РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И ЛУКА С РЕГУЛИРУЕМЫМ УГЛОМ НАКЛОНА ПОЛОТНА

*А. С. Дорохов, доктор техн. наук, член-корреспондент РАН;
А. В. Сибирёв, кандидат техн. наук, ст. научный сотрудник;
А. Г. Аксенов, кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия,
т. 8 (499)1748911, e-mail: sibirev2011@yandex.ru

В машинной технологии возделывания и уборки корнеплодов и лука одним из важнейших показателей качества, определяющего длительность хранения корнеплодов является наличие или отсутствие в закладываемом на хранение ворохе почвенных и растительных примесей.

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.

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, позволяющие снизить или исключить содержание почвенных комков в товарной продукции в различных почвенно-климатических условиях.

Следовательно, разработка средств механизации для уборки корнеплодов и лука, позволяющих снизить или исключить содержание механических примесей в товарной продукции в различных почвенно-климатических условиях представляет научную проблему, решение которой будет способствовать инновационному развитию внутреннего рынка сельскохозяйственной продукции, устойчивому положению России на внешнем рынке.

Ключевые слова: сепарация, лук, уборка, машина, прутковый элеватор, угол подъема полотна.

Введение

Создание и внедрение машин нового, интеллектуального типа – определяющая составляющая стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения в Российской Федерации [1, 2, 6-8].

Результативность и эффективность уборочных работ напрямую зависит от оптимального решения задачи управления технологическим процессом машинной уборки корнеплодов и лука [3, 11, 12].

При решении многих задач, связанных с улучшением технологических процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин, главной целью является повышение урожайности сельскохозяйственных культур и повышение качества уборки выращенного урожая [4, 5, 9, 10, 16].

Основной задачей механизированной уборки корнеплодов и лука, как и других сельскохозяйственных культур, является

повышение полноты сбора, снижение повреждения продукции, что возможно достигнуть созданием более высокопроизводительных уборочных машин.

При уборке корнеплодов и лука через сепарирующие органы машин на каждом гектаре проходит большой объем почвы, из которого необходимо с минимальными повреждениями выделить корнеплоды и луковицы. Из-за этого производительность уборочных машин определяется, в основном, пропускной способностью сепарирующих органов [16, 17].

В то же время сепарирующие органы, и в частности наиболее распространенные из них – прутковые элеваторы, не в полной мере могут обеспечить необходимую полноту сепарации и достаточную производительность в различных условиях их применения.

Для устранения указанных недостатков на уборочных машинах применяют различного рода интенсификаторы с разнообразным исполнением привода.

К недостаткам интенсификаторов сепарации различного исполнения следует отнести то, что в результате силового воздействия на обрабатываемый материал происходит травмирование товарной продукции, кроме того, во время уборки совместно с корнеплодами и луковицами поступают почвенные примеси, которые приводят к засорению продукта и для его очистки требуется дополнительная обработка на стационаре, что требует дополнительных затрат.

Известно, что сепарирующая способность пруткового элеватора зависит от угла наклона α_1 и скорости $V_{эл}$ движения элеватора.

Коэффициент сепарации ϵ при любом угле наклона α_1 возрастает с увеличением скорости $V_{эл}$ движения пруткового элеватора до некоторого максимального значения, после которого она начинает уменьшаться.

Кроме того, для исключения сгуживания вороха корнеплодов и лука на поверхности пруткового элеватора необходимо соблюдение условия [15]:

$$V_{эл} = V_{ме} = V_K \cdot A, \quad (1)$$

где V_K – поступательная скорость движения уборочной машины, м/с;

A – коэффициент ($A = 1,3$).

Следовательно, увеличение производительности технологического процесса уборки корнеплодов и лука приведет к снижению качества сепарации и повышению повреждений товарной продукции.

Методы и материалы

На основании функциональной схемы системы управления с принципом управления по возмущению разработана интеллектуальная технология уборки корнеплодов и лука с разработкой сепарирующего пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна.

