

13. Dospikhov B.A. Metodika provedeniya polevogo opyta [Field experiment methodology]. Moscow, Agropromizdat, 1985: 352. (In Rus.)

14. Mazirov M.A., Shein Ye.V., Korchagin A.A. et al. Polevyye issledovaniya svoystv pochv [Field studies of soil properties]. Vladimir: Izd-vo VIGU. 2012: 72. (In Rus.)

15. Dospikhov B.A., Vasil'yev I.P., Tulikov A.M. Praktikum po zemledeliyu [Practical training guide on soil cultivation]. Moscow, KolosS, 1987: 383. (In Rus.)

Критерии авторства

Алдошин Н.В., Васильев А.С., Кудрявцев А.В., Голубев В.В., Алипичев А.Ю. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Алдошин Н.В., Васильев А.С., Кудрявцев А.В., Голубев В.В., Алипичев А.Ю. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 21.01.2020

Опубликована 27.04.2020

Contribution

N.V. Aldoshin, A.S. Vasiliev, A.V. Kudryavtsev, V.V. Golubev, A. Yu. Alipichev performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. N.V. Aldoshin, A.S. Vasiliev, A.V. Kudryavtsev, V.V. Golubev, A. Yu. Alipichev have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on January 21, 2020

Published 27.04.2020

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 621.928.13

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-16-22

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВ НАСЕЛЕНИЯ

ДОРОХОВ АЛЕКСЕЙ СЕМЕНОВИЧ, докт. техн. наук, член-корреспондент РАН, профессор
МОСЯКОВ МАКСИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

E-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

САЗОНОВ НИКОЛАЙ ВИКТОРОВИЧ, аспирант

E-mail: Sazonov_Nikolay@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5.

В статье представлен результат анализа уровня производства картофеля на территории Российской Федерации. Отмечается, что по данным Росстата площади под картофелем в крестьянских (фермерских) хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей за последние годы увеличились в 3,6 раза, а средняя урожайность в России выросла на 61,9% и составила 170,4 ц/га. Одним из сдерживающих факторов более интенсивного увеличения площадей возделывания картофеля является процесс послеуборочной обработки, на который приходится до 70% трудозатрат при ручной сортировке. Повсеместно используемые отечественные картофелесортировальные пункты КСП-15Б, КСП-15В, КСП-25 не способны обеспечить повреждение клубней картофеля в пределах агротехнических требований 1%. В Агроинженерном центре ВИМ была разработана и запатентована конструктивная схема автоматизированной линии для послеуборочной обработки клубней картофеля. Изложен принцип ее действия и технические характеристики. В программе Diagram Designer была построена принципиальная блок-схема подключения камеры высокого разрешения, позволяющей производить сканирование и съемку объектов с большей детализацией. Отмечено, что применение в хозяйствах населения автоматизированного устройства для послеуборочной обработки корнеплодов и картофеля позволит: снизить трудоёмкость работ до 85% за счёт сокращения количества обслуживающего персонала; повысить качество и точность сортирования клубней картофеля по размерному признаку в пределах 95...98%; идентифицировать материал на сортирующей поверхности с учётом внешних его повреждений и примесей перед закладкой картофеля на длительное хранение или его предпродажной подготовке, обеспечив при этом повреждения в пределах агротехнических требований.

Ключевые слова: картофель, сортирование клубней картофеля, посадочные площади, валовый сбор, автоматизированная линия.

Формат цитирования: Дорохов А.С., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. Разработка автоматизированной линии послеуборочной обработки картофеля для хозяйств населения // *Агроинженерия*. 2020. № 2(96). С. 16-22. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-16-22.

DESIGNING AN AUTOMATED LINE FOR POST-HARVEST POTATO PROCESSING TO BE USED IN PRIVATE FARM SMALLHOLDINGS

ALEKSEI S. DOROKHOV, DSc (Eng), Professor

MAKSIM A. MOSYAKOV, PhD (Eng), Senior Research Engineer

E-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

NIKOLAY V. SAZONOV, postgraduate student (Eng)

E-mail: Sazonov_Nikolay@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russian Federation Moscow, 1st Institutsky Proezd Str., 5.

