного анализа и оценки качества работы машин для уборки луковиц следует, что обеспечить требуемую чистоту сходового вороха для закладки на хранение при возделывании лука-севка в условиях по прямоточной технологии невозможно.

Процент поврежденных луковиц, потерь и наличия почвенных примесей, даже при установке рекомендуемых режимов, значительно превышает агротехнические требования, что подтверждает общий вид вороха лука-севка, поступающий на послеуборочную обработку.

Определение фракционного состава вороха лука-севка, поступающего на послеуборочную обработку, позволило выявить повышенное содержание почвенных примесей в ворохе до 75 %, что



Р и с. 6. Общий вид вороха лука-севка, поступающего на послеуборочную обработку

F i g. 6. General view of a heap of onion sets delivered to post-harvest processing

¹ СТО АИСТ 8.7-2013. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки овощных и бахчевых культур. Методы оценки функциональных показателей. URL: <http://docs.cntd.ru/document/555625983> (дата обращения: 27.02.2020).

затрудняет функционирование сепарирующих органов при последующих операциях послеуборочной обработки и при взаимодействии луковиц с твердыми почвенными комками приводит к увеличению повреждений луковиц и к значительным потерям товарной продукции при хранении.

Результаты определения фракционного состава комков почвы в ворохе лука-севка обрабатывались на электронно-вычислительной машине (ЭВМ) и представлены в виде гистограммы, изображенной на рисунке 7. Они подтверждают невозможность отделения почвенных комков от луковиц лука-севка на сепарирующих рабочих органах уборочных машин в связи с тем, что щелевое расстояние между прутками выполнено меньше минимального размера корнеплода, выделение соизмеримых почвенных комков на щелевых рабочих органах (прутковые транспортеры и грохоты) невозможно.

Полевые исследования сепарирующего пруткового элеватора с асимметричным расположением встряхивателей машины для уборки лука проводились на

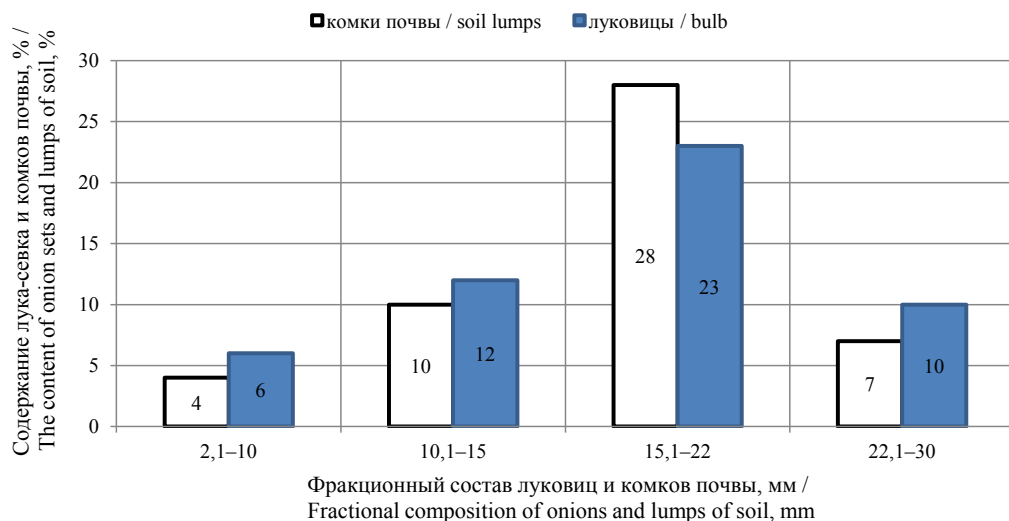
полях ЗАО «Озёры» (Московская обл.) в 2017 г. на уборке лука сорта «Штутгартен Ризен».

Результаты исследования

Методика проведения лабораторно-полевых исследований машины для уборки лука-севка, оснащенной прутковым элеватором с асимметричным расположением встряхивателей, заключается в следующем.

При проведении исследований сепарирующего пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом, установленного на самоходном комбайне «Амас-ZM2», определялись физико-механические свойства почвы, а также определялись показатели качества сепарации вороха лука-севка. Почва на выбранном для проведения исследований участке – среднесуглинистый чернозем, рельеф поля ровный, контур поля близкий к прямоугольной форме, длина гона 350 м.

