

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ВЫГРУЗКИ КОРНЕПЛОДОВ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ИЗ ХРАНИЛИЩА

А. С. Дорохов, А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков, Н. В. Сазонов

Реферат. Необходимость разработки специализированных машин и оборудования для лабораторных и полевых исследований по селекции картофеля связана с тем, что методика селекционного процесса и первых этапов семеноводства предусматривает сравнение множества растений различного происхождения и отбор лучших для дальнейшей работы вплоть до создания нового сорта или передачи семян на размножение в производственных условиях. Большая вариативность машин для выгрузки овощных культур и картофеля не обеспечивает в должной мере исключение повреждения продукции овощных культур и картофеля, что связано с несовершенством конструкции таких машин, в том числе с несовершенством или отсутствием закономерностей автоматизированного контроля технологического процесса работы и обоснования параметров их рабочих органов. Цель исследования – обоснование параметров транспортера для выгрузки овощных культур и картофеля в хранилище и определение закономерностей формирования управляющего сигнала передаточной функции автоматического регулирования работы. Мощность, необходимая для передвижения подборщика зависит от максимального напорного усилия внедрения заборного элемента в насыпь, массы подборщика и коэффициентов сопротивления качения ходовых колес подборщика и транспортных секций. Длина выгрузного транспортера машины определяется резервной зоной для предупреждения наезда колес на клубни, максимальным их перепадом в насыпи, высотой слоя, а также углом наклона выгрузного транспортера. Ширина ленты транспортера для выгрузки продукции из хранилища определяется значениями коэффициента трения корнеплодов о поверхность ленты, коэффициентом использования рабочего времени и поступательной скорости движения ленты транспортера. После удаления обрушившейся массы клубней линия откосов осыпания и предельного равновесия представляют собой прямую, характеризующаяся эмпирическим уравнением определения координат точки обрушения клубней, высоты слоя клубней и коэффициента обрушения насыпи. При внедрении в поверхность насыпи клубней питателя образование откосов происходит в четыре этапа: образование естественного откоса, откоса предельного равновесия, откоса осыпания и откоса обрушения продукции.

Ключевые слова: загрузка, хранение, картофель, овощные культуры, теоретические исследования, обоснование параметров.

Введение. Операции загрузки, перегрузки и послеуборочной обработки – одни из наиболее трудоемких во всем цикле производства овощных культур и картофеля. Разнообразие типов погрузочных машин делает необходимым выявление наиболее перспективных средств, способных эффективно работать в условиях крестьянско-фермерских хозяйств и небольших площадей хранилищ [1, 2, 3].

При выгрузке хранилища важно следить за перемещением стрелы погрузчика в горизонтальной плоскости во избежание повреждения продукции при взаимодействии с поверхностью соударения [4, 5]. Результаты анализа комплекса машин, используемых для производства посадочного материала овощных культур и картофеля показал высокую потребность в разработке и освоении систем автоматизированного контроля на базе технологий машинного зрения и роботизированных комплексов, направленных на проведение операций по закладке на хранение и выгрузке из хранилищ семенного материала [6, 7, 8].

Цель исследований – обоснование параметров транспортера для выгрузки овощных культур и картофеля в хранилище и получение закономерности формирования управляющего сигнала передаточной функции автоматического регулирования технологического процесса работы таких машин.

Условия, материалы и методы. При

проведении исследований использовали методы системного анализа и синтеза, физического моделирования, основанные на принципах математической статистики, численные методы решения аналитических зависимостей, методы классической механики – основные положения теории разрушения, механики грунтов. Одна из специфических особенностей машин для выгрузки овощных культур и картофеля из хранилищ состоит в том, что их рабочая зона, габаритные размеры, а также размеры отдельных элементов значительно больше, чем у машин для загрузки, из-за ограничений, связанных с объемно-планировочными решениями хранилищ. Минимальная повреждаемость клубней при работе подборщика обеспечивается путем уменьшения перемещения клубней под воздействием питателя по его элементам и по части насыпи [9, 10, 11]. Следовательно, для выполнения условия минимального повреждения продукции при работе транспортера для выгрузки продукции овощных культур и картофеля из хранилища необходимо определить закономерности функционирования рабочих элементов транспортера с обоснованием параметров и режимов его работы.

Результаты и обсуждение. Скорость движения подборщика при работе [10]:

$$v_{\text{п}} = (0,02 \dots 0,06) \cdot \frac{Q_{\text{п}}}{B}, \quad (1)$$

где Q_{Π} - производительность подборщика, кг/с;
 B - ширина захвата питателя, м.

