УДК 631.356.43

CC BY

DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-5-14-19

Результаты исследований технологического процесса картофелекопателя

Виктор Михайлович Алакин,
кандидат технических наук, доцент кафедры,
e-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru;

Геннадий Сергеевич Никитин,
аспирант кафедры

Калужский филиал Московского государственного университета им. Н.Э Баумана, Калуга, Российская Федерация

Реферат. Картофелекопатель, оснащенный четырехлопастным битером в комплексе с ротационной сепарирующей поверхностью, обладает низкой материалоемкостью и энергоемкостью, более высокой сепарирующей способностью, а также меньше травмирует клубни. Однако во избежание нарушения процесса транспортирования картофелесодержащего пласта перед первой роторной секцией в конструкции данного картофелекопателя необходимо использовать четырехлопастной приемно-подающий битер. (*Цель исследования*) Повысить технологическую и экономическую эффективность подкапывающе-сепарирующего устройства картофелекопателя ротационного типа благодаря оптимизации параметров конструкции и режимов работы приемно-подающего битера. (*Материалы и методы*) Рассмотрели основные принципы устойчивости межоперационного процесса транспортирования картофелесодержащего вороха четырехлопастным приемно-подающим битером. Для исключения вероятности перегрузки битера при приеме и перемещении картофелесодержащего пласта вычислили зависимость его минимальной угловой скорости от скорости движения картофелекопателя. Проанализировали процесс подъема картофельного вороха на вершины рабочих органов первой секции ротационного сепаратора и создали методику получения значений скорости и угла отрыва материала от лопасти битера. Рассчитали рабочую угловую скорость битера с помощью дифференциального уравнения, описывающего движение картофелесодержащего пласта по поверхности лопасти. (*Результаты и обсуждение*) Показали, как с помощью уравнений динамики, описывающих движение тела, брошенного под углом к горизонту, определить предварительные скорость и угол отрыва картофелесодержащего пласта от лопасти битера. Их реальные значения находятся в зависимости от скорости движения картофелекопателя и определяются из треугольника скоростей. Составили зависимость рабочей угловой скорости вращения четырехлопастного битера от скорости движения картофелекопателя. Ее величина должна превышать значения минимальной угловой скорости. (*Выводы*) Теоретические расчеты позволили вычислить наиболее оптимальные конструктивные параметры и режимы работы четырехлопастного битера, обеспечивающие устойчивые процессы приема, перемещения и передачи пласта на ротационную сепарирующую поверхность.

Ключевые слова: картофель, картофелекопатель, уборка, картофелесодержащий ворох, ротационная сепарирующая поверхность, роторно-зубчатые рабочие органы, лемех, лопастной битер, производительность, надежность, энергоемкость, материалоемкость.

Для цитирования: Алакин В.М., Никитин Г.С. Результаты исследований технологического процесса картофелекопателя // *Сельскохозяйственные машины и технологии.* 2018. Т. 12. N5. С. 14-19. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-5-14-19.

Research Results of the Potato Digger Technological Process

Viktor M. Alakin,
Ph.D.(Eng.), associate professor,
e-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru;

Gennadiy S. Nikitin,
postgraduate student

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation

Abstract. A potato digger equipped with a four-bladed beater operating in connection with rotary separating surface has low material and energy consumption, higher separating efficiency, as well as lower degree of tuber damaging. The potato digger design should include a four-bladed intake-and-feed beater to prevent potato heap transportation faults in front

of the first section. (Research purpose) Increasing the technological and economic efficiency of a potato digging-and-separating unit through the determination of the optimum values of the design parameters and operating process of the intake-and-feed beater. (Materials and methods) the authors have made an overview of general principles of ensuring the stability of the potato heap movement provided by the four-bladed intake-and-feed beater. The dependency of the minimum beater speed on the operating speed of the potato digger has been found to exclude a probability of its overloading. The methodology of calculating the potato heap velocity and the cutoff angle between the material and the beater blades has been worked out by analyzing potato heap lifting to the upper points of the working units of the rotary separator's first section. Operating speed of the beater has been determined through the differential equation for the speed of a potato heap moving along the blade surface. (Results and discussion) Preliminary potato heap speed and cutoff angle have been found through the equation of dynamics describing the projectile motion of an object thrown at an angle. The operating values of the angles are dependent on the potato digger working speed and can be selected from the triangle of speeds. The authors have determined the dependence of the optimal beater speed on the working speed of a potato digger. Its value should exceed the minimum speed of the beater. (Conclusions) Theoretical results allow proposing the best design features and optimum working process parameters of a four-bladed beater receiving a potato heap, transporting it and lifting on the rotary separating surface.