При определении оптимального значения исследуемого фактора при производственных исследованиях остальные факторы оставались неизменными: рав-



Р и с. 7. Размерно-массовая характеристика комков почвы в ворохе лука-севка

F i g. 7. Dimensional mass characteristic of soil lumps in a heap onion sets

ными оптимальным значениям, определенным при лабораторно-полевых исследованиях.

В процессе производственных исследований пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом технологические параметры устанавливались в интервале значений, полученных при лабораторных исследованиях, а именно: межсоевое расстояние S_5 в пределах 0,34...0,42 м с интервалом варьирования 0,02 м. Поступательная скорость движения полотна пруткового элеватора $v_{эл}$ изменялась в пределах от 1,0 м до 1,8 м/с с интервалом варьирования 0,2 м/с.

Исключение составляют лишь те факторы, оптимальные значения которых в лабораторно-полевых условиях исследовать не удалось, к числу данных факторов принадлежат глубина погружения в почву подкапывающего лемеха $h_{л}$ и поступательная скорость движения машины для подбора лука-севка из валков $v_{к}$.

Кроме того, с целью исследования влияния величины подачи $Q_{Вэл}$ вороха лука-севка на качество сепарации пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом изменялись поступательная скорость движения машины для уборки лука-севка $v_{п}$, а также глубина погружения подкапывающего лемеха в почву $h_{л}$.

Поступательная скорость движения машины для подбора лука-севка $v_{к}$ изменялась в пределах от 1,0 до 1,8 м/с с интервалом варьирования в 0,2 м/с; глубина погружения подкапывающего лемеха в почву $h_{л}$ изменялась в интервале 0,02...0,06 м с шагом варьирования 0,01 м.

При определении оптимальной скорости движения машины для подбора лука-севка $v_{к}$ глубина погружения подкапывающего лемеха в почву $h_{л}$ устанавливалась в пределах 0,02 м, согласно исследованиям К. З. Кухмазова², Н. П. Ларюшина³, А. М. Ларюшина [13], А. А. Протасова [4], Э. С. Рейнгарта [14; 15], В. А. Хвостова⁴ [16].

Качество работы пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом определялось следующим образом.

В начале учетной делянки при безостановочном движении самоходного комбайна I (рис. 8) по сигналу под сепарирующий прутковый элеватор подставляли брезент, в который собиралась вся убранная масса.

В процессе прохождения делянки за комбайном разматывался брезент, на который попадал ворох после сепарации. Далее производился отбор проб с поверхности брезента со всей территории учетной делянки. При этом определялся фракционный состав вороха, в котором учитывались: луковичи, свободная почва и почва, связанная с луковичами.

Исследование технологического процесса работы пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом в лабораторно-полевых условиях проводилось при варьировании факторов в следующих пределах:

- поступательная скорость движения полотна пруткового элеватора $v_{эл} = 1,55...1,67$ м/с;

- межсоевое расстояние между эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом $S_5 = 0,23...0,42$ м.

² Ларюшин Н. П., Кухмазов К. З. Теоретические и экспериментальные исследования битерного теребильного аппарата на выкопке лука: монография. Пенза: Полиграфист, 1996. 320 с.

³ Там же.

⁴ Хвостов В. А., Рейнгарт Э. С. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет). М., 1996. 350 с.

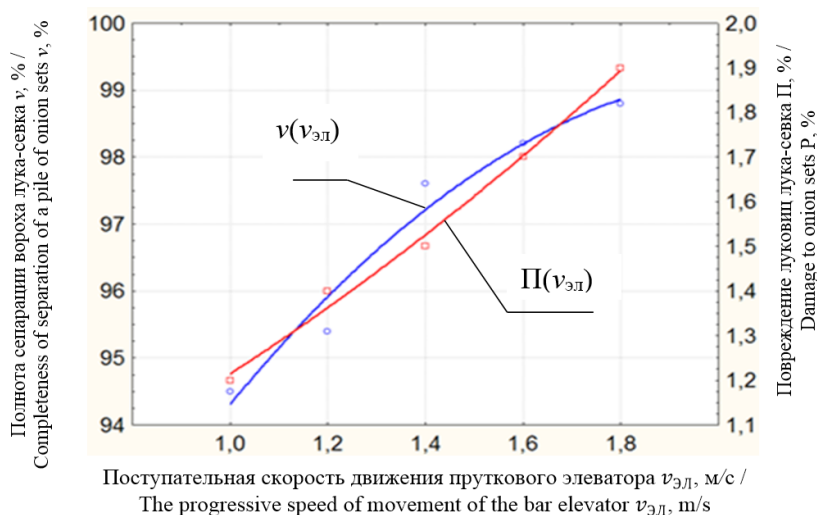


Р и с. 8. Общий вид уборочного агрегата для подбора лука-севка из валков в работе, оснащенного прутковым элеватором с асимметричным расположением встряхивателей:
1 – комбайн самоходный «Амаз-ЗМ2»; 2 – автомобиль «КамАЗ 4539»

