

19. Predely izmeneniya konkretnoj vidimosti v tyomnoe vremya sutok / V. V. Belov [i dr.] // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2018. – Вып. № 43. – С. 51–57.

20. Strategiya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossijskoj Federacii na 2018 – 2024 gody [Elektronnyj resurs]: rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 8 yanvarya 2018 goda № 1-r // Spravochno-pravovaya sistema «Garant». – Rezhim dostupa: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71760528/>.

21. Transportno-trasologicheskaya ekspertiza po delam o dorozhno-transportnyh proisshestviyah (diagnosticheskie issledovaniya): metodicheskoe posobie dlya ekspertov, sledovatelej i sudej. V 2 ch. CH. 2. – М.: ИПК RFCSE, 2006. – 172 s.

22. CHava, I. I. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza / I. I. CHava. – М.: SUDEKS, 2014. – 156 s.

23. YAkunin, S. P. Ocenka konkretnoj vidimosti / S. P. YAkunin, V. V. Belov // Studencheskaya nauka – pervyj shag v akademicheskuyu nauku: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s uchastiem shkol'nikov 10-11-h klassov. – CHEboksary: FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA, 2019. – CH. 2. – S. 152-154.

24. Belov V.V. The research of the earth battery as the source of renewable energy / V.V. Belov, S. A. Avchukova, G. S. Yunusov // Energy and Clean Technologies: Issue HVIII-th international multidisciplinary scientific geoconference sgm: sonference proceedings. –2018. – V.18. – R. 713-719.

### **Information about authors**

**Belov Valery Vasilyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Republic of Chuvash, Cheboksary, 29, K. Marx str, E-mail: belovdtn@gmail.com, tel 8-953-015-64-12.

УДК 631.33

DOI:

## **ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ПОСАДКИ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКОЙ**

**В.Н. Гаврилов, А.В. Семенов, А.М. Новиков**

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия  
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

**Аннотация.** В государственной программе развития сельского хозяйства Чувашской Республики уделено немало внимания вопросам развития картофелеводства как на крупных сельскохозяйственных предприятиях, так и в личных подсобных хозяйствах. В целях получения ранней продукции картофеля необходимо производить предпосадочное проращивание клубней. Модернизация отечественных картофелесажалок путем расширения их технологических возможностей является актуальным направлением сельскохозяйственного машиностроения. Ввиду более жестких требований к процессу посадки пророщенных клубней использование автоматических сажалок при производстве раннего картофеля было ограничено. В данной ситуации переоборудование таких машин для посадки в полуавтоматическом режиме позволяет им соответствовать всем агротехническим требованиям. С этой целью картофелесажалка с элеваторным высаживающим аппаратом снабжается реверсивным механизмом для изменения направления движения ложечек и ручной укладки пророщенных клубней ложечками. Такое решение позволяет сократить длину пути движения клубней в высаживающем аппарате и уменьшить высоту их падения при спходе с ложечек. Однако все это, несомненно, приведет к изменению неравномерности раскладки клубней на уровне дна борозды. По этой причине были осуществлены изыскания, направленные на исследование теоретических предпосылок увеличения надежности процесса формирования равномерности посадки, производимой с помощью элеваторного высаживающего аппарата. Были рассмотрены два варианта траектории движения ложечек, оказывающих влияние на равномерность раскладки клубней картофеля в борозде относительно друг друга без учета их раскатывания. Далее процесс посадки пророщенных клубней полуавтоматической картофелесажалкой при несовпадении направлений движения машины и высаживающего аппарата был представлен в виде статической модели. Были выявлены основные параметры движения клубней: абсолютная скорость, время падения и перемещение клубня на уровне дна борозды. Было определено уравнение полиномиальной функции второй степени, описывающее значения расстояний между клубнями, рассчитанных по математической модели.

**Ключевые слова:** картофелесажалка, пророщенные клубни, высаживающий аппарат, динамическая система, траектория, скорость движения, перемещение клубня, равномерность посадки.

**Введение.** Картофель в структуре сельскохозяйственной продукции Чувашской Республики имеет важное продовольственное значение и пользуется большим спросом у населения. Основные направления развития сельскохозяйственного производства до 2020 г. изложены в государственной программе «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия

Чувашской Республики» [4], [8]. Одним из основных приемов, ускоряющих появление всходов и последующее развитие картофеля с гарантированным урожаем, является проращивание семенных клубней перед посадкой [2], [9], [10]. При этом обеспечение надежности механизированной посадки пророщенных клубней имеет, несомненно, важное практическое значение.

