



Ориентированная посадка луковиц катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом

А. Г. Аксенов¹, П. А. Емельянов², А. В. Сибирёв^{1*}

¹ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва, Россия)

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» (г. Пенза, Россия)

*sibirev2011@yandex.ru

Введение. Существующие лукопосадочные машины не обеспечивают единичной подачи луковиц высаживающим (высевающим) аппаратом, что приводит к нарушению агротехнических требований посадки луковиц. Необходимо поиск новых решений по сохранению положения луковиц в борозде донцем вниз и их равномерному распределению.

Материалы и методы. В статье представлена конструкция опытного образца посадочной машины, оснащенная катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки лука-севка в борозду. Исследования данного аппарата проводились на ровном участке, где в дни посадки измерялись физико-механические свойства почвы и показатели качества посадки лука-севка. Влияние скорости движения посадочного агрегата на качество посадки определялось изменением поступательной скорости движения посадочного агрегата в пределах от 0,8 м/с до 1,2 м/с с шагом 0,1 м/с; показатели качества посадки луковиц – раскрытием закрытой борозды.

Результаты исследования. В статье приведены результаты лабораторно-полевых исследований лукопосадочной машины, оснащенной катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для посадки лука-севка и экспериментально определены его оптимальные технологические параметры. Были определены количество луковиц, расположенных вешкой вверх (51 %) и равномерность посадки катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом (79 %). Достижение данных показателей обеспечивается при поступательной скорости посадочной машины $V_M = 0,9-1,0$ м/с, высоте падения луковицы $H_A = 0,12$ м и частоте вращения высаживающего барабана $n_B = 0,47$ с⁻¹.

Обсуждение и заключения. Применение катушечно-вильчатого высаживающего аппарата позволяет повысить долю луковиц высаженных донцем вниз на 200 % по сравнению с ленточным аппаратом, а равномерность посадки луковиц – на 19 %.

Ключевые слова: высаживающий аппарат, катушечно-вильчатый аппарат, поступательная скорость движения, высота установки, частота вращения, лук-севок, ориентированная посадка

Для цитирования: Аксенов А. Г., Емельянов П. А., Сибирёв А. В. Ориентированная посадка луковиц катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28, № 1. С. 24–35. DOI: 10.15507/0236-2910.028.201801.024-035



Oriented Onion Sowing by a Forked-Roller Sowing Unit

A. G. Aksenov^a, P. A. Emelyanov^b, A. V. Sibirev^{a*}

^a*Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Moscow, Russia)*

^b*Penza State Agrarian University (Penza, Russia)*

*sibirev2011@yandex.ru

Introduction. The existing sowing machines do not provide a single feeding of the bulbs with a planting (sowing) unit that leads to a violation of the agrotechnical requirements of planting bulbs. It is necessary to search new solutions to preserve the position of the bulbs in the furrow with the bottom down and their regularly spaced distribution.

Materials and Methods. The article presents the design for a prototype for a planting machine equipped with a forked-roller sowing unit for orienting the onion-sowing into a furrow. Testing the forked-roller sowing unit were carried out on a flat area where the physical and mechanical properties of the soil were determined on the days of sowing, and the indices of the quality of the onion-sowing were determined. The study of the effect of the sowing machine speed on the quality of the onion-seed bulb landing was determined by the change in the translational speed of the sowing unit in the range of 0.8 m/s to 1.2 m/s with a variation interval of 0.1 m/s. The indicators of the quality of the planting of the bulbs were determined by the opening of the closed furrow. The results of laboratory-field studies of the planting machine prototype are presented.

Results. The results of laboratory-field studies of a planting machine equipped with a forked-roller sowing unit for planting onion bulbs are presented. The optimal technological parameters are determined experimentally. It was determined the number of bulbs that are for up is 51 % and the regularity of planting by the forked-roller sowing unit – 79 %. These figures are provided at the forward speed of the planting machine $V_M = 0.9-1.0$ m/s, the height of the fall of the bulb $H_A = 0.12$ m, and the rotation frequency of the landing drum $n_B = 0.47$ c⁻¹.

Discussion and Conclusions. The use of a forked-roller sowing unit makes it possible to increase the proportion of onions planted by bottom down by 200 %, and the uniformity of planting bulbs by 19 %, in comparison with a belt sowing unit.

