

Литература

1. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления / Е.А. Гамыгин, В.Я. Лысенко, В.Я. Скляров [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 168 с.
2. Воякин С.Н. Обоснование процесса и параметров компрессионной камеры смесителя-гранулятора кормов / С.Н. Воякин, А.Н. Вишневецкий, С.М. Доценко [и др.] // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 12. – С. 208–213.



УДК 631.331

М.В. Пятаев, А.П. Зырянов, Н.А. Кузнецов

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ

*В статье рассматривается модель процесса распределения семян вертикальным распределителем пневматической сеялки. Модель получена на основе геометрической аналогии процесса.*

**Ключевые слова:** *распределитель семян, зерновая сеялка, пневматическая высевальная система, равномерность распределения семян, геометрическая аналогия, моделирование.*

M.V. Pyataev, A.P. Zyryanov, N.A. Kuznetsov

TO THE ISSUE OF THE PROCESS MODELING OF THE SEED DISTRIBUTION BY THE DISTRIBUTOR OF THE PNEUMATIC GRAIN SEEDINGMACHINE

*The process model of the seeddistribution by the vertical distributor of the pneumatic seeding machine is considered in the article. The model is obtained on the basis of the process geometrical analogy.*

**Key words:** *seed distributor, grain seeding machine, pneumatic seeding system, uniformity of seed distribution, geometric analogy, modeling.*

**Введение.** Одним из перспективных типов машин для посева зерновых культур являются на сегодня сеялки и посевные комплексы с пневматическими централизованными высевальными системами (ПЦВС). Наряду с высокой производительностью посевных агрегатов с машинами данного типа и значительным потенциалом их дальнейшего технического совершенствования в литературе часто отмечают и ряд недостатков. Одним из наиболее существенных является высокая неравномерность высева, которая на отдельных образцах машин может составлять 15 % и более. Анализ имеющихся технических и технологических решений, направленных на улучшение качественных показателей высева, показывает, что ряд из них позволяет в некоторой степени повысить поперечную равномерность высева, однако при этом могут возникать негативные моменты связанные, например, с травмированием семян, избыточным усложнением конструкции распределителей, повышением сопротивления высевальной системы и т.д. Объяснить подобное положение дел возможно либо отсутствием, либо слабой проработкой моделей, позволяющих наглядно описывать процесс распределения семян распределителем, а соответственно и целенаправленно совершенствовать его.

**Цель исследований.** Разработка модели процесса распределения семян распределителем вертикального типа с использованием приемов геометрической аналогии.

**Методика и результаты исследований.** В данном случае представляется возможным в первом приближении описать процесс движения и распределения семян в распределителе вертикального типа с помощью геометрической аналогии. За основу можно взять работы ученых, занимавшихся экспериментальными исследованиями движения аэросмесей в вертикальных трубопроводах. В соответствии с полученными данными характер распределения транспортируемых воздушным потоком частиц зернистого материала по сечению вертикального трубопровода можно представить в виде симметричной относительно вертикальной оси параболы [1, 2]. Пик данной параболы характеризует максимальную концентрацию зернистых частиц  $\mu$ , которая на устойчивых режимах пневмотранспортирования совпадает с осью вертикального трубопровода (рис. 1):

$$\mu = \frac{G_T}{G}, \quad (1)$$

где  $G_T$  – массовый расход твердого компонента, кг;  
 $G$  – массовый расход несущей среды, кг.

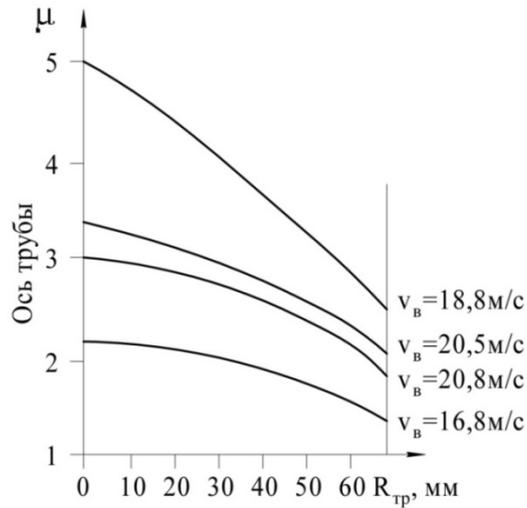


Рис. 1. Распределение концентраций смеси по сечению трубы  $\varnothing 152$  мм при вертикальном транспорте сои в зависимости от скорости воздушного потока  $v_в$  [1]

Исходя из сказанного, характер распределения семян при пневматическом транспортировании в вертикальной трубе можно представить в виде определенного геометрического тела, которое сверху ограничено параболоидом вращения, описываемого уравнением  $z = a^2 - x^2 - y^2$ , сбоку цилиндром –  $x^2 + y^2 - b = 0$ , а снизу горизонтальной плоскостью  $z = 0$  (рис. 2) [3].