Картофелесажалка является сложной динамической системой, которая преобразует входные возмущающие воздействия в выходные процессы, характеризующие качество технологического процесса посадки.

В основном посадка пророщенных клубней картофеля производится полуавтоматическими сажалками с высаживающими аппаратами элеваторного типа. При этом процесс формирования равномерности посадки можно представить в виде функции:

$$P_{\Pi}(t) = f([I_k(t); V_M(t); H(t); \rho_H(t); \delta(t)])$$

где  $I_k(t)$  – изменчивость размера клубней;

$V_M(t)$  – скорость движения картофелесажалки;

$H(t)$  – высота падения клубней из высаживающего аппарата;

$\rho_H(t)$  – плотность дна борозды;

$\delta(t)$  – скольжение колес.

Рассматриваемая функция показывает, что неравномерность распределение картофелепосадочными машинами клубней в борозде объясняется рядом причин, к которым относятся различия в размерах и форме клубней, высота падения, плотность дна борозды, скорость движения агрегата, скольжение колес машины [5].

**Материалы и методы.** Методика исследований предусматривает осуществление изысканий, направленных на исследование теоретических предпосылок увеличения надежности процесса формирования равномерности посадки, производимой с помощью элеваторного высаживающего аппарата. Теоретические исследования выполнялись с использованием основных положений законов и методов классической механики и математики. Обработка результатов расчетов и экспериментов проводилась на персональном компьютере с использованием стандартных программ и приложений Microsoft Office.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На равномерность раскладки клубней картофеля в борозде относительно друг друга без учета их раскатывания оказывает влияние траектория движения ложечки высаживающего аппарата. С этой целью рассмотрим два возможных варианта ее движения: 1) совпадение движения картофелесажалки с направлением вращения высаживающего аппарата (рис 1, а); 2) несовпадение движения картофелесажалки с направлением вращения высаживающего аппарата (рис 1, б). Траектория движения ложечки высаживающего аппарата (точки  $O$ ) в момент сбрасывания клубней (в точке  $O_2$ ) будет характеризоваться следующими координатами:

– при совпадении направления движений:

$$\begin{cases} X_i = V_M \cdot t - R(1 - \cos\omega t) \\ Y_i = H - R \cdot \sin\omega t \end{cases} \quad (1)$$

– при несовпадении направления движений:

$$\begin{cases} X_i = V_M \cdot t + R(1 - \cos\omega t) \\ Y_i = H - R \cdot \sin\omega t \end{cases} \quad (2)$$

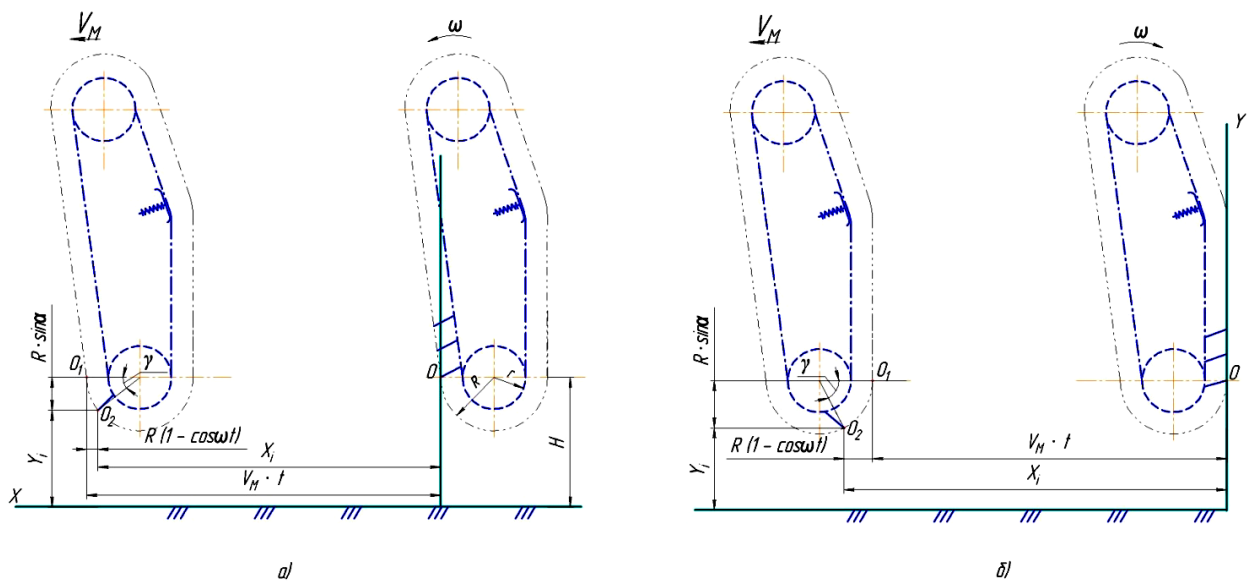


Рис. 1. Схема работы элеваторного высаживающего аппарата при совпадении (а) и несовпадении (б) направления его движения с движением сажалки

В момент сбрасывания клубней ложечка перемещается по ведущей звездочке высаживающего аппарата и имеет окружную скорость, равную  $V_0 = \omega \cdot R$ . В дальнейшем, используя коэффициент  $\lambda = V_0/V_M$ , характеризующий режим работы аппарата, продифференцируем уравнения (1) и (2) по углу поворота и получим уравнения проекций скорости абсолютного движения точки  $U_X$  и  $U_Y$  на соответствующие координатные оси. В итоге скорость абсолютного движения будет определяться так:  $V_{абс} = \sqrt{U_X^2 + U_Y^2}$ .

Окончательно скорости абсолютного движения для различных вариантов составят:

1) при совпадении направления движений:

$$V_{абс} = V_M \cdot \sqrt{1 - 2\lambda \cdot \sin\gamma + \lambda^2} \quad (3)$$

2) при несовпадении направления движений:

$$V_{абс} = V_M \cdot \sqrt{1 + 2\lambda \cdot \sin\gamma + \lambda^2} \quad (4)$$

При сравнении выражений (3) и (4) можно отметить следующее: численное значение абсолютной скорости будет всегда меньше при совпадении направлений движения высаживающего аппарата и картофелесажалки. В первом случае будет достигаться наименьшее смещение клубней на уровне дна борозды. В связи с этим была усовершенствована конструкция высаживающего аппарата для работы в автоматическом режиме при посадке непророщенных клубней картофеля [7].

Однако данный вариант направления движения при посадке пророщенного картофеля элеваторным высаживающим аппаратом увеличивает вероятность повреждения ростков по причине увеличения длины пути движения клубней с последующим их опрокидыванием на предыдущую ложечку. В целях устранения приведенных причин предлагается применить вариант с несовпадением направлений движения, то есть высаживающий аппарат будет иметь обратное направление движения. Такое решение гарантированно обеспечит мягкую укладку клубней в борозде [11], [12].

При предложенном направлении движения при посадке неизбежно изменится равномерность посадки данным высаживающим аппаратом, так как на раскладку клубней в борозде будет влиять изменчивость размеров клубней. По этой причине были проанализированы особенности процесса сбрасывания клубней высаживающим аппаратом в зависимости от разницы их размеров. В итоге была предложена конструкция специального удлинителя кожуха клубнепровода, изогнутого по радиусу на величину угла 80...90 градусов, которая позволяет в 1,5 раза снизить отклонение клубней от среднего значения [1], [3].

Далее процесс посадки пророщенных клубней полуавтоматической картофелесажалкой при несовпадении направления движений машины и высаживающего аппарата представим в виде статической модели (рис. 2), состоящей из двух этапов: 1) создание потока клубней и их сбрасывание высаживающим аппаратом; 2) преобразование потока клубней и их фиксация системой конечного взаимодействия (почва дна борозды) [6].

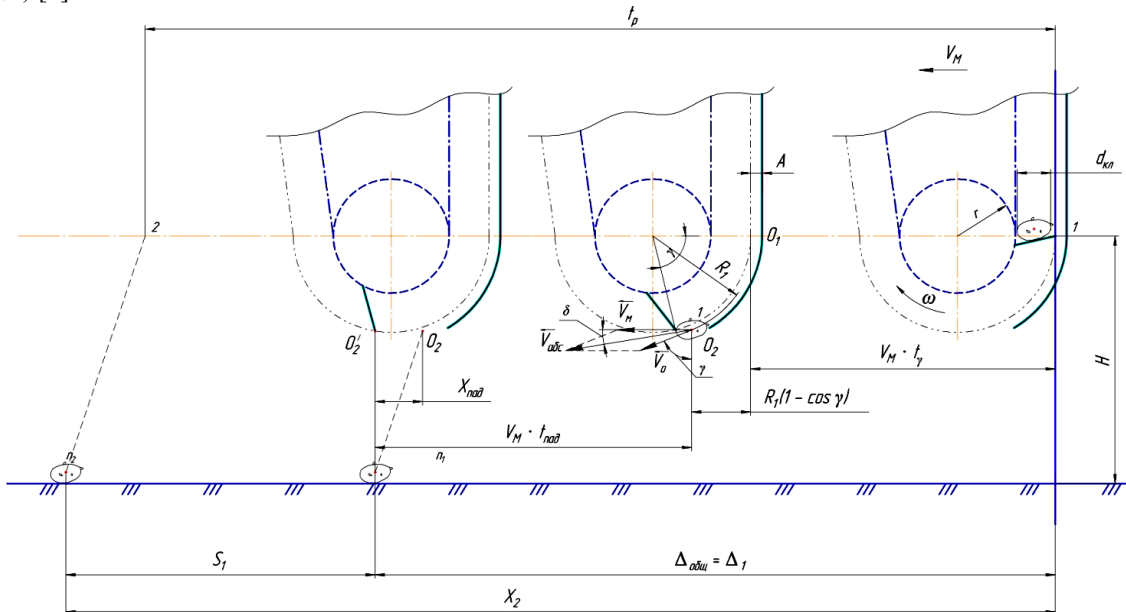


Рис. 2. Схема статической модели посадки картофеля полуавтоматической картофелесажалкой

Рассматриваемая статистическая модель описывает создание последовательности интервалов между точками 1, 2, 3, ..., n, n+1 относительно начала отсчета через определенный промежуток времени:

$$t_p = \pi \cdot D / z \cdot i \quad (5)$$

где  $D$  – диаметр колеса сажалки, м;  $z$  – число ложечек элеваторного высаживающего аппарата, шт.;  $i$  – передаточное отношение привода аппарата.

Согласно представленной схеме рассматриваемая точка 1 высаживающего аппарата, перемещаясь в положение  $O_1$ , при движении сажалки пройдет путь, равный  $V_M \cdot t_\gamma$ , а перемещение клубня в горизонтальной плоскости составит  $R_1(1 - \cos\gamma)$ . При этом клубень размером  $d_{кл}$  с радиусом вращения  $R_1$  будет иметь абсолютную скорость, которая, согласно рисунку, выражается следующим образом:

$$V_{абс} \cdot \sin\delta = V_0 \cdot \cos\gamma = R_1 \cdot \omega \cdot \cos\gamma,$$

где  $R_1$  – радиус вращения клубня в высаживающем аппарате ( $R_1 = R + A - r_{кл}$ );  $R$  – радиус вращения конца ложечки в момент нахождения на ведущей звездочке;  $A$  – расстояние от ложечки до кожуха клубнепровода;  $r_{кл}$  – средний радиус клубня картофеля.

Далее в точке  $O_2$  клубень начинает свободно падать при величине угла  $\gamma$ , значение которого можно определить по формуле  $\gamma = \arccos(R + A - d_{кл}/R)$ .

Промежуток времени на перемещение от  $O_1$  до  $O_2$  будет определяться по выражению  $t_\gamma = \pi \cdot \gamma / 180 \cdot \omega$ . При этом данная точка сбрасывания будет характеризовать высоту падения клубня:

$$h = H - R_1 \cdot \sin\gamma \quad (6)$$

где  $H$  – высота расположения вала ведущей шестерни высаживающего аппарата над поверхностью борозды.

За время падения клубня  $t_{пад}$  точка сбрасывания  $O_2$  перемещается в новое положение  $O_2'$ , и при этом высаживающий аппарат пройдет путь, равный  $V_M \cdot t_{пад}$ . В результате перемещение клубня на уровне дна борозды составит:

$$X_{пад} = V_{абс} \cdot t_{пад} \cdot \cos\delta \quad (7)$$

Время падения клубня может быть определено по формуле

$$t_{пад} = \frac{\sqrt{(R_1 \cdot \omega \cdot \cos\gamma)^2 + 2g(H - R_1 \cdot \sin\gamma)} - R_1 \cdot \omega \cdot \cos\gamma}{g} \quad (8)$$

Дальнейшее перемещение клубня картофеля  $X_{пад}$  в горизонтальной плоскости будет описываться траекторией его движения от точки сбрасывания до точки размещения в борозде. Конечное его положение при пренебрежении раскатыванием клубня по борозде будет характеризоваться точкой  $n_1$ .

Окончательно общее перемещение клубня можно выразить уравнением:

$$\Delta_1 = \Delta_{общ} = V_M \cdot t_\gamma + R_1(1 - \cos\gamma) + V_M \cdot t_{пад} + X_{пад} \quad (8)$$

Таким образом, поток клубней, формируемый высаживающим аппаратом и раскладываемый на уровне дна борозды, будет характеризоваться рядом интервалов, определяемых выражением:

$$\Delta_i = V_M \cdot (t_\gamma + t_{пад}) + R_1(1 - \cos\gamma) + R_1 \cdot \omega \cdot \sin\gamma \cdot t_{пад} \quad (9)$$

На величину  $\Delta_i$  потока клубней, фиксируемых почвой, влияет изменчивость их размеров. Для рассмотрения данного фактора определялся статистический ряд случайных чисел  $d_i$  (размеров клубней), распределенных по нормальному закону при помощи линейного преобразования. При этом, согласно агротехническим требованиям, размеры клубней с учетом их фракции и сортовых особенностей могут составлять  $d_{кл} = 25 \dots 70$  мм.

При производстве продовольственного картофеля в основном применяется семенной материал средней фракции (40...55 мм) и выбирается густота посадки 48...49 тыс. шт./га. Для обеспечения посадки пророщенных клубней в полуавтоматическом режиме с ручной их укладкой в ложечки высаживающего аппарата рекомендуемая скорость движения машины составляет  $V_M = 1 \dots 2$  км/ч. Согласно техническим характеристикам сажалки Л-202 устанавливаем передаточное отношение привода аппарата  $i = 0,83$ , которое обеспечит указанную густоту посадки. При этих условиях окружная скорость ложечек высаживающего аппарата составит  $V_0 = V_M \cdot i = 0,56 \cdot 0,83 = 0,47$  м/с. С учетом конструктивных параметров элеваторного высаживающего аппарата ( $H = 360$  мм;  $R = 160$  мм;  $A = 10$  мм) угловая скорость будет иметь следующее значение:  $\omega = 0,47/0,16 = 2,94$  с<sup>-1</sup>.

Распределение клубней картофеля предлагаемым высаживающим аппаратом, согласно формуле (10), представлено на рисунке 3.

Обработка значений расстояния между клубнями, рассчитанных по математической модели, привела к созданию уравнения полиномиальной функции второй степени с величиной коэффициента достоверности  $R^2 = 1,0$ :

$$y = 0,004x^2 + 4,075x + 52,7. \quad (11)$$

Статистические данные, аппроксимированные данным уравнением, характеризовались следующими показателями: среднее расстояние между клубнями  $M = 25,3$  см; среднеквадратическое отклонение  $\sigma = 8,6$  см; коэффициент вариации  $v = 0,4$ .

Данное уравнение (11) является математической моделью раскладки клубней в борозде без учета их раскатывания высаживающим аппаратом при несовпадении направления его вращения с движения сажалки.

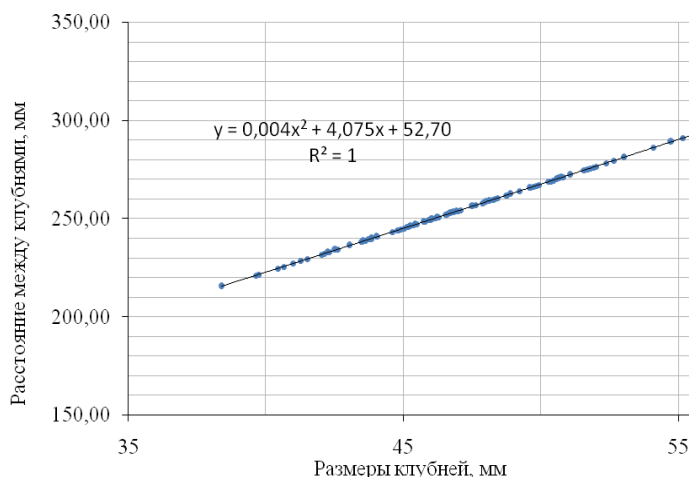


Рис. 3. Распределение клубней картофеля элеваторным аппаратом при обратном его вращении

**Выводы.** Окончательно работу элеваторного высаживающего аппарата с измененным направлением вращения можно представить в виде модели, формирующей равномерность посадки с учетом интервалов между клубнями. Данная модель описывается уравнением (11) и является математической моделью раскладки клубней в борозде без учета их раскатывания высаживающим аппаратом при несовпадении направления его вращения с движения сажалки. При этом коэффициент равномерности раскладки составляет  $K_p = 85,8\%$ , что соответствует агротехническим требованиям.

#### Литература

1. Гаврилов, В. Н. Исследование физико-механических свойств ростков клубней и совершенствование картофелесажалки для пророщенного картофеля: дис.... канд. с.-х. наук / В. Н. Гаврилов. – М.: ГНУ ВНИИКС, 2004. – 133 с.
2. Гаврилов, В. Н. Как сократить затраты при производстве картофеля / В. Н. Гаврилов, А. В. Семенов // Картофель и овощи. – 2006. – № 2. – С. 22.
3. Гаврилов В.Н., Совершенствование высаживающего аппарата картофелесажалки / В. Н. Гаврилов, А. В. Семенов, А. М. Новиков // Мобильная энергетика в сельском хозяйстве: состояние и перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Медведева Владимира Ивановича. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2018. – С. 244-249.
4. Зайцева, Н. Н. Производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции и продуктов питания в малых категориях хозяйств с созданием экологически безопасных условий труда и среды обитания / Н. Н. Зайцева, В. Н. Гаврилов, А. М. Новиков // Агрэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2017. – С. 379-385
5. К вопросу механизированной посадки пророщенного картофеля / А. В. Семенов [и др.] // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию первого выпуска технологов сельскохозяйственного производства. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2018. – С. 455-460.
6. Ошурков, М. В. Разработка и обоснование параметров высаживающего аппарата полуавтоматической картофелесажалкой для первичного семеноводства: автореф. дис.... канд. техн. наук / М. В. Ошурков. – Чебоксары: ЧГСХА, 2003. – 20 с.
7. Пат. 2208924 МКИ 7 А 01 С 9/02. № 2001127723/13. Российская Федерация. Высаживающий аппарат картофелесажалки / В. И. Старовойтов, А. В. Попов, В. Н. Гаврилов; заявл. 15.10.2001; опубл. 27.07.2003, Бюл. № 21. – 3 с.
8. Развитие сельского хозяйства и регулирование рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Чувашской Республики на 2012-2020 годы: государственная программа Чувашской Республики, утвержденная Постановлением Кабинета Министров Чувашской Республики от 18 декабря 2012 г. № 567 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/473610589>.
9. Семенов, А. В. Новый способ проращивания клубней раннего картофеля / А.В. Семенов, В.Н. Гаврилов // Картофель и овощи. – 2017. – № 6. – С.35-37.
10. Семенов, А. В. Особенности проращивания клубней раннего картофеля / А. В. Семенов, А. Г. Ложкин // Актуальные проблемы развития овощеводства и картофелеводства: сборник научных трудов региональной научно-практической конференции. – Махачкала: ФГБНУ Дагестанский НИИ сельского хозяйства им. Ф. Г. Кисриева, 2017. – С. 128-130.

11. Старовойтов, В. И. Картофелесажалка для пророщенного картофеля / В. И. Старовойтов, Р. А. Суровцев, В. Н. Гаврилов // Сельский механизатор. – 2004. – № 4. – С. 12.
12. Старовойтов, В. И. Родись без мук, королева стола! / В. И. Старовойтов, Р. А. Суровцев, В. Н. Гаврилов // Сельский механизатор. – 2002. – № 11. – С. 10-11.

#### Сведения об авторах

1. **Гаврилов Владислав Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия; 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: gavrilov-vlad21@yandex.ru, тел. 8-937-374-21-56.
2. **Семенов Александр Валерьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия; 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: s.alexander2011@yandex.ru.
3. **Новиков Алексей Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия; 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: novam1@yandex.ru.

### THE PROCESS OF FORMING THE UNIFORMITY OF PLANTING BY SEMI-AUTOMATIC POTATO PLANTER

V.N. Gavrilov, A.V. Semenov, A.M. Novikov  
Chuvash State Agricultural Academy  
428003, Cheboksary, Russian Federation

**Abstract.** In the state program for the development of agriculture, the Chuvash Republic pays a lot of attention to the development of potato growing both in large industrial enterprises and in personal subsidiary farms. In order to obtain early potato production, it is necessary to pre-plant germination of tubers. Modernization of domestic potato planters by expanding their technological capabilities is an important area of agricultural engineering. The introduction of more stringent requirements for the process of planting germinated tubers using automatic planters in the production of early potatoes was limited. In this situation, the re-equipment of such machines for planting in semi-automatic mode allows them to meet all agrotechnical requirements. For this purpose, a potato planter with an elevator planting apparatus is supplied with a reversible mechanical mechanism for changing the direction of movement of the false and manual laying of propagated tubers by planters. This solution allows you to lengthen the path of falling in the direction of similarity with the spoons. However, all this will undoubtedly lead to an unequal arrangement of tubers at the bottom of the furrow. For this reason, an exquisite study was conducted, which resulted in reliable data on the increase in the reliability of the process of forming a uniform landing, produced using an elevator landing device. Two variants of the trajectory of movement of spoons were considered that affect the uniform layout of potato tubers in the furrow relative to each other without regard to their rolling. Further, the process of planting germinated tubers by a semi-automatic potato planter with a discrepancy between the machines and the planting apparatus was presented in the form of a static model. The main parameters of tuber movement were identified: absolute speed, fall time and movement of clubs at the level of the furrow bottom. An equation of the second degree of the polynomial function was defined, describing the value between the tubers, calculated by the mathematical model.

**Key words:** potato planter, germinated tubers, planting machine, dynamic system, trajectory, speed of movement, movement of tuber, uniformity of planting.

#### Literatura

1. Gavrilov, V. N. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv rostkov klubnej i sovershenstvovanie kartofelesazhalki dlya proroshchennogo kartofelya: dis.... kand. s.-h. nauk / V. N. Gavrilov. – M.: GNU VNIKKH, 2004. – 133 s.
2. Gavrilov, V. N. Kak sokratit' zatraty pri proizvodstve kartofelya / V. N. Gavrilov, A. V. Semenov // Kartofel' i ovoshchi. – 2006. – № 2. – S. 22.
3. Gavrilov V. N., Sovershenstvovanie vysazhivayushchego apparata kartofelesazhalki / V. N. Gavrilov, A. V. Semenov, A. M. Novikov // Mobil'naya energetika v sel'skom hozyajstve: sostoyanie i perspektivy razvitiya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya professora Medvedeva Vladimira Ivanovicha. – CHEboksary: FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA, 2018. – S. 244-249.
4. Zajceva, N. N. Proizvodstvo ekologicheskii chistoj sel'skohozyajstvennoj produkcii i produktov pitaniya v malyh kategoriayah hozyajstv s sozdaniem ekologicheskii bezopasnyh uslovij truda i sredy obitaniya / N. N. Zajceva, V. N. Gavrilov, A. M. Novikov // Agroekologicheskii i organizacionno-ekonomicheskii aspekty sozdaniya i effektivnogo funkcionirovaniya ekologicheskii stabil'nyh territorij: materialy Vserossijskoy nauchno-prakticheskoy konferencii. – CHEboksary: FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA, 2017. – S. 379-385.

5. К вопросу механизированной посадки пророщенного картофеля / А. В. Семенов [и др.] // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию первого выпуска технологгов сельскохозяйственного производства. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2018. – С. 455-460.
6. Oshurkov, M. V. Razrabotka i obosnovanie parametrov vyzashivayushchego apparata poluavtomaticheskoy kartofelesazhalkoj dlya pervichnogo semenovodstva: avtoref. dis... kand. tekhn. nauk / M. V. Oshurkov. – Чебоксары: ЧГСХА, 2003. – 20 с.
7. Pat. 2208924 МКІ 7 А 01 S 9/02. № 2001127723/13. Rossijskaya Federaciya. Vyzashivayushchij apparat kartofelesazhalki / V. I. Starovojtov, A. V. Popov, V. N. Gavrilov; zayavl. 15.10.2001; opubl. 27.07.2003, Byul. № 21. – 3 с.
8. Razvitie sel'skogo hozyajstva i regulirovanie rynka sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya CHuvashskoj Respubliki na 2012-2020 gody: gosudarstvennaya programma CHuvashskoj Respubliki, utverzhennaya Postanovleniem Kabinetov Ministrov CHuvashskoj Respubliki ot 18 dekabrya 2012 g. № 567. – Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/473610589>.
9. Semenov, A. V. Novyj sposob prorashchivaniya klubnej rannego kartofelya / A.V. Semenov, V.N. Gavrilov // Kartofel' i ovoshchi. – 2017. – № 6. – С.35-37.
10. Semenov, A. V. Osobennosti prorashchivaniya klubnej rannego kartofelya / A. V. Semenov, A. G. Lozhkin // Aktual'nye problemy razvitiya ovoshchevodstva i kartofelevodstva: sbornik nauchnyh trudov regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Mahachkala: FGBNU Dagestanskij NII sel'skogo hozyajstva im. F. G. Kisrieva, 2017. – S. 128-130.
11. Starovojtov, V. I. Kartofelesazhalka dlya proroshchennogo kartofelya / V. I. Starovojtov, R. A. Surovcev, V. N. Gavrilov // Sel'skij mekhanizator. – 2004. – № 4. – S. 12.
12. Starovojtov, V. I. Rodis' bez muk, koroleva stola! / V. I. Starovojtov, R. A. Surovcev, V. N. Gavrilov // Sel'skij mekhanizator. – 2002. – № 11. – S. 10-11.

#### **Information about authors**

1. **Gavrilov Vladislav Nikolayevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Technical Service, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx, Str., 29. Tel: 8-937-374-21-56, E-mail: [gavrilov-vlad21@yandex.ru](mailto:gavrilov-vlad21@yandex.ru)
2. **Semenov Aleksandr Valerevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Technical Service, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx, Str., 29. Tel: E-mail: [s.alexander2011@yandex.ru](mailto:s.alexander2011@yandex.ru)
3. **Novikov Aleksey Michaylovichh**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Technical Service, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx, Str., 29. E-mail: [novam1@yandex.ru](mailto:novam1@yandex.ru)

УДК 631.3

DOI:

### **КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОДПРУЖИНЕННОГО КРОТОВАТЕЛЯ**

**Ю.Ф. Казаков, В.М. Иванов, Д.А. Марков**

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия  
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

**Аннотация.** Кротование с одновременным щелеванием выполняется комбинированными рабочими органами. Высокое тяговое сопротивление орудия предопределяет необходимость использования тракторов с большой мощностью двигателя и высоким коэффициентом приспособляемости к перегрузкам. В целях устранения этих недостатков предложен принцип поэтапного разгона масс трактора и орудия и непосредственно процесса вступления кротователя в работу. Представлены результаты анализа процесса взаимодействия рабочих элементов комбинированного рабочего органа, состоящего из черенкового ножа, кротователя на подпружиненной тяге, смонтированной в дренире. Движение подпружиненного кротователя разделено на этапы: равномерного с черенковым ножом движения; выстоя кротователя (при этом черенковый нож продолжает движение, пружина в тяговой опоре сжимается); ускоренного движения кротователя в направлении черенкового ножа (при этом сжатая пружина в опоре выпрямляется); дальнейшего равномерного движения кротователя совместно с черенковым ножом (пружина находится в устоявшемся режиме сжатия). Анализ полученного уравнения движения рабочего органа позволил установить факторы, влияющие на кинематические показатели кротователя: свойства обрабатываемого пахотного слоя, конструкционные параметры кротователя, жесткость пружины в тяговой опоре. Получены количественные показатели приспособляемости рабочего органа к изменяющимся свойствам пахотного слоя, а также к скорости поступательного движения орудия: продолжительность периода колебаний, соотношение длительности фаз выстоя и относительного движения. Установлены пути управления этими