

2. *Smirnov Petr Alekseevich*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Russian Federation, Cheboksary, st. K. Marx, 29; email: smirnov\_p\_a@mail.ru;

3. *Derevyannykh Evgenia Anatolevna*, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Russian Federation, Cheboksary, st. K. Marx, 29; email: jane-evgeniya@yandex.ru, tel. 89053450435.

УДК 631.332.7

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВЫСАЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ

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

*Чувашский государственный аграрный университет  
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

**Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы повышения качества выполнения технологического процесса механизированной посадки пророщенного картофеля путем применения модернизированного высаживающего аппарата элеваторного типа. Конструктивное совершенствование аппарата за счет реверсивного механизма, позволяющего изменить направление движения ложечек и вручную уложить в них клубни, и специального удлинителя клубнепровода позволяют обеспечить коэффициент равномерности раскладки клубней в пределах, допустимых агротехническими требованиями. С целью снижения вероятности количественной доли пропусков при посадке смоделирован процесс укладки клубней в высаживающий аппарат. Результаты исследования показали, что по мере увеличения скорости движения сажалки возрастает требуемая величина частоты укладки клубней в ложечки аппарата. Было установлено, что в целях недопущения появления пропусков при посадке клубней сажальщик сможет уложить в высаживающий аппарат не более двух клубней в секунду. Исходя из этого условия предельная скорость движения тракторного агрегата должна быть не более 2,5 км/ч.

**Ключевые слова:** полуавтоматическая сажалка, пророщенные клубни, модернизированный высаживающий аппарат, качественные показатели.

**Введение.** Для получения ранней продукции при возделывании картофеля используются различные агротехнические приемы [3], [6], [13], [15], среди которых немаловажную роль играет предпосадочное проращивание. В арсенале картофелеводов имеются различные приемы проращивания, среди которых выделяется комбинированный способ с использованием торфоминеральной оболочки [7], позволяющий более интенсивно развиваться росткам клубней. Немаловажным также является тот факт, что клубни при этом формируют ростки с зачатками корневой системы [9], [11]. Все это способствует улучшению почвы в зоне роста растений картофеля и формированию высокого урожая [10], [11].

Для механизации процесса посадки пророщенных клубней в основном применяются полуавтоматические машины с элеваторными высаживающими аппаратами [5], [14]. При этом определение показателей качества выполнения технологического процесса посадки осуществляется согласно ГОСТу 28306-2018, где основополагающим параметром является равномерность распределения клубней. Процесс формирования равномерности посадки полуавтоматической сажалкой с модернизированным высаживающим аппаратом подробно рассмотрен в научных работах [2], [4]. Конструктивные изменения за счет реверсивного механизма, позволяющего изменить направление движения ложечек и вручную уложить в них клубни, и специального удлинителя клубнепровода обеспечивают коэффициент равномерности раскладки клубней в пределах, соответствующих агротехническим требованиям. В результате проведенных исследований была установлена аналитическая зависимость, характеризующая раскладку клубней  $Y$  в борозде:

$$\hat{Y} = 255,42 - 1,17 \cdot V_p + 67,08 \cdot d_{кл} + 7,06 \cdot V_p^2 + 5,19 \cdot V_p \cdot d_{кл} + 11,35 \cdot d_{кл}^2, \quad (1)$$

где  $V_p$  – скорость движения сажалки, м/с;  $d_{кл}$  – диаметр клубней, мм.

Главным технологическим параметром в математической зависимости является скорость движения машины. От численного значения данной величины в полуавтоматических высаживающих аппаратах с ручной раскладкой клубней в ложечки во многом зависит качество выполнения технологического процесса.

Кроме равномерности раскладки клубней, к показателям качества посадки также относятся количественная доля пропусков  $P$  и двойников  $D$ , выраженных в процентах. Вышеупомянутое значение скорости движения сажалки также будет несомненно влиять на качество процесса по причине изменения сопутствующего параметра – частоты посадки.