F i g. 8. General view of the harvesting unit for the selection of onion sets from rolls in operation, equipped with a rod-type elevator with an asymmetric arrangement of shakers:
1 – Amac-ZM2 combine; 2 – KamAZ 4539 truck

Результаты исследований поступательной скорости движения пруткового элеватора $v_{эл}$ с асимметричным расположением эллиптического встряхивате-

ля и поддерживающего ролика (рис. 9) на качественные показатели уборки в производственных условиях свидетельствуют о том, что оптимальное



Р и с. 9. Зависимость полноты сепарации v , %, и повреждений луковиц лука-севка P , %, сепарирующего пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом от поступательной скорости движения полотна пруткового элеватора $v_{эл}$

F i g. 9. The dependence of the completeness of separation v , %, and damage to onions sets P , %, of separating bar elevator with asymmetrically mounted elliptical shaker and support roller on the translational speed of the movement of the bar of the elevator $v_{эл}$

значение исследуемого фактора соответствует значению 1,6 м/с при полноте сепарации 98,5 % и повреждении продукции 2,3 %.

Соотношение качественных показателей (v и Π) уборки лука-севка и поступательной скоростью $v_{\text{эл}}$ определяется корреляционной зависимостью, которая выражается уравнением параболических функций:

$$\begin{cases} v = 92,38 + 2,08 \cdot v_{\text{эл}} + 0,15 \cdot v_{\text{эл}}^2, \\ \Pi = 1,04 + 0,12 \cdot v_{\text{эл}} + 0,04 \cdot v_{\text{эл}}^2. \end{cases} \quad (3)$$

Корреляционная связь между качественными показателями уборки лука-севка (полнотой сепарации v , %, и повреждениями луковиц лука-севка Π , %) и межосевого расстояния S_5 между эллиптическим встряхивателем и поддер-

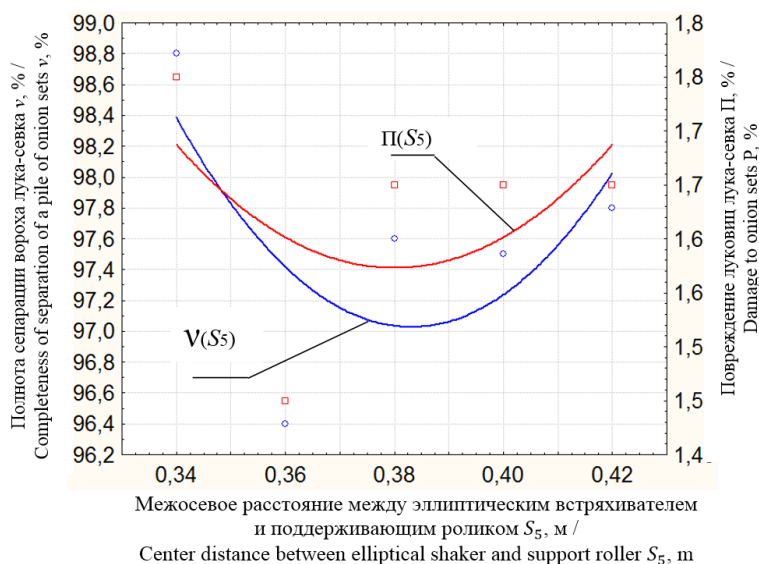
живающим роликом выражается уравнением:

$$\begin{cases} v = 99,94 - 1,84 \cdot S_5 + 0,15 \cdot S_5^2, \\ \Pi = 1,04 + 0,12 \cdot S_5 + 0,04 \cdot S_5^2. \end{cases} \quad (4)$$

Оптимальное значение межосевого расстояния S_5 между эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом согласно графику, представленному на рисунке 8, находится в интервале значений 0,36–0,4 м при полноте сепарации 97,0–97,2 % и повреждениями луковиц лука-севка 1,65–1,68 %.

