

## ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

О. Н. Кухарев, И. Н. Семов

В статье рассмотрены актуальные для науки и производства вопросы, связанные с обеспечением высокого качества посевного материала, в частности семян сахарной свеклы. Предлагается конструкция шлифовального устройства, решающее данную проблему за счет того, что семена в процессе обработки одновременно совершают движение в нескольких плоскостях: вращаются и перемещаются по спиралевидной траектории от центра к периферии. В результате этого обеспечивается форма семени, близкая к шару, а его верхний слой удаляется без повреждения зародыша. Получена и проанализирована математическая модель, описывающая рабочий процесс устройства, и на ее основе предложены рациональные значения основных рабочих параметров предлагаемой машины.

**Ключевые слова:** шлифование, устройство, сахарная свекла.

### Введение

Внедрение интенсивных технологий выращивания сахарной свеклы предусматривает существенное повышение требований к качеству семян и необходимость поиска путей его улучшения. Качество семян сахарной свеклы зависит не только от сортовых особенностей и условий выращивания, но и от предпосевной подготовки, которая включает: очистку, шлифование, калибрование, сортировку, обработку защитно-стимулирующими веществами, инкрустацию и дражирование [1].

Одной из ответственных операций в данном технологическом процессе является шлифование. Однако машины, реализующие этот процесс серийно, в России не выпускаются, а опытные образцы не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям.

**Целью работы** является обоснование конструкции устройства для шлифования семян свеклы и его основных рабочих параметров.

### Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования было принято устройство для шлифования семян свеклы дискового типа. Теоретические исследования основаны на применении методики планирования и обработки многофакторных экспериментов.

### Результаты и их обсуждение

Для решения проблемы повышения качества семян свеклы в ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА разработана конструкция дискового шлифовального устройства, включающего в себя неподвижный верхний диск 1 (рис. 1) с отверстием в центре, бункер для загрузки семян 2, подвижный нижний диск

3 с приводом бункер 11 для сбора обработанного материала [2].

Относительно верхнего диска 1 с рабочим зазором  $\delta=2...6$  мм (регулируемым в зависимости от размера получаемой фракции) в вертикальной плоскости установлен нижний диск 3. Центр нижнего диска 3 жестко соединен с вертикальным валом 4, который установлен с возможностью вращения на водиле 5. Ось вращения вертикального вала 4 смещена относительно оси вращения водила 5 на величину  $L_1$ .

В нижней части вертикального вала 4 жестко закреплен сателлит 6, находящийся в зацеплении с неподвижным опорным зубчатым колесом 7.

Опорное зубчатое колесо 7 установлено соосно с водилом 5 и жестко связано с корпусом привода 8. Привод водила осуществляется от электродвигателя 9 через ременную передачу 10. Для уравнивания водила на расстоянии  $L_2$  от оси вращения

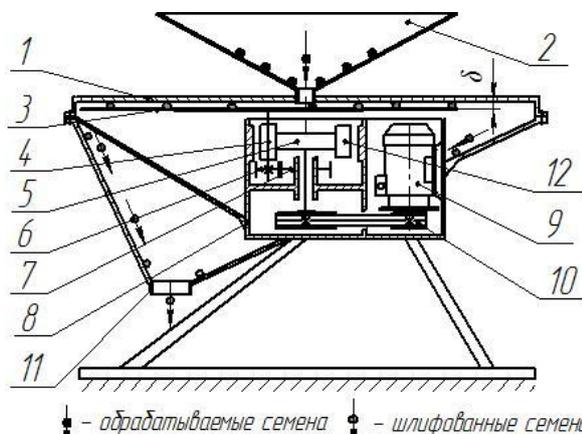


Рис. 1. Дисковое устройство для шлифования семян  
1 – верхний диск; 2 – бункер для загрузки семян; 3 – нижний диск; 4 – вертикальный вал; 5 – водило; 6 – сателлит; 7 – опорное зубчатое колесо; 8 – корпус привода; 9 – электродвигатель; 10 – ременная передача; 11 – выгрузный бункер; 12 – противовес



Рис. 2. Общий вид экспериментального дискового устройства для шлифования семян сахарной свеклы: 1 – загрузочная воронка с заслонкой; 2 – верхний диск; 3 – корпус устройства; 4 – панель управления; 5 – бункер; 6 – опоры; 7 – нижний диск; 8 – крышка корпуса механизма привода; 9 – корпус привода; 10 – вертикальный вал; 11 – сателлит; 12 – опорное зубчатое колесо; 13 – водило; 14 – зубчатая передача

води́ла установлен противовес 12, центр масс которого расположен на одной линии с осями вращения водила 5 и вертикального вала 4. Для сбора шлифованных семян служит бункер 11.