The paper presents the analysis results of the potato production level in the Russian Federation. It is noted that according to the Federal State Statistics Service, the potato planting area of peasant farm enterprises and farms run by sole proprietors has increased in 3.6 times in recent years, and the average yield in Russia has grown by 61.9% and amounted to 170.4 centner/ha. One of the limiting factors for a more intensive increase in potato planting areas is the post-harvest processing, which accounts for up to 70% of the labor involved in manual sorting. The commonly used domestic potato sorting stations KSP-15B, KSP-15V, KSP-25 are not able to provide damage to potato tubers within the agrotechnical requirements of 1%. Researchers of the Agroengineering Center VIM developed and patented a design scheme for an automated line for the post-harvest processing of potato tubers. The paper outlines its operating principle and technical characteristics. Using the Diagram Designer program, the authors made a basic block diagram of connecting a high-resolution camera to provide for more detailed scanning and shooting of objects. It is noted that the use by farms of an automated device for post-harvest processing of root crops and potatoes will decrease the labor intensity by up to 85% by reducing the number of staff; improve the quality and accuracy of sorting potato tubers by size by 95...98%; identify the material on the sorting surface taking into account its external damage and impurities before laying potatoes for long-term storage or its pre-sale preparation, while keeping the amount of damage within the agrotechnical requirements.

Key words: potato, sorting of potato tubers, planting area, gross harvest, automated line.

For citation: Dorokhov A.S., Mosyakov M.A., Sazonov N.V. Designing an automated line for post-harvest potato processing to be used in private farm smallholdings. *Agricultural Engineering*, 2020; 2 (96): 16-22. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-16-22.

Введение. В настоящее время важную роль в повседневном рационе человека играют овощи. Именно они являются основным источником витаминов и жизненно важных элементов для организма человека. Среди овощей картофель является одной из важнейших продовольственных и сырьевых культур. В нашей стране около 90% производимого картофеля приходится на посадочные площади крестьянских хозяйств (ИП) и хозяйств населения.

Одним из ресурсозатратных технологических этапов производства картофеля остаётся процесс послеуборочной доработки продукции перед закладкой на длительное хранение или её предпродажной подготовке [1]. Данное обстоятельство обусловлено повышенной трудоёмкостью работ и значительным количеством привлекаемого обслуживающего персонала.

Несмотря на наличие обширных исследований вопроса интеллектуализации, автоматизации, роботизации и механизации машин для послеуборочной доработки картофеля, в данной области остаются нерешённые проблемы, которые в большинстве случаев связаны с качеством, точностью сортирования клубней картофеля по размерному признаку и внешним его повреждениям.

Для снижения повреждённых клубней картофеля при сортировке, замены ручного труда и более точного разделения

продукции по фракционному составу была разработана, спроектирована и изготовлена экспериментальная автоматизированная линия для послеуборочной доработки клубней картофеля.

Цель исследований – повышение качества сортирования клубней картофеля по размерному признаку, за счёт применения автоматизированной линии для послеуборочной обработки.

Материал и методы. Объектом исследования является процесс послеуборочной доработки корнеплодов и картофеля. Используются методы моделирования и системного анализа.

Информация о современном состоянии производства картофеля в РФ, полученная в ходе статистического анализа, может служить основой для модернизации технологического и технического обеспечения послеуборочных работ в картофелеводстве.

Результаты и обсуждение. Российская Федерация является одним из мировых лидеров по размеру посадочных площадей, занимаемых картофелем, доля в общей используемой сельскохозяйственной площади страны остаётся весьма незначительной – 2,5% (рис. 1) [2, 3]. Начиная с 1993 г. по сегодняшний день наблюдается тенденция сокращения площадей под картофельными посадками (рис. 1).

