

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРКИ ЛУКА КАЧЕСТВЕННОЙ ЗАДЕЛКОЙ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПОСАДКЕ В БОРОЗДЕ

**Сибирёв Алексей Викторович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
**Аксенов Александр Геннадьевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник  
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»  
109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5  
тел.: 8 (499) 171-43-49;  
e – mail: [sibirev2011@yandex.ru](mailto:sibirev2011@yandex.ru)

**Ключевые слова:** заделывающие органы, дисковый заделывающий орган, почвонаправители, угол атаки, луковицы, лук-севок, почва, уборка, многофакторный эксперимент.

Специфической особенностью уборки лука является потребность в таком агротехническом приеме как дозревание и просушивание луковиц после извлечения их из почвы. Качественная работа лукоборочных машин как при двухфазном, так и при однофазном способах уборки обеспечивается удовлетворительной подготовкой поля перед уборкой. Даже незначительное содержание растительных примесей (свободная ботва, сорняки) 2...4 % (по агротехническим требованиям – до 5 %) делает ворох непригодным не для реализации, не для хранения. Качество выполнения технологического процесса машиной для уборки лука в основном зависит от выкапывающего рабочего органа, так как от типа данного рабочего органа и его технологических параметров, в свою очередь, зависят конструктивно-технологические параметры сепарирующих устройств. На качество выполнения технологического процесса извлечения луковиц из почвы также оказывает влияние завершающая технологическая операция посадки – заделка луковиц почвой. Большая глубина заделки луковиц, обусловленная несовершенством конструктивных и технологических параметров заделывающих органов, приводит к неравномерности созревания луковиц, а также повышенному подъему почвенного слоя при уборке лука, что ухудшает качественные показатели работы уборочной машины. Представлены результаты многофакторного эксперимента по обоснованию оптимальных технологических параметров дискового заделывающего органа для определения количества почвы, необходимого для качественной заделки луковиц лука-севка, а также результаты исследований по определению подачи вороха лука на подкапывающий лемех. Описана методика и применяемое при проведении исследований оборудование. Результаты проведенных исследований представлены в виде графических зависимостей. При анализе результатов исследований использован метод вариационной статистики.

### Введение

Основным сдерживающим фактором промышленного производства лука является отсутствие средств его механизированной уборки, отвечающих агротехническим требованиям и обеспечивающих полноту сепарации вороха луковиц лука-севка от почвенных примесей [1, 2].

Увеличение урожайности лука в результате использования в качестве посадочного материала высокоурожайных гибридов приводит к увеличению массы и количества луковиц на одном погонном метре. Кроме того, неравномерная заделка посадочного материала почвой как по глубине, так и по ширине борозды способствует повышенному подъему почвенного слоя при уборке лука [3, 4].

Следовательно, увеличивается подача вороха лука с поверхности подкапывающих рабочих органов на сепарирующие у современных лукоборочных машин, поэтому требуемая полнота выделения почвенных примесей при уборке лука в условиях производства не обеспечивается.

### Объекты и методы исследований

Известно, что в конце периода созревания, т.е. непосредственно в период уборки, примерно половина луковицы расположена на поверхности почвы, что способствует ее вызреванию, формированию хорошей рубашки и облегчает механизированную уборку [5, 6, 7, 8]. Однако, увеличение толщины слоя почвы над луковицей при посадке, а также неравномерная заделка луковиц по глубине приводят к неравномерности их созревания, повышенному подъему почвенного слоя при уборке лука, что ухудшает качественные показатели работы уборочных машин. Для определения количества почвы [9], необходимого для равномерной заделки лука-севка, которое ограничивает поступление почвенных примесей при уборке лука, были проведены экспериментальные исследования. Наибольший подъем почвы дисковым заделывающим органом определяли, изменяя угол атаки дисков  $\alpha$  в пределах 5...30 градусов [10, 11] с интервалом варьирования в 5 градусов, а также поступательную скорость дискового



Рис. 1 – Лабораторная установка для определения толщины слоя почвы над луковицами лука-севка (обозначения в тексте)

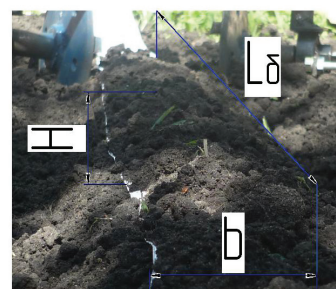


Рис. 2 – Геометрические параметры образованного гребня почвы

заделывающего органа  $V_D$  от 0,8 м/с до 1,2 м/с с интервалом варьирования 0,2 м/с.