Сепарирующий прутковый элеватор с регулируемым углом наклона (патент РФ № 2679734) обеспечивает уменьшение повреждений и повышение качества сепарируемой продукции в результате снижения до минимума воздействия вертикальной составляющей силы тяжести корнеплодов и луковиц, а также повышение равномерности распределения вороха корнеплодов и луковиц по сепарирующей поверхности при изменении угла α_1 наклона пруткового элеватора в интервале значений 15-20 градусов при изменении почвенно-климатических условий уборки корнеплодов и лука [13].

Для регулировки угла наклона полотна пруткового элеватора (1) используются датчики веса (2), закреплённые на подкапывающем лемехе (3) (рис. 1).

Датчики веса (2) в процессе выполнения технологической операции сепарации вороха корнеплодов и лука и регулирования угла α_1 наклона пруткового элеватора (1) измеряют вес поступающего вороха корнеплодов на подкапывающем лемехе (3) и передают показания на микроконтроллер (4).

Линейный привод, представленный электроцилиндрами (5), в зависимости от показаний датчиков веса (2), получая сигнал от микроконтроллера (4), перемещает шток линейного привода на требуемое расстояние S_1 или S_2 , изменяя угол наклона α_1 полотна пруткового элеватора (1).

Рис. 1. Схема изменения угла наклона полотна пруткового элеватора:
1 – элеватор прутковый; 2 – датчик веса подкапывающего лемеха; 3 – лемех подкапывающий; 4 – микроконтроллер; 5 – электроцилиндр; 6 – датчик инерционный

Рис. 2. Общий вид машины для уборки корнеплодов и лука, оснащенной сепарирующим прутковым элеватором с регулируемым углом наклона полотна и приемным лемехом для подкапывания/подбора корнеплодов и луковиц;

- 1 – рама; 2 – приемный лемех для подкапывания корнеплодов и луковиц;
3 – колеса опорные; 4 – основной сепарирующий прутковый элеватор;
5 – дополнительный прутковый элеватор; 6 – каток-ложеобразователь;
7 – плита регулировочная встряхивателя; 8 – лоток сужающий; 9 – электроцилиндры;
10 – датчик веса лемеха подкапывающего; 11 – микроконтроллер*

При прохождении вороха корнеплодов по поверхности пруткового элеватора (1) происходит просеивание почвы через щелевые отверстия, образованные смежными прутками полотна.

Регистрация просеянной почвы осуществляется посредством инерционных датчиков (6), установленных по длине пруткового элеватора (1).

При оценке эффективности сепарации инерционным датчиком (6) частота колебаний будет характеризоваться и скоростью движения пруткового элеватора (1) (сменой просветов и прутков над датчиком).

Однако, количество просеявшейся почвы будет характеризоваться пиковыми амплитудными значениями. Поэтому оценка эффективности сепарации элеватора проводится по амплитудным значениям.

Если просеивание почвы на прутковом элеваторе осуществляется ниже требуемого значения, установленного микроконтроллером (4), происходит корректировка угла α_1 наклона полотна пруткового элеватора (1) в установленном интервале значений.

Определив массу вороха корнеплодов

и лука на подкапывающем лемехе, контроллер с задержкой времени T с движением пруткового элеватора передает управляющий сигнал на перемещение штока электроцилиндров.

Целью выполнения исследований являлось обоснование возможности применения сепарирующего пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна в интервале значений 15-20 градусов на уборке лука-репки, а также установление оптимальных значений его технологических параметров в полевых условиях, обеспечивающих качественную сепарацию вороха лука-репки от почвенно-растительных примесей.

Полевые исследования сепарирующего пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна машины для уборки корнеплодов и лука (рис. 3) проводились на полях КФХ «Цирулев Е. П.» Приволжского района Самарской области в 2019 году на уборке лука-репки сорта «Медуза».

Исследования проводились в соответствии с СТО АИСТ 8.7-2013 «Машины для уборки овощных и бахчевых культур. Методы оценки функциональных показателей».

При проведении полевых исследований сепарирующего пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна, установленного на машине для уборки корнеплодов и лука «УКП-1,4», определялись физико-механические свойства почвы, также определялись показатели качества сепарации вороха лука.

Почва на выбранном для проведения исследований участке – среднесуглинистый чернозем, рельеф поля ровный, контур поля близкий к прямоугольной форме, длина гона 350 м.