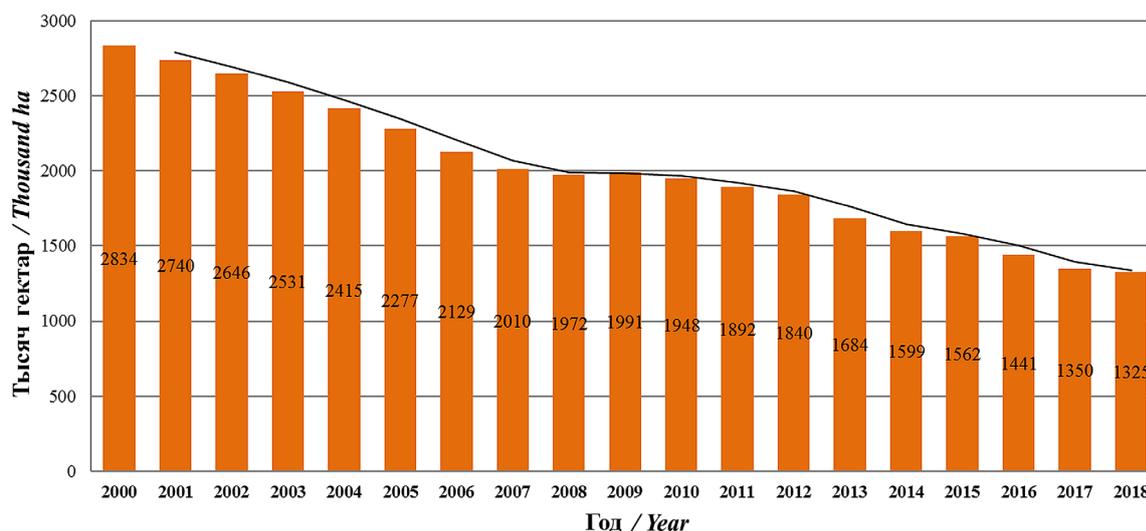


Рис. 1. Тенденция изменения посадочных площадей картофеля по РФ
Fig. 1. Trend of changes in the potato planting area in the Russian Federation

Посадки картофеля во всех категориях хозяйств в 2018 г. составили 1325 тыс. га, что на 63,3% ниже уровня 2000 г. Это произошло за счет уменьшения площадей в хозяйствах населения на 60,5% и в сельскохозяйственных организациях – на 24,7% (рис. 2).

В свою очередь площади под картофелем в крестьянских (фермерских) хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей увеличились в 3,2 раза, о чём свидетельствуют данные Росстата, представленные графически на рисунке 2.

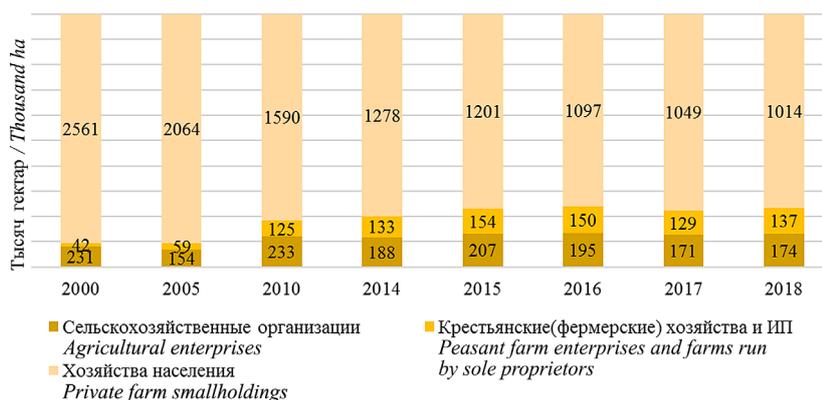


Рис. 2. Посадочные площади картофеля по категориям хозяйств
Fig. 2. Potato planting area by farm categories

Урожайность картофеля в Российской Федерации ниже среднемирового уровня, тем не менее, она имеет тенденцию роста, что отображает диаграмма, представленная на рисунке 3.

В 2018 г. по сравнению с уровнем 2000 г. по данным Росстата средняя урожайность картофеля в России выросла на 61,9% и составила 170,4 ц/га, а увеличение урожая 2018 г. относительно 2017 г. составило 103,2% [4]. Анализируя диаграмму рисунка 4 можно отметить, что основными производителями картофеля остаются хозяйства населения, возделывающие его на небольших участках, что позволяет получить высокую урожайность. Общий объём выращенного картофеля за период с 2000 по 2018 гг. существенно уменьшился в процентном соотношении на 31,3%, а доля картофеля, выращенного в специализированных картофелеводческих хозяйствах за тот же период, увеличилась более чем в 7,5 раз [5]. В современных

условиях повышение валового сбора картофеля в хозяйствах всех категорий возможно на основе существенного увеличения урожайности до 20...25 тонн с гектара [6].