Keywords: sowing unit, forked-roller unit, forward speed, installation height, rotation frequency, onion for sowing, oriented sowing

For citation: Aksenov A. G., Emelyanov P. A., Sibirev A. V. Oriented Onion Sowing by a Forked-Roller Sowing Unit. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2018; 28(1):24–35. DOI: 10.15507/0236-2910.028.201801.024-035

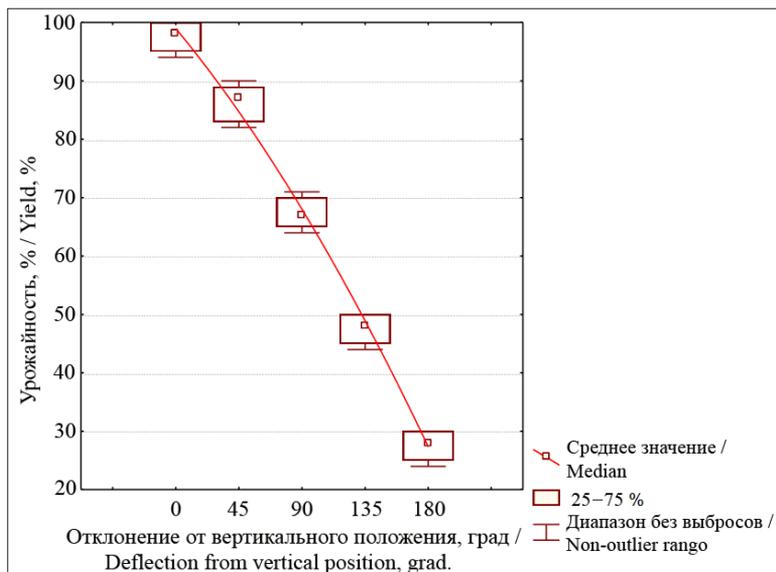
Введение

Самым распространенным способом, применяемым в средней полосе и северной части Российской Федерации является выращивание лука-репки из севка [1]. Посадка луковиц лука-севка в соответствии с существующими рекомендациями [2] является лимитирующим фактором снижения себестоимости произведенной продукции [3].

Современные средства механизации посадки луковиц не отвечают агротехническим требованиям и стандарту СТО АИСТ 5.6-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные»¹, а именно не обеспечивают равномерность посадки луковиц и положение луковиц в борозде вешкой вверх [4].

Равномерность посадки луковиц существующими посадочными машинами

¹ СТО АИСТ 5.6-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные». Показатели назначения. Общие требования. Введен 15.04.2001 г. М. : Изд-во стандартов, 2011. 27 с. URL: http://www.snti.ru/snips_sto-aist.htm



Р и с. 1. Зависимость урожайности репчатого лука от положения луковиц в борозде
 F i g. 1. The influence of bulb position during planting on onion productivity

с ленточным высаживающим аппаратом не превышает 60 %; количество луковиц, ориентированных вешкой вверх, находится на уровне 15–20 %, донцем вверх – 10–15 %, что не соответствует агротехническим требованиям к посадке луковиц и приводит к снижению урожайности.

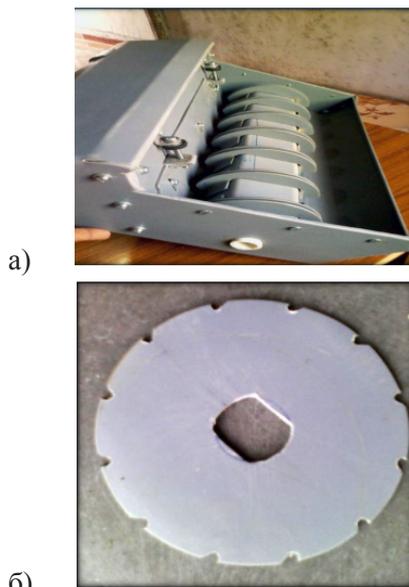
Цель работы – повысить качественные показатели посадки лука-севка катушечно-вилчатым высаживающим аппаратом, в соответствии с предъявляемыми агротехническими требованиями (положение луковиц в борозде вешкой вверх и равномерность распределения).

Обзор литературы

Анализ существующих посадочных машин и патентно-технической литературы позволил выявить недостатки конструкции высевальных и высаживающих аппаратов машин для посадки луковиц, которые не позволяют обеспечить качественное выполнение технологического процесса посадки лука-севка [5].

В дисковом высевальном аппарате [6] с горизонтальной осью вращения (рис. 2) высевальные диски установлены

на вращающемся вал и образуют ячейки для захвата луковиц лука-севка. В боковинах семенного ящика имеются прорези для установки высевального вала.



Р и с. 2. Дисковый высевальный аппарат: а) общий вид; б) высевальный диск
 F i g. 2. Disk sowing unit:
 а) general view; б) sowing disk



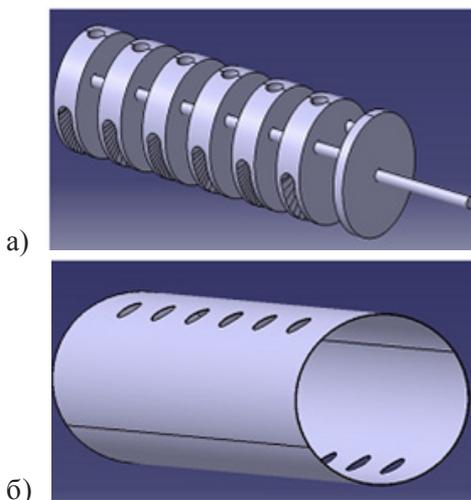
Опишем технологический процесс посадки лука-севка дисковым высевальным аппаратом с горизонтальной осью вращения.

