

**СИБИРЁВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник<sup>1</sup>  
E-mail: sibirev2011@yandex.ru

**АКСЕНОВ АЛЕКСАНДР ГЕНАДЬЕВИЧ**, канд. техн. наук., ведущий научный сотрудник<sup>1</sup>  
**МОСЯКОВ МАКСИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ**, аспирант<sup>2</sup>  
E-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

<sup>1</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ); 109428, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРИРУЮЩЕГО ПРУТКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА С АСИММЕТРИЧНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ВСТРЯХИВАТЕЛЕЙ

Рассмотрены конструкции сепарирующих органов машин для уборки корнеплодов и лука. Представлена конструкция пруткового элеватора с асимметрично установленным пассивным эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом, обеспечивающими снижение повреждений товарной продукции корнеплодов и луковиц при максимальной сепарации. Приведены результаты теоретических исследований пруткового элеватора по обоснованию конструктивных и технологических параметров при его взаимодействии с ворохом корнеплодов и луковиц. Обоснованы основные конструктивные и технологические параметры исследуемого пруткового элеватора. Выведена формула, определяющая как межосевое расстояние между эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом, так и диаметр поддерживающего ролика; установлены зависимости, определяющие абсолютную скорость вороха корнеплодов при максимально возможном угле подъема полотна пруткового элеватора. Результаты проведения экспериментальных исследований позволяют констатировать, что полнота сепарации вороха лука-севка на оптимальных режимах составляет 95...97% при повреждениях до 1,3%, что соответствует существующим рекомендациям по уборке лука-севка.

**Ключевые слова:** прутковый элеватор, встряхиватель эллиптический, луковицы, конструктивные параметры, диаметр, межосевое расстояние, угол подъема.

**Введение.** Существующие машины для уборки корнеплодов и лука не обеспечивают качественных показателей сепарации вороха корнеплодов и лука, что и приводит к нарушению агротехнических требований при их уборке [1-4]. Необходим поиск новых решений по увеличению качественных показателей сепарации корнеплодов и лука с целью повышения полноты их сепарации и снижения повреждения.

**Цель исследования** – обоснование оптимальных конструктивных и технологических параметров сепарирующего пруткового элеватора с асимметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика.

**Материал и методы.** Основой для разработки конструктивно-технологической схемы сепарирующего пруткового элеватора с асимметрично установленными пассивными эллиптическими встряхивателями, обеспечивающего уменьшение повреждений и повышение качества сепарируемой

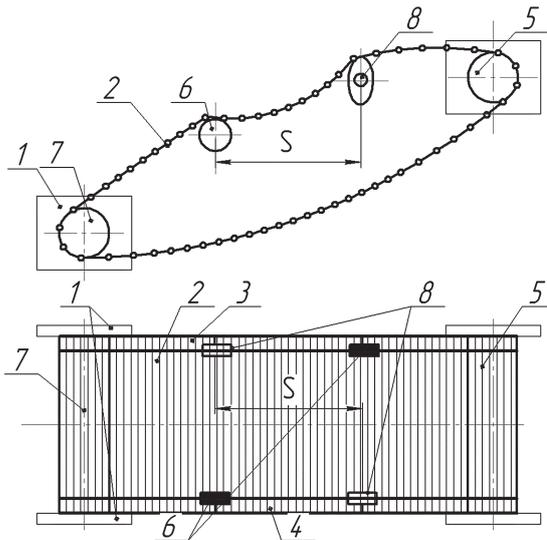
продукции, являются данные, полученные на основе анализа источников [1-5, 10-12].

Сепарирующий транспортер (рис. 1) лукоборочной машины содержит установленный на раме 1 сепарирующий прутковый элеватор 2, под ветвями 3 и 4 которого размещены ведущие 5, поддерживающие 6 и ведомые 7 ролики, смонтированные на раме 1 элеватора 2, которые обеспечивают натяжение полотна [11].

Под полотном элеватора 2 противоположно ветвям 3 и 4 находятся эллиптические встряхиватели 8, установленные в горизонтальной плоскости со смещением осей вращения на величину  $S$ .