Методика проведения исследований заключалась в следующем.

Экспериментальные исследования по определению толщины слоя почвы над луковицами лука-севка проводили на лабораторной установке (рис.1).

На почвенном канале в дни проведения исследований создавали условия, необходимые для определения требуемых показателей при испытаниях посадочных машин согласно СТО АИСТ 5.6-2010 [12], а именно: влажность почвы на глубине 0...5 см создавали равной 25 %; твердость почвы в этом слое составляла 0,05...0,15 МПа; глубина взрыхленного слоя почвы соответствовала глубине заделки лука-севка; качество крошения взрыхленного слоя соответствовало приведенному выше стандарту.

Исследования проводили нижеследующим образом. Дисковый заделывающий рабочий орган 1 устанавливали на приводную тележку 2 передвижного почвенного канала 3. Бумажную ленту 4 укладывали на землю и после этого приводили в движение тележку 2 (рис. 1).

После прохождения дискового заделывающего органа 1 по учетному участку определяли величину объема почвы  $V_B$ , измеряя ширину  $b$  и наибольшую высоту  $H$  образованного гребня почвы на расстоянии  $L_\delta$  (рис. 2), по формуле:

$$V_B = bHL_\delta. \quad (1)$$

Затем изменяли значения установленных параметров таких как, угол атаки дисков  $\alpha$  пределах 15...25° с интервалом варьирования 5 градусов, поступательную скорость дискового

заделывающего органа  $V_D$  от 0,8 м/с до 1,2 м/с с интервалом варьирования 0,2 м/с, а также ме-

жосевое расстояние  $S$  между дисками заделывающего органа от 0,1 м до 0,3 м с интервалом варьирования 0,1 м.

Для определения подачи вороха лука

$Q_{Вп}$  на подкапывающий лемех лукоуборочной машины была изготовлена лабораторная установка (рис.3), которая представляет собой передвижной почвенный канал [2].

Установка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из направляющих 1, по которым передвигается приводная тележка 2, установленная на четыре колеса 3 и приводимая в движение электродвигателем 4 с частотным преобразователем 5 через гибкую канатную связь 6.

Подкапывающий лемех 14 и лоток 9 для сбора вороха крепятся к стойке 7, которая смонтирована на приводной тележке 2.

Приводная тележка 2 по направляющим 1 перемещается на стальных роликах 3 диаметром 0,15 м посредством электрического привода, состоящего из асинхронного электродвигателя 4 и частотного преобразователя 5, позволяющего не только регулировать частоту вращения вала электродвигателя, но также и направление вращения вала.

Методика определения подачи вороха лука-севка с поверхности подкапывающего лемеха на сепарирующие рабочие органы  $Q_{Вп}$  заключается в следующем: перед проведением исследований почву увлажняли посредством поверхностного полива для обеспечения требуемой влажности, затем выдерживали несколько часов для достижения необходимой влажности в почвенном горизонте на глубине подкапывания луковиц.

Влажность почвы при проведении исследований определяли по вышеприведенной методике. Опыты проводили в соответствии с планом эксперимента при условии, что влажность

почвы соответствовала требуемому значению. Передвижной почвенный канал устанавливали на опытную делянку посадок лука (рис. 4).

Подкапывающий лемех 7 (стандартная ширина захвата 1,2 м) устанавливали на приводную тележку 2 передвигного почвенного канала на глубину  $h_{\text{л}}$  подкапывания в диапазоне 0,02...0,05 м с интервалом варьирования 0,01 м посредством перемещения стойки 7 по приводной тележке 2.

Лоток 9 сбора вороха лука-севка жестко соединяли с подкапывающим лемехом. Затем приводили в движение тележку 2, поступательная скорость движения которой изменяли с шагом 0,2 м/с от минимального значения, равного 0,4 м/с, до предельного значения 1,8 м/с.