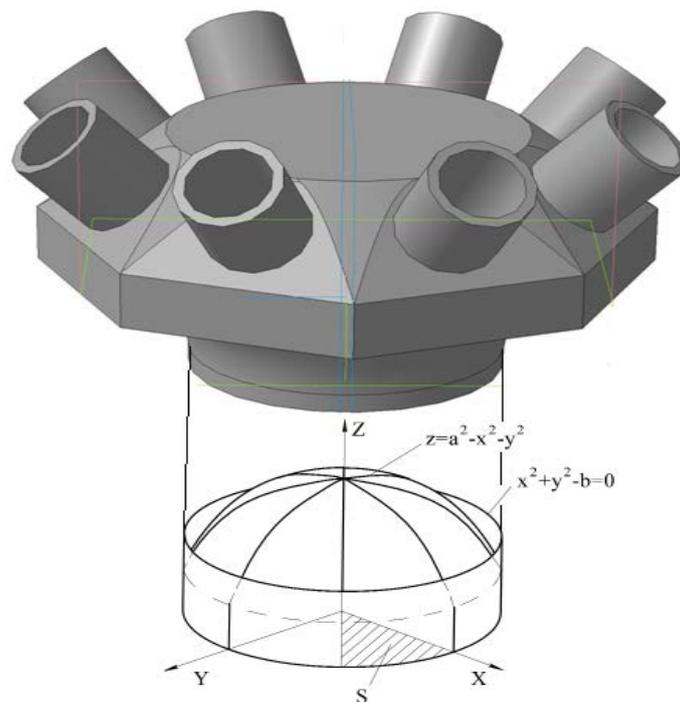


Рис. 2. Геометрическая аналогия процесса распределения высеваемого материала в подводящем трубопроводе распределителя вертикального типа

Как видим, объем фигуры, ограниченной указанными поверхностями и плоскостью, представляет собой количество посевного материала, которое поступает по вертикальному трубопроводу распределителя к делительной головке и далее к семяпроводам. Также можно предположить, что в отдельный семяпровод распределителя будет поступать количество материала, равное объему криволинейной трапеции с основанием  $S$  (рис. 2). Количество подобных призм будет соответственно равно количеству семяпроводов в распределителе. При этом очевидно, что неперенным условием равномерного распределения посевного материала по семяпроводам в рамках модели является равенство объемов всех выделенных криволинейных призм, а это может быть только при симметричном расположении параболоида относительно трубопровода, то есть когда их вертикальные оси совпадают друг с другом.

Соответственно в противном случае, когда вертикальные оси трубопровода и параболоида расположены эксцентрично друг относительно друга, величины объемов криволинейных трапеций с одинаковыми основаниями  $S$  будут не равны друг другу, таким образом, к семяпроводам будет поступать разное количество семян (рис. 3). При этом, чем больше расстояние  $\lambda$  между вертикальными осями параболоида и трубопровода, тем более значительна разность в значениях объемов криволинейных призм, а соответственно и поперечная неравномерность распределения. Объем отдельной криволинейной призмы можно рассчитать через тройной интеграл, решив задачу в цилиндрических координатах:

$$\mu = V = \iiint_V \rho d\varphi d\rho dz. \quad (2)$$

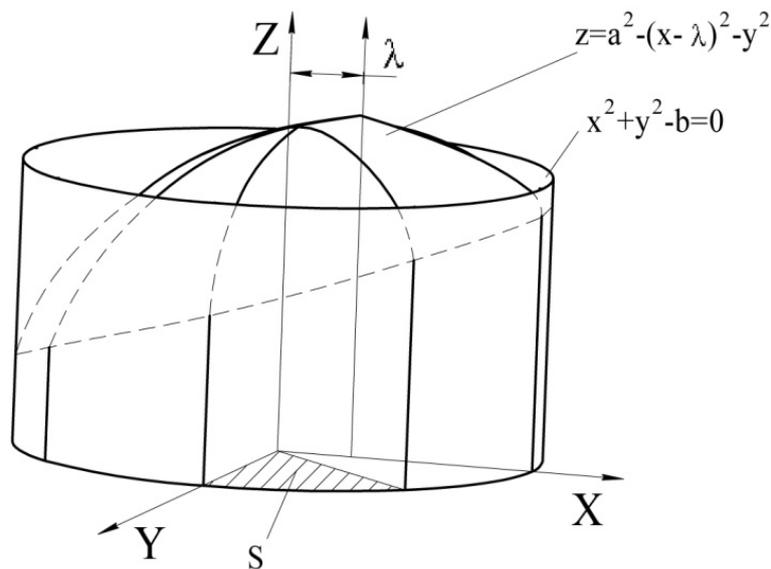


Рис. 3. Распределение высеваемого материала в вертикальном трубопроводе распределителя после преодоления отвода

В соответствии с выражениями для перевода декартовых координат в цилиндрическую область  $S$  плоскости  $XOY$  в данном случае определяется неравенствами  $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{4}$ ,  $0 \leq \rho \leq \sqrt{b}$ , а  $z$  находим из уравнения параболоида  $z = a^2 - \rho^2 + 2\rho\lambda \cos \varphi - \lambda^2$ . В итоге получим следующее неравенство  $0 \leq z \leq a^2 - \rho^2 + 2\rho\lambda \cos \varphi - \lambda^2$ .

Окончательно объем любой отдельной криволинейной призмы (рис. 3), а соответственно и количество материала, поступающего в отдельный семяпровод, можно подсчитать следующим образом:

$$\begin{aligned} \mu = V &= \int_0^{\frac{\pi}{n}} d\varphi \int_0^b \rho d\rho \int_0^{a^2 - \rho^2 + 2\rho\lambda \cos \varphi - \lambda^2} dz = \int_0^{\frac{\pi}{n}} d\varphi \int_0^b \rho d\rho (z)|_0^{a^2 - \rho^2 + 2\rho\lambda \cos \varphi - \lambda^2} = \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{n}} d\varphi \int_0^b \rho d\rho (a^2 - \rho^2 + 2\rho\lambda \cos \varphi - \lambda^2 - 0) = \int_0^{\frac{\pi}{n}} d\varphi \int_0^b (\rho a^2 - \rho^3 + 2\rho^2 \lambda \cos \varphi - \rho \lambda^2), \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{n}} d\varphi \left( \frac{\rho^2 a^2}{2} - \frac{\rho^4}{4} + \frac{2\rho^3 \lambda \cos \varphi}{3} - \frac{\rho^2 \lambda^2}{2} \right) \Big|_0^b = \int_0^{\frac{\pi}{n}} d\varphi \left( \frac{b^2 a^2}{2} - \frac{b^4}{4} + \frac{2b^3 \lambda \cos \varphi}{3} - \frac{b^2 \lambda^2}{2} \right) \quad (3) \\ &= \left( \frac{b^2 a^2}{2} \varphi - \frac{b^4}{4} \varphi + \frac{2b^3 \lambda \cos \varphi}{3} - \frac{b^2 \lambda^2}{2} \varphi \right) \Big|_0^{\frac{\pi}{n}} = b^2 \left( \frac{a^2}{2} \frac{\pi}{n} - \frac{b^2}{4} \frac{\pi}{n} + \frac{2b\lambda \sin \frac{\pi}{n}}{3} - \frac{\lambda^2}{2} \right) \end{aligned}$$

При этом общий вид зависимости неравномерности распределения  $v$ , подсчитанной по формуле (4), от величины смещения  $\lambda$  ядра потока представлен на рис. 4.

$$v = \frac{\sigma}{n_{cp}} 100, \quad (4)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение объемов призм;  
 $n_{cp}$  – среднее значение объема призмы.