Для обеспечения расчетной производительности погрузчика должно выполняться условие:

$$Q_{\Pi} t_{\Pi} \leq M_{\text{ср}1}, \quad (2)$$

где t_{Π} - длительность цикла работы подборщика, ч;

$M_{\text{ср}1}$ - средняя вместимость транспортных средств, т.

Производительность загрузочных механизмов должна быть увязана с потоком поступающих клубней:

$$Q_{\Pi} = \frac{\lambda M_{\text{ср}}}{k_{\text{опт}}}, \quad (3)$$

где λ - среднее число машин, поступающих к одному загрузочному механизму, шт./ч;

$M_{\text{ср}}$ - средняя масса партии клубней автомашины, т/маш.;

$k_{\text{опт}}$ - коэффициент использования рабочего времени загрузочного механизма.

Независимо от конструкции питателя при заборе корнеплодов и клубней картофеля из насыпи ходовая система подборщика должна развивать определенное напорное усилие, обеспечивающее внедрении заборного рабочего органа в насыпь клубней на соответствующую глубину.

Для работы подборщика необходимо

соблюдение условия:

$$\frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{вн}}} = 1,2 \dots 2,0, \quad (4)$$

где $P_{\text{вн}}$ - усилие сопротивления внедрению питателя в насыпь клубней, Н.

Выполнение условия (4) связано с оптимальным соотношением мощности, необходимой для передвижения подборщика, напорным усилием внедрения заборного рабочего органа в насыпь клубней, а также усилием сопротивления внедрению питателя.

Мощность, необходимая для передвижения подборщика вместе с системой транспортеров во время его работы определяется из выражения:

$$N_{\text{дв}} = \frac{v_{\Pi} k_{\text{д}}}{102 \eta} \left(P_{\text{нmax}} + m_{\Pi} g f_{\Pi} + \sum m_{\text{тр}} g f_{\text{тр}} \right) \quad (5)$$

где v_{Π} - скорость внедрения, м/с;

$k_{\text{д}}$ - коэффициент, учитывающий динамические факторы при внедрении подборщика, 1,2...2,0;

η - КПД ходовой трансмиссии машины;

$P_{\text{нmax}}$ - максимальное напорное усилие, Н;

m_{Π} - масса подборщика, кг;

$m_{\text{тр}}$ - масса транспортерных секций, кг;

$f_{\Pi}, f_{\text{тр}}$ - коэффициенты сопротивления качению ходовых колес подборщика и транспортных секций.

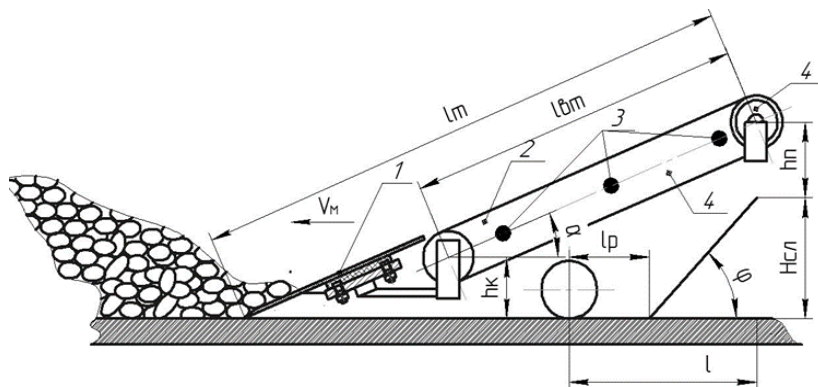


Рис. 1 – Схема к расчету длины транспортера для выгрузки хранилища: 1 – лемех подпорный; 2 – транспортер подающий; 3 – датчик инерционный; 4 – ролик обводной; v_m – поступательная скорость движения транспортера для загрузки, м/с; l_m – вылет выгрузного транспортера от оси колеса, м; l_p – резервная зона для предупреждения наезда колес загрузочной машины на клубни, м; h_n – максимальный перепад клубней ($h_n \leq 0,03$), м; h_k – конструктивная высота, м; $H_{\text{сл}}$ – высота слоя, м; φ – угол наклона насыпи клубней, град; α – угол наклона транспортера относительно горизонта, град; $l_{\text{вт}}$ – длина выгрузного транспортера загрузчика, м.