Keywords: potato, potato digger, harvesting, potato heap, rotary separating surface, rotary star wheels, share, four-bladed beater, performance, reliability, energy efficiency, material consumption.

For citation: Alakin V.M., Nikitin G.S. Research results of the potato digger technological process. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(5). 14-19. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-5-14-19. (In Russian).

В настоящее время на возделывание картофеля приходится значительная доля мирового сельскохозяйственного производства. Согласно официальной статистике Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, только в нашей стране под его посадками занято свыше 297,11 тыс. га. Как и при производстве большинства овощных культур, значительная часть всех трудозатрат при возделывании картофеля до сих пор приходится на уборку урожая (до 30-40%). В настоящее время для этой цели в основном используют картофелекопатели, картофелекопатели-валкоукладчики, картофелекопатели-погрузчики и картофелеуборочные комбайны. Первые два типа наиболее широко распространены в небольших фермерских и личных подсобных хозяйствах. Картофелекопатели-погрузчики и картофелеуборочные комбайны чаще всего используют при промышленных объемах производства, в том числе в комплексе с картофелекопателями и картофелекопателями-валкоукладчиками при уборке урожая по двухфазной технологии [1-5].

В качестве основного сепарирующего устройства во всех четырех типах картофелеуборочных машин в большинстве случаев используют прутковый элеватор. К его главным достоинствам можно отнести простоту конструкции, универсальность применения и возможность транспортирования убираемой продукции под углом до 25°. Однако из-за низкой сепарирующей способности, значительной металлоемкости, энергоемкости, а также подверженности износу и залипанию почвой (при работе на полях с влажностью более 22%) существенно снижаются его технологические характеристики, что негативно отражается на работе картофелеуборочной машины в целом [1].

Для решения данной проблемы в Калужском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана был разработан ротационный сепаратор новой конструкции. Его рабочая поверхность образована пятью или шестью ротационными секциями, состоящими из валов с установленными на них роторно-зубчатыми рабочими органами. Между роторами располагаются винтовые распорно-регулировочные втулки, с помощью которых рабочие органы смещаются вдоль валов, и между ними образуется сепарирующий зазор *C*. В зависимости от размера мелкой фракции картофеля его можно устанавливать в пределах 30-50 мм. Это дает возможность универсального применения сепаратора и в целом копателя для уборки других корнеклубнеплодов.

Роторно-зубчатые рабочие органы соседних рядов должны иметь возможность свободно перемещаться вдоль валов без зацепления, поэтому рабочие секции установлены с некоторым технологическим зазором *S*. Рабочий орган ротационного сепаратора представляет собой ротор с восемью наклонными пальцами зубчатой формы. Для достижения необходимой упругости толщина зубчатых пальцев увеличивается от вершины к основанию, а за счет их наклонной и сферической поверхности уменьшается вероятность наматывания растительных примесей, защемления комков почвы и клубней, что существенно снижает сопротивление се-

парирующей поверхности и повреждаемость клубней. Вращательное движение роторно-зубчатых рабочих органов позволяет более интенсивно крошить и равномерно распределять транспортируемые гряды по ширине сепаратора, тем самым повышая интенсивность просеивания почвенных примесей и уменьшая повреждаемость убираемой культуры [6, 7]. Внешний диаметр зубчато-пальцевых роторов составляет 300 мм, что обеспечивает им высокую окружную скорость при низкой частоте вращения валов, а также большую площадь живого сечения. В качестве материала для ротационных рабочих органов используют высокопрочную резину марки 18-510 Тульского завода РТИ. За счет высокой прочности роторов и устранения зацепления пальцев между собой значительно увеличился срок службы сепаратора, а его материало- и энергоемкость снизились [8, 9].