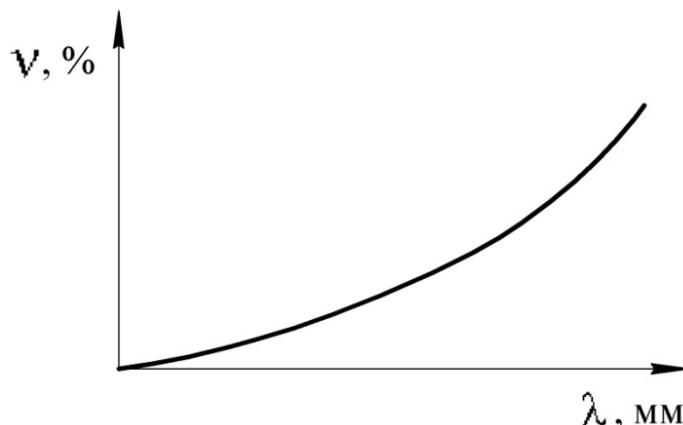


Рис. 4. Общий вид теоретической зависимости значения коэффициента вариации от величины смещения ядра потока  $\lambda$

Для достижения равномерного распределения посевного материала по семяпроводам следует добиться симметричного взаимного расположения параболоида (то есть ядра потока) относительно вертикального трубопровода. Также отсюда становится ясным, для чего в конструкции подводящего трубопровода-распределителя используют разнообразные турбулизаторы, направители, центраторы, балансирные устройства. Это выравнивание концентрации аэросмеси по поперечному сечению трубопровода и обеспечение ее симметричной подачи в коллектор делительной головки головки (рис. 5). Однако, возвращаясь к геометрической аналогии процесса распределения, нужно подчеркнуть, что для обеспечения равномерного высева недостаточно только одного выравнивания концентрации твердого компонента аэросмеси в трубопроводе-распределителя, необходимо также избежать избыточного перераспределения частиц высеваемого материала непосредственно в коллекторе делительной головки. Поскольку очевидно, что как бы хорошо не обеспечивалось выравнивание концентрации зернового материала в вертикальном трубопроводе, но при его

последующем значительном перераспределении в головке добиться равномерного распределения по семяпроводам невозможно. Перераспределение материала в распределительной головке в свою очередь может быть вызвано двумя основными причинами – высокой разностью расхода воздуха через семяпровод, вследствие различной их длины, а также аэродинамическим несовершенством внутренней формы коллектора распределительной головки, вызывающей возникновение зон завихрения, которые отрицательно сказываются на равномерности распределения.

Таким образом, на основании изложенного можно сделать вывод о том, что вопрос повышения равномерности распределения семян распределителями вертикального типа следует решать комплексно в несколько этапов, включающих в себя подбор рациональных конструктивных параметров распределителя и эксплуатационных режимов работы высевальных, обеспечивающих выравнивание концентрации высеваемого материала в вертикальном трубопроводе, а также подбор параметров распределительной головки, которая не допускала бы значительного перераспределения материала на подходе к семяпроводам.