Длину выгрузного транспортера загрузчика (рис. 1) можно определить по следующей формуле:

$$l_{\text{вт}} = [(l_m - l_p) t g \varphi + h_{\Pi} - h_k] / \sin \alpha, \quad (6)$$

где l_m – вылет выгрузного транспортера от оси колеса, м;

l_p – резервная зона для предупреждения наезда колес загрузочной машины на клубни, м;

h_n – максимальный перепад клубней ($h_n \leq 0,03$), м;

h_k – конструктивная высота, м;

$H_{\text{сл}}$ – высота слоя, м;

φ – угол наклона насыпи клубней, град;

α – угол наклона транспортера относительно горизонта, град.

Изменение толщины слоя на выходе из подающего транспортера измеряется спустя некоторое время τ_l [12], которое равно

интервалу перемещения массы клубней от начала транспортера до чувствительного элемента датчика [13].

Относительное изменение толщины слоя $x_{h2}(t)$ в точке установки чувствительного элемента датчика в первом приближении можно определить с использованием соотношения:

$$x_{h2}(t) = x_{h1}(t - \tau) + f_2(t), \quad (7)$$

где $f_2(t)$ – возмущающая функция, учитывающая изменение формы слоя в процессе транспортирования продукта от носка приемного транспортера к датчику;

x_{h1} – относительное изменение толщины слоя в месте установки чувствительного элемента датчика на входе из подающего транспортера, м;

τ – время изменения толщины слоя на выходе из подающего транспортера, с;

t – время изменения толщины слоя на выходе из питателя корнеплодов, с.

В соответствии с выражением (7) передаточную функцию выгрузного транспортера как звена системы автоматического регулирования технологического процесса работы машины для выгрузки овощных культур и картофеля по воздействию x_{h1} можно записать следующим образом:

$$W_T(p) = e^{-p\tau} \quad (8)$$

где p – комплексная переменная Лапласа.

На основании соотношения (8) передаточная функция по управляющему воздействию x_{h1} транспортера для загрузки хранилища как объекта в системе автоматического

регулирования толщины слоя будет равна:

$$W_T(p) = \frac{x_{h2}(p)}{x_s(p)} = \frac{k_1 K_1}{T_2 p + 1} e^{-p\tau_1} \quad (9)$$

где x_s – относительное изменение толщины слоя в месте установки чувствительного элемента датчика на питателе корнеплодов, м;

K_1 – кинематический режим работы транспортера;

T_2 – время передачи элементарного объема продукции с поверхности транспортера в хранилище, с.

Ширина ленты транспортера для выгрузки продукции из хранилища определяется по выражению:

$$B_T = \frac{V_{xp} k_1}{(220 k_3 f_r v_n k_2)}, \quad (10)$$

где V_{xp} – вместимость хранилища, м³;

k_1 – коэффициент неравномерности загрузки хранилища;

k_3 – коэффициент заполнения;

f_r – коэффициент трения корнеплодов о поверхность ленты;

v_n – поступательная скорость движения ленты, м/с;

k_2 – коэффициент использования рабочего времени.

Машины, работающие на выгрузке продукта из хранилищ [10, 12], выполняют две операции: забирают и транспортируют его. Рассмотрим процессы, происходящие в массе продукта при заборе, и рабочие органы, которые их осуществляют.

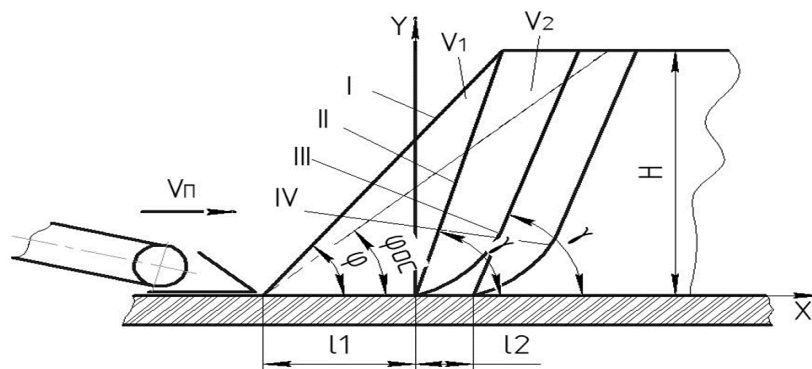


Рис. 2 – Возникновение откосов в насыпи клубней при внедрении в нее питателя по поверхности основания: I – естественный откос; II – откос предельного равновесия; III – откос осыпания; IV – откос обрушения; v_n – поступательная скорость движения транспортера для загрузки, м/с; φ – угол наклона насыпи клубней, град; φ_0 – угол естественного откоса насыпи клубней, град; γ – угол откоса равновесия насыпи клубней, град; H – высота слоя клубней, м.