Увеличение данного параметра пруткового элеватора приводит к ухудшению качественных показателей работы.

Корреляционная связь между качественными показателями технологического процесса работы машины



Р и с. 10. Зависимость полноты сепарации v , %, и повреждений луковиц лука-севка Π , %, пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом от межосевого расстояния между эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом S_5

Fig. 10. The dependence of the quality of separation v , %, and damage to onion sets P , %, bar elevator with an asymmetrically mounted elliptical shaker and support roller on the center distance between the elliptical shaker and support roller S_5

для уборки лука-севка, оснащенной прутковым элеватором с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом, от глубины h_L погружения подкапывающего лемеха в почву выражается уравнением параболических функций:

$$\begin{cases} v = 100,76 - 2,74 \cdot h_L + 0,31 \cdot h_L^2, \\ \Pi = 2,88 - 0,04 \cdot h_L + 0,04 \cdot h_L^2. \end{cases} \quad (5)$$

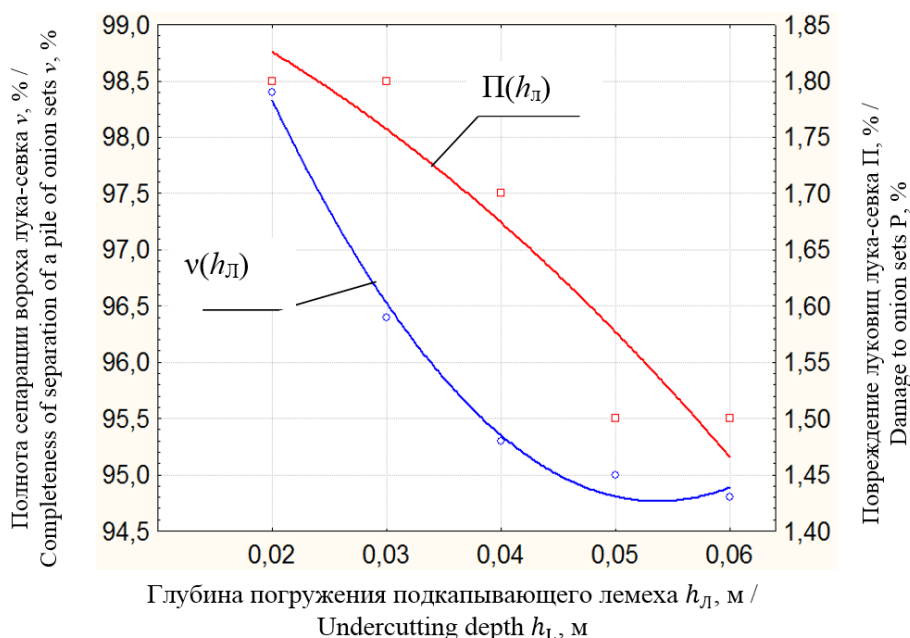
Анализируя график (рис. 11), можно сказать, что высокое качество сепарации вороха лука-севка более 98 % обеспечивается при глубине подкапывания лемеха 0,02 м, при увеличении глубины подкапывания полнота сепарации вороха лука-севка значительно снижается.

Данное обстоятельство объясняется повышением относительно оптимальной подачи вороха лука-севка, определенной в лабораторных условиях для исследуемого пруткового элеватора.

Наименьшие показатели повреждения лукович лука-севка (менее 2,5 %) достигаются при наибольшей глубине подкапывания подкапывающего лемеха в почву 0,06 м/с, что объясняется наличием почвенной прослойки между прутками элеватора и сепарируемой продукцией лука.

Обсуждение и заключение

Результаты проведенных производственных исследований машины для подбора лука-севка, оснащенной прутковым элеватором с асимметрично установленными эллиптическим



Р и с. 11. Зависимость полноты сепарации v , %, и повреждений лукович лука-севка P , %, сепарирующего пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом от глубины погружения подкапывающего лемеха в почву h_L

F i g. 11. The dependence of the quality of separation v , %, and damage to onions P , %, of the separating bar elevator with asymmetrically mounted elliptical shaker and support roller on the depth of the immersing plowshare immersed in the soil h_L

встряхивателем и поддерживающим роликом, показали качественное выполнение технологического процесса сепарации вороха лука-севка при оптимальных значениях параметров:

– межжосевое расстояние S_5 между эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом 0,36–0,4 м при полноте сепарации 97,0–97,2 % и повреждениями луковок лука-севка 1,65–1,68 %;

– поступательная скорость $v_{эл}$ движения пруткового элеватора с асимметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика 1,6 м/с при полноте сепарации 98,5 % и повреждениях продукции 1,3 %;

– глубина подкапывания $h_{л}$ подкапывающего лемеха равна 0,02 м при полноте сепарации вороха лука-севка более 98 % и повреждении продукции менее 1,5 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сибирёв, А. В. Полевые исследования катка-ложеобразователя машины для уборки лука / А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов, П. А. Емельянов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 8. – С. 15–21. URL: https://mospolytech.ru/storage/f033ab37c30201f73f142449d037028d/files/Traktory_i_selhozmashiny_No8_2017_dlya_sajta.pdf (дата обращения: 27.02.2020). – Рез. англ.
2. Сибирёв, А. В. Повышение эффективности уборки лука качественной заделкой посадочного материала при посадке в борозде / А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3 (24). – С. 31–36. URL: [http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/892/vestnik-2018-3\(43\).pdf](http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/892/vestnik-2018-3(43).pdf) (дата обращения: 27.02.2020). – Рез. англ.
3. Лобачевский, Я. П. Устойчивость системы управления процессом сепарации клубненосной массы картофелеуборочного комбайна / Я. П. Лобачевский, В. И. Славкин, С. В. Белов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 3. – С. 12–14.
4. Протасов, А. А. Особенности однофазной уборки лука-репки / А. А. Протасов // Научное обозрение. – 2017. – Т. 13, № 19. – С. 79–84. URL: http://www.sced.ru/ru/index.php?option=com_content&view=article&id=625:nauchnoe-obozenie-19-2017&catid=39&Itemid=156 (дата обращения: 27.02.2020). – Рез. англ.
5. Измайлов, А. Ю. Средства автоматизации для управления сельскохозяйственной техникой / А. Ю. Измайлов, В. К. Хорошенков, В. А. Колесникова [и др.]. – DOI 10.22314/2073-7599-2017-3-3-9 // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 3. – С. 3–9. URL: <https://www.vimsmit.com/jour/article/view/188> (дата обращения: 27.02.2020). – Рез. англ.
6. Younus, A. Performance Evaluation of Root Crop Harvesters / A. Younus, P. R. Jayan // International Journal of Engineering Research and Development. – 2015. – Vol. 6. – Pp. 38–52. URL: http://www.ijerd.com/paper/vol11-issue6/Version_1/F1163852.pdf (дата обращения: 27.02.2020).
7. Farhadi, R. Design and Construction of Rotary Potato Grader. (Part I) / R. Farhadi, N. Sakenian, P. Azizi // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2012. – Vol. 18, issue 2. – Pp. 304–314. URL: <http://www.agrojournal.org/18/02-21-12.pdf> (дата обращения: 27.02.2020).
8. Storozhuk, I. M. Research Results of Harvesting Haulm Remnants of Root Crops / I. M. Storozhuk, V. R. Pankiv // INMATEH – Agricultural Engineering. – 2015. – Vol. 46, issue 2. – Pp. 101–108. URL: https://www.researchgate.net/publication/286121902_Research_results_of_harvesting_haulm_remnants_of_root_crops (дата обращения: 27.02.2020).
9. Baranovsky, V. M. Investigation of the Structural Model of Adapted Machine for Harvesting Root Crop / V. M. Baranovsky, M. R. Pankiv, V. V. Teslyuk // Innovative Solutions in Modern Science. – 2016. – Vol. 8, issue 8. – Pp. 1–10. URL: <https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/991> (дата обращения: 27.02.2020).
10. Dubrovin, V. G. Identification of the Development Process Adapted Machines for Harvesting Root Crops / V. G. Dubrovin, G. Golub, V. M. Baranovskiy [et al.] // MOTROL – Engineering Sciences. – 2013. – Vol. 15. – Pp. 243–255.