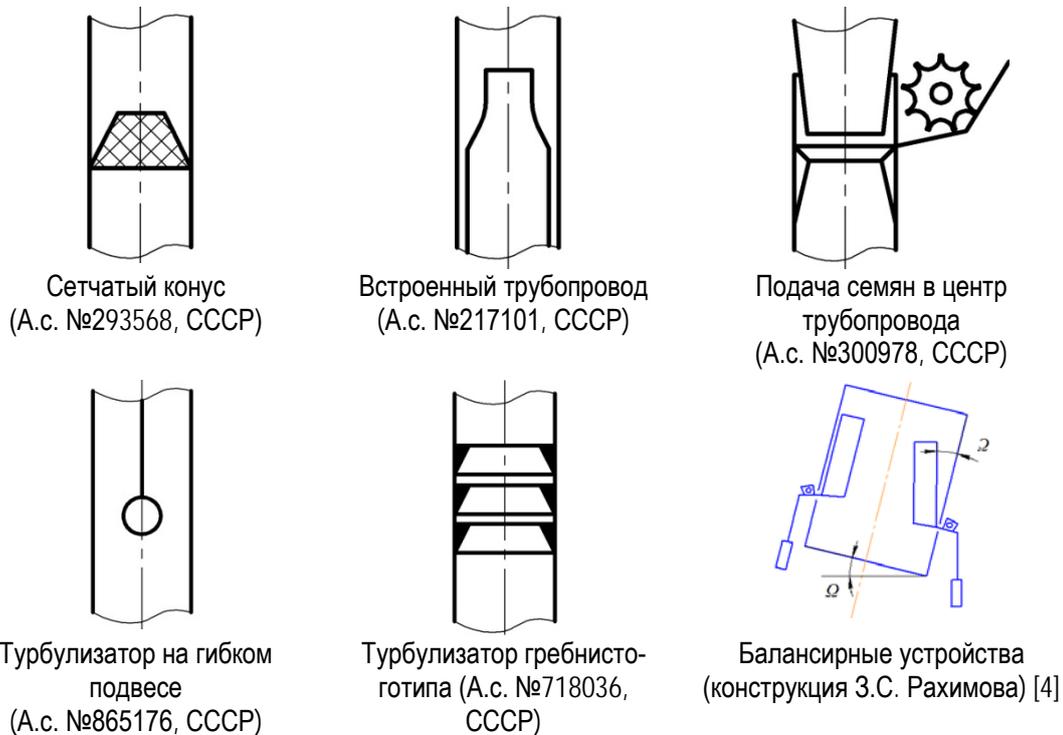


Рис. 5. Технические средства для повышения равномерности распределения семян распределителями вертикального типа

Также представляется возможным использовать данную геометрическую аналогию не только в целях теоретического анализа эффективности каких-либо способов повышения равномерности распределения семян по семяпроводам, но и при лабораторных экспериментах, связанных с совершенствованием распределительных рабочих органов пневматических сеялок. В ходе экспериментов значения концентраций твердого компонента  $\mu$  по поперечному сечению вертикального трубопровода распределителя можно определять с помощью фото- и видеосъемки процесса пневматического транспортирования в трубах из прозрачного материала, а также методом отсечек, посредством специальных затворов.

Возможно использование полученной модели при обосновании параметров распределителей с активными элементами (вращающимися трубопроводами, лопастями), которые могут обеспечить хорошую поперечную равномерность высева, но в силу специфических конструктивных особенностей не обеспечивают приемлемую продольную равномерность высева. В данном случае для обоснования эксплуатационных режимов работы активных элементов возможно использовать разработанную модель процесса распределения при условии добавления к ней дополнительной функции изменения количества материала, подаваемого в семяпроводы от времени.

### Выводы

1. На основе геометрической аналогии получена модель процесса распределения семян вертикальными распределителями пневматических зерновых сеялок, позволяющая наглядно продемонстрировать причины, обуславливающие поперечную неравномерность высева.

2. На основе моделирования наглядно показано, что основными причинами неравномерного распределения семян распределителями вертикального типа являются смещение  $\lambda$  ядра потока аэромеси относительно оси вертикального трубопровода, а также избыточное перераспределение семян в коллекторе делительной головки.

3. Полученная модель может быть использована как в целях теоретического анализа процесса работы распределителей вертикального типа, так и при экспериментальных исследованиях, для оценки эффективности отдельных технических решений.

### Литература

1. Дзядзио А.М. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1967. – 296 с.
2. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1976. – 344 с.
3. Пятаев М.В. Теоретические исследования процесса движения и распределения семян в пневматических распределителях зерновых сеялок // Вестн. ЧГАА. – Челябинск, 2011. – Т. 58. – С. 79–83.
4. Рахимов З.С. Разработка противозероэрозийных технологий и технических средств обработки почвы и посева на склоновых агроландшафтах: дис. ... д-ра техн. наук. – Уфа, 2013. – 373 с.



УДК 631.356.4: 658.562

С.С. Остроумов, А.В. Кузьмин

#### К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО СЕПАРАТОРА КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЯ

*В статье рассмотрены вопросы повреждаемости клубней картофеля при механизированной уборке. Представлены рациональные параметры роторного сепаратора картофелекопателя, который, по мнению авторов, наиболее приемлем при проведении сельскохозяйственных работ в условиях Иркутской области.*

**Ключевые слова:** уборка картофеля, повреждаемость клубней, картофелеуборочный копатель, рабочие органы, оптимизация, параметр.

S.S. Ostroumov, A.V. Kuzmin

#### TO THE CHOICE OF THE RATIONAL PARAMETERS OF THE POTATO DIGGER ROTOR SEPARATOR

*The issues of the potato tuber damageability in the mechanized harvesting are considered in the article. The rational parameters of the potato digger rotor separator that, in the authors' opinion, is the most acceptable for agricultural work carrying out in the Irkutsk oblast conditions are presented.*

**Key words:** potato harvesting, tuber damageability, potato harvesting digger, working parts, optimization, parameter.

---

**Введение.** В последние годы в силу объективных причин произошло перераспределение производства картофеля. Урожайность картофеля во всех категориях хозяйств в Иркутской области с 2001 по 2007 г. мало изменялась и находилась на уровне около 14 т/га (рис. 1). Рост ее намечался с 2009 г. и уже в 2010 г. составил 15,06 т/га, в 2011 г – 15,2 т/га.