Для снижения повреждений клубней и энергоемкости процесса рабочий орган должен забирать клубни с пола хранилища. При заборе клубней из подошвы насыпи высотой H и поверхностью естественного откоса I с углом наклона φ в насыпи образуется откос II предельного равновесия γ (рис. 2). После удаления обрушившейся массы клубней обнажается поверхность откоса III обрушения пе-

ременной кривизны с пологой нижней частью, углом у основания φ_0 и почти отвесной верхней частью. Линии откосов осыпания и предельного равновесия представляют собой прямую. Линия откоса обрушения характеризуется эмпирическим уравнением:

$$x_i = \frac{y_i}{(tg \alpha_0 - ky_i^2)}. \quad (11)$$

где x_i и y_i – координаты точки обрушения клубней, м.

Первоначально рабочий орган внедряется в насыпь до образования откоса предельного равновесия. На этом этапе путь внедрения l_1 можно рассчитать по формуле:

$$l_1 = H(ctg\varphi_{0c} - ctg\varphi), \quad (12)$$

где H – высота слоя клубней, м.

Объем выгрузки клубней будет равен:

$$V_1 = l_1 H \left(\frac{B}{2} + \frac{H}{3tg\varphi} \right), \quad (13)$$

где B – ширина захвата рабочего органа питателя, м;

H – высота слоя клубней, м.

Далее рабочий орган внедряется в откос предельного равновесия. При его обрушении рабочий орган останавливается и выбирает осыпавшиеся клубни [14]. Затем движение вновь возобновляется и продолжается до образования нового предельного равновесия, при этом путь внедрения можно рассчитать следующим образом:

$$l_2 = x_i - \frac{y_i}{tg\psi}, \quad (14)$$

где x_i , y_i – координаты точки касания кривой обрушения и линии откоса предельного равновесия клубней в насыпи, м.

Объем выгрузки при перемещении транспортера на пути l_2 :

$$V_2 = Hl_2 \left(B + \frac{H}{tg\varphi} \right). \quad (15)$$

Полный объем выгрузки за цикл работы от обрушения до обрушения:

$$V_{\Sigma} = V_1 + V_2. \quad (16)$$

$$V_{\Sigma} = \frac{V_{об}}{k_{об}}, \quad (17)$$

где $V_{об}$ – объем части насыпи, обрушившейся при выгрузке, м³;

$k_{об}$ – коэффициент обрушения, $k_{об} = 0,5 \dots 0,75$.

Выводы. Результаты проведенных исследований позволили установить, что

независимо от конструкции питателя при заборе корнеплодов и клубней картофеля из насыпи ходовая система подборщика должна развивать определенное напорное усилие P_H в диапазоне значения коэффициента динамического фактора $1,2 \dots 2,0$ между мощностью, необходимой для передвижения подборщика и усилием сопротивления внедрению питателя в насыпь клубней.

Определена передаточная функция по управляющему воздействию транспортера как объекта в системе автоматического регулирования толщины слоя клубней, учитывающая кинематический режим работы транспортера для выгрузки и время передачи элементарного объема продукции с поверхности транспортера из хранилища.

Установлены закономерности определения передаточной функции по управляющему воздействию транспортера для выгрузки хранилища, учитывающие физико-механические свойства продукции и технологические параметры машины, а также фазы образования откосов в насыпи клубней при внедрении в их поверхность питателя, включающие четыре этапа: образование естественного откоса, откоса предельного равновесия, откоса осыпания и откоса обрушения продукции.

Изменение формы слоя насыпи клубней картофеля в процессе транспортирования продукции зависит от кинематического режима работы транспортера, его длины и определяется максимальным перепадом клубней в насыпи, высотой слоя, а также углом наклона выгрузного транспортера.

Ширина ленты транспортера для выгрузки продукции из хранилища определяется значениями коэффициента трения корнеплодов о поверхность ленты, коэффициента использования рабочего времени и поступательной скорости движения ленты транспортера.