Одним из сдерживающих факторов более интенсивного увеличения объёма валового сбора картофеля и площадей его возделывания является нерешённая проблема послеуборочной доработки. Это обусловлено тем, что послеуборочное сортирование картофельного вороха в основном производится механическим сортированием. Такой способ приводит к травмированию клубней картофеля о рабочие органы, что снижает его качество и приводит к значительным потерям при хранении. Также стоит отметить, что посадка отсортированных клубней по величине является одним из основополагающих требований агротехнологии его выращивания [7]. При этом технологический процесс сортирования является одним из наиболее энергоёмких.

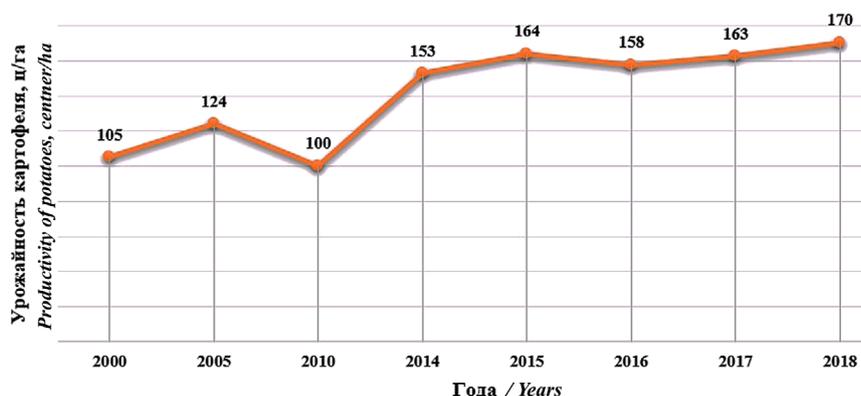


Рис. 3. Урожайность картофеля (всех категорий хозяйств) РФ, ц/га
 Fig. 3. Potato yield (all categories of farms) of the Russian Federation, kg/ha

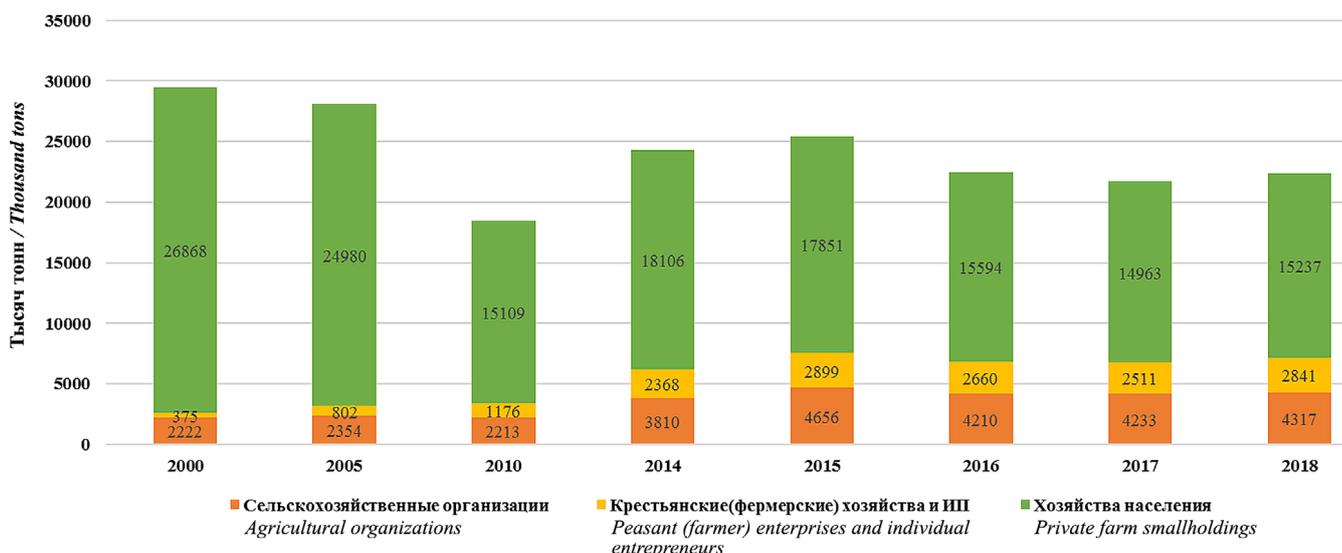


Рис. 4. Валовый сбор картофеля в Российской Федерации
 Fig. 4. Gross harvest of potatoes in the Russian Federation

Высокие урожаи в хозяйствах населения невозможны без применения новых технологий, однако низкий уровень платёжеспособности не позволяет их использовать [8].