После прохождения приводной тележкой 2 опытной делянки забирали луково-почвенный ворох из лотка 9 и взвешивали его на электронных весах модели МК-15.2-A21.

Подачу вороха лука на подкапывающий лемех 7 при установленных ранее технологических параметрах определяли по формуле:

$$Q_{\text{Вп}} = mv_{\text{л}}/L, \quad (2)$$

где  $m$  — масса луково-почвенного вороха в лотке, кг;  $v_{\text{л}}$  — поступательная скорость

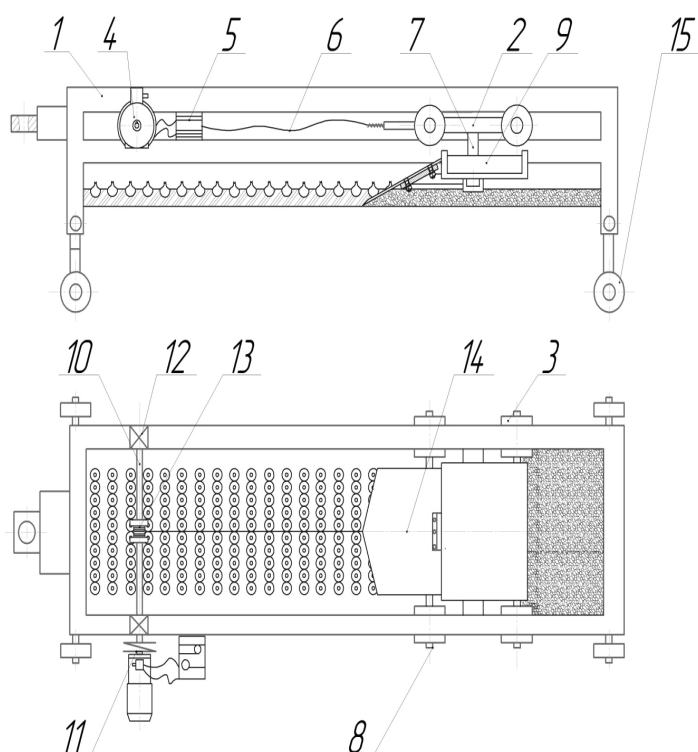


Рис. 3 – Схема лабораторной установки по определению подачи вороха лука на подкапывающий лемех: 1 – направляющая; 2 – тележка приводная; 3 – ролик; 4 – электродвигатель; 5 – преобразователь частотный; 6 – связь канатная; 7 – стойка крепежная; 8 – ось тележки; 9 – лоток; 10 – вал приводной; 11 – муфта предохранительная; 12 – подшипник; 13 – катушка с ребрами; 14 – подкапывающий лемех; 15 – опорные колеса

рость приводной тележки, м/с;  $L$  — длина подкапывающего лемеха, м.



Рис. 4 – Общий вид лабораторной установки по определению подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех: 1 – направляющая; 2 – тележка приводная; 3 – ролик; 4 – электродвигатель; 5 – преобразователь частотный; 6 – связь канатная; 7 – стойка крепежная; 8 – ось тележки; 9 – лоток сбора вороха; 10 – вал привода тележки; 11 – муфта предохранительная; 12 – подшипник; 13 – катушка с ребрами; 14 – подкапывающий лемех; 15 – фильтр сетевой.