Луковицы из семенного ящика направляются в пространство, образованное высевальными дисками и корпусом высевального аппарата.

При вращении высевальных дисков они увлекают и поворачивают луковицы вешкой вверх по ходу вращения барабана высевального аппарата. Дальнейшее вращение аппарата обуславливает выпадение луковиц из ячеек в результате их вращения по часовой стрелке и разворота вешкой вверх.

К отрицательным свойствам известной конструкции высевального аппарата следует отнести невозможность фиксации луковицы, что может привести к потере ее заданного ориентированного положения.

Одной из разновидностей дисковых высевальных аппаратов является аппарат, диск которого снабжен периферийными ячейками (рис. 3) [7].



Р и с. 3. Дисковый высевальный аппарат с периферийными ячейками: а) общий вид высевальных дисков; б) цилиндрический корпус

F i g. 3. Disk sowing unit with peripheral cells: a) general view of sowing discs; b) cylindrical body

Высевающий диск вращается внутри цилиндрического корпуса, на образующих которого напротив друга расположены друг высевальные отверстия для обеспечения плавного высева семян.

Недостатком данного аппарата являются повышенный уровень повреждения семян в результате их западания между высевальным диском и цилиндрическим корпусом.

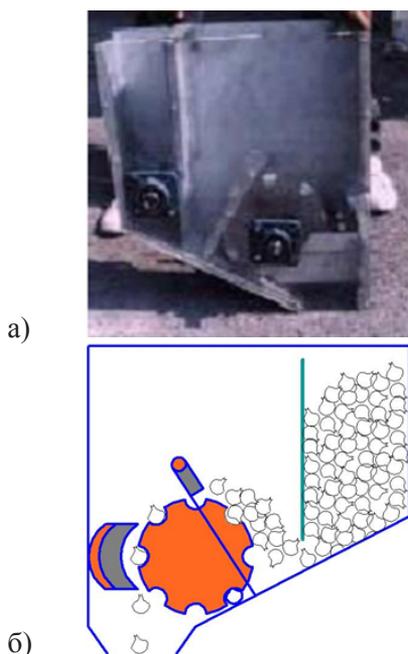
Также известен дисковый высевальный аппарат, рабочими элементами которого являются лопатки, диаметрально расположенные на диске [8], установленном в нижней части семенного ящика на валу (рис. 4).

За один оборот опорно-приводного колеса обеспечивается вынос одной луковицы из семенного ящика и укладка его в раскрытую сошником борозду, что позволяет повысить равномерность распределения луковиц в борозде. Кроме того, семенной ящик указанного высевального аппарата является сменным для каждого вида высаживаемой продукции и его формы и приводит к снижению повреждений семенного материала.



Р и с. 4. Дисковый высевальный аппарат с диаметрально расположенными лопатками
F i g. 4. Disk sowing unit with diametrically located blades

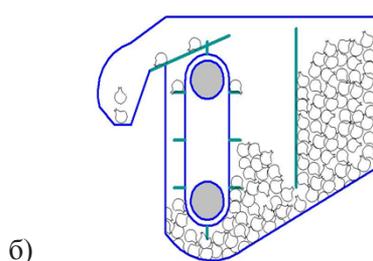
Также известна конструкция аппарата с дозирующей системой (рис. 5), выполненной в виде пакета установленных пластин и щеток, имеющих на своей поверхности треугольные канавки [9].



Р и с. 5. Дисковый высевной аппарат:
а) общий вид; б) технологическая схема
F i g. 5. Disc sowing unit:
a) general view; b) flow chart

Функциональное назначение пакета пластин и щеток заключается в поштучном дозировании семян в соответствии со схемой посева, а также удалении лишних семян с высаживающего барабана с целью предупреждения появления двойников при всходах.

Была разработана и исследована конструкция ленточного высаживающего аппарата (рис. 6).



Р и с. 6. Ленточный высевной аппарат:
а) общий вид; б) технологическая схема

F i g. 6. Belt sowing unit:
a) general view; b) flow chart

Разработка данного аппарата была вызвана необходимостью снижения повреждений посадочного материала в результате более «мягкого» (по сравнению с дисковым высевным аппаратом) режима работы и уменьшения взаимодействия со вспомогательными рабочими органами – пластинами и щетками.