Для проведения экспериментальных исследований ротационный сепаратор установили на раму прицепного картофелекопателя КСТ-1,4А. Разработку конструкции универсального ротационного картофелекопателя полностью проводили в *CAD*-системах *Solidworks* и КОМПАС-*3D*. Это не только снизило время проектирования, но и позволило провести предварительный кинематический и динамический анализ различных элементов конструкции и рабочего процесса. Он показал, что из-за увеличенного (относительно известных аналогов) внешнего диаметра рабочих органов возникает значительный перепад высот между ними и задними кромками лемехов. Поэтому в этом месте будет происходить замедление процесса транспортирования пласта, что соответственно приведет к росту повреждений клубней в зоне контакта с первой роторной секцией и, как следствие, к нарушению работы картофелекопателя в целом [7-9].

Одним из вариантов устранения данного недостатка, а также повышения технологической эффективности сепаратора, стала установка четырехлопастного битера между лемехами и первой ротационной секцией сепарирующей поверхности. Ранее данные устройства применяли в основном в комплекте с сепараторами пруткового типа. Примером могут служить картофелекопатели КСТ-1,4М, КТН-2ВМ, где битер использовался для первичного разрушения структуры подкопанного пласта и его равномерного распределения по ширине элеватора. Так как ротационный сепаратор обладает более высокой просеивающей способностью, главной задачей битера становится обеспечение устойчивой подачи пласта на вершины рабочих органов первой секции.

Цель исследования – повышение технологической и экономической эффективности подкапывающе-сепарирующего устройства картофелекопателя ротационного типа путем оптимизации параметров конструкции и режимов работы приемно-подающего битера, обеспечивающей устойчивость межоперационного процесса транспортирования клубненосного пласта, а также повышение сохранности урожая и производительности картофелеуборочной машины в целом.

Материалы и методы. В качестве исследуемого объекта была предложена конструкция четырехлопастного битера, рабочую основу которого составляют металлические пластины, резинотканевые лопасти и отражающие щитки, установленные на кронштейнах квадратного вала. Посредством продольных пазов в кронштейнах пластины, лопасти и щитки смещаются от крайнего положения на величину до 70 мм.

Для устойчивой работы битера главное – обеспечить устойчивость приема и перехода картофельного пласта на сепаратор, а также избежать его перегрузки при любых условиях и режимах работы картофелекопателя. Для этого определим зависимость минимальной угловой скорости вращения битера ω_{min} от скорости движения картофелекопателя $V_к$.

Скорость поступления материала на битер $V_г$ найдем по формуле, предложенной В.П. Горячкиным [10]:

$$V_г = V_к \frac{\sin\psi_в}{\sin(\gamma_л + \psi_в)}, \quad (1)$$

где $V_к$ – скорость движения картофелекопателя, м/с;
$\psi_в$ – угол уплотнения пласта, град;
$\gamma_л$ – угол наклона лемеха, град.

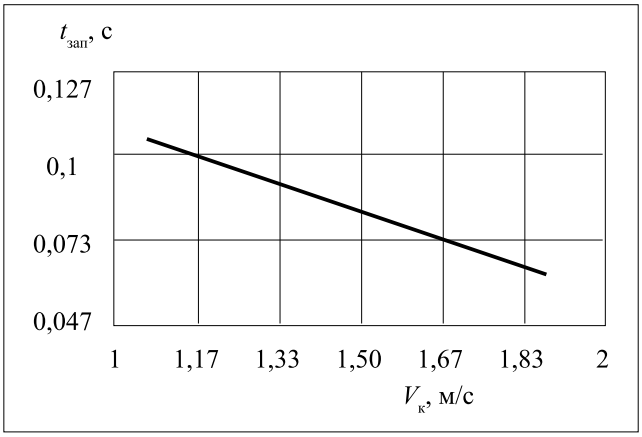

Рис. 1. График зависимости времени заполнения битера $t_{зап}$ от скорости движения картофелекопателя $V_к$
Fig. 1. The dependency diagram of the time of filling beater $t_{зап}$ on the potato digger working speed $V_к$