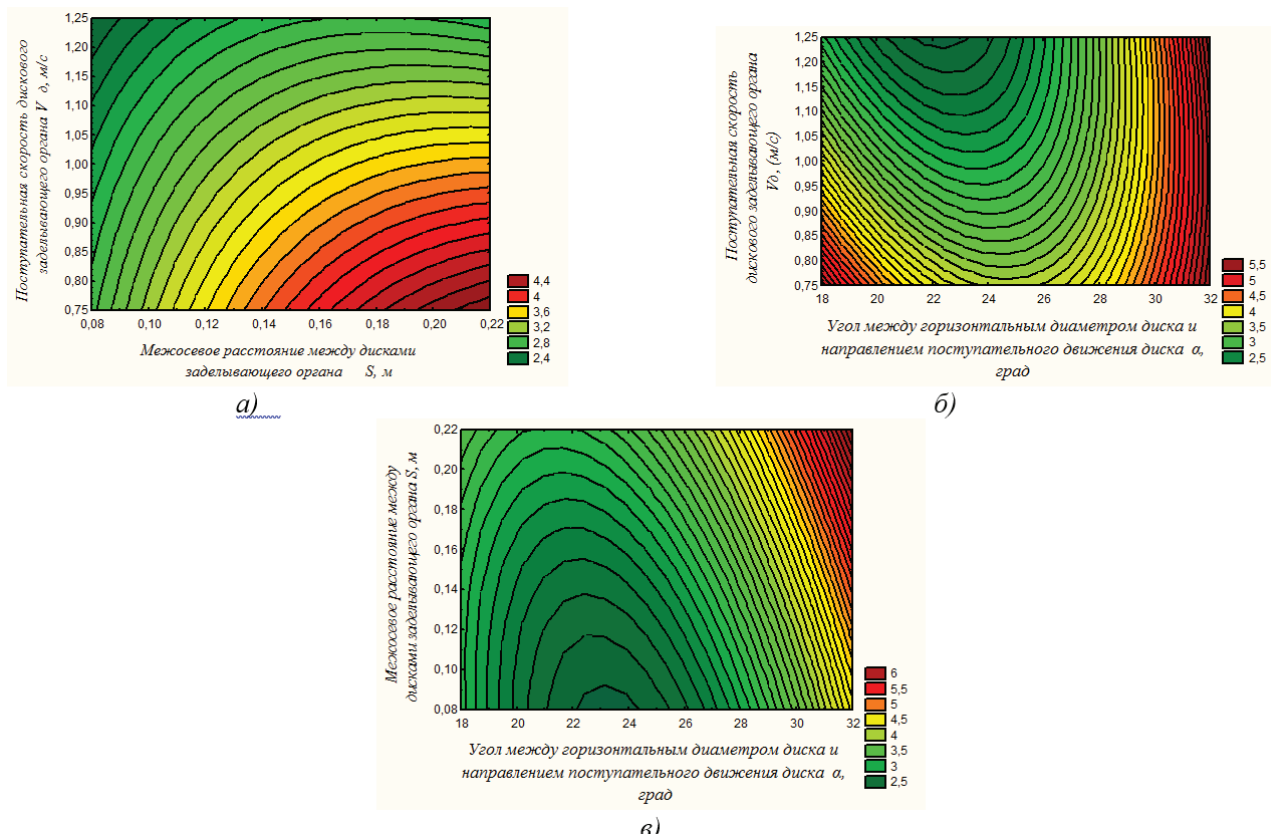


Рис. 5 – Двухмерные сечения поверхности отклика, характеризующие зависимость высоты почвы над луковцами лука-севка от выбранных факторов: поступательной скорости  $V_D$  дискового заделывающего органа, межсеевого расстояния  $S$  между дисками заделывающего органа и угла  $\alpha$  между горизонтальным диаметром диска и направлением поступательного движения диска