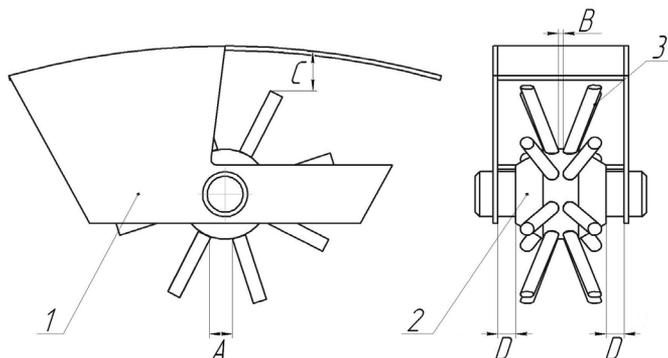
Анализ технических средств механизированной посадки лука-севка показал, что использование посадочных машин с механическими высевными аппаратами не обеспечивает соблюдение агротехнических требований по равномерности распределения луковиц вдоль рядка (данный показатель редко превышает 60 %), а также ориентированию луковиц в борозде вешкой вверх (наибольшее значение – 20 %).

Материалы и методы

Анализ современных конструкций высевных аппаратов показал, что к наиболее отрицательным факторам современных лукопосадочных машин следует отнести невозможность единичной подачи луковиц аппаратом, что приводит к нарушению агротехнических требований посадки луковиц.

Для ориентированной посадки луковиц был разработан катушечно-вилочатый высаживающий аппарат [10].

Данный аппарат (рис. 7) состоит из корпуса 1 и установленной на валу катушки 2 с желобками, образованными



Р и с. 7. Схема катушечно-вилчатого высаживающего аппарата:
1 – корпус; 2 – катушка с желобками; 3 – стержень

F i g. 7. The scheme of forked-roller sowing unit:
1 – body; 2 – reel with grooves; 3 – kernel

ми вилчатыми захватами в виде стержней².

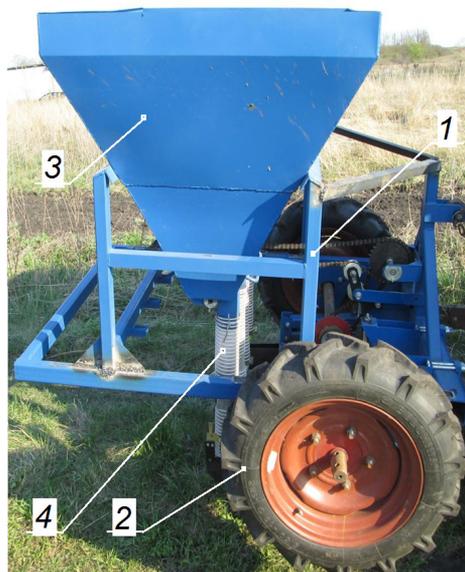
Катушка 2 размещена в корпусе 1, в боковых стенках которого выполнены прорезы таким образом, чтобы напротив прорезы располагался сектор катушки размером не менее 90°. При этом расстояние C между верхними концами стержней вилчатых захватов и крышкой корпуса больше минимального диаметра и меньше максимального диаметра высаживаемых луковиц, а расстояние D между торцами катушки и боковыми стенками корпуса меньше минимального диаметра высаживаемых луковиц.

Катушка предназначена для поштучной подачи луковиц в семяпровод. Вилчатые захваты катушки выполнены в виде стержней, расположенных под острым углом друг к другу, причем расстояние B между стержнями у основания меньше диаметра высаживаемых луковиц.

Расстояние A между вилчатыми захватами, измеренное по касательной, проведенной к основанию катушки 2, больше диаметра высаживаемых луковиц.

Данная конструкция позволяет осуществлять поштучный отбор и подачу

луковиц в семяпровод независимо от фракции высаживаемых луковиц.



Р и с. 8. Общий вид лукопосадочной машины, оснащенной катушечно-вилчатым высаживающим аппаратом (вид справа):

1 – рама; 2 – опорно-приводное колесо;
3 – бункер; 4 – семяпровод с сошником

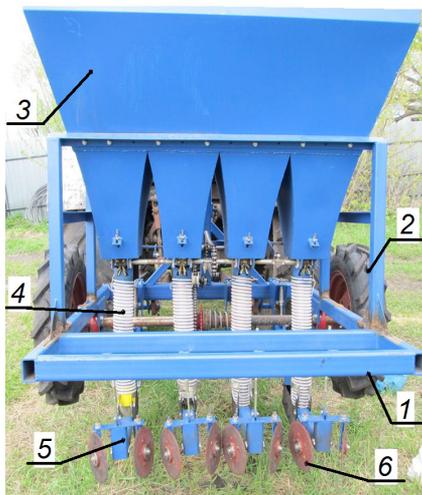
F i g. 8. The general view of onion sowing unit with a forked-roller sowing unit (right view):

1 – frame; 2 – support wheel;
3 – bunker; 4 – seed conductor with opener

² Пат. № 2544631 Российская Федерация. МПК А01 С11/02. Катушечно-вилчатый высаживающий аппарат для посадки луковичных культур / П. А. Емельянов, А. Г. Аксенов, В. А. Овтов, П. А. Сидоров. № 2544631 ; опубл. 01.07.2013. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24024946>

Для решения поставленных задач программа экспериментов включала полевые исследования опытного образца посадочной машины, оборудованного катушечно-вильчатым устройством.