Существующие зарубежные автоматизированные линии и устройства для послеуборочной доработки клубней картофеля значительно снижают трудозатраты до 85%, повышают точность сортирования товарных клубней на размерные фракции до 98%, и при этом не имеют отечественных аналогов [8-10]. Однако их стоимость остается высокой для хозяйств населения, и приобретение данных линий становится нерентабельно в связи со сроком их окупаемости. Они рассчитаны на высокую производительность (т/ч) при больших объемах выращиваемого картофеля, что является актуальным для сельскохозяйственных организаций.

Для решения данной проблемы была разработана экспериментальная установка для послеуборочного автоматизированного сортирования клубней картофеля (рис. 5).

Линия для автоматизированного послеуборочного сортирования клубней картофеля состоит из приёмного бункера 1, соединённого с передаточным

транспортёром 2, спирального очистителя вороха 3 и транспортёрного сортировочного устройства 4 с двумя транспортёрными лентами 5, выполненными модульно. Транспортёрное сортировочное устройство 4 имеет систему технического зрения в виде камеры 6, установленной с зоной покрытия всей рабочей поверхности двух транспортёрных лент 5, блок управления 7, исполнительные механизмы 8 с упруго-эластичными рабочими органами, приводимыми в действие электроприводами. Имеются лотки 9 для отвода заболелших и поврежденных корнеклубнеплодов и лотки 10 для отвода их по размерным признакам. Электродвигатели 11 приводят передаточные транспортёры 2, спиральные очистители вороха 3 и транспортёрное сортировочное устройство 4.

Приёмный бункер 1, передаточный транспортёр 2, и очиститель вороха 3 предназначены для приёма обрабатываемой продукции и подготовки её к сортировке – разделению по размерному признаку.

Транспортёрное сортировочное устройство 4 с двумя транспортёрными лентами 5 предназначено для разделения клубней картофеля, корней и плодов овощей. Поверхность транспортёрных лент 5 представляет собой

транспортёрную ленту с направленным рельефом, типа ёлочки, для равномерного распределения корнеклубнеплодов на её поверхности, что способствует более детальному считыванию камерой технического зрения 6

основных линейных размеров и точному перемещению корнеклубнеплодов в лотки 9 и 10 исполнительными механизмами 8 с упруго-эластичными рабочими органами.

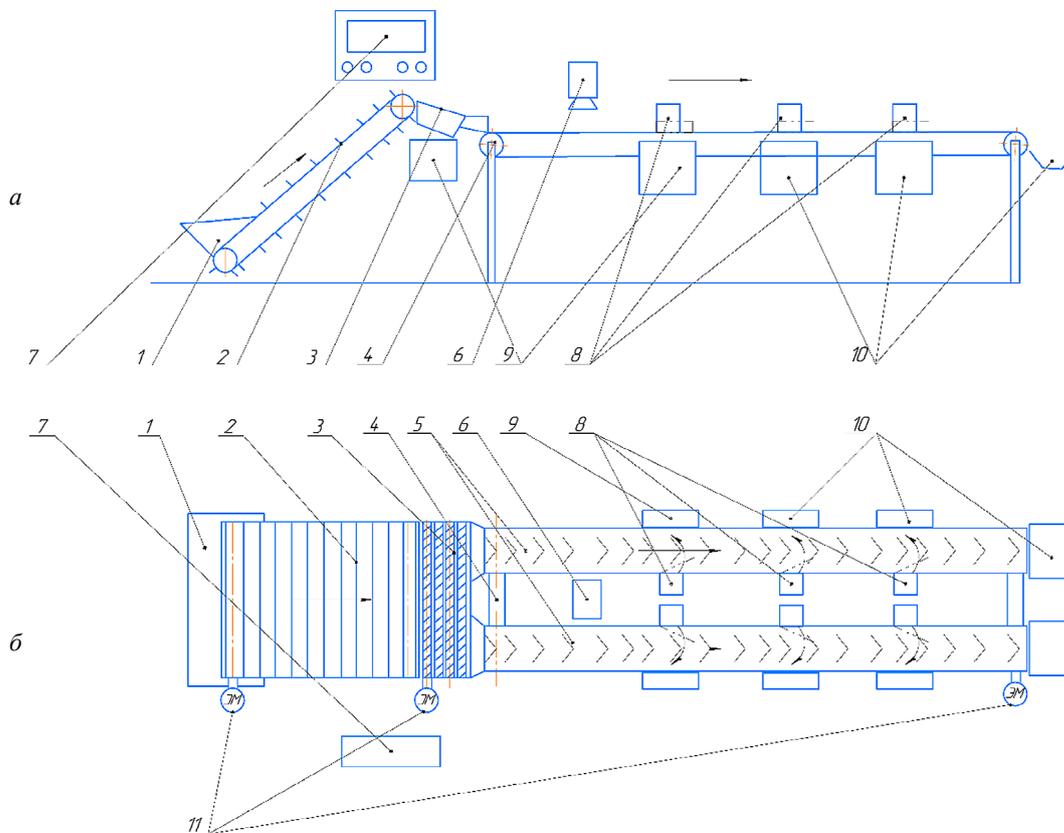


Рис. 5. Схема автоматизированной линии для сортировки клубней картофеля:

а) вид с боку; б) вид с верху:

- 1 – приёмный бункер; 2 – передаточный транспортёр; 3 – спиральный очиститель вороха; 4 – транспортёрное сортировочное устройство; 5 – транспортёрные ленты; 6 – камера; 7 – блок управления; 8 – исполнительные механизмы; 9, 10 – лотки; 11 – электродвигатели

Fig. 5. Scheme of an automated line for sorting potato tubers:

a) side view; b) view from the top:

- 1 – receiving hopper; 2 – transfer conveyor; 3 – spiral heap cleaner; 4 – conveyor sorting device; 5 – conveyor belts; 6 – a camera; 7 – a control unit; 8 – actuators; 9, 10 – trays; 11 – electric motors

Технические параметры экспериментального автоматизированного устройства для послеуборочного сортирования клубней картофеля следующие:

Габаритные размеры:

- длина 5100 мм;
- ширина 1000 мм;
- высота 2250 мм.

Производительность до 10 т/ч.

Масса 500 кг.

Мощность общая 1,65 кВт.

Экспериментальная установка для послеуборочного сортирования клубней картофеля без средств автоматизации представлена на рисунке 6.

Линия для автоматизированного послеуборочного сортирования корнеплодов и картофеля работает следующим образом. Клубни картофеля из транспортёрного средства загружаются в приёмный бункер 1. Подача клубнеплодов из бункера 1 на передаточный транспортёр 2 осуществляется автоматически, порционно.



Рис. 6. Общий вид линии:

- 1 – загрузочный транспортёр; 2 – отделитель примесей; 3 – переборочный стол

Fig. 6. General view of the line:

- 1 – a loading conveyor; 2 – a separator of impurities; 3 – a grading table

Передаточный транспортёр 2 подает массу на спиральный очиститель вороха 3, на котором отделяются почвенные примеси и растительные остатки, отводящиеся в лоток 9. Предварительно очищенные клубнеплоды картофеля поступают на транспортёрное сортировочное устройство 4.

По мере продвижения клубнеплодов по транспортёрным лентам 5 камера технического зрения 6 сканирует их и передаёт данные о здоровых, больных и повреждённых клубнях в блок управления 7 сортирующего устройства 4. В блоке управления 7 происходит обработка полученной информации, сравнение с заданными требованиями к размерной фракции и об отсева больных и повреждённых клубней. Далее блоком управления 7 вырабатываются соответствующие сигналы, поступающие на исполнительные механизмы 8. Упруго-эластичные рабочие органы приводятся в действие электроприводами исполнительного механизма 8. В момент прохождения распознанного клубнеплода около соответствующего лотка 9 или 10 рабочие органы совершают поворот, перемещая картофель в соответствующий ему лоток 9 (больные и повреждённые) или 10 (по размеру).

Исполнительный механизм в виде упруго-эластичных рабочих органов подбирается таким образом, чтобы исключить повреждение поверхности корнеплодов, но при этом создавать достаточную силу для перемещения их в лотки 9 или 10 [12].

Поскольку при сортировке клубнеплодов и картофеля используется камера высокого разрешения, позволяющая производить сканирование и съёмку объектов с большой детализацией, с помощью программы Diagram Designer была разработана блок-схема её подключения (рис. 7).