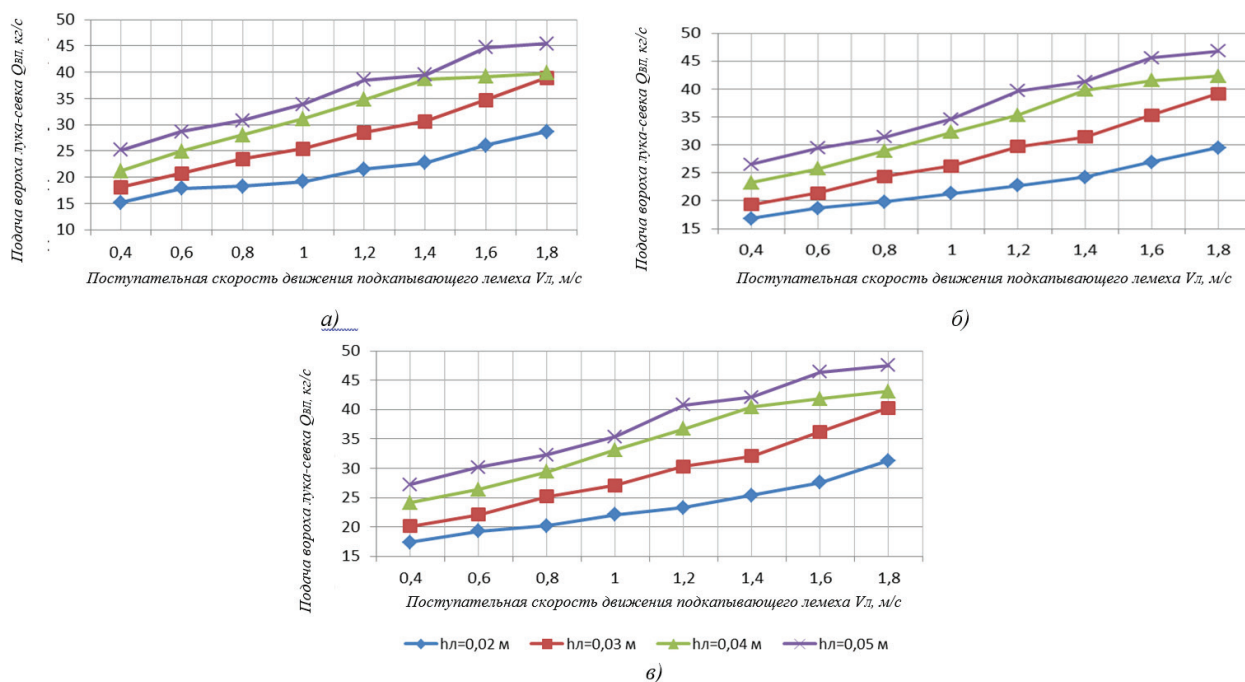


Рис. 6 – Зависимость подачи вороха лука-севка от поступательной скорости движения подкапывающего лемеха и глубины подкапывания луковца при влажности подкапываемого слоя почвы: а)  $W = 18\%$ ; б)  $W = 20\%$ ; в)  $W = 22\%$

Рабочую скорость движения тележки определяли по длине учетной делянки (4 м) с учетом времени ее прохождения [13]:

$$v_{Д} = S_{Т} / t_{Т}, \quad (3)$$

где  $S_{Т}$  — путь, пройденный тележкой, м;

$t_{Т}$  — время прохождения пути, с.

#### Результаты исследований

После проведения многофакторного эксперимента и обработки его результатов с помощью компьютерной программы Statistica были получены значения функции отклика (рис. 3), получена адекватная математическая модель, описывающая зависимость высоты почвы над

луковицей  $H = f(V_{Д}, \alpha, S)$  после заделки ее почвой в борозде в закодированном виде от выбранных факторов:

$$Y = 2,83 + 0,77x_1 + 0,399x_2 - 0,324x_3 + 0,708x_1^2 + 0,058x_2^2 - 0,091x_3^2 + 0,199x_1x_2 + 0,049x_1x_3 - 0,2x_2x_3,$$

(4)

где  $X_1$  — угол между горизонтальным диаметром диска и направлением поступательного движения диска;  $X_2$  — межосевое расстояние между дисками заделывающего органа;

$X_3$  — поступательная скорость дискового заделывающего органа.

Уравнение (4) в раскодированном виде имеет следующий вид:

$$Y = 565,84 - 8,52\alpha - 665,81S - 665,83V_{Д} + 0,19\alpha^2 + 3511,66S^2 + 327,91V_{Д}^2 - 12,7\alpha S - 79,54SV_{Д}.$$

(5)

где  $\alpha$  — угол между горизонтальным диаметром диска и направлением поступательного движения диска, град;  $S$  — межосевое расстояние между дисками заделывающего органа, м;

$V_{Д}$  — поступательная скорость дискового заделывающего органа, м/с.

Проанализировав двумерные сечения, изображенные на рисунке 3, можно сделать вывод, что рациональные значения исследуемых факторов находятся в следующих пределах: угол между горизонтальным диаметром диска и направлением поступательного движения диска  $\alpha = 20...25$  град., межосевое расстояние между дисками заделывающего органа  $S = 0,1...0,15$  м и поступательная скорость дискового заделывающего органа  $V_{Д} = 0,95...1,15$  м/с. Такие параметры обеспечивают равномерную заделку лука

севка на глубину 2,5...3,5 см. Это, в свою очередь, при уборке снижает поступление почвенных примесей на сепарирующие рабочие органы до 11,8 % и повреждение луковиц на 7,4 %.