Устройство для шлифования семян работает следующим образом. Семена, проходящие через отверстие в верхнем диске 1 из бункера для загрузки семян 2, попадают на нижний диск 3, центр которого жестко соединен с вертикальным валом 4. Вал вращается на водиле 5 в вертикальной плоскости относительно неподвижного верхнего диска 1.

Водило 5 вместе с установленным на нем противовесом 12 получает вращение от электродвигателя 9 через ременную передачу 10 и придает оси вертикального вала 4 движение по окружности радиусом  $L_1$ .

Сателлит 6, жестко закрепленный в нижней части вертикального вала 4, обкатываясь по опорному зубчатому колесу 7 с передаточным отношением  $U$ , передает вращательное движение на вертикальный вал 4 и нижний диск 3, который при этом совершает сложное движение.

Семена за счет контакта с вращающимся нижним диском 3 и неподвижным верхним диском 1 входят в рабочий зазор  $\delta$  между верхним диском 1 и нижним диском 3 и начинают вращаться в вертикальных плоскостях. В результате того, что центр нижнего диска 3 совершает движение по окружности радиусом  $L_1$ , и нижний диск 3 одновременно вращается вокруг своего центра, семена совершают в горизонтальной плоскости сложное движение по спиралевидной траектории от центра к периферии нижнего диска 3. Благодаря этому происходит удаление верхнего слоя семян без их повреждения, и они приобретают форму близкую к шару.

Шлифованные семена, достигнув размера равного рабочему зазору  $\delta=2...6$  мм, сходят с поверхности нижнего диска 3 и попадают в бункер 11.

Авторами разработано и теоретически обосновано устройство (рис. 2), позволяющее при работе получать до 96% качественно обработанного материала [3].

В результате теоретических исследований было получено, что траектория движения семени

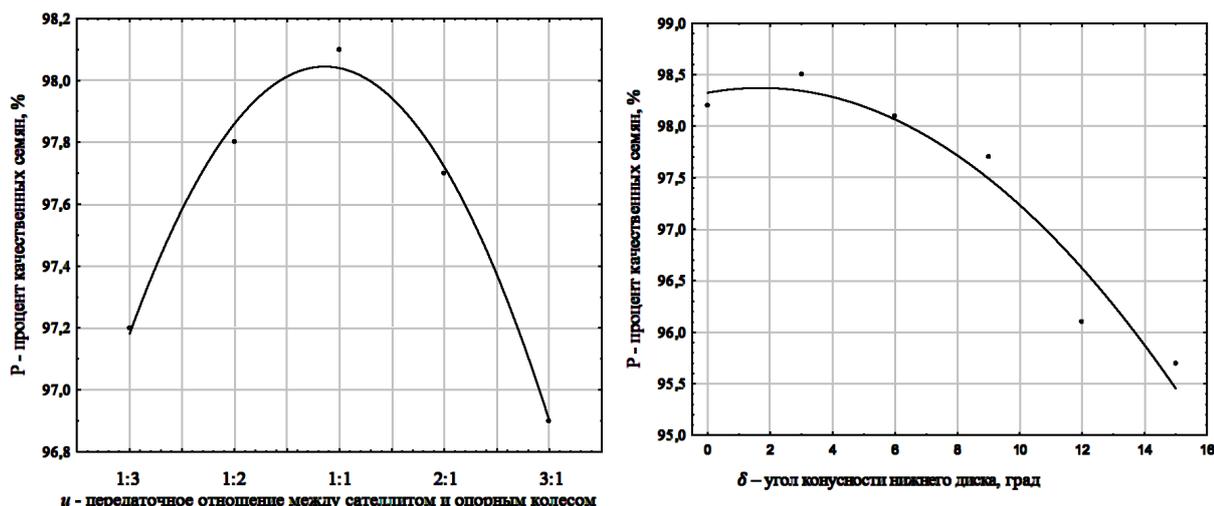


Рис. 3. Зависимость процента качественных семян (P) от передаточного отношения между сателлитом и опорным колесом (u) и угла конусности нижнего диска (δ)

будет представлять собой уравнение гиперболической спирали, а радиус нижнего диска  $\rho$  определяется из следующей зависимости:

$$\rho = \frac{n \cdot \pi \cdot d_{sr}}{-\frac{\sqrt{1+\varphi^2}}{\varphi} + \ln\left(\varphi + \sqrt{1+\varphi^2}\right)} = \frac{\pi \cdot d_{sr} \cdot \frac{S_{sf} \cdot (r_{C1} - r_{C2})}{S_1 \cdot (t_1 + t_2)}}{-\frac{\sqrt{1+\varphi^2}}{\varphi} + \ln\left(\varphi + \sqrt{1+\varphi^2}\right)}, \quad (1)$$

где  $d_{sr}$  – средний диаметр семени, м.

$r_{C1}, r_{C2}$  – соответственно радиусы семян до

и после обработки устройством, м;

$t_1$  и  $t_2$  – глубина обработки семени соответ-

ственно верхним и нижним дисками. Значения этих величин зависит от размера зерна абразивной поверхности, м;

$S_1$  – площадь снимаемого за один оборот материала, м<sup>2</sup>;

$S_{sf}$  – площадь всей поверхности семени, м<sup>2</sup>;

$\varphi$  – угол поворота нижнего диска.

Проведенные расчеты показывают, что радиус диска должен составлять не менее 173 мм, ми-

нимальная частота вращения нижнего диска – 151 мин<sup>-1</sup>, тогда теоретическая производительность устройства может достигать 54 кг/ч.

С целью определения оптимальных параметров разработанного устройства была составлена матрица и проведен отсеивающий эксперимент. На основе априорной информации были выделены три наиболее значимых параметра:  $n$  – частота вращения нижнего диска, мин<sup>-1</sup>;  $R_n$  – радиус нижнего диска, м;  $Q$  – подача семян в устройство, кг/мин. В качестве критерия оптимальности исследуемого процесса был принят % качественных обработок.

Реализация многофакторного эксперимента и обработка его результатов с помощью программ Excel 2003 и Statistica v.6.0. позволили получить адекватную математическую модель второго порядка в закодированном виде:

$$Y = 98,697 - 0,14685x_1 + 0,27395x_2 - 0,36637x_3 + 2,35148x_{12} - 2,23632x_{22} + 1,63682x_{32} - 0,87x_1x_2 - 0,755x_1x_3 - 0,7825x_2x_3 \quad (2)$$

На основании анализа модели были определены оптимальные значения факторов. Так для параметра оптимизации 96% необходимо достичь следующих значений факторов: частота вращения нижнего диска  $n = 188...211$  мин<sup>-1</sup>; радиус нижнего диска  $R_n = 160...175$  мм; подача семян в устройство  $Q = 0,79...0,9$  кг/мин.

В связи с тем, что на качество семян большое значение оказывают угол конусности нижнего диска (u) и передаточное отношение между сателлитом и опорным колесом (u), для получения их рациональных значений были реализованы однофакторные эксперименты.

Анализа полученных данных показывает (рис. 3), что рациональное значение передаточного отношения между сателлитом и опорным колесом со-

ставляет 1:1, а наиболее выгодным значением угла конусности нижнего диска является 3 градуса, при которых возможно получить до 98% качественных семян [4]. Увеличение числа качественных семян совместно с применением при уборке свеклы машины для удаления ботвы позволит существенно увеличить производимую продукцию [5–12].

## Выводы

Экспериментальными и теоретическими исследованиями были обоснованы оптимальные параметры разработанного устройства для шлифования семян свеклы. Реализация результатов данной работы в практических условиях позволит обеспечить получение качества обрабатываемых семян на уровне 96%.

## Список литературы

- [1] Кухарев, О.Н. Физико-механические свойства современных сортов и гибридов сахарной свеклы / О.Н. Кухарев, Г.Е. Гришин, И.Н. Семов, И.А. Старостин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (28). – С. 77–80.
- [2] Пат. 2501202 Российская Федерация МПК А01С1/00. Дискосовое шлифовальное устройство / заявители: Кухарев О.Н., Семов И.Н., Старостин И.А.; патентообладатель ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА. – № 2012119235; заявл. 10.05.2012; опубл. 20.12.2013, Бюл. № 35. – 9с.
- [3] Кухарев, О.Н. Устройство для шлифования семян / О.Н. Кухарев, И.Н. Семов, И.А. Старостин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2014. – № 2. – С. 8–10.
- [4] Кухарев, О.Н. Лабораторные исследования дискового шлифовального устройства / О.Н. Кухарев, Г.Е. Гришин, И.Н. Семов, И.А. Старостин // Нива Поволжья. – 2014. – № 3 (32). – С. 67–72.
- [5] Фролов, Д.И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01/Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 153 с.
- [6] Фролов, Д.И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01/ Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 18 с.
- [7] Ларюшин Н.П., Сущёв С.А., Фролов Д.И., Ларюшин А.М. Ботвоудаляющая машина//Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.
- [8] Фролов Д.И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова//Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [9] Фролов, Д.И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д.И. Фролов, С.В. Чекайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6 (22). – С. 158–161.
- [10] Ларюшин, Н.П. Обоснование конструктивно-режимных параметров ботвоудаляющего устройства при лабораторных исследованиях/Н. П. Ларюшин, А.М. Ларюшин, Д.И. Фролов//Нива Поволжья. – 2008. – № 2. – С. 46–51.
- [11] Фролов, Д.И. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины/Д. И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
- [12] Ларюшин, Н.П. Оптимальные параметры ботвоудаляющего рабочего органа обрезчика листостебельной массы / Н.П. Ларюшин, А.М. Ларюшин, Д.И. Фролов // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 2. – С. 15–17.