Сепарирующий транспортер работает следующим образом. Сепарируемый материал с подающим транспортера или с подкапывающего рабочего органа (подкапывающий рабочий орган на фигурах не показан) поступает на полотно просеивающего пруткового элеватора 2, приводимого в движение цепной передачей от вала привода элеватора.

По мере продвижения по прутковому элеватору 2 в результате набегания ветви 3 полотна на эллиптический встряхиватель 8, происходит подбрасывание вороха корнеплодов. Подброшенный с ветви 3 пруткового элеватора ворох корнеплодов падает с максимальной высоты на поверхность противоположной ветви 4 полотна элеватора 2, которая начинает подъем в верхнее положение в результате ее набегания на пассивный встряхиватель 8. Иными словами, подброшенное тело падает с максимальной высоты подъема на полотно в момент, когда полотно находится не в нижнем, а в верхнем положении.



**Рис. 1. Устройство сепарирующего пруткового элеватора с асимметрично расположенными эллиптическими встряхивателями и поддерживающими роликами:**

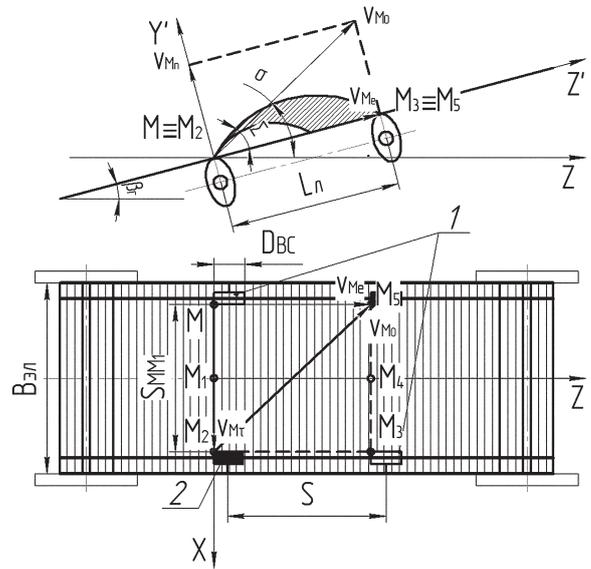
- 1 – рама; 2 – элеватор прутковый;
- 3, 4 – ветви полотна элеватора;
- 5, 6, 7 – ведущие, поддерживающие и ведомые ролики; 8 – встряхиватели

В момент подбрасывания вороха корнеплодов, содержащего почвенно-растительные примеси, со стороны пассивного встряхивателя 8 происходит его рассредоточение по поверхности пруткового элеватора. В момент опускания вороха пассивный встряхиватель совершает один полный оборот, благодаря чему обеспечивается только подбрасывание пласта вороха и его скольжение по прутковому элеватору перпендикулярно его движению. При подходе вороха корнеплодов к зоне расположения эллиптического встряхивателя 8, расположенного у противоположной ветви 4 полотна пруткового элеватора, происходит аналогичное явление, которое сопровождается подбрасыванием вороха и его скольжением уже от левой стороны полотна пруткового элеватора к центру.

В результате в ворохе корнеплодов возникают знакопеременные нагрузки, которые приводят к раз-

рушению и сепарации почвы, а также к снижению повреждений вследствие незначительного перепада высот подъема и опускания вороха корнеплодов и почвенно-растительных примесей на полотно элеватора.

**Результаты и обсуждение.** Согласно известной ширине  $B_{\text{п}}$  пруткового элеватора и углу  $\varphi_{\text{эл}}$  трения скольжения луковицы по поверхности пруткового элеватора, а также дальности  $L_{\text{л}}$  полета частицы вороха лука-севка определяется оптимальное расстояние  $S$  между осями пассивных эллиптических встряхивателей (рис. 2), расположенных под противоположными сторонами пруткового элеватора, благодаря которому обеспечивается оптимальное соотношение между полнотой сепарации и повреждениями луковиц.



**Рис. 2. Схема определения межосевого расстояния:**

- 1 – эллиптический встряхиватель;
- 2 – ролики поддерживающие

Для достижения устойчивого технологического процесса сепарации вороха лука-севка необходимо обеспечить двукратное последовательное воздействие асимметрично установленных эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика на ворох лука-севка. Следует обеспечить такой режим, при котором подброшенный одной стороной полотна пруткового элеватора ворох упал бы на полотно в зоне подъема противоположно расположенного эллиптического встряхивателя пруткового элеватора.

Для выполнения данного условия необходимо, чтобы частица вороха лука-севка переместилась из положения точки  $M$  подъема левой стороны в положение точки  $M_3$  подъема правой стороны пруткового элеватора за период времени  $t_3$ , соответствующий перемещению пруткового элеватора из точки  $M_1$  в  $M_4$ , т.е.:

$$t_2 = t_3, \quad (1)$$

Время  $t_2$  бокового  $S_{MM_2}$  перемещения вороха лука-севка по поверхности пруткового элеватора определяем по формуле:

$$t_2 = \frac{S_{MM_2}}{v_{Mr}}, \quad (2)$$

где  $v_{Mr}$  – касательная составляющая относительной скорости движения материальной точки  $M$ , м/с;

$$v_{Mr} = \frac{\omega_{эл}^2 \cdot R_{BC} \cdot \sqrt{g}}{g}, \quad (3)$$

где  $\omega_{эл}$  – круговая частота колебаний полотна пруткового элеватора, об/мин;  $R_{BC}$  – радиус встряхивателя, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

$$\omega_{эл} = \frac{\pi \cdot n_B}{30}, \quad (4)$$

где  $n_B$  – частота вращения пассивного эллиптического встряхивателя, об/мин.

Согласно рисунку 2 можно считать, что:

$$S_{MM_2} \approx B_{эл}. \quad (5)$$

Выражение (2) с учетом (5) принимает вид:

$$t_2 = \frac{B_{эл} \cdot g}{\omega_{эл}^2 \cdot R_{BC} \cdot \sqrt{g}}, \quad (6)$$

где  $B_{эл}$  – ширина пруткового элеватора, м.

Время  $t_3$  продольного  $S_{M_1M_4}$  перемещения вороха лука-севка по поверхности пруткового элеватора из точки  $M_1$  в  $M_4$  определяется по выражению:

$$t_3 = \frac{S_{M_1M_4}}{v_{Me}}. \quad (7)$$

Согласно равенству (1) приравниваем выражения (6) и (7) и выражаем величину продольного  $S_{M_1M_4}$  перемещения вороха лука-севка за время  $t_3$ :

$$S_{M_1M_4} = \frac{B_{эл} \cdot v_{эл} \cdot g}{\omega_{эл}^2 \cdot R_{BC} \cdot \sqrt{g}}. \quad (8)$$

Межосевое расстояние  $S$  между осями эллиптического встряхивателя и поддерживающим роликом, согласно рисунку 2, находим по формуле:

$$S = \left( \frac{B_{эл} \cdot v_{эл} \cdot g}{\omega_{эл}^2 \cdot R_{BC} \cdot \sqrt{g}} \right) - D_{BC}, \quad (9)$$

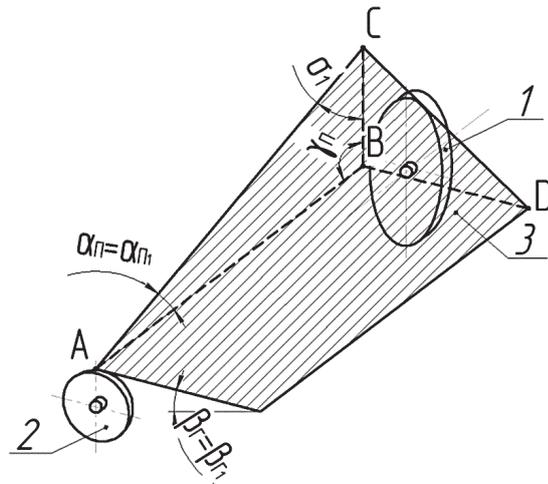
где  $D_{BC}$  – диаметр встряхивателя, м.

Полотно пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателям и поддерживающим роликом в момент подъема встряхивателя следует рассматривать как плоский двугранный клин ABCD (рис. 3). Учитывая исследования В.П. Горячкина применительно к сепарирующему прутковому элеватору с асим-

метрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом, следует считать угол  $\beta_{\Gamma}$  наклона полотна пруткового элеватора углом  $\beta_{\Gamma_1}$  крошения плоского двугранного угла, а угол  $\alpha_{\Pi}$  подъема полотна пруткового элеватора углом  $\alpha_{\Pi_1}$  наклона плоского двугранного клина, т.е.:

$$\begin{cases} \beta_{\Gamma} = \beta_{\Gamma_1}, \\ \alpha_{\Pi} = \alpha_{\Pi_1}, \end{cases} \quad (10)$$

где  $\beta_{\Gamma_1}$  – угол крошения двугранного плоского клина, град;  $\alpha_{\Pi_1}$  – угол наклона двугранного плоского клина, град [4, 12].



**Рис. 3. Схема определения угла подъема полотна пруткового элеватора с асимметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика:**  
 1 – эллиптический встряхиватель;  
 2 – ролик поддерживающий;  
 3 – полотно пруткового элеватора

В зависимости от угла крошения  $\beta_{\Gamma_1}$  и состояния почвы по результатам исследований В.П. Горячкина и В.А. Желиговского имеется четыре характерных направления абсолютных перемещений частиц почвы при движении плоского двугранного клина [12-13].

Применительно к нашему случаю перемещение частиц почвы по поверхности пруткового элеватора с асимметрично установленными эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом следует рассматривать как:

1. Движение пласта почвы по клину сплошной лентой, без изменения размеров поперечного сечения пласта под углом [12]:

$$\alpha_{\Pi} = \left( \frac{\pi}{2} - \frac{\beta_{\Gamma}}{2} \right). \quad (11)$$

2. Направление абсолютных перемещений частиц почвы параллельно направлению действия элементарных сил воздействия клина на почву:

$$\alpha_{\Pi} = \frac{\pi}{2} - (\beta_{\Gamma} + \varphi_{\text{эл}}), \quad (12)$$

где  $\varphi_{\text{эл}}$  – угол трения вороха корнеплодов и лука по поверхности элеватора, град.

Траектория абсолютного движения частиц почвы не подчиняется ни одному из перечисленных случаев. Более того, даже в течение одного опыта при постоянном значении угла  $\beta_{\Gamma}$  и на одной и той же почве зафиксированы значительные колебания угла  $\alpha_{\Pi}$ . Значения угла  $\alpha_{\Pi}$ , полученные в соответствии с выражениями (11) и (12), служат пределами его изменения, т.е.:

$$\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\beta_{\Gamma}}{2}\right) > \alpha_{\Pi} > \frac{\pi}{2} - (\beta_{\Gamma} + \varphi_{\text{эл}}). \quad (13)$$

Согласно формуле (13) для уменьшения повреждений луковок лука-севка при сепарации на прутковом элеваторе с асимметрично установленными встряхивателями, угол  $\alpha$  не должен превышать значение:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - (\beta_{\Gamma} + \varphi_{\text{эл}}). \quad (14)$$

Абсолютную  $v_{\text{Ма}}$  скорость материальной точки  $M$ , при максимально возможном угле  $\alpha$  подъема полотна пруткового элеватора рассчитываем по формуле:

$$v_{\text{Ма}} = \omega_{\text{эл}}^2 \cdot R_{\text{BC}} \cdot \frac{\cos \beta_{\Gamma}}{\sin \varphi_{\text{эл}}} \sqrt{\left(1 + \frac{2 \cdot \omega_{\text{эл}} \cdot R_{\text{BC}}}{g}\right)}. \quad (15)$$

Выражение (15) показывает, что абсолютные перемещения клубненосного вороха и, следовательно, деформация почвы увеличиваются с увеличением угла  $\beta_{\Gamma}$  наклона полотна пруткового элеватора, что приводит к более интенсивному возрастанию горизонтальных перемещений, увеличивающих повреждение корнеплодов и луковок.

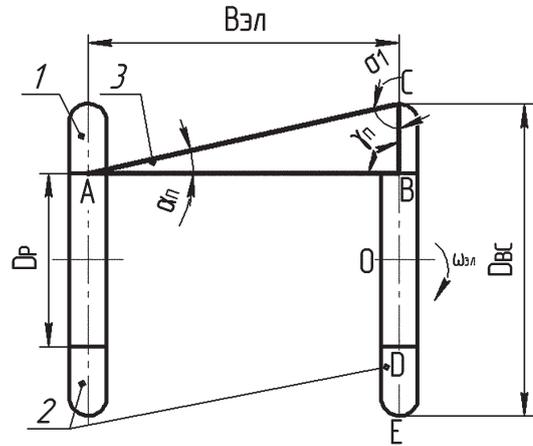
Вертикальные перемещения частиц вороха лука-севка при возрастании угла  $\beta_{\Gamma}$  наклона полотна пруткового элеватора увеличиваются лишь до некоторого предела, определить который можно, приравняв к нулю первую производную по углу  $\beta_{\Gamma}$  второго выражения системы уравнений (10) при известном значении угла  $\alpha$ :

$$\left(v_{\text{Мн}} + v_{\text{Мт}} \cdot \frac{\sin \beta_{\Gamma} \cdot \sin(\beta_{\Gamma} + \varphi_{\text{эл}})}{\cos \varphi_{\text{эл}}}\right)' = 0. \quad (16)$$

$$\beta_{\Gamma} = \left(45^{\circ} - \frac{\varphi_{\text{эл}}}{2}\right). \quad (17)$$

Увеличение угла  $\beta_{\Gamma}$  свыше этого значения не рационально, так как оно приводит к уменьшению вертикальных перемещений вороха лука-севка и увеличению горизонтальных.

Диаметр  $D_p$  поддерживающего ролика сепарирующего пруткового элеватора (рис. 4) определяет величину угла  $\alpha_{\Pi}$  подъема противоположной стороны полотна пруткового элеватора при набегании его на эллиптический встряхиватель диаметром  $D_{\text{вс}}$ .



**Рис. 4. Схема определения диаметра поддерживающего ролика:**  
 1 – эллиптический встряхиватель;  
 2 – ролик поддерживающий;  
 3 – полотно пруткового элеватора

Согласно схеме рис. 4 очевидно, что стороны AC и AB треугольника ABC равны:

$$AC = AB = B_{\text{эл}}. \quad (18)$$

Сторону BC треугольника ABC определяем по теореме косинусов:

$$BC^2 = AC^2 + AB^2 - 2 \cdot AC \cdot AB \cdot \cos \alpha_{\Pi}. \quad (19)$$

Согласно выражению (19) имеем:

$$BC = \sqrt{2B_{\text{эл}}^2 \cdot (1 - \cos \alpha_{\Pi})}. \quad (20)$$

Таким образом, диаметр  $D_p$  поддерживающего ролика сепарирующего пруткового элеватора определяется как:

$$D_p = D_{\text{вс}} - 2\sqrt{2B_{\text{эл}}^2 \cdot (1 - \cos \alpha_{\Pi})}. \quad (21)$$

Таким образом, теоретические исследования позволили установить зависимости для определения основных конструктивных и технологических параметров пруткового элеватора с асимметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика, а именно: межжосевое расстояние между эллиптическим встряхивателем и поддерживающим роликом (9), диаметр поддерживающего ролика (21), абсолютную скорость вороха корнеплодов и луковок (15) при максимально возможном угле подъема (14) полотна пруткового элеватора. На основании теоретических данных был изготовлен прут-

ковый элеватор с асимметричным расположением эллиптического встряхивателя и поддерживающего ролика, который проходил апробацию в лабораторных и полевых условиях по обоснованию оптимальных конструктивных и технологических параметров.

### Выводы

В результате проведения экспериментальных исследований было установлено, что полнота сепарации вороха лука-севка на оптимальных режимах составляет 95...97%, при повреждениях до 1,3%, что соответствует существующим рекомендациям по уборке корнеплодов и лука [14].

*Работа выполнена при государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук МК – 4002.2018.8.*

### Библиографический список

1. Алдошин Н.В. Моделирование качества выполнения механизированных работ // Горячкинские чтения: Сборник докладов 1-й Международной научно-практической конференции. М.: МГАУ имени В.П. Горячкина, 2013. С. 6-13.
2. Башкирцев В.И., Алдошин Н.В. Обеспечение качества механизированных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники. М.: ФГБОУ ДПО РИАМА, 2017. 96 с.
3. Хвостов В.А., Рейнгарт Э.С. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет). М., 1995. 391 с.
4. Кухмазов К.З. Совершенствование технологии и технических средств для производства лука-севка в условиях Среднего Поволжья: Дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01. Пенза, 2000. 402 с.
5. Лобачевский Я.П., Емельянов П.А., Аксенов А.Г., Сибирёв А.В. Машинная технология производства лука: Монография. М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. 2016. 168 с.
6. Алдошин Н.В., Дидманидзе О.Н. Инженерно-техническое обеспечение качества механизированных работ: Монография. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. 188 с.
7. Сорокин А.А. Теория и расчет картофелеуборочных машин: Монография. М.: ГНУ ВИМ, 2006. 158 с.
8. Протасов А.А. Совершенствование технологических процессов и технических средств для уборки лука: Дис. ... докт. техн. наук. Саратов, 2005. 355 с.
9. Ларюшин А.М. Энергосберегающие технологии и технические средства для уборки лука: Дис. ... докт. техн. наук. Пенза, 2010. 426 с.
10. Ларюшин Н.П. Научные основы разработки комплекса машин для уборки и послеуборочной обработки лука: Дис. ... докт. техн. наук. Рязань, 1996. 350 с.
11. Сепарирующий транспортер корнеклубнеуборочной машины: Патент № 2638190 Россия, МПК А01 С11/02 / А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, Н.Н. Колчин, А.Г. Пономарев; заяв. 10.03.2017; опубл. 12.12.2017, Бюл. № 35.
12. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3-х т. М.: Колос, 1965. Т. 1. С. 720.
13. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин механической технологии сельскохозяйственных материалов. Тбилиси: Изд-во Грузинского ордена Трудового Красного Знамени СХИ, 1960. 358 с.
14. СТО АИСТ 8.7-2013. Машины для уборки овощных и бахчевых культур. Методы оценки функциональных показателей. Введен 15.04.2004. М.: Изд-во стандартов, 2014. 81 с.

*Статья поступила 30.01.2018*

## DETERMINING DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE SEPARATING ROD CONVEYOR WITH ASSYMETRICAL SHAKERS

*ALEKSEY V. SIBIRYOV, PhD, Senior Researcher, (Eng)<sup>1</sup>*

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

*ALEKSANDR G. AKSENOV, PhD, Leading Researcher, (Eng)<sup>1</sup>*

*MAKSIM A. MOSYAKOV, graduate student<sup>2</sup>*

E-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

<sup>1</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 1-st Institutsky Proezd, Building 5, Moscow, 109428, Russian Federation

<sup>2</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

The paper considers the design features of separating elements of units for harvesting root crops and onion. The authors describe a design scheme of a rod conveyor with an asymmetrical passive elliptical

shaker and a supporting roller that ensure reduced damage to produced root crops and onion bulbs under a maximum separation mode. The results of theoretical studies of the rod conveyor are based on the determination of design and technological parameters in its interaction with a heap of root crops and onion bulbs. The basic design and technological parameters of the considered rod conveyor have been determined. The authors have derived a formula to find the inter axial distance between the elliptical shaker and the supporting roller as well as the supporting roller diameter. Dependencies have been established to determine the absolute speed of the root crops at the maximum possible raising angle of the rod conveyor belt. The results of experimental studies make it possible to state that the completeness of the seed onion heap separation in optimum modes is 95...97% with a damage of up to 1.3%, which corresponds to the existing recommendations for onion harvesting.

**Key words:** rod conveyor, elliptical shaker, onion bulbs, design parameters, diameter, inter-axle distance, raising angle.

### References

1. Aldoshin N.V. Modelirovanie kachestva vypolneniya mehanizirovannykh rabot [Modeling the quality of mechanized works]. In: *Goryachkinskie chteniya Sbornik dokladov 1-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2013. Pp. 6-13. (in Rus.)
2. Bashkirtsev V.I., Aldoshin N.V. Obespecheniye kachestva mekhanizirovannykh rabot pri ekspluatatsii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Ensuring the quality of mechanized works in agricultural machinery operation]. Moscow, FGBOU DPO RIAMA, 2017. 96 p. (in Rus.)
3. Khvostov V.A., Reyngart E.S. Mashiny dlya uborki korneplodov i luka (teoriya, konstruksiya, raschet) [Machines for harvesting root crops and onions (theory, design, calculation)]. Moscow, 1995. 391 p. (in Rus.)
4. Kukhmazov K.Z. Sovershenstvovaniye tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya proizvodstva luka-sevka v usloviyakh Srednego Povolzh'ya: Diss. ... dokt. tekhn. nauk: 05.20.01 [Improving the technology and machinery for seed onion growing in the conditions of the Middle Volga Region: DSc (Eng) thesis: 05.20.01]. Penza, 2000. 402 p.
5. Lobachevskiy Ya.P., Yemel'yanov P.A., Aksenov A.G., Sibirov A.V. Mashinnaya tekhnologiya proizvodstva luka: Monografiya [Mechanized onion production: Monograph]. Moscow, FGBNU FNATS VIM. 2016. 168 p. (in Rus.)
6. Aldoshin N.V., Didmanidze O.N. Inzhenerno-tekhnicheskoye obespecheniye kachestva mekhanizirovannykh rabot: Monografiya [Engineering and technical support for the increased quality of mechanized works: Monograph]. Moscow, RGAU-MSKhA im. K.A. Timiryazeva, 2015. 188 p. (in Rus.)
7. Sorokin A.A. Teoriya i raschet kartofeleuborochnykh mashin: Monografiya [Theory and calculation of potato harvesting machines: Monograph]. Moscow, GNU VIM, 2006. 158 p. (in Rus.)
8. Protasov A.A. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskikh protsessov i tekhnicheskikh sredstv dlya uborki luka: Diss. ... dokt. tekhn. nauk [Improving technological processes and equipment for onion harvesting: DSc (Eng) thesis]. Saratov, 2005. 355 p. (in Rus.)
9. Laryushin A.M. Energoberegayushchiye tekhnologii i tekhnicheskkiye sredstva dlya uborki luka: Diss. ... dokt. tekhn. nauk [Energy-saving technologies and equipment for onion harvesting: DSc (Eng) thesis]. Penza, 2010. 426 p. (in Rus.)
10. Laryushin N.P. Nauchnyye osnovy razrabotki kompleksa mashin dlya uborki i posleuborochnoy obrabotki luka: Diss. ... dokt. tekhn. nauk [Scientific grounds for the development of a set of machinery for onion harvesting and post-harvesting: DSc (Eng) thesis]. Ryazan', 1996. 350 p. (in Rus.)
11. Sibirov A.V., Aksenov A.G., Kolchin N.N., Ponomarev A.G. Separiruyushchiy transporter korneklubneuborochnoy mashiny [Separating transporter of a root crop harvester]: Patent No. 2638190 Rossiya, MPK A01 S11/02; Applied on 10.03.2017; issued on 12.12.2017, Bul. No. 35. (in Rus.)
12. Goryachkin V.P. Sobraniye sochineniy v 3-kh t. [Collection of works in 3 vol.]. Moscow, Kolos, 1965. Vol. 1. P. 720. (in Rus.)
13. Zheligovskiy V.A. Elementy teorii pochvoobrabatyvayushchikh mashin mekhanicheskoy tekhnologii sel'skokhozyaystvennykh materialov [Elements of the theory of soil tillage machines for mechanized technology of agricultural materials]. Tbilisi: Izd-vo Gruzinskogo ordena Trudovogo Krasnogo Znameni SKHI, 1960. 358 p. (in Rus.)
14. STO AIST 8.7-2013. Mashiny dlya uborki ovoshchnykh i bakhchevykh kul'tur. Metody otsenki funktsional'nykh pokazateley [Machines for harvesting vegetables and melons. Methods of evaluating functional indicators]. Introduced on 15.04.2004. Moscow, Izd-vo standartov, 2014. 81 p. (in Rus.)

*The paper was received on January 30, 2018*