Рассмотренные доводы доказывают необходимость изучения частоты укладки клубней сажальщиками в ложечки высаживающего аппарата полуавтоматических картофелесажалок. В связи с этим была сформирована цель исследований – оптимизация параметров движения модернизированного высаживающего аппарата. Достижение поставленной цели возможно с помощью решения следующих задач исследования: 1) смоделировать процесс движения ложечки модернизированного высаживающего аппарата; 2) установить взаимосвязь между показателями интенсивности укладки клубней в ложечки с качественными показателями процесса посадки.

**Материалы и методы исследований.** Методика исследований по улучшению качественных показателей технологического процесса предусматривает выявление абсолютной скорости движения ложечки модернизированного высаживающего аппарата с последующим установлением частоты укладки клубней сажальщиками, позволяющей снизить вероятность появления пропусков при посадке картофеля. Моделирование процесса проводилось с использованием основных положений законов и методов классической механики и математики. Обработка результатов исследований выполнялась с использованием стандартных программ и приложений Microsoft Office.

В модернизированном высаживающем аппарате элеваторного типа при реверсном движении, то есть несовпадении направлений векторов скорости  $V_p$  сажалки и угловой скорости  $\omega$  аппарата, траектория движения ложечки будет позиционироваться координатами [4]:

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

где  $H$  – высота расположения оси ведущей звёздочки над бороздой, м;  $R$  – радиус вращения конца ложечки в момент нахождения на ведущей звёздочке, м.

После дифференцирования координат устанавливаем абсолютную скорость  $V_{\text{абс}}$  движения ложечки:

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

Где  $\lambda$  – коэффициент, характеризующий вид движения ложечки высаживающего аппарата;  $\gamma$  – угол поворота ложечки, град.

С целью достижения регламентированной густоты посадки клубней сажальщики должны раскладывать клубни в ложечки высаживающего аппарата не ниже величины частоты посадки  $F$  машины в секунду:

$$F = \frac{V_p}{A_s} \cdot 6000, \quad (4)$$

где  $V_p$  – номинальная рабочая скорость сажалки, м/с;  $A_s$  – среднее расстояние между клубнями в ряду, м.

#### Результаты исследований и их обсуждение.

Из вышеприведенных материалов следует, что на качественные показатели процесса посадки, несомненно, будет влиять интенсивность укладки клубней в ложечки высаживающего аппарата. Необходимую частоту укладки клубней сажальщиками можно установить исходя из рабочей скорости сажалки и расстояния  $a$  между высаженными клубнями в рядке:

$$m = \frac{V_p}{a}.$$

С учетом предельного значения количества пропусков при раскладке клубней высаживающим аппаратом, равным не более 8 %, устанавливаем допустимую частоту укладки:

$$m' = 0,08 \frac{V_p}{a} = 0,08 \frac{V_M \cdot i}{a}, \quad (5)$$

где  $V_M$  – скорость движения тракторного агрегата.

В итоге для сажальщиков, укладывающих клубни в ложечки аппарата, необходимым является соблюдение условия превышения частоты укладки над частотой посадки, то есть:

$$m' \geq F. \quad (6)$$

Согласно агротехническим рекомендациям, необходимой густотой посадки клубней при производстве продовольственного картофеля [1], [12] является 48...49 тыс. шт./га. Для достижения указанной густоты модернизированным высаживающим аппаратом сажалки Л-202 устанавливается передаточное отношение привода величиной  $i = 0,83$ , которое обеспечит среднее расстояние между клубнями  $a = 29,5$  см. С учетом данных факторов было произведено моделирование и оптимизация параметров работы полуавтоматической сажалки для тракторного агрегата с учетом величин скоростей движения МТЗ-82 в диапазоне 1,0...4,1 км/ч. Результаты представлены в таблице.

Таблица – Результаты оптимизации работы модернизированного аппарата

Параметр	Диапазон скоростей, км/ч (м/с)						
	1,0 (0,278)	1,5 (0,417)	1,9 (0,528)	2,5 (0,694)	3 (0,833)	3,3 (0,917)	4,1 (1,139)
m'	0,782	1,173	1,486	1,953	2,344	2,58	3,205

Моделирование процесса укладки клубней в модернизированный высаживающий аппарат показывает, что по мере увеличения скорости движения машинотракторного агрегата возрастает требуемая величина частоты укладки в секунду (см. табл.). При скорости движения 3 км/ч будут превышены физические возможности сажальщиков, то есть они не будут успевать укладывать клубни в каждую ложечку. В целях недопущения появления пропусков при посадке клубней сажальщик должен успевать уложить в аппарат до двух клубней в секунду. Исходя из этого условия предельная скорость движения машинотракторного агрегата должна быть не более 2,5 км/ч.