## TECHNICAL SOLUTION FOR GRINDING SEED CROP

*O. N. Kukharev, I. N. Semov*

The article considers relevant for science and industry issues related to the provision of high quality seed material, in particular sugar beet seeds. It is proposed to design a grinding device that resolves this issue due to the fact that the seeds in the treatment process at the same time making a movement in several planes: rotate and move on a spiral path from the center to the periphery. As a result of this form is provided by the seed close to the ball, and its upper layer is removed without damaging the embryo. Obtained and analyzed a mathematical model describing the workflow of the device and its proposed rational values of the main operating parameters of the proposed machine.

**Keywords:** *grinding device, sugar beets.*

---

## References

- [1] Kukharev, A.N. Physico-mechanical properties of modern varieties and hybrids of sugar beet / O.N. Kukharev, G.E. Grishin, I.N. Semov, A. Starostin, I. // Bulletin of Kazan State Agrarian University.– 2013.– № 2 (28).–P. 77–80.
- [2] Pat. 2501202 Russian Federation IPC A01C1/00. Disk grinding device / appellants: O. Kukharev N., Semov I.N., A.I. Starostin; the patent holder FGBOU VPO Penza state agricultural Academy.–No. 2012119235; Appl. 10.05.2012; publ. 20.12.2013, bull. No. 35.– 9с.
- [3] Kukharev, A. N. Device for grinding seeds / O.N. Kukharev, I. N. Simov, I.A. Starostin // Mechanization and electrification of agriculture.– 2014.–No. 2.–P. 8–10.
- [4] Kukharev, A.N. Laboratory studies of disk grinding device / O.N. Kukharev, G.E. Grishin, I.N. Simov, I.A. Starostin // Niva Povolzhya.– 2014.– № 3 (32).–P. 67–72.
- [5] Frolov, D.I. Development of the cutter of onions and tops of weeds with justification of the design and operating parameters: dis. ... candidate. tech. Sciences: 05.20.01/Frolov Dmitry Ivanovich.–Penza, 2008.– 153 p.
- [6] Frolov, D.I. The development of the cutter of onions and tops of weeds with justification of the design and operating parameters: author. dis. ... candidate. tech. Sciences: 05.20.01/Frolov Dmitry Ivanovich.–Penza, 2008.– 18 p.
- [7] Laryushin N.P., Sushhyov S.A., Frolov D.I., Laryushin A.M. Haulm removing machine//Patent Russia № 2339208.–2008. Bul. № 33.
- [8] Frolov, D. I. determination of the optimal parameters haulm removing machine on crops Luke /D. I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova//Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy.–2015.–№ 1 (29) .–P. 120–126.
- [9] Frolov, D.I. Substantiation of rational parameters haulm removing machine on crops Luke/D. I. Frolov, S. V. Chekajkin //XXI century: the past and challenges of present plus. 2014. No. 6 (22). P. 158–161.
- [10] Laryushin, N. P. Justification of constructive and regime parameters of haulm removing devices in laboratory studies/N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov//Niva Povolzhya.– 2008.–No. 2.–P. 46–51.
- [11] Frolov, D. I. Modeling of the process of removal of foliage Luke working body haulm removing machine/D. I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova// proceedings of the Samara state agricultural Academy.– 2014.– No. 3.–P. 29–33.
- [12] Laryushin, N.P. The optimal parameters haulm removing working body of the cutter leaf mass/N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov//Tractors and farm machinery.– 2010.–No. 2.–Pp. 15–17.