Для проведения лабораторных исследований в полевых условиях фирмой ООО «Агроинженерия» (г. Пенза) была разработана и изготовлена посадочная машина, оснащенная катушечно-вильчатым высевальным устройством (рис. 8–9). Лукопосадочная машина включает в себя также раму 1, опорные колеса 2, которые служат приводом для высаживающего аппарата, бункер 3, семяпровод 4 с сошником 5 и заделывающие диски 6.



Р и с. 9. Общий вид лукопосадочной машины, оснащенной катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом (вид сзади): 1 – рама; 2 – опорно-приводное колесо; 3 – бункер; 4 – семяпровод; 5 – сошник; 6 – заделывающий диск

Fig. 9. The general view of onion sowing unit with a forked-roller sowing unit (back view): 1 – frame; 2 – support wheel; 3 – bunker; 4 – seed conductor; 5 – opener; 6 – embedding disk

Результаты исследования

Исследования по определению оптимального значения скорости V_M машины для посадки луковиц проводились при неизменной высоте падения луковицы $H_A = 0,12$ м и частоте вращения высева-

ющего барабана $n_B = 0,47$ с⁻¹. Рабочую скорость посадочной машины меняли в интервале от 0,8 м/с до 1,2 м/с с шагом 0,1 м/с.

Полученные данные позволили построить графические зависимости доли луковиц, высаженных вешкой вверх (K , %), и равномерности посадки (P , %) от рабочей скорости лукопосадочной машины (рис. 10–11).

Уравнения регрессии доли луковиц, высаженных вешкой вверх (K , %), и равномерности посадки (P , %) от рабочей скорости лукопосадочной машины имеют следующий вид:

$$K = -65 + 235,8751 \cdot V_M - 121,4286 \cdot V_M^2,$$

$$P = 136,4 - 96,4286 \cdot V_M + 35,7143 \cdot V_M^2. \quad (5)$$

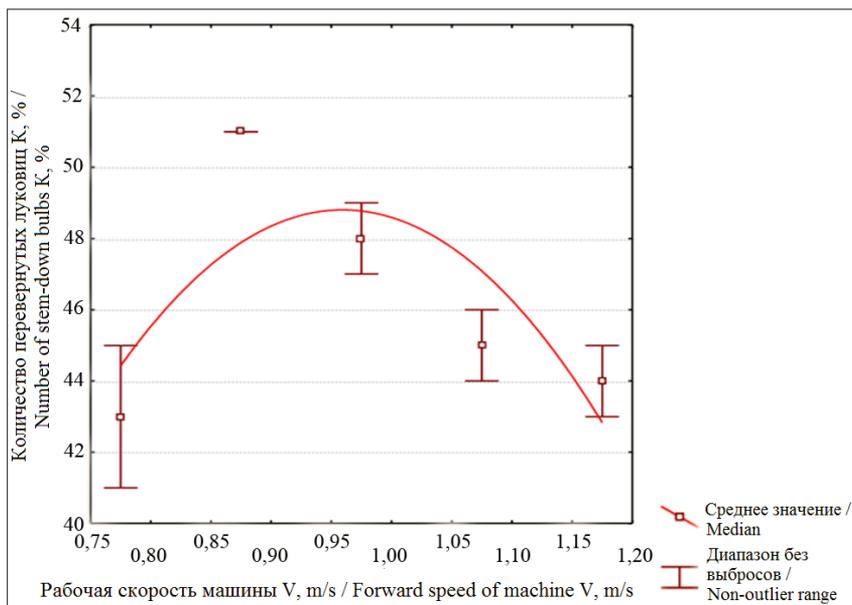
Анализ зависимостей, представленных на графиках (рис. 12–13), показал, что максимальная доля луковиц, расположенных вешкой вверх (51 %), соответствует рабочей скорости 0,9–1,0 м/с, а наибольшая равномерность посадки достигается при наименьшей рабочей скорости лукопосадочной машины.

Таким образом, качественные показатели посадки луковиц лука-севка при значении поступательной скорости V_M движения в интервале 0,9–1,0 м/с достигают следующих значений: $K = 51$ %, $P = 79$ %. Доля поврежденных луковиц не превышала 0,9 %.