11. Патент № 2638190 Российская Федерация, МПК A01D 17/10 (2006.01), A01D 33/08 (2006.01). Сепарирующий транспортер корнеклубнеуборочной машины : № 2017107814 : заявл. 10.03.2017 : опубл. 12.12.2017 / Сибирёв А. В., Аксенов А. Г., Колчин Н. Н. [и др.] ; Патентообладатель ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». – 4 с. : ил. URL: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2638190&TypeFile=html (дата обращения: 27.02.2020). – Рез. англ.
12. Сибирёв, А. В. Результаты экспериментальных исследований сепарации вороха лука-севка на прутковом элеваторе с асимметрично установленными встряхивателями / А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков. – DOI 10.15507/2658-4123.029.201901.091-107 // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29, № 1. – С. 91–107. URL: <http://vestnik.mrsu.ru/index.php/ru/article/es2/81-19-1/682-10-15507-0236-2910-029-201901-7> (дата обращения: 27.02.2020). – Рез. англ.
13. Ларюшин, Н. П. Теоретическое обоснование конструктивных и режимных параметров вальцово-битерного подбирающего устройства / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин // Нива Поволжья. – 2009. – № 1 (10). – С. 82–87. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoreticheskoe-obosnovanie-konstruktivnyh-i-rezhimnyh-parametrov-valtsovo-biternogo-podbirayuschego-ustroystva> (дата обращения: 27.02.2020).
14. Рейнгарт, Э. С. Машина ЛКГ-1,8 повышенной производительности для уборки лука / Э. С. Рейнгарт, И. И. Мейлахс, В. Г. Раскатов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 1986. – № 8. – С. 44–45.
15. Рейнгарт, Э. С. Машины для уборки и послеуборочной обработки лука в Японии / Э. С. Рейнгарт, И. М. Мейлахс // Тракторы и сельхозмашины. – 1981. – № 6. – С. 38–40.
16. Хвостов, В. А. Тенденция развития машин для уборки столовых корнеплодов за рубежом / В. А. Хвостов, А. А. Ключко // Тракторы и сельхозмашины. – 1983. – № 6. – С. 35–37.

Поступила 15.04.2019; принята к публикации 12.06.2019; опубликована онлайн 31.03.2020

Об авторах:

Дорохов Алексей Семёнович, заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), доктор технических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, Researcher ID: H-4089-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>, dorokhov@rgau-msha.ru

Сибирёв Алексей Викторович, старший научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), кандидат технических наук, Researcher ID: M-6230-2016, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9442-2276>, sibirev2011@yandex.ru

Аксенов Александр Геннадьевич, заведующий отделом технологий и машин в овощеводстве ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), кандидат технических наук, Researcher ID: V-5572-2017, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9546-7695>, 1053vim@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