В процессе полевых исследований машины для уборки корнеплодов и лука, оснащенной сепарирующим прутковым элеватором с регулируемым углом наклона полотна, исследовалось влияние глубины h_n погружения в почву подкапывающего лемеха, поступательной v_k скорости движения машины для уборки корнеплодов и лука, а также поступательной скорости $v_{эл}$ движения полотна пруткового элеватора на показатели качества уборки.

Оценку качества выполнения технологического процесса уборки производили по следующим показателям:

- повреждение Π луковиц;
- полнота сепарации v вороха лука [17, 18].

Глубина h_n погружения подкапывающего лемеха в почву изменялась в интервале 0,02...0,06 м, с шагом варьирования 0,01 м.

Поступательная скорость v_k движения машины для уборки корнеплодов и лука изменялась в пределах от 1,0 до 1,8 м/с с

интервалом варьирования в 0,2 м/с.

Поступательная скорость $v_{эл}$ движения полотна пруткового элеватора варьировалась в пределах от 1,0 м до 1,8 м/с с интервалом 0,2 м/с, изменением передаточного отношения системы привода элеватора.

Качество работы пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна определяли следующим образом.

В начале учетной делянки при безостановочном движении машины для уборки корнеплодов и лука (рис. 3) по сигналу за уборочной машиной 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: луковицы, свободная почва и почва, связанная с луковицами.

Результаты

По результатам обработки опытных данных, строили графики зависимости полноты сепарации вороха лука v , % и повреждений луковиц Π , % от режимно-технологических параметров уборочной машины (h_n и v_n) и сепарирующего пруткового элеватора ($v_{эл}$) с регулируемым углом наклона полотна.

Корреляционная связь между качественными показателями технологического процесса работы машины для уборки корнеплодов и лука, оснащенной прутковым элеватором с регулируемым углом наклона полотна от глубины h_n погружения подка-

Рис. 3. Общий вид уборочного агрегата для уборки корнеплодов и лука, оснащенной сепарирующим прутковым элеватором с регулируемым углом наклона полотна:
1 – трактор МТЗ 1221; 2 – машина для уборки корнеплодов и лука

Рис. 4. Зависимость полноты сепарации v , % и повреждений луковиц Π , % сепарирующего пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна от глубины $h_{\text{л}}$ погружения подкапывающего лемеха в почву

пывающего лемеха в почву, выражается уравнением параболических функций:

$$\begin{cases} v = 103,32 - 324 \cdot h_{\text{л}} + 3000,8 \cdot h_{\text{л}}^2, \\ \Pi = 1,52 - 3,28 \cdot h_{\text{л}} - 71,42 \cdot h_{\text{л}}^2. \end{cases} \quad (2)$$

Анализируя график (рис. 4) можно сказать, что высокое качество сепарации вороха лука более 98 % обеспечивается при глубине подкапывания подкапывающего лемеха равной 0,02 м, при увеличении глубины подкапывания полнота сепарации вороха лука значительно снижается.

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

Наименьшие показатели повреждения луковиц лука – менее 1,1 % достигаются при наибольшей глубине подкапывания подкапывающего лемеха в почву, равной 0,06 м/с, что объясняется наличием почвенной прослойки между прутками элеватора и сепарируемой продукцией лука.

При определении качественных показателей технологического процесса работы пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна получили корреляционную зависимость полноты сепарации вороха лука v , % и повреждений луковиц Π , % от поступательной скорости движения

машины для уборки корнеплодов и лука:

$$\begin{cases} v = 115,29 - 23,7 \cdot v_{\text{к}} + 6,78 \cdot v_{\text{к}}^2, \\ \Pi = 1,39 - 0,85 \cdot v_{\text{к}} + 0,53 \cdot v_{\text{к}}^2. \end{cases} \quad (3)$$

Согласно результатам проведенных исследований следует, что оптимальное соотношение качественных показателей уборки лука обеспечивается при пересечении кривых аппроксимирующих полноту сепарации 95,5 % и повреждение луковиц 1,2 % при поступательной скорости движения машины для уборки корнеплодов и лука 1,38 м/с.

Согласно представленному графику, изображенному на рисунке 6, следует, что оптимальное соотношение качественных показателей уборки лука (полнота сепарации 98,4 % и повреждение луковиц 1,7 %) обеспечивается при поступательной скорости движения машины для уборки корнеплодов и лука 1,7 м/с.

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

$$\begin{cases} v = 96,16 - 4,3 \cdot v_{\text{эл}} + 3,21 \cdot v_{\text{эл}}^2, \\ \Pi = -0,25 + 1,45 \cdot v_{\text{эл}} - 0,17 \cdot v_{\text{эл}}^2. \end{cases} \quad (4)$$

Поступательная v_k скорость движения машины для уборки корнеплодов и лука, м/с

Рис. 5. Зависимость полноты сепарации v , % и повреждений луковиц лука P , % сепарирующего пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна от поступательной v_k скорости движения машины для уборки корнеплодов и лука

Результаты проведенных производственных исследований машины для уборки корнеплодов и лука, оснащенной прутко-

вым элеватором с регулируемым углом наклона полотна показали качественное выполнение технологического процесса

Поступательная скорость движения пруткового элеватора, м/с

Рис. 6. Зависимость полноты сепарации v , % и повреждений луковиц лука P , % сепарирующего пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна от поступательной скорости движения полотна пруткового элеватора

сепарации вороха лука при оптимальных значениях параметров:

- поступательная скорость $V_{эл}$ движения пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна 1,7 м/с при полноте сепарации 98,4 % и повреждении луковок 1,7 %;

- поступательной скорости V_k движения машины для уборки корнеплодов и лука 1,0 м/с при полноте сепарации 98,5 % и повреждении луковок 1,1 %;

- глубине подкапывания h_l подкапывающего лемеха, равной 0,02 м, при полноте сепарации вороха лука более 98 % и повреждении продукции менее 1,4 %.

Заключение

Результаты проведенных полевых исследований машины для уборки корнеплодов и лука, оснащенной прутковым элеватором с регулируемым углом наклона полотна, показали качественное выполнение

технологического процесса сепарации вороха лука-репки при оптимальных значениях параметров:

- поступательная скорость $V_{эл}$ движения пруткового элеватора с регулируемым углом наклона полотна 1,7 м/с при полноте сепарации 98,4 % и повреждении луковок 1,7 %;

- поступательной скорости V_k движения машины для уборки корнеплодов и лука 1,0 м/с при полноте сепарации 98,5 % и повреждении луковок 1,1 %;

- глубине подкапывания h_l подкапывающего лемеха равной 0,02 м при полноте сепарации вороха лука более 98 % и повреждении продукции менее 1,4 %.

Работа выполнена при государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук МК – 4002.2018.8.

Литература

1. Алдошин, Н. В. Инженерно-техническое обеспечение качества механизированных работ: Монография / Н. В. Алдошин, О. Н. Дидманидзе. – Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. – 188 с.
2. Алдошин, Н. В. Сельскохозяйственные машины / Н. В. Алдошин, И. В. Горбачев, А. А. Золотов [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. – 149 с.
3. Башкирцев, В. И. Обеспечение качества механизированных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники / В. И. Башкирцев, Н. В. Алдошин. – Москва: Российский государственный аграрный университет-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2017. – 96 с.
4. Зыкин, Е. С. Энергетическая эффективность гребневой технологии возделывания пропашных культур / Е. С. Зыкин, В. И. Курдюмов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1 (37). – С. 160-166.
5. Кухарев, О. Н. Энергосберегающие технологии ориентированной посадки сельскохозяйственных культур (на примере лука и сахарной свеклы): диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / О. Н. Кухарев. – Пенза, 2006. – 414 с.
6. Кухарев, О. Н. Анализ существующих способов и средств подбора лука-севка из валков / О. Н. Кухарев, Н. П. Ларюшин // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей IV Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – С. 86-89.
7. Курдюмов, В. И. Универсальная катковая приставка / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, С. А. Лазуткина // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы Национальной научно-практической конференции. – Ульяновск: УГСХА, 2019. – С. 39-42.
8. Экспериментальные исследования катка-гребнеобразователя / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов, В. В. Мартынов, Г. Л. Татаров // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: УГСХА, 2016. – С. 110-114.
9. Выбор и обоснование параметров экологического состояния агроэкосистемы для мониторинга технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур / А. Б. Калинин, В. А. Смелик, И. З. Теплинский, О. Н. Первухина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 315-319.
10. Калинин, А. Б. Почвенное состояние в интенсивной технологии / А. Б. Калинин, И. З. Теплинский, П. П. Кудрявцев // Картофель и овощи. – 2016. – № 2. – С. 35-36.
11. Машинная технология производства лука: монография / Я. П. Лобачевский, П. А. Емельянов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев. – Москва: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2016. – 168 с.
12. Ларюшин, Н. П. Исходные положения при проектировании машин для уборки лука / Н. П. Ларюшин, О. Н. Кухарев, Т. А. Кирюхина // Наука в центральной России. – 2015. – № 6 (18). – С. 48-58.

13. Патент № 2679734 Российская Федерация, МПК А01 D33/00. Сепарирующий транспортер машины для уборки корнеклубнеплодов и луковиц: № 2018117525; Заяв. 11.05.2018; Опубл. 12.02.2019, Бюл. № 5. / А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов, Н. Г. Кынев, Н. В. Сазонов.

14. 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 // Engineering Technologies and Systems. – 2019. – № 1. – С. 91-108.

15. Сорокин, А. А. Теория и расчет картофелеуборочных машин: монография / А. А. Сорокин. – Москва: ВИМ, 2006. – 159 с.

16. Kukharev, O. N. A Device for guiding of bodies of irregular shape / O. N. Kukharev, N. P. Larushin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – V. 9. – № 3. – P. 30-33.

17. Sibirev, A. V. Experimental Laboratory Research of Separation Intensity of Onion Set Heaps on Rod Elevator / A. V. Sibirev, A. G. Aksenov, M. A. Mosyakov // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – № 23. – P. 10086-10091.

18. Sibirev, A. V., Aksenov A. G., Dorokhov A. S. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement / A. V. Sibirev, A. G. Aksenov, A. S. Dorokhov // INMATEH- Agricultural Engineering. – 2019. – № 1 (57). – P. 9-18.

UDC 631.532.2+631.331.072.3

DOI 10.36461/NP.2020.54.1.019

RESULTS OF A FIELD RESEARCH OF A ROOT CROP AND ONION HARVESTER WITH AN ADJUSTABLE ANGLE OF THE BLADE

*A. S. Dorokhov, Doctor of Technical Science, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences;
A. V. Sibiryov, Candidate of Technical Science, senior scientific worker;
A. G. Aksenov, Candidate of Technical Science, leading scientific worker*

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russia, t. 8 (499)1748911, e-mail: sibirev2011@yandex.ru

In the machine technology for the cultivation and harvesting of root crops and onions, one of the most important quality indicators that determines the duration of storage of root crops is the presence or absence of soil and plant impurities in the pile to be stored.

The impossibility of separating soil lumps from a heap of root crops and onions is due to the fact that on most harvesting machines, slotted separating units are used. The inter-bar distance of the separating conveyor is less than the minimum size of the separated root crop to exclude losses of root crops, which makes it impossible to clean them on the separating working organs of harvesting machines, and, consequently, leads to damage of a significant part of commercial products and losses during storage of a significant part of the harvested yield.

Modern technologies and technical means for harvesting root crops and onions are not able to provide high-quality commercial products with minimal labour, due to the lag or lack of development of technological foundations, technologies and working units for harvesting root crops and onions, which can reduce or eliminate the content of soil lumps in commercial products in various soil and climatic conditions.

Therefore, the development of mechanization tools for harvesting root crops and onions, allowing to reduce or eliminate the content of mechanical impurities in commercial products in various soil and climatic conditions, is a scientific problem, the solution of which will contribute to the innovative development of the domestic agricultural market, Russia's stable position on the foreign market.

Key words: separation, onion, harvesting, machine, rod elevator, blade angle.

References:

1. Aldoshin, N. V. Engineering and technical support for the quality of mechanized work: Monograph / N. V. Aldoshin, O. N. Didmanidze. – Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2015.– 188 p.