После удаления обрушившейся массы клубней линия откосов осыпания и предельного равновесия представляют собой прямую, характеризующуюся эмпирическим уравнением определения координат точки обрушения клубней, высоты слоя клубней и коэффициента обрушения насыпи $k_{об} = 0,5 \dots 0,75$.

Литература

1. Калинин А. Б., Теплинский И. З., Кудрявцев П. П. Почвенное состояние в интенсивной технологии // Картофель и овощи. 2016. № 2. С. 35–36.
2. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства / А. Ю. Измайлов, Н. Н. Колчин, Я. П. Лобачевский и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 43 – 47.
3. Комбикормовый цех для сельскохозяйственного предприятия / П. А. Савиных, Ю. В. Сычуглов, В. А. Казаков и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6. С. 131-137.
4. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции / Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский и др. // Техника и оборудование для села. 2018. №7. С. 2-7.
5. Селекции и семеноводству картофеля необходима механизация / А. Г. Пономарев, Н. Н. Колчин, В. Н. Зернов и др. // Картофель и овощи. 2017. №3. С. 22-24.
6. Особенности взаимодействия винтового рыхлителя с почвой / И.С. Мухаметшин, А. Р. Валиев, А. В. Алешкин и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 50-57.
7. Design optimization and experiment on potato haulm cutter / J. Q. Lü, Q. Q. Shang, Y. Yang, et al. // Transactions of the CSAM. 2016. Vol. 47. No. 5. P.106–114.

8. Evaluation of Comparative Field Studies for Root and Onion Harvester with Variable Angle Conveyor / A.S. Dorokhov, A.G. Aksenov, A.V. Sibirev, et al. // Agriculture. 2023. Vol. 13. P. 572 – 591.
9. Mendoza F., Lu R., Cen H. Grading of apples based on firmness and soluble solids content using Vis/SWNIR spectroscopy and spectral scattering techniques // Journal of Food Engineering. 2014. Vol. 125. P. 59–68.
10. Выбор и обоснование параметров экологического состояния агроэкосистемы для мониторинга технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур / А. Б. Калинин, В. А. Смелик, И. З. Теплинский и др. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 315–319.
11. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 4. С. 4-12. doi: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12.
12. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. №. 4. С. 6-10. doi: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10
13. Сабиров Р. Ф., Валиев А. Р., Мухамадьяров Ф. Ф. Обоснование конструктивно-технологических параметров устройства для обработки семян биопрепаратами // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 84-89. doi: 10.12737/2073-0462-2021-84-89.
14. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства / А. В. Коршунов, Е. А. Симаков, Ю. Н. Лысенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12-20. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10303.

Сведения об авторах:

Дорохов Алексей Семенович – доктор технических наук, академик РАН, зам. директора по научно-организационной работе, e-mail: dorokhov@rgau-msha.ru
 Сибирёв Алексей Викторович – доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, e-mail: sibirev2011@yandex.ru
 Аксенов Александр Геннадьевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, e-mail: 1053vim@mail.ru
 Мосяков Максим Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, e-mail: maks.mosyakov@yandex.ru
 Сазонов Николай Викторович – младший научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, e-mail: sazonov_nikolay@mail.ru
 Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

THEORETICAL BASIS OF THE CONVEYOR FOR UNLOADING VEGETABLE ROOT CROPS AND POTATO TUBERS FROM STORAGE

A. S. Dorokhov, A. V. Sibirev, A. G. Aksenov, M. A. Mosyakov, N. V. Sazonov

Abstract. The need to develop specialized machines and equipment for laboratory and field research on potato breeding is due to the fact that the methodology of breeding processes and the first stages of seed production involves comparing many plants of different origins and selecting the best for further work up to the creation of a new variety or transfer of seeds for propagation in production conditions. The large variability of machines for unloading vegetables and potatoes does not adequately prevent damage to vegetable and potato products, which is due to the imperfect design of such machines, including the imperfection or absence of patterns of automated control of the technological process of work and justification of the parameters of their working parts. The purpose of the study is to substantiate the parameters of the conveyor for unloading vegetable crops and potatoes into storage and to determine the patterns of formation of the control signal of the transfer function of automatic control of operation. The power required to move the pick-up depends on the maximum pressure force of introducing the intake element into the embankment, the mass of the pick-up and the rolling resistance coefficients of the running wheels of the pick-up and transport sections. The length of the unloading conveyor of the machine is determined by the reserve zone to prevent wheels from hitting the tubers, their maximum difference in the embankment, the height of the layer, as well as the angle of inclination of the unloading conveyor. The width of the conveyor belt for unloading products from storage is determined by the values of the coefficient of friction of root crops on the surface of the belt, the coefficient of working time utilization and the forward speed of the conveyor belt. After removing the collapsed mass of tubers, the line of crumbling slopes and the limiting equilibrium are a straight line, characterized by an empirical equation for determining the coordinates of the tuber collapse point, the height of the tuber layer and the embankment collapse coefficient. When the feeder tubers are introduced into the surface of the embankment, the formation of slopes occurs in four stages: the formation of a natural slope, a limiting equilibrium slope, a shedding slope and a product collapse slope.