**Выводы.** По результатам исследования движения ложечки модернизированного высаживающего аппарата была определена величина его абсолютной скорости. При последующем моделировании процесса укладки клубней в аппарат сажальщиками была установлена максимальная скорость движения агрегата – 2,5 км/ч. При такой скорости движения сажальщики гарантированно будут успевать укладывать клубни в ложечки, что позволит снизить вероятность появления пропусков при посадке картофеля.

### Литература

1. Бызов, В. А. Особенности технологии возделывания картофеля для переработки / В. А. Бызов, А. В. Семенов // Картофель и овощи. – 2008. – № 7. – С. 7-8.
2. Гаврилов, В. Н. Исследование физико-механических свойств ростков клубней и совершенствование картофелесажалки для пророщенного картофеля: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / В. Н. Гаврилов – Москва: ВНИИКХ, 2004. – 133 с.
3. Гаврилов, В. Н. Как сократить затраты при производстве картофеля / В. Н. Гаврилов, А. В. Семенов // Картофель и овощи. – 2006. – № 2. – С. 22.
4. Гаврилов, В. Н. Процесс формирования равномерности посадки полуавтоматической картофелесажалкой / В. Н. Гаврилов, А. В. Семенов, А. М. Новиков // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2 (9). – С. 74-80.
5. Патент 2208924 РФ, МКИ 7 А 01 С 9/02. Высаживающий аппарат картофелесажалки / В. И. Старовойтов, А. В. Попов, А. В. Можаяев [и др.], заявлено 15. 10. 2001; опубликовано 27. 07. 2003, Бюл. № 21. – 7 с.
6. Патент 2286666 РФ, МПК А 01 G 1/00. Способ возделывания картофеля / В. И. Старовойтов, В. И. Черников, А. Ю. Холстинин [и др.], заявлено 24. 02. 2005; опубликовано 10. 11. 2006, Бюл. № 31. – 7 с.
7. Патент 2624960 РФ, МПК А 01 С 1/06. Способ предпосадочного проращивания клубней картофеля / А. В. Семенов, Б. В. Михайлов, Ю. Н. Доброхотов, заявлено 29.03.2016; опубликовано 11. 07. 2017, Бюл. № 20. – 7 с.
8. Семенов, А. В. Агрофизические параметры почвы при возделывании картофеля / А. В. Семенов, А. М. Новиков, В. Н. Гаврилов // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2 (17). – С. 99-104.
9. 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: Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Ф. Г. Кисриева, 2017. – С. 128-130.
10. Семенов, А. В. Урожайность и потребительские качества картофеля в зависимости от технологических приемов возделывания в условиях центрального региона: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / А. В. Семенов – Москва: ВНИИКХ, 2004. – 113 с.
11. Семенов, А. В. Эффективность проращивания семенных клубней при возделывании раннего картофеля / А. В. Семенов, А. М. Новиков // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2 (5). – С. 22-26.
12. Симаков, Е. А. Переработка картофеля – стратегический путь развития картофелеводства России / Е. А. Симаков [и др.]. – Москва: ООО «Техноэлекс», 2006. – 155 с.
13. Старовойтов, В. И. Высокоточные технологии возделывания картофеля / В. И. Старовойтов, Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов. – Москва: РАСХН, 2011. – 50 с.
14. Старовойтов, В. И. Картофелесажалка для пророщенного картофеля / В. И. Старовойтов, Р. А. Суворцев, В. Н. Гаврилов // Сельский механизатор. – 2004. – № 4. – С. 12.
15. Kalimullin, M. Improvement of potato cultivation technology / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Andreev // Earth and Environmental Science: IOP Conference Series: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012017.

### Сведения об авторах

1. **Гаврилов Владислав Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: gavrilov-vlad21@yandex.ru, тел. 8-937-374-21-56;

2. **Иванов Владимир Андреевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: vladimir21@mail.ru;

3. **Новиков Алексей Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: novam1@yandex.ru.