Результаты исследований по определению подачи вороха лука обработаны на персональной ЭВМ и представлены на рисунке 6. Они свидетельствуют о том, что на плоские лемехи поступает в зависимости от типа почвы от 15 кг до 48 кг массы луко-почвенного вороха при влажности почвы от 18 % до 22 %, скорости движения 0,4...1,8 м/с и глубине хода подкапывающего лемеха 0,02...0,05 м.

Полученные результаты исследований позволяют определить подачу вороха лука на устройства первичной очистки луковиц с целью обоснования оптимальных режимно-технологических параметров устройств первичной и вторичной сепарации лука.

#### Выводы

Лабораторные исследования дискового заделывающего органа позволили установить, что для снижения до 11,8 % поступления почвенных примесей на подкапывающие органы машин для уборки лука необходимо обеспечить равномерную заделку луковиц на глубину 2,5...3,5 см при следующих технологических параметрах: угол между горизонтальным диаметром диска и направлением поступательного движения диска  $\alpha = 20...25$  град; межосевое расстояние между дисками заделывающего органа  $S = 0,1...0,15$  м; поступательная скорость дискового заделывающего органа  $V_{Д} = 0,95...1,15$  м/с. При этом также до 7,4 % снижается повреждение луковиц при уборке.

#### Библиографический список

1. Сибирёв, А.В. Экспериментальные лабораторные исследования цилиндрического очистителя почвенных примесей в технологическом процессе сепарации / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Вестник Ульяновской ГСХА. — 2017. — № 2. (24). — С. 33 — 36.
2. Машинная технология производства лука: Монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. — М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2016. — 168 с.
3. Алдошин, Н.В. Инженерно-техническое обеспечение качества механизированных работ: Монография / Н.В. Алдошин, О.Н. Дидманидзе. — М.: РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015 — 188 с.
4. Алдошин, Н.В. Моделирование качества выполнения механизированных работ / Н.В. Алдошин // В сб.: Горячкинские чтения. - Сборник докладов 1-й Международной научно-практической конференции. — М.: Триада, 2013 — С. 6 — 13.
5. Посявин, А.Т. Технология производства лука / А.Т. Посявин — М.: Россельхозиздат, 1984. — 96 с.

6. Емельянов, П.А. Определение количества почвы для качественной заделки луковиц лука-севка в борозде / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 1. – С. 25 – 27.

7. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза, РИО ПГСХА, 2015. – 174 с.

8. Емельянов, П.А. Совершенствование технологии и технических средств ориентированной посадки луковиц: дисс. ... докт. техн. наук / П.А. Емельянов. – Пенза, 2002. – 305 с.

9. Зыкин, Евгений Сергеевич. Разработка и обоснование технологии и средств механизации гребневого возделывания пропашных культур: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Е.С. Зыкин. – Ульяновск, 2017. – 637 с.

10. Курдюмов, В.И. Теоретическое обосно-

вание диаметра плоского диска рабочего органа пропашного культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, А.В. Ерошкин, Л.Н. Хайбуллина // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 1. – С. 54 – 60.

11. Курдюмов, В.И. Обоснование расстояния между плоскими дисками пропашного культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, С.А. Лазуткина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3. – С. 174 – 178.

12. СТО АИСТ 5.6-2006. «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины высадкопосадочные. Методы оценки функциональных показателей». – Введен 15.04.2011 г. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 22 с.

13. Ларюшин, Андрей Михайлович. Энергосберегающие технологии и технические средства для уборки лука: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / А.М. Ларюшин. – Пенза, 2010. – 426 с.