Принимая радиус битера $R_б$ равным радиусу роторно-зубчатого рабочего органа $R_р$, размер щитка минимальным $R_щ$ = 0,1 м, а угол поворота (при котором происходит заполнение лопасти) равным

45°, можно найти зависимости времени заполнения $t_{зап}$ и минимальной угловой скорости вращения ω_{min} от скорости движения картофелекопателя $V_к$ (*рис. 1, 2*). Для выполнения первого условия устойчивой работы битера должно соблюдаться неравенство $\omega_{min} \leq \omega_б$.

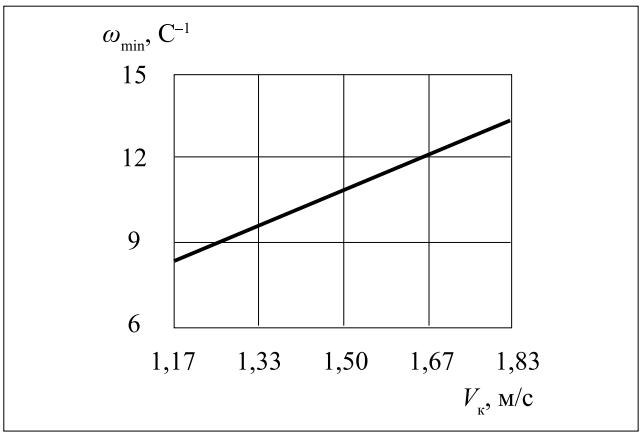

Рис. 2. График зависимости минимальной угловой скорости битера ω_{min} от скорости движения картофелекопателя $V_к$
Fig. 2. The dependency diagram of the minimum angular velocity (speed) of the beater ω_{min} on the potato digger working speed $V_к$

Второе условие, определяющее характер работы битера в комплексе с ротационной сепарирующей поверхностью, заключается в устойчивой подаче подкопанного пласта на вершины рабочих органов первой секции. Оно соответственно зависит от скорости $V_с$ и угла $\beta_с$ отрыва материала от лопасти, что можно регулировать изменением $R_б$, $R_щ$, $\omega_б$.

Так как после схода с лопасти картофелесодержащего пласта на него действует только сила тяжести, то предварительные значения скорости V_0 и угла $\alpha_с$ отрыва материала от лопасти получают только на основе конструктивных параметров ротационной поверхности и битера (без учета движения картофелекопателя). Воспользуемся формулами, описывающими движение тела, брошенного под углом к горизонту.

Горизонтальная дальность полета:

$$X = \frac{V_0^2}{g}\sin 2\alpha_c . \quad (2)$$

Наивысшая точка полета:

$$H = \frac{V_0^2}{2g}\sin^2 \alpha_c . \quad (3)$$

В процессе работы картофелекопателя битер совершает сложное движение, которое включает в себя поступательный и вращательный компоненты, поэтому реальные скорость $V_с$ и угол $\beta_с$ отрыва материала от лопасти найдем с помощью треугольника скоростей (*рис. 3*).

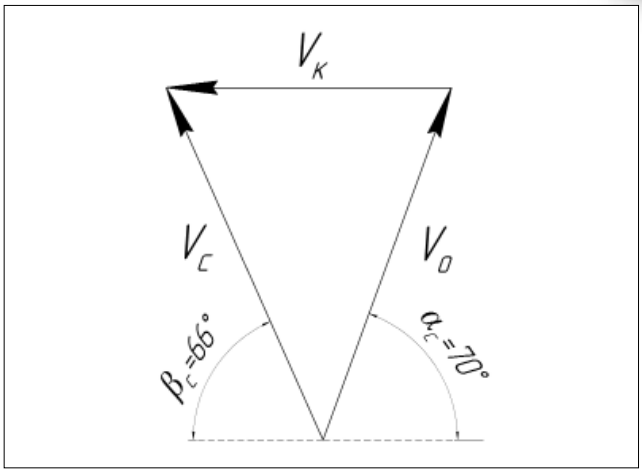

Рис. 3. Треугольник скоростей
Fig. 3. The triangle of speeds

Угловую скорость битера $\omega_б$, отвечающую всем вышеперечисленным требованиям, определим из дифференциального уравнения (4), описывающего движение картофелесодержащего пласта по поверхности лопасти (*рис. 4*). Применяя инерционную систему координат с центром в середине приводного вала битера и осями, параллельными его лопастям, необходимо учитывать возникающие центростремительные $F_ц$ и Кориолисовы $F_с$ силы инерции.