### OPTIMIZATION OF THE OPERATING PARAMETERS OF THE PLANTING DEVICE OF SEMI-AUTOMATIC POTATO PLANTER

V. N. Gavrilov, V. A. Ivanov, A. M. Novikov

Chuvash State Agrarian University  
428003, Cheboksary, Russian Federation

**Brief abstract.** The paper discusses the issues of improving the quality of the technological process of mechanized planting of sprouted potatoes by using a modernized planting device of the elevator type. Constructive improvement of the apparatus due to the reversible mechanism, which allows you to change the direction of movement of the spoons and manually place the tubers in them, and a special extension of the tubers, allow you to ensure the coefficient of uniformity of the layout of tubers within the limits allowed by agrotechnical requirements. In order to reduce the likelihood of the quantitative share of omissions during planting, the process of placing tubers in the planting apparatus was simulated. The results of the study showed that as the speed of the planter movement increases, the required value of the frequency of placing tubers in the spoons of the apparatus increases. It was found that in order to prevent the appearance of gaps when planting tubers, the planter will be able to put no more than two tubers per second into the planting apparatus. Based on this condition, the maximum speed of the machine-tractor unit should be no more than 2.5 km / h.

**Key words:** semi-automatic planter, sprouted tubers, modernized planting device, quality indicators.

#### References

1. Byzov, V. A. Osobennosti tekhnologii vozdeleyvaniya kartofelya dlya pererabotki / V. A. Byzov, A. V. Semenov // Kartofel' i ovoshchi. – 2008. – № 7. – S. 7-8.
2. Gavrilov, V. N. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv rostkov klubnej i sovershenstvovanie kartofelesazhalki dlya prorashchennogo kartofelya: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk / V. N. Gavrilov – Moskva: VNIKKH, 2004. – 133 s.
3. Gavrilov, V. N. Kak sokratit' zatraty pri proizvodstve kartofelya / V. N. Gavrilov, A. V. Semenov // Kartofel' i ovoshchi. – 2006. – № 2. – S. 22.
4. Gavrilov, V. N. Process formirovaniya ravnomernosti posadki poluavtomaticheskoy kartofelesazhalkoj / V. N. Gavrilov, A. V. Semenov, A. M. Novikov // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 2 (9). – S. 74-80.
5. Patent 2208924 RF, MKI 7 A 01 S 9/02. Vysazhivayushchij apparat kartofelesazhalki / V. I. Starovojtov, A. V. Popov, A. V. Mozhaev [i dr.], zayavleno 15. 10. 2001; opublikovano 27. 07. 2003, Byul. № 21. – 7 s.
6. Patent 2286666 RF, MPK A 01 G 1/00. Sposob vozdeleyvaniya kartofelya / V. I. Starovojtov, V. I. CHernikov, A. YU. Holstinin [i dr.], zayavleno 24. 02. 2005; opublikovano 10. 11. 2006, Byul. № 31. – 7 s.
7. Patent 2624960 RF, MPK A 01 S 1/06. Sposob predposadochnogo prorashchivaniya klubnej kartofelya / A. V. Semenov, B. V. Mihajlov, YU. N. Dobrohotov, zayavleno 29.03.2016; opublikovano 11. 07. 2017, Byul. № 20. – 7 s.
8. Semenov, A. V. Agrofizicheskie parametry pochvy pri vozdeleyvanii kartofelya / A. V. Semenov, A. M. Novikov, V. N. Gavrilov // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2021. – № 2 (17). – S. 99-104.
9. 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: Dagestanskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva im. F. G. Kisrieva, 2017. – S. 128-130.
10. Semenov, A. V. Urozhajnost' i potrebitel'skie kachestva kartofelya v zavisimosti ot tekhnologicheskikh priemov vozdeleyvaniya v usloviyah central'nogo regiona: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk / A. V. Semenov – Moskva: VNIKKH, 2004. – 113 s.
11. Semenov, A. V. Effektivnost' prorashchivaniya semennyh klubnej pri vozdeleyvanii rannego kartofelya / A. V. Semenov, A. M. Novikov // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 2 (5). – S. 22-26.
12. Simakov, E. A. Pererabotka kartofelya – strategicheskij put' razvitiya kartofelevodstva Rossii / E. A. Simakov [i dr.]. – Moskva: OOO «Tekhnoelek», 2006. – 155 s.
13. Starovojtov, V. I. Vysokotochnye tekhnologii vozdeleyvaniya kartofelya / V. I. Starovojtov, E. A. Simakov, B. V. Anisimov. – Moskva: RASKHN, 2011. – 50 s.
14. Starovojtov, V. I. Kartofelesazhalka dlya prorashchennogo kartofelya / V. I. Starovojtov, R. A. Surovcev, V. N. Gavrilov // Sel'skij mekhanizator. – 2004. – № 4. – S. 12.