## EFFICIENCY INCREASE OF ONION HARVESTING BY PROPER EMBEDDING OF SEEDING MATERIAL IN THE SEED FURROW

**A.V. Sibiriev, A.G. Aksenov**  
**FSBSI "Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM".**  
**109428, Russian Federation, Moscow, 1-st Institutsky Ave, 5**  
**Phone: 8 (499) 171-43-49;**  
**E - mail: sibirev2011@yandex.ru**

*Key words: embedding working organs, disk embedding body, soil deflectors, angle of attack, onions, seed onion, soil, harvesting, multifactor experiment.*

*A specific feature of onion harvesting is the need for such agrotechnical technique as afterripening and drying of onion after their extraction from the soil. Proper work of onion harvesting machines, both for two-phase and single-phase harvesting methods, is provided by good preparation of the field before harvesting. Even insignificant content of plant contamination (free tops, weeds) of 2 ... 4% (according to agrotechnical requirements - up to 5%) makes the heap inappropriate both for sale and for storage. The process quality of the onion harvesting machine largely depends on the digging working tool, since the design and technological parameters of the separating devices depend on the type of the working tool and its technological parameters. The quality of the technological process of extracting onions from the soil is also affected by the final planting technological operation - embedding of onions in the soil. A greater depth of onion embedding, due to imperfect structural and technological parameters of the embedding organs, leads to uneven onion ripeness, as well as an increased rise of the soil layer when harvesting onions, which reduces the harvesting machine performance. The results of a multifactor experiment on the substantiation of appropriate technological parameters of a disk embedding body for determining the amount of soil necessary for proper seed onion embedding are presented, as well as results of research on determining the supply of onion to a digging plow. The technique and equipment used in the research are described. The results of the studies are presented in the form of graphical curves. The method of variational statistics was used when analyzing the results of the research.*

### *Bibliography*

1. Sibiriev, A.V. Experimental laboratory studies of a cylindrical soil purifier in the separation process / P.A. Emelyanov, A.V. Sibiriev, A.G. Aksenov // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2017. - No. 2. (24). - P. 33 - 36.
2. Lobachevsky, Ya.P. Machine technology of onion production: Monograph / Ya.P. Lobachevsky, P.A. Emelyanov, A.G. Aksenov, A.V. Sibiriev. - M.: FSBSI «Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM», 2016. - 168 p.
3. Aldoshin, N.V. Engineering and technical support of powered work quality: Monograph / N.V. Aldoshin, O.N. Didmanidze. - Moscow: RSAU MAA name after K.A. Timiryazev, 2015 - 188 p.
4. Aldoshin, N.V. Modeling the quality of powered works / N.V. Aldoshin // In the digest: Goryachkin's readings. - Collection of reports of the 1st International scientific and practical conference. - M.: Triada, 2013 - P. 6 - 13.
5. Posyavin, A.T. Technology of onion production / A.T. Posyavin - Moscow: Rosselkhozizdat, 1984. - 96 p.
6. Emelyanov, P.A. Specification of soil amount for proper seed onion embedding in the furrow / P.A. Emelyanov, A.V. Sibiriev, A.G. Aksenov // Tractors and agricultural machinery. - 2014. - No. 1. - P. 25 - 27.
7. Emelyanov, P.A. Theoretical and experimental studies of the disk embedding body of the onion seeding machine: Monograph / P.A. Emelyanov, A.V. Sibiriev, A.G. Aksenov. - Penza, publishing department of PSAA, 2015. - 174 p.
8. Emelyanov, P.A. Improvement of technology and technical means of targeted onion planting: dissertation of Doctor of Technical Sciences / P.A. Emelyanov. - Penza, 2002. - 305 p.
9. Zykin Evgeniy Sergeevich. Development and justification of technology and mechanization means of ridge tillage of tilled crops: dissertation of Doctor of Technical Sciences: 05.20.01 / E.S. Zykin. - Ulyanovsk, 2017. - 637 p.
10. Kurdyumov, V.I. Theoretical justification of the flat disk diameter of working tool of inter-row cultivator / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, A.V. Eroshkin, L.N. Khaibullina // Vestnik of Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics. - 2017. - No. 1. - P. 54 - 60.
11. Kurdyumov, V.I. Justification of the distance between the flat discs of the inter-row cultivator / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, S.A. Lazutkina // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2016. - No. 3. - P. 174 - 178.
12. Standards of the Association of Testers of Agricultural Machinery and Technologies 5.6.2006. "Testing of agricultural machinery. Planters. Methods for assessing performance indicators. - Introduced on 15.04.2011. - Moscow: Publishing Standards, 2011. - 22 p.
13. Laryushin, Andrey Michaylovich. Energy-saving technologies and technical means for harvesting onions: dissertation of Doctor of Technical Sciences: 05.20.01 / A.M. Laryushin. - Penza, 2010. - 426 p.