Принцип работы схемы: блок питания через кабель Type-C подаёт питание на микроконтроллер и микрокомпьютер, последний через кабель USB активирует веб-камеру, которая обнаруживает и распознает корнеплоды и картофель. Полученные данные об объекте поступают обратно в микрокомпьютер, где происходит обработка данных и принятие решения о принадлежности сканируемого объекта к размерной фракции. Далее микрокомпьютер передаёт сигнал в соответствии с размерной характеристикой фракции на микроконтроллер, который преобразовывает его и активирует сервоприводы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90068

Библиографический список

1. Starovoitov V., Starovoitova O., Aldoshin N., Manokhina A. Jerusalem artichoke as a means of fields conservation // *Acta technologica agriculturae*. 2017 Vol. 20. № 1. Pp. 7-10.
2. Алдошин Н.В. Планирование объёмов посевов сельскохозяйственных культур // В сб.: Горячкинские чтения: Сб. статей по итогам II Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина 2019. С. 23-27.
3. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Симдянкин А.А., Колотов А.С., Колупаев С.В., Кирюшин И.Н., Успенский И.А., Шемякин А.В., Юхин И.А. Современный взгляд

По сравнению с существующими механизированными линиями КСП-15Б, КСП-15В, КСП-25 для послепосевочной обработки клубней картофеля предложенное устройство позволит снизить трудоёмкость работ до 85% за счёт сокращения количества обслуживающего персонала по сравнению с вышеуказанными линиями, увеличить пропускную способность за счёт уменьшения переходов и количества контактов клубней картофеля с рабочими органами.

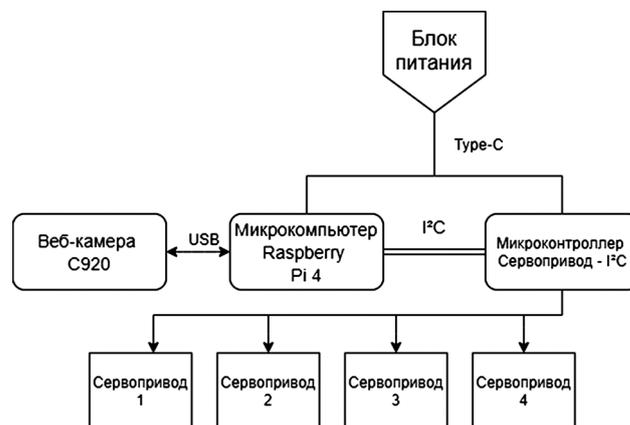


Рис. 7. Блок-схема автоматизированного устройства сортирования клубнеплодов и картофеля

Fig. 7. Block diagram of an automated device for sorting tuber crops and potatoes

Выводы

Автоматизированное устройство для послепосевочной доработки клубней картофеля позволяет снизить трудозатраты, исключив ручную сортировку, и повысить точность их сортирования по размерному признаку в пределах 95...98%. Также обеспечивает разделение вороха с выделением примесей, снижает повреждение клубней картофеля за счёт обеспечения минимальных перепадов высот и наименьшим количеством контактов с рабочими органами.

Применение автоматизированного устройства позволит сохранить потребительские качества получаемой продукции.

The study was carried out with the financial support of the Russian Federal Property Fund in the framework of the Research Project No. 19-316-90068

References

1. Starovoitov V., Starovoitova O., Aldoshin N., Manokhina A. Jerusalem artichoke as a means of fields conservation. *Acta technologica agriculturae*. 2017; 20; 1: 7-10.
2. Aldoshin N.V. Planirovaniye ob'emov posevov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Planning the size of crop area]. In: *Goryachkinskiye chteniya: Sb. statey po itogam II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.P. Goryachkina*. 2019: 23-27. (In Rus.)
3. Byshov N.V., Borychev S.N., Simdyankin A.A., Kolotov A.S., Kolupayev S.V., Kiryushin I.N., Uspenskiy I.A.,

на производство картофеля // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 128. С. 146-153.

4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] URL: <http://www.gks.ru/> (Дата обращения: 20.12.19).

5. Кислова И.В. Эффективность производства картофеля в Российской Федерации // Нива Поволжья. 2017. № 1. С. 105-110.

6. Петухов С.Н. Обоснование потребности объемов производства семенного картофеля в Российской Федерации // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 4 (29). С. 275-284.

7. Сазонов Н.В. Анализ способов и устройств для сортирования картофеля // В сб.: Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2019): Сб. трудов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ДГТУ (РИСХМ). Ростов-на-Дону, 2019. С. 210-215.

8. Сорокин А.А., Пономарев А.Г. Производство картофеля и овощей в фермерских хозяйствах // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна: Сб. науч. докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2010. С. 134-138

9. Измайлов А.Ю., Колчин Н.Н., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 2. С. 45-48.

10. Колчин Н.Н., Пономарев А.Г., Петухов С.Н. Как снизить повреждение клубней в машинных технологиях // Картофель и овощи. 2019. № 3 С. 14-16.

11. Колчин Н.Н., Бышов Н.В., Бoryчев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К. Основные тенденции развития высокопроизводительной техники для картофелеводства // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 4. С. 46-51.

12. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Карп А.В. Детали машин и основы конструирования. Под ред. М.Н. Ерохина. 2 изд. перераб. и доп. М.: Колос. 2011. 512 с.

Shemyakin A.V., Yukhin I.A. Sovremennyy vzglyad na proizvodstvo kartofelya [Modern view of potato production]. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017; 128: 146-153. (In Rus.)

4. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service] [Electronic resource] URL: <http://www.gks.ru/> (Date of access: 20.12.19). (In Rus.)

5. Kislova I.V. Effektivnost' proizvodstva kartofelya v Rossiyskoy Federatsii [Efficiency of potato production in the Russian Federation]. *Niva Povolzh'ya*, 2017; 1: 105-110. (In Rus.)

6. Petukhov S.N. Obosnovaniye potrebnosti ob'emov proizvodstva semennogo kartofelya v Rossiyskoy Federatsii [Determining the required seed potato production volumes in the Russian Federation]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve*, 2018; 4 (29): 275-284. (In Rus.)

7. Sazonov N.V. Analiz sposobov i ustroystv dlya sortirovaniya kartofelya [Analysis of methods and devices for sorting potatoes] // In: *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii (ITNO-2019): Sb. trudov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu DGTU (RISKHM)*. Rostov-na-Donu, 2019: 210-215. (In Rus.)

8. Sorokin A.A., Ponomarev A.G. Proizvodstvo kartofelya i ovoshchey v fermerskikh khozyaistvakh [Farm production of potatoes and vegetables]. *Resursosberegayushchiye tekhnologii i tekhnicheskoye obespecheniye proizvodstva zerna: Sb. nauch. dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow, VIM, 2010: 134-138. (In Rus.)

9. Izmaylov A.Yu., Kolchin N.N., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. Sovremennyye tekhnologii i spetsial'naya tekhnika dlya kartofelevodstva [Modern technologies and special equipment for potato growing]. *Sel'skokhozyaistvenniye mashiny i tekhnologii*, 2015; 2: 45-48. (In Rus.)

10. Kolchin N.N., Ponomarev A.G., Petukhov S.N. Kak snizit' povrezhdeniye klubney v mashinnykh tekhnologiyakh [How to reduce machine damage caused to tubers]. *Kartofel' i ovoshchi*, 2019; 3: 14-16.

11. Kolchin N.N., Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskiy I.A., Rembalovich G.K. Osnovnyye tendentsii razvitiya vysokoproizvoditel'noy tekhniki dlya kartofelevodstva [Main trends in the development of high-performance equipment for potato growing]. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2012; 4: 46-51. (In Rus.)

12. Yerokhin M.N., Kazantsev S.P., Karp A.V. Detali mashin i osnovy konstruirovaniya [Machine parts and design basics]: Ed. by M.N. Yerokhin. 2nd ed., reviewed and extended. Moscow, Kolos, 2011: 512. (In Rus.)

Критерии авторства

Дорохов А.С., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Дорохов А.С., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 20.02.2020

Опубликована 27.04.2020

Contribution

A.S. Dorokhov, M.A. Mosyakov, N.V. Sazonov carried out the experimental work, summarized the material based on the experimental results, and wrote the manuscript. A.S. Dorokhov, M.A. Mosyakov, N.V. Sazonov have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on February 20, 2020

Published 27.04.2020