15. Kalimullin, M. Improvement of potato cultivation technology / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Andreev // Earth and Environmental Science: IOP Conference Series: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012017.

### **Information about authors**

1. **Gavrilov Vladislav Nikolaevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: gavrilov-vlad21@yandex.ru, tel. 8-937-374-21-56;

2. **Ivanov Vladimir Andreevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: vladimir21@mail.ru;

3. **Novikov Aleksey Mikhailovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: novam1@yandex.ru.

УДК 633.791:631

### **АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ МЕХАНИЗАЦИИ В ОТРАСЛИ ХМЕЛЕВОДСТВА**

**Ю. П. Дмитриев<sup>1)</sup>, В. И. Юрьев<sup>2)</sup>, О. Ю. Дмитриева<sup>3)</sup>, С. Ю. Дмитриев<sup>4)</sup>**

<sup>1)</sup>Чувашский государственный аграрный университет  
428000, Чебоксары, Российская Федерация

<sup>2)</sup>Союз ветеранов агропромышленного комплекса  
428000, Чебоксары, Российская Федерация

<sup>3)</sup>Чебоксарский экономико-технологической колледж  
428000, Чебоксары, Российская Федерация

<sup>4)</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ  
109428, Москва, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье анализируется состояние уровня механизации в хмелеводческой отрасли, а также представлен комплекс машин и агрегатов, применяемых в настоящее время в хмелеводстве для механизации трудоемких процессов: машины для междурядной обработки почвы, для ее боронования и культивации, окуливания растений с одновременным внесением минеральных удобрений, а также технические средства для проведения специального агроприема – обрезки главного корневища, машина для проведения работ по защите хмеля от вредителей, болезней и сорняков. Даны основные технические характеристики и рекомендации по эксплуатации предложенных технических средств для выполнения основных технологических операций при возделывании хмеля. Агротехнические требования к средствам механизации могут быть использованы и учтены при выборе параметров рабочих органов и режимов работы при проектировании и разработке машин нового поколения сельскохозяйственного назначения. Применение этих технических средств позволяет снизить затраты труда на основных операциях, выполнить сезонные работы в оптимальные агротехнические сроки, позволяющие в конечном итоге сохранить и получить качественный урожай до 20 ц/га и выше с содержанием альфа-кислот в шишках в размере 4-9 %.

**Ключевые слова:** хмель, комплекс машин, агротехнические требования, культивация, боронование, междурядная обработка, технологическая операция.

**Введение.** В настоящее время основным направлением развития производства хмеля является возделывание его на промышленной основе.

На сегодняшний день более 90 % валового сбора хмеля в Российской Федерации приходится на Чувашскую Республику. Правительством республики создаются благоприятные организационные и финансовые условия для развития сельскохозяйственного производства [2].

Хозяйственное значение хмеля в первую очередь обусловлено тем, что шишки этого растения являются обязательным и незаменимым сырьем в пивоваренной промышленности. Кроме того, хмель также применяется в медицине и в других отраслях народного хозяйства [3].

Поэтому спрос на хмелевое сырье ежегодно растет, что вынуждает решать вопрос восстановления и развития хмелеводства не только в специализированных, но и в фермерских (крестьянских) и личных подсобных хозяйствах.

Несмотря на это, специализация и концентрация отрасли сдерживаются, главным образом, низким уровнем механизации, особенно таких трудоемких процессов, как уборка и послеуборочная обработка продукции. Поэтому повышение уровня механизации рассматривается как одна из первоочередных задач хмелеводческой отрасли.