2. Aldoshin, N. V. Agricultural machines / N. V. Aldoshin, I. V. Gorbachev, A. A. Zolotov [et al.]. – Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2014.– 149 p.

3. Bashkirtsev, V. I. Quality assurance of mechanized work during the operation of agricultural machinery / V. I. Bashkirtsev, N. V. Aldoshin. – Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2017.– 96 p.

4. Zykin, E. S. Energy efficiency of comb technology for cultivating row crops / E. S. Zykin, V. I. Kurdyumov // Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2017. – № 1 (37). – P. 160-166.

5. Kukharev, O. N. Energy-saving technologies for oriented planting of crops (by the example of onion and sugar beet): a dissertation for the degree of Doctor of Technical Science / O. N. Kukharev. – Penza, 2006.– 414 p.
6. Kukharev, O. N. Analysis of existing methods and means of selecting onion sets from rolls / O. N. Kukharev, N. P. Laryushin // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock production: a collection of articles of the IV International Scientific and Practical Conference. – Penza: RIO PSAU, 2018.– P. 86-89.
7. Kurdyumov, V. I. Universal roller attachment / V. I. Kurdyumov, E. S. Zykin, S. A. Lazutkina // Agrarian Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Solutions: materials of the National Scientific and Practical Conference. – Ulyanovsk: USAA, 2019.– P. 39-42.
8. Experimental studies of the roller-combing machine / V. I. Kurdyumov, E. S. Zykin, I. A. Sharonov, V. V. Martynov, G. L. Tatarov // Agrarian Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Solutions: materials of the VII International Scientific and Practical Conference. – Ulyanovsk: USAA, 2016.– P. 110-114.
9. Selection and justification of the parameters of the ecological state of the agroecosystem for monitoring technological processes of cultivation of agricultural crops / A. B. Kalinin, V. A. Smelik, I. Z. Teplinsky, O. N. Pervukhina // Bulletin of St. Petersburg State Agrarian University. – 2015. – № 39.– P. 315-319.
10. Kalinin, A. B. Soil state in intensive technology / A. B. Kalinin, I. Z. Teplinsky, P. P. Kudryavtsev // Potatoes and Vegetables. – 2016. – № 2. – P. 35-36.
11. Machine technology for the production of onions: monograph / Ya. P. Lobachevsky, P. A. Emel'yanov A. G. Aksenov, A. V. Sibiryov. – Moscow: Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 2016.– 168 p.
12. Laryushin, N. P. Initial provisions in the design of onion harvesting machines / N. P. Laryushin, O. N. Kukharev, T. A. Kiryukhina // Science in Central Russia. – 2015. – № 6 (18). – P. 48-58.
13. Patent № 2679734 Russian Federation, IPC A01 D33/00. Separating conveyor of a machine for harvesting root crops and bulbs: № 2018117525; Application 05/11/2018; Published 02/12/2019, Bull. № 5. / A. V. Sibiryov, A. G. Aksenov, N. G. Kynev, N. V. Sazonov.
14. Sibiryov, A. V. The results of experimental studies of separation of heap onion sets by a rod elevator with asymmetrically installed shakers / A. V. Sibiryov, A. G. Aksenov, M. A. Mosyakov // Engineering Technologies and Systems. –2019.– № 1. – P. 91-108.
15. Sorokin, A. A. Theory and calculation of potato harvesting machines: monograph / A. A. Sorokin. – Moscow: VIM, 2006.– 159 p.
16. Kukharev, O. N. A Device for guiding of bodies of irregular shape / O. N. Kukharev, N. P. Laryushin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – V. 9. – № 3. – P. 30-33.
17. Sibirev, A. V. Experimental Laboratory Research of Separation Intensity of Onion Set Heaps on Rod Elevator / A. V. Sibirev, A. G. Aksenov, M. A. Mosyakov // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – № 23. – P. 10086-10091.
18. Sibirev, A. V., Aksenov A. G., Dorokhov A. S. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement / A. V. Sibirev, A. G. Aksenov, A. S. Dorokhov // INMATEH- Agricultural Engineering. – 2019. – № 1 (57). – P. 9-18.