Обсуждение и заключения

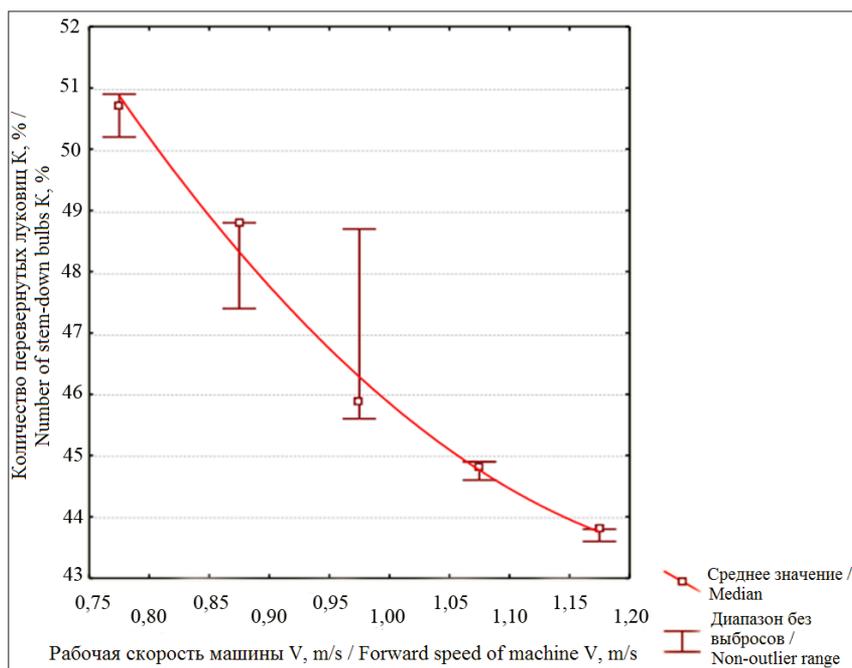
Проведенные исследования позволили обосновать, разработать и запатентовать конструкцию нового катушечно-вильчатого высаживающего аппарата для посадки луковиц вешкой вверх.

Для проверки эффективности внедрения опытного образца разработанного устройства были проведены его сравнительные испытания по общепринятой методике в условиях ООО «Новый урожай» Пензенской обл.-ти в процессе возделывания репчатого лука сорта «штутгартер ризен». Выбор ленточного высаживающего аппарата посадочной машины в качестве объекта сравнения



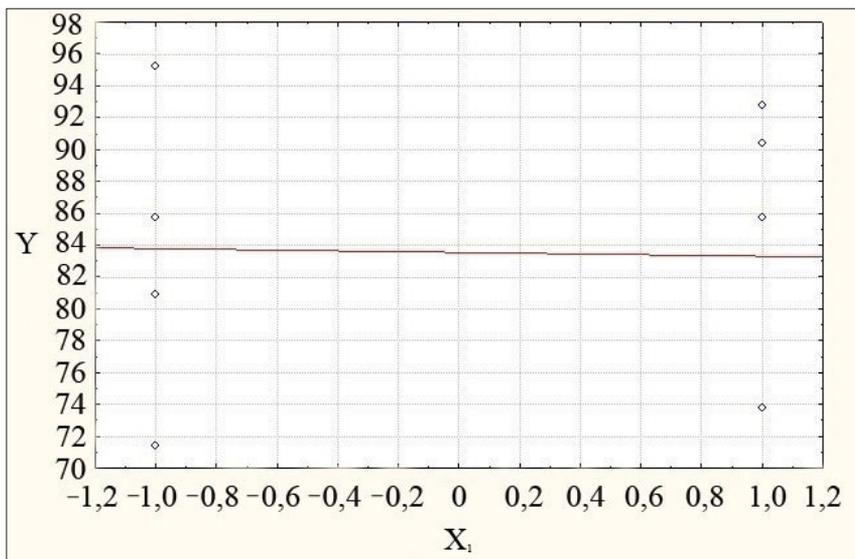
Р и с. 10. Влияние рабочей скорости лукопосадочной машины на долю луковиц, высаженных вешкой вверх

F i g. 10. The dependence of translational speed of onion sowing machine on number of bulbs planted by bottom down



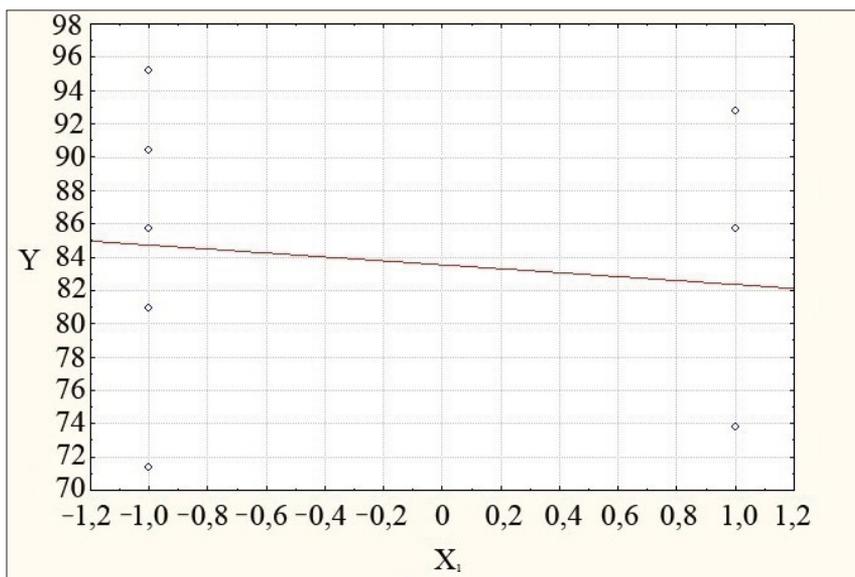
Р и с. 11. Влияние рабочей скорости лукопосадочной машины на равномерность посадки

F i g. 11. The dependence of translational speed of onion sowing machine on distribution of bulbs along the row



Р и с. 12. Графики рассеяния уровня фактора (поступательной скорости V_M движения) от количества луковиц, высаженных донцем вниз, при проведении полевых исследований лукопосадочной машины

F i g. 12. The factor dispersion scatters diagram of translational velocity V_M of motion of number of bulbs planted by botton down during field testing of the onion sowing machine



Р и с. 13. Графики рассеяния уровня фактора (поступательной скорости V_M движения) от равномерности распределения луковиц, высаженных донцем вниз, при проведении полевых исследований лукопосадочной машины

F i g. 13. The factor dispersion scatters diagram of translational velocity V_M of motion with uniformity of distribution of bulbs planted by botton down during field testing of the onion sowing machine



с катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом обусловлен его более широкой распространенностью на производстве лука по сравнению с другими известными устройствами.

Применение катушечно-вильчатого высаживающего аппарата позволило увеличить урожайность лука-репки до 283 ц/га, что в 1,25 раза превышает показатели ленточного аппарата за счет повышения доли луковиц высаженных

донцем вниз на 20 %, а равномерности посадки луковиц – на 19 %.

Таким образом, равномерность посадки составила 79 %; процент луковиц вешкой вверх – 51 %, на боку – 47 %, вешкой вниз – 2 % при рабочей скорости лукопосадочной машины $V_M = 0,9–1,0$ м/с, высоте падения луковицы $H_A = 0,12$ м и частоте вращения высаживающего барабана $n_B = 0,47$ с⁻¹.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The performance of agricultural science and technology transformation fund of different technical fields / Sh. Qiang [et al.] // International Conference on Engineering Management, Engineering Education and Information Technology. 2015. Vol. 3. P. 94–98. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/meeit-15/25841879>
2. «Лук-коллективист» благодарит сеятеля / Н. П. Ларюшин [и др.] // Сельский механизатор. 2000. № 11. С. 18. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24838439>
3. **Brewster J. L.** Onions and other vegetable alliums. – 2nd ed. CABI, 2008. 432 p. URL: <http://en.booksee.org/book/1302658>
4. **Аксенов А. Г., Сибирёв А. В., Емельянов П. А.** Обеспеченность техникой для овощеводства // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 8. С. 25–30.
5. Onion seed production in California / R. E. Voss [et al.] // University of California Agriculture and Natural. 2013. Vol. 4. P. 1–8. URL: <http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8008.pdf>
6. **Jadhav N. N., Aher H. R., Ghode A. P.** Design and fabrication of onion seed sowing machine // International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Automobile Engineering. 2015. Vol. 2. P. 1–10. URL: <http://www.ijrmee.org/download/design-and-fabrication-of-onion-seed-sowing-machine-1433826027.pdf>
7. A review on multi-seed sowing machine / A. B. Rohokale [et al.] // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2014. Vol. 5. P. 180–186. URL: <http://www.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/30120140502020/30120140502020.pdf>
8. Design and fabrication of seed sowing machine / S. V. Thorat [et al.] // International Research Journal of Engineering and Technology. 2017. Vol. 4. P. 704–707. URL: <https://www.irjet.net/archives/V4/i9/IRJET-V4I9122.pdf>
9. **Yenpayub J., Kingthong S., Benjaphragairat J.** Design and development of a garlic planter in Thailand // Bachelor's Thesis King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 2002. Vol. 2. P. 1–10. URL: <http://fme.hcmuaf.edu.vn/data/design%20and%20development%20of%20a%20garlic%20planter%20in%20thailand.pdf>
10. Катушечно-вильчатый высаживающий аппарат / А. Г. Аксенов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 5. С. 20–24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24340648>

Поступила 18.10.2017; принята к публикации 19.12.2017; опубликована онлайн 20.03.2018

Об авторах:

Аксенов Александр Геннадьевич, заведующий отделом технологий и машин в овощеводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), кандидат технических наук, ResearcherID: V-5572-2017, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9546-7695>, 1053vim@mail.ru

Емельянов Павел Александрович, профессор кафедры основ конструирования механизмов и машин, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» (440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, д. 30), доктор технических наук, ResearcherID: V-6460-2017, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5103-3289>, emelianov@mail.ru

Сибирёв Алексей Викторович, старший научный сотрудник отдела технологий и машин в овощеводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), кандидат технических наук, ResearcherID: M-6230-2016, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9442-2276>, sibirev2011@yandex.ru

Вклад соавторов:

А. Г. Аксенов: научное руководство, формулирование основной концепции исследования, подготовка начального варианта текста и формирование выводов; П. А. Емельянов: проведение критического анализа исследования и доработка текста; А. В. Сибирёв: литературный и патентный анализ, участие в теоретическом исследовании, верстка и редактирование текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Qiang S., Li-Li X., Jun-Qiang W., Wei-Min Y. The performance of agricultural science and technology transformation fund of different technical fields. International Conference on Engineering Management, Engineering Education and Information Technology. 2015; 3:94–98. Available at: <https://www.atlantispress.com/proceedings/emeeit-15/25841879>
2. Laryushin N. P., Kukhmazov K. Z., Kukharev O. N., Yurtayev S. Ye. [“Onion-collectivist” thanks the seditor]. *Selskiy mekhanizator* = Rural Mechanic. 2000; 11:18. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24838439> (In Russ.)
3. Brewster J. L. Onions and other vegetable alliums. 2nd ed. CABI, 2008. Available at: <http://en.booksee.org/book/1302658>
4. Akseonov A. G., Sibirev A. V., Emelyanov P. A. The current state of onion production in Russia and the prospective of its development. *Traktory i selkhoz mashiny* = Tractors and Agricultural Machinery. 2016; 8:25–30. Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=26192566> (In Russ.)
5. Voss R. E., Murray M., Bradford K., Mayberry K. S., Miller I. Onion seed production in California. University of California Agriculture and Natural. 2013; 4:1–8. Available at: <http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8008.pdf>
6. Jadhav N. N., Aher H. R., Ghode A. P. Design and fabrication of onion seed sowing machine. International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Automobile Engineering. 2015; 2:1–10. Available at: <http://www.ijrmeec.org/download/design-and-fabrication-of-onion-seed-sowing-machine-1433826027.pdf>
7. Rohokale A. B., Shewale P. D., Pokharkar S. B., Sanap K. K. A review on multi-seed sowing machine. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2014; 5:180–186. Available at: <http://www.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/30120140502020/30120140502020.pdf>
8. Swapnil T., Kasturi M. L., Girish P., Rajkumar P. Design and fabrication of seed sowing machine. International Research Journal of Engineering and Technology. 2017; 4:704–707. Available at: <https://www.irjet.net/archives/V4/i9/IRJET-V4I9122.pdf>
9. Yenpayub J., Kingthong S., Benjaphragairat J. Design and development of a garlic planter in Thailand. Bachelor’s thesis King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang. 2002; 2:1–10. URL: <http://fme.hcmuaf.edu.vn/data/design%20and%20development%20of%20a%20garlic%20planter%20in%20thailand.pdf>



10. Aksenov A. G., Emelyanov P. A., Ovtov V. A., Sibirev A. V. Forked-roller feed mechanism for seed onion oriented planting. *Selskokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii* = Agricultural Machines and Technologies. 2015; 5:20–24. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24340648> (In Russ.)

Submitted 18.10.2017; revised 19.12.2017; published online 20.03.2018

About the authors:

Aleksandr G. Aksenov, Head of Chair of Technology and Machines in Vegetable Production, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (5 1st Institutskiy Proyezd, Moscow 109428, Russia), Ph.D. (Engineering), ResearcherID: V-5572-2017, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9546-7695>, 1053vim@mail.ru

Pavel A. Emelyanov, Professor, Chair of Basic Designing Mechanisms and Machines, Penza State Agrarian University (30 Botanicheskaya St., Penza 440014, Russia), D.Sc. (Engineering), ResearcherID: V-6460-2017, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5103-3289>, emelianov@mail.ru

Alexey V. Sibirev, Senior Researcher, Chair of Technology and Machines in Vegetable Production, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (5 1st Institutskiy Proyezd, Moscow 109428, Russia), Ph.D. (Engineering), ResearcherID: M-6230-2016, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9442-2276>, sibirev2011@yandex.ru

Contribution of co-authors:

A. G. Aksenov: scientific leadership, formulating of the basic research concept, writing the draft and the formation of conclusions; P. A. Emelyanov: critical analysis of research and finalizing the text; A. V. Sibirev: literary and patent analysis, participation in theoretical research, layout and editing of the text.

All authors have read and approved the final version of the manuscript.