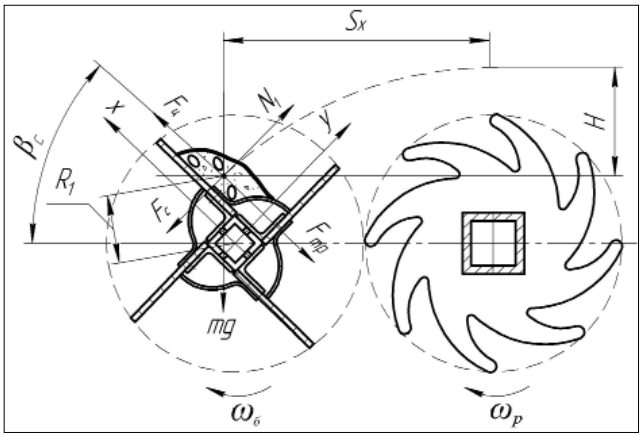

Рис. 4. Схема сил, действующих на картофелесодержащий пласт
Fig. 4. Force diagram showing all forces acting on a potato heap

Спроецируем все силы на оси x, y (*рис. 4*):

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F_ц - F_{тр} - mg\sin\beta_c \\ m\ddot{y} = N_1 - F_c - mg\cos\beta_c \end{cases}, \quad (4)$$

где m – масса части картофелесодержащего пласта, кг;

$\ddot{x}$ – ускорение картофелесодержащего пласта по оси x, м/с^2;

$\ddot{y}$ – ускорение картофелесодержащего пласта по оси y, м/с^2;

$F_ц$ – центробежная сила, Н;

$F_{тр}$ – сила трения скольжения, Н;

N_1 – сила реакции поверхности лопасти, Н;

F_c – сила Кориолиса, Н;

R_1 – расстояние от центра битера до центра картофелесодержащего пласта, м.

Из первого уравнения системы (4) находим силу трения $F_{тр}$:

$$F_{mp} = fN_1 = f(2m\omega_б\dot{x} + mg\cos\beta_c), \quad (5)$$

где f – коэффициент трения скольжения почвы по резине, f = 0,7.

Выражая значение R_1, через переменную x и подставляя в систему (4) центробежную силу $F_ц$, силу Кориолиса F_c, силу трения $F_{тр}$ и силу реакции поверхности лопасти N_1, получаем выражение:

$$\ddot{x} + 2f\omega_б\dot{x} - \omega_б^2 x = -fg\cos\omega_б t - g\sin\omega_б t, \quad (6)$$

где t – переменная времени, с.

Левая часть выражения (6) представлена однородным дифференциальным уравнением второго порядка, решение которого имеет вид:

$$X_1 = C_1 e^{B_1 t} + C_2 e^{B_2 t}, \quad (7)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования;

B_1 и B_2 – корни характеристического уравнения.

$$B_1 = 0{,}5\omega_б; \quad B_2 = -2\omega_б.$$

Правая часть выражения (6) представляет собой линейное неоднородное дифференциальное уравнение:

$$\tilde{x} = A\cos\omega_б t + B\sin\omega_б t, \quad (8)$$

где A, B – постоянные коэффициенты.

Через первое и второе производные уравнения (8) можно найти постоянные коэффициенты A, B:

$$A = \frac{fg}{\omega_б^2(1+f^2)},$$

$$B = \frac{g(1-f^2)}{2\omega_б^2(1+f^2)}.$$

Общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения второго порядка будет иметь вид:

$$x = X_1 + \tilde{x} = C_1 e^{B_1 t} + C_2 e^{B_2 t} + A\cos\omega_б t + B\sin\omega_б t. \quad (9)$$

Первая производная уравнения (9):

$$\dot{x} = C_1 B_1 e^{B_1 t} + C_2 B_2 e^{B_2 t} - A\omega_б\sin\omega_б t + B\omega_б\cos\omega_б t. \quad (10)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 находим, подставляя начальные условия $t(0) = 0$; $x(0) = R_щ$; $\dot{x}(0) = 0$ в формулы (9) и (10):

$$C_1 = \frac{B_2(A - R_щ) + B\omega_б}{B_1 - B_2},$$

$$C_2 = \frac{B_1(R_щ - A) + B\omega_б}{B_1 - B_2}.$$

Результаты и обсуждение. Для уменьшения времени пребывания картофелесодержащего пласта на лопасти предпочтительнее использовать настильную траекторию его подъема на вершины роторно-зубчатых рабочих органов первой секции сепаратора. Подставляя в формулы (2) и (3) значения горизонтальной дальности S_x =0,16 и наивысшей точки полета H=0,23 м, определяем, что при наиболее оптимальном угле отрыва α_c =70° предварительная скорость схода материала V_0 должна равняться 2,2 м/с. Исходя из треугольника скоростей (*рис. 3*) найдем угол отрыва β_c и скорость отрыва V_c в зависимости от скорости движения картофелекопателя, *таблица 1.*

Таблица 1 **Table 1**

Зависимости угла β_c и скорости V_c отрыва картофелесодержащего пласта от скорости движения картофелекопателя $V_к$
Dependencies of the angle β_c and speed V_c of the potato heap cutoff on the potato digger working speed $V_к$

$V_к$, м/с	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
β_c, град	80,5	78	75	72,5	70	67,5	65
V_c, м/с	2,09	2,11	2,13	2,16	2,20	2,23	2,26

Полученные уравнения (9) и (10) определяют положение и скорость движения транспортируемого материала на лопасти битера. Они показывают, что минимальная скорость схода V_c будет в наивысшей точке отрыва, то есть при β_c =90°. В дальнейшем скорость V_c увеличивается вследствие уменьшения высоты точки отрыва. Подставляя значения $R_б$, $R_щ$, $V_к$, V_c, β_c в данные выражения, получаем зависимость рабочей угловой скорости битера $\omega_б$ от скорости движения картофелекопателя $V_к$ (*табл. 2*).

Таблица 2 **Table 2**

Зависимость оптимальной угловой скорости битера $\omega_б$ от скорости работы картофелекопателя $V_к$
The dependence of the optimal angular velocity (speed) of the beater $\omega_б$ on the potato digger working speed $V_к$

$V_к$, м/с	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$\omega_б$, с$^{-1}$	29	31	32	33,5	34,5	35,5

Выводы

В результате проведенных исследований были определены наиболее оптимальные конструктивные параметры и режимы работы четырехлопастного битера, обеспечивающие устойчивость межоперационного процесса транспортирования клубненосного пласта и предварительное разрушение его структуры, за счет чего существенно повысились технологические и экономические параметры картофелекопателя, оснащенного ротационным сепарирующим устройством.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Резников Л.А., Ещенко В.Т., Дьяченко Г.Н., Сокол Н.А. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин. М.: Агропромиздат. 1991. С. 428-446.
2. Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М., Иванович Э.М., Мельников С.В. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет. Л.: Машиностроение. 1967. 583 с.
3. Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля. М.: Агроспас. 2010. С. 176-188.
4. Кленин Н.И., Киселев С.Н., Левшин А.Г. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС, 2008. С. 655-670.
5. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС. 2004. С. 422-431.
6. Лачуга Ю.Ф., Горбачев И.В., Ежевский А.А., Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Бабченко В.Д., Бейлис В.М., Голубкович А.В., Гришин А.П., Евтюшенков Н.Е., Жалнин Э.В., Жук А.Ф., Колесникова В.А., Левина Н.С., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко Л.А., Марченко О.С., Михеев В.В. и др. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Т. 1. Растениеводство. М.: ВИМ. 2012. 303 с.
7. Остроумов С.С., Кузьмин А.В. К выбору рациональных параметров роторного сепаратора картофелекопателя // *Вестник КрасГАУ*. 2014. N9. С. 182-187.
8. Остроумов С.С., Кузьмин А.В. Обоснование параметров ротора сепаратора картофелеуборочной машины // *Вестник ИрГСХА*. 2015. N66. С. 117-123.
9. Остроумов С.С. Результаты полевых испытаний нового картофелеуборочного комбайна // *Вестник ИрГСХА*. 2009. N36. С. 86-92.
10. Ксеневич И.П., Варламов Г.П., Колчин Н.Н. и др. Машиностроение. Сельскохозяйственные машины и оборудование. Т. IV. М.: Машиностроение. 2002. С. 288-298.

REFERENCES

1. Reznikov L.A., Yeshchenko V.T., D'yachenko G.N., Sokol N.A. Osnovy proyektirovaniya i raschet sel'skokhozyaystvennykh mashin [Principles of designing and calculating the parameters of agricultural machinery]. Moscow. Agropromizdat. 1991. 428-446. (In Russian).
2. Turbin B.G., Lur'ye A.B., Grigor'yev S.M., Ivanovich E.M., Mel'nikov S.V. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny. Teoriya i tekhnologicheskiy raschet [Agricultural machinery. Theory and technological designing]. Leningrad. Mashinostroyeniye. 1967. 583. (In Russian).
3. Tubolev S.S., Shelomentsev S.I., Pshechenkov K.A., Zeyruk V.N. Mashinnyye tekhnologii i tekhnika dlya proizvodstva kartofelya [Machine technologies and machinery for potato production]. Moscow. Agrospas. 2010. 176-188. (In Russian).
4. Klenin N.I., Kiselev S.N., Levshin A.G. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny [Agricultural machinery]. Mpscow. KolosS. 2008. 655-670. (In Russian).
5. Khalanskiy V.M., Gorbachev I.V. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny [Agricultural machinery]. Moscow. KolosS. 2004. 422-431. (In Russian).
6. Lachuga Yu.F., Gorbachev I.V., Ezhevskii A.A., Izmaylov A.Yu., Kriazhkov V.M., Antyshev N.M., Babchenko V.D., Beilis V.M., Golubkovich A.V., Grishin A.P., EvtushenkovN.E., Zhalnin E.V., Zhuk A.F., KolesnikovaV.A., Levina N.S., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko L.A., Marchenko O.S., Mikheev V.V. и др. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machines and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period until 2020]. Vol. 1. Rasteniyevodstvo [Crop cultivation]. Moscow. VIM, 2012. 303. (In Russian).
7. Ostroumov S.S., Kuz'min A.V. K vyboru ratsional'nykh parametrov rotornogo separatora kartofelekopatelya [On the selection of optimal parameters of a rotary separator of a potato harvester]. *Vestnik KrasGAU*. 2014. 9. 182-187. (In Russian).
8. Ostroumov S.S., Kuz'min A.V. Obosnovaniye parametrov rotora separatora kartofeleuborochnoy mashiny [Determination of parameters of a rotary separator of a potato harvester]. *Vestnik IrGSKHA*. 2015. 66. 117-123. (In Russian).
9. Ostroumov S.S. Rezul'taty polevykh ispytaniy novogo kartofeleuborochnogo kombayna [Field test results of a new potato combine harvester]. *Vestnik IrGSKHA*. 2009. 36. 86-92. (In Russian).
10. Ksenevich I.P., Varlamov G.P., Kolchin N.N. et al. Mashinostroyeniye. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i oborudovaniye [Machine Engineering. Encyclopedia. Agricultural machinery and equipment]. Vol. IV. Moscow. Mashinostroyeniye. 2002. 288-298. (In Russian).

Статья поступила в редакцию 03.04.2018
The paper was submitted to the Editorial Office on 03.04.2018

Статья принята к публикации 29.06.2018
The paper was accepted for publication on 29.06.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.