А. С. Дорохов – научное руководство, формулирование основной концепции исследования; А. В. Сибирёв – литературный и патентный анализ, подготовка начального варианта текста и формирование выводов, редактирование текста; А. Г. Аксенов – проведение критического анализа экспериментальных и теоретических исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Emelyanov P.A., et al. Field Research of a Roller-Scraper Bar Machine for Harvesting Onions. *Traktory i selkhoz mashiny* = Tractors and Agricultural Machinery. 2017; (8):15-21. Available at: https://mospolytech.ru/storage/f033ab37c30201f73f142449d037028d/files/Traktory_i_selkhoz mashiny_No8_2017_dlya_sajta.pdf (accessed 27.02.2020). (In Russ.)
2. Sibirev A.V., Aksenov A.G. Efficiency Increase of Onion Harvesting by Proper Embedding of Seeding Material in the Seed Furrow. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Ulyanovsk State Agricultural Academy Bulletin. 2018; (3):31-36. Available at: [http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/892/vestnik-2018-3\(43\).pdf](http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/892/vestnik-2018-3(43).pdf) (accessed 27.02.2020). (In Russ.)
3. Lobachevskiy Ya.P., Slavkin V.I., Belov S.V., et al. Sustainability of the Potato Harvester's Tuber Mass Separation Control System. *Selskokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii* = Agricultural Machinery and Technologies. 2012; (3):12-14. (In Russ.)
4. Protasov A.A. Features of One-Phase Harvesting of Bulb Onion. *Nauchnoye obozreniye* = Scientific Review. 2017; 13(19):79-84. Available at: http://www.sced.ru/ru/index.php?option=com_content&view=article&id=625:nauchnoe-obozrenie-19-2017&catid=39&Itemid=156 (accessed 27.02.2020). (In Russ.)
5. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K., Kolesnikova V.A., et al. Automation Facilities for Agricultural Machinery Control. *Selskokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii* = Agricultural Machinery and Technologies. 2017; (3):3-9. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2017-3-3-9>
6. Younus A., Jayan P.R. Performance Evaluation of Root Crop Harvesters. *International Journal of Engineering Research and Development*. 2015; 6:38-52. Available at: http://www.ijerd.com/paper/vol11-issue6/Version_1/F1163852.pdf (accessed 27.02.2020). (In Eng.)
7. Farhadi R., Sakenian N., Azizi P. Design and Construction of Rotary Potato Grader. (Part I). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2012; 18(2):304-314. Available at: <http://www.agrojournal.org/18/02-21-12.pdf> (accessed 27.02.2020). (In Eng.)
8. Storozhuk I.M., Pankiv V.R. Research Results of Harvesting Haulm Remnants of Root Crops. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2015; 46(2):101-108. Available at: https://www.researchgate.net/publication/286121902_Research_results_of_harvesting_haulm_remnants_of_root_crops (accessed 27.02.2020). (In Eng.)
9. Baranovsky V.M., Pankiv M.R., Teslyuk V.V. Investigation of the Structural Model of Adapted Machine for Harvesting Root Crop. *Innovative Solutions in Modern Science*. 2016; 8(8):1-10. Available at: <https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/991> (accessed 27.02.2020). (In Eng.)
10. Dubrovin V.G., Golub G., Baranovskiy V.M., et al. Identification of the Development Process Adapted Machines for Harvesting Root Crops. *MOTROL – Engineering Sciences*. 2013; 15:243-255. (In Eng.)
11. Separating Conveyors for Root and Tuber Harvesters: Patent 2638190 Russian Federation. No. 2017107814; appl. 10.03.2017; publ. 12.12.2017. Bulletin No. 35. Available at: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2638190&TypeFile=html (дата обращения: 27.02.2020). – Рез. англ.
12. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. The Results of the Experimental Study of Onions Separation Using a Rod Elevator with Asymmetric Installed Burners. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2019; 29(1):91-107. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201901.091-107>
13. Laryushin N.P., Laryushin A.M. Theoretical Justification of the Design and Operating Parameters of the Roller-Biter Harvesting Unit. *Niva Povolzhya* = Cornfield of Volga Region. 2009; (1):82-87. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoreticheskoe-obosnovanie-konstruktivnyh-i-rezhimnyh-parametrov-valtsovo-biternogo-podbirayushchego-ustroystva> (accessed 27.02.2020). (In Russ.)
14. Reyngart E.S., Meylakh I.I., Raskatov V.G., et al. LKG-1.8 Extra Productivity Onion Cleaning Machine. *Traktory i selkhoz mashiny* = Tractors and Agricultural Machinery. 1986; (8):44-45. (In Russ.)
15. Reyngart E.S., Meylakh I.M. Onion Cleaning and Post-Harvest Machines in Japan. *Traktory i selkhoz mashiny* = Tractors and Agricultural Machinery. 1981; (6):38-40. (In Russ.)

16. Khvostov V.A., Klochko A.A. Development Trend of Machines for Canteen Root Cleaning Abroad. *Traktory i selkhozmachiny* = Tractors and Agricultural Machinery. 1983; (6):35-37. (In Russ.)

Received 15.04.2019; revised 12.06.2019; published online 31.03.2020

About the authors:

Aleksey S. Dorokhov, Deputy Director on Scientific and Organizational Work, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (5, 1st Institutskiy Proyezd, Moscow 109428, Russia), D.Sc. (Engineering), Professor of Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of RAS, Researcher ID: H-4089-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>, dorokhov@rgau-msha.ru

Alexey V. Sibirev, Senior Researcher of Department of Technology and Machines in Vegetable Production, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (5, 1st Institutskiy Proyezd, Moscow 109428, Russia), Ph.D. (Engineering), Researcher ID: M-6230-2016, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9442-2276>, sibirev2011@yandex.ru

Aleksandr G. Aksenov, Head of Department of Technology and Machines in Vegetable Production, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (5, 1st Institutskiy Proyezd, Moscow 109428, Russia), Ph.D. (Engineering), Researcher ID: V-5572-2017, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9546-7695>, 1053vim@mail.ru

Contribution of the authors:

A. S. Dorokhov – scientific guidance, formulation of the basic research concept; A. V. Sibirev – literary and patent analysis, writing the draft, drawing conclusions, editing the final text; A. G. Aksenov – critical analysis, experimental and theoretical researches.

All authors have read and approved the final manuscript.