Key words: loading, storage, potatoes, vegetable crops, theoretical studies, justification of parameters.

References

1. Kalinin AB, Teplinskiy IZ, Kudryavtsev PP. [Soil condition in intensive technology]. Kartoffel' i ovoshchi. 2016; 2. 35-36 p.
2. Izmaylov AYU, Kolchin NN, Lobachevskiy YaP. [Modern technologies and special equipment for potato growing]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2015; 3. 43-47 p.
3. Savinykh PA, Sychugov YuV, Kazakov VA. [Feed mill for an agricultural enterprise]. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2018; 6. 131-137 p.
4. Lachuga YuF, Izmaylov AYU, Lobachevskiy YaP. [Intensive machine technologies, robotic technology and digital systems for the production of main groups of agricultural products]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2018; 7. 2-7 p.
5. Ponomarev AG, Kolchin NN, Zernov VN. [Selection and seed production of potatoes requires mechanization]. Kartoffel' i ovoshchi. 2017; 3. 22-24 p.
6. Mukhametshin IS, Valiev AR, Aleshkin AV. [Features of the interaction of a screw ripper with soil]. Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2018; 4. 50-57 p.
7. Lü JQ, Shang QQ, Yang Y. Design optimization and experiment on potato haulm cutter. Transactions of the CSAM. 2016; Vol.47. 5. 106-114 p.
8. Dorokhov AS, Aksenov AG, Sibirev AV. Evaluation of comparative field studies for root and onion harvester with variable angle conveyor. Agriculture. 2023; Vol.13. 572-591 p.

9. Mendoza F, Lu R, Cen H. Grading of apples based on firmness and soluble solids content using Vis/SWNIR spectroscopy and spectral scattering techniques. *Journal of Food Engineering*. 2014; Vol.125. 59-68 p.
10. Kalinin AB, Smelik VA, Teplinskiy IZ. [Selection and justification of parameters of the ecological state of the agroecosystem for monitoring technological processes of cultivating agricultural crops]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015; 39. 315-319 p.
11. Lobachevskiy YaP, Tsench YuS. [Principles of forming systems of machines and technologies for complex mechanization and automation of technological processes in crop production]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii*. 2022; Vol.16. 4. 4-12 p. doi: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12. EDN IDJFYV
12. Lobachevskiy YaP, Dorokhov AS. [Digital technologies and robotic technical means for agriculture]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii*. 2021; Vol.15. 4. 6-10 p. doi: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10
13. Sabirov RF, Valiev AR, Mukhamadyarov FF. [Justification of the design and technological parameters of seed treatment device with biological preparations]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; Vol.16. 3(63). 84-89 p. doi: 10.12737/2073-0462-2021-84-89.
14. Korshunov AV, Simakov EA, Lysenko YuN. [Current problems and priority directions of potato growing development]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018; Vol.32. 3. 12-20 p. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10303.

Authors:

Dorokhov Aleksey Semenovich – Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, deputy director for scientific and organizational work, e-mail: dorokhov@rgau-msha.ru
 Sibirev Aleksey Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, chief researcher of Technologies and Machines in Vegetable Growing Department, e-mail: sibirev2011@yandex.ru
 Aksenov Aleksander Gennadievich – Doctor of Technical Sciences, chief researcher of Technologies and Machines in Vegetable Growing Department, e-mail: 1053vim@mail.ru
 Mosyakov Мaлыи Aleksandrovich – Ph.D. of Technical Sciences, senior researcher of Technologies and Machines in Vegetable Growing Department, e-mail: maks.mosyakov@yandex.ru
 Sazonov Nikolay Viktorovich – junior researcher of Technologies and Machines in Vegetable Growing Department, e-mail: sazonov_nikolay@mail.ru
 Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia.