

УДК 631.331.022.69

UDC 631.331.022.69

**ПОСЕВ ИМПУЛЬСНЫМ ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ**

**DISTRIBUTION OF SEEDS WITH A PULSE SOWING DEVICE**

Петунина Ирина Александровна  
д.т.н., профессор

Petunina Irina Aleksandrovna  
Dr.Sci..Tech, professor

Баловнев Кирилл Александрович  
ассистент  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Balovnev Kirill Aleksandrovitch  
assistant  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье рассмотрены экспериментально-теоретические вопросы распределения семян при посеве импульсным высевающим аппаратом в лабораторных и полевых условиях

In the article we consider experimentally-theoretical questions of distribution seeds with a pulse sowing device in laboratory and field conditions

Ключевые слова: БОРОЗДА, ПОСЕВ, ПЛОЩАДЬ ПИТАНИЯ, СКОРОСТЬ, УГОЛ БРОСАНИЯ, ВРЕМЯ ПАДЕНИЯ, ПОЛИГОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Keywords: FURROW, CROPS, FOOD AREA, SPEED, THROWING CORNER, TIME OF FALLING, DISTRIBUTION RANGE

Важнейшей задачей сельского хозяйства является рост производства сельскохозяйственной продукции, и, в том числе, овощей для удовлетворения населения продуктами питания, а промышленности сырьем.

Внедрение новых технологий возделывания овощей и сохранение выращенной продукции позволит обеспечить население качественной экологически безопасной продукцией и увеличить объемы производства сырья для перерабатывающей промышленности.

Для решения этой задачи необходимо не только увеличить площади под овощными культурами, но и повысить их урожайность, а также совершенствовать процессы, машины и их рабочие органы.

Стратегией машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукцией предусматривается существенное улучшение качества посева, которое оценивают заделкой семян на заданной глубине и равномерностью их распределения по площади, т. е. созданием оптимальных условий питания.

**1. Распределение семян в борозде при посеве**

Равномерность распределения семян в борозде влияет на площадь

питания растений. На распределение семян в борозде влияют такие факторы, как начальная скорость движения в семяпроводе, угол бросания, высота падения, время задержки в момент бросания.

Степень влияния отдельных факторов на распределение семян вдоль ряда при посеве учитывали в соответствии с их значимостью.

Время движения от высевашающего аппарата до дна борозды определили с учетом его задержки, которое учитывает неравномерность скоростного режима разгрузки и несовпадение точки разгрузки высевашающего аппарата.

Время успокоения семян на дне борозды не учитывали, так как считали, что они фиксировались в момент касания в клиновидной борозде и движение в семяпроводе происходит безударно.



Рисунок 1 – Фиксация семян на липкой ленте транспортера

Распределение семян исследовалось с использованием лабораторной установки. На поверхность транспортерной ленты наносился слой липкой массы, которая обеспечивала фиксацию семян при падении (рисунок 1).

Время движения семян от высевашающего аппарата до дна борозды с учетом задержки и полета в семяпроводе определили как

$$t = t_3 + t_{\Pi}, \quad (1)$$

где  $t$  – время движения семени, с;

$t_3$  – время задержки семени, с;

$t_{\Pi}$  – время падения семени без учета сопротивления воздушной среды.

В целом, время движения семян от высевающего аппарата до дна борозды с учетом задержки и полета в семяпроводе, было определено нами как

$$t = t_3 - \frac{U_0 \sin \gamma}{g} + \sqrt{\frac{U_0^2 \sin^2 \gamma + 2zg}{g^2}}, \quad (2)$$

где  $z$  – высота падения семени, м;

$U_0$  – скорость семени в момент выхода из высевающего аппарата, м/с;

$\gamma$  – угол бросания (угол между касательной к скорости и горизонталью), град.

Величины  $t_3$ ,  $U_0$ ,  $\gamma$ ,  $z$ , входящие в выражение (2), при начальной скорости выхода семени из высевающего аппарата со скоростью 0,24 м/с при посеве семян лука севка, представляют собой некоррелированные случайные величины с численными характеристиками:

$$M_{t_3} = 0 \text{ с}; \sigma_{t_3} = 0,012; M_{U_0} = 0,775 \text{ м/с}; \sigma_{U_0} = 0,21 \text{ м/с};$$

$$M_{\gamma} = 0,7854 \text{ рад.}; \sigma_{\gamma} = 0,6293 \text{ рад.};$$

$$M_z = 0,415 \text{ м}; \Delta h = \sigma_z = 0,01 \text{ м}.$$

Так как диапазон изменений случайных аргументов сравнительно невелик, то для решения поставленной задачи можно применить метод линеаризации.

Для вычисления дисперсии величины  $t$  были найдены значения частных производных:

$$\frac{\partial t}{\partial U_0} = -\frac{\sin \gamma}{g} + \frac{U_0 \sin^2 \gamma}{g \sqrt{\frac{U_0^2 \sin^2 \gamma}{g^2} + \frac{2z}{g}}}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \gamma} = -\frac{U_0 \cos \gamma}{g} + \frac{U_0^2 \sin 2\gamma}{2g \sqrt{\frac{U_0^2 \sin^2 \gamma}{g^2} + \frac{2z}{g}}}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial t}{\partial t_3} = 1, \quad (5)$$

$$\frac{\partial t}{\partial z} = \frac{1}{g \sqrt{\frac{U_0^2 \sin^2 \gamma}{g^2} + \frac{2z}{g}}}. \quad (6)$$

После подстановки в выражения (3, 4, 5, 6) вместо каждого аргумента его средних значений (математических ожиданий), получили:

$$\left(\frac{\partial t}{\partial t_3}\right)_M = 1; \left(\frac{\partial t}{\partial U_0}\right)_M = 0,06; \left(\frac{\partial t}{\partial \gamma}\right)_M = 0,05; \left(\frac{\partial t}{\partial z}\right)_M = 0,289.$$

Из формулы среднего квадратичного, при подстановке экспериментальных данных

$$\sigma_t^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial t}{\partial x_i} \right)_M^2 \cdot \sigma_{x_i}^2. \quad (6)$$

получили  $\sigma_t = 0,036$  с.

Среднее время движения семени от высевяющего аппарата до дна борозды при начальной скорости 0,24 м/с, определенное из выражения (2), составило  $M_t = 0,2341$  с.

Выразив в процентах значения слагаемых величин, входящих в  $\sigma_t^2$ , определили относительное влияние основных рассеивающих факторов на распределение семян при посеве:

$$t_3 = 5,4 \% ; \quad U_0 = 43,4\% ; \quad \gamma = 50,0 \% ; \quad z = 1,2 \% .$$

Применив метод линеаризации к исследованию влияния изменений рассмотренных факторов на время движения семени от высевяющего аппарата до дна борозды при изменении начальной скорости выхода семени из высевяющего аппарата от 0,24 до 0,50 м/с и длины семяпровода от 0,20 до 0,415 м, получили значения  $\sigma_t$ ,  $M_t$  и относительного влияния каждого фактора.

В результате исследований установлено, что среднее время падения семени при изменении высоты принимает значения 0,1541–0,2341 с, а при изменении начальной скорости в принятых пределах от 0,2341 до 0,225 с. При этом  $\sigma_t$  для принятых значений изменяется в первом случае от 0,0950 до 0,0638 с, а во втором от 0,0638 до 0,090 с.

Для скорости выброса семян равной 0,24 м/с значения  $U_0$  менялись от 44,8 до 43,4%, а  $\gamma$  от 52,2 до 50,0%.

При изменении скорости посева от 0,24 до 0,50 м/с влияние тех же

факторов составило для  $U_0$  от 43,4 до 64,7%, а для  $\gamma$  от 50,0 до 29,1%.

## 2. Результаты лабораторных исследований импульсного высевающего аппарата

Для установления закономерности распределения семян в борозде при посеве были проведены лабораторные исследования с использованием липкой ленты, на которую высевались семена различных культур (рисунок 1).

С использованием программы MathCad для построения гистограммы и полигона распределения семян в борозде была составлена матрица  $10 \times 10$  распределения семян на липкой ленте при высеве импульсным аппаратом.

Максимальное отклонение значения показателя составило 8 см, а минимальное значение показателя составило 3 см. При этом размах варьирования был 8 см.

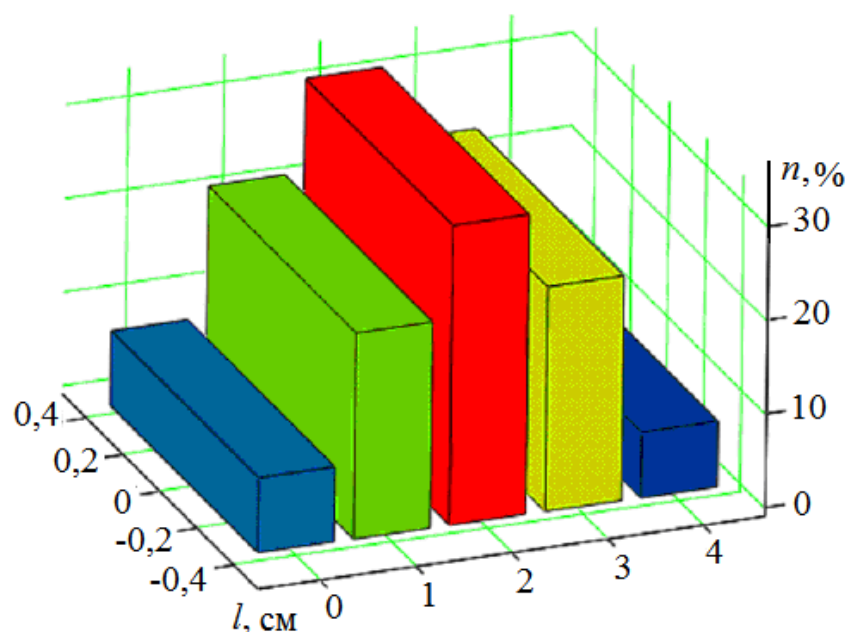


Рисунок 2 – Гистограмма эмпирического распределения семян импульсным высевающим аппаратом

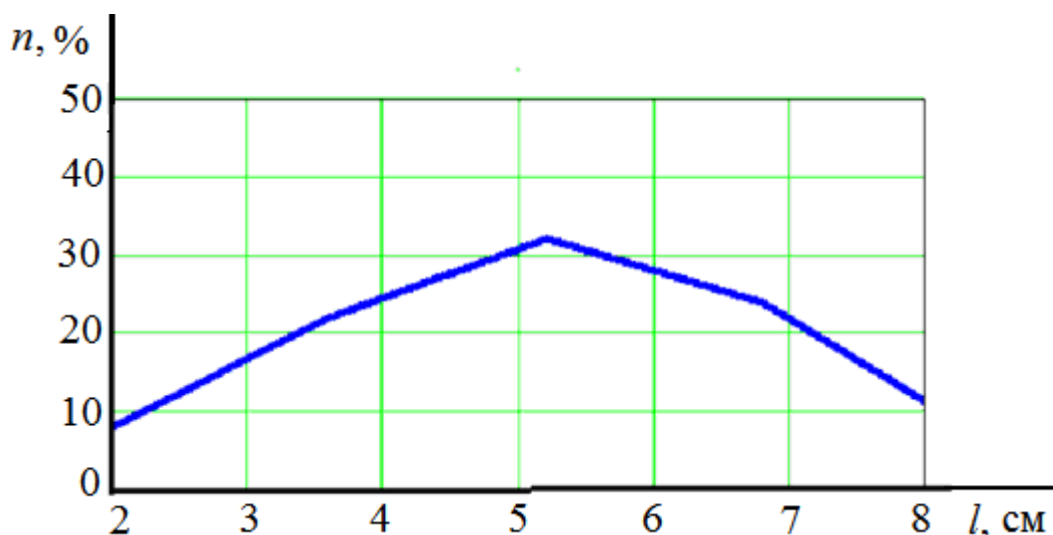


Рисунок 3 – Полигон эмпирического распределения семян импульсным высевальным аппаратом

Полученные значения разделили на пять групп, величину их интервала определили как

$$h = \frac{a}{k} = 1,2 \text{ см.}$$

При этом частота попадания признака в заданный интервал составила величину 6,26.

По полученным данным были построены гистограмма (рисунок 2) и полигон эмпирического распределения (рисунок 3).

Эмпирическая зависимость распределения семян на липкой ленте, высеянных импульсным аппаратом имеет вид

$$n(l) = \exp\left(-117,46 \cdot 10^{-3} l^2 - 119,45 \cdot 10^{-6} \exp(l) + 1,2817l\right). \quad (7)$$

Ее графическая интерпретация представляет распределение, близкое к закону нормального распределения (рисунок 4).

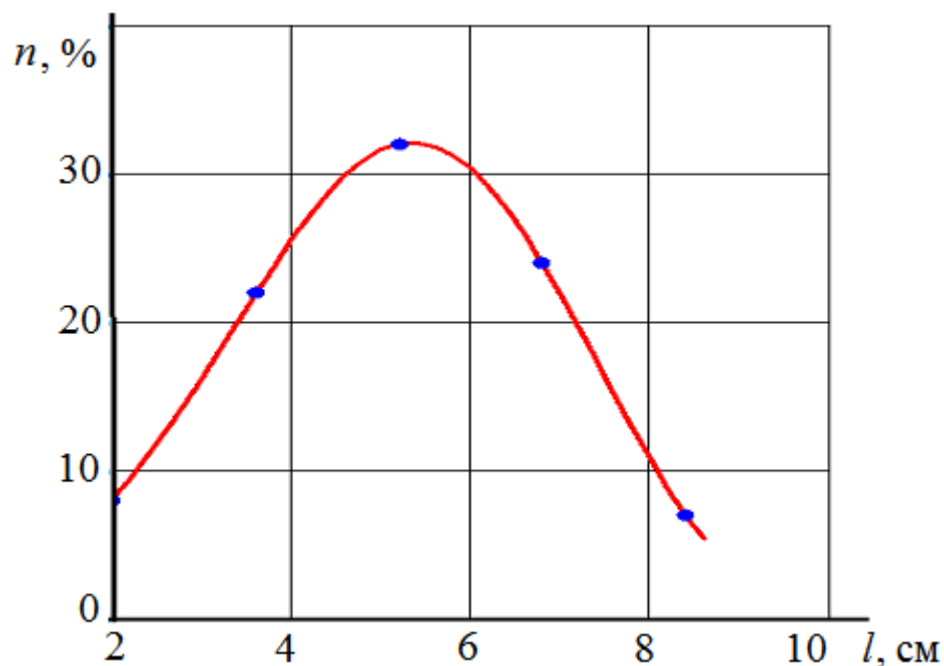


Рисунок 4 – Закономерность распределения семян на липкой ленте

Для сравнения результатов распределения семян аппаратами импульсным и СО-4,2, на липкой ленте были проведены соответствующие исследования, результаты которых приведены на рисунках 5 и 6.

Эмпирическая зависимость распределения семян на липкой ленте высеянных аппаратом СО-4,2 имеет гиперболический характер

$$n(l) = \frac{69,485}{l}. \quad (8)$$

Исследование высевающего аппарата сеялки СО–4,2 в лаборатории с использованием липкой ленты показало, что распределение семян происходит по закону близкому к гиперболе (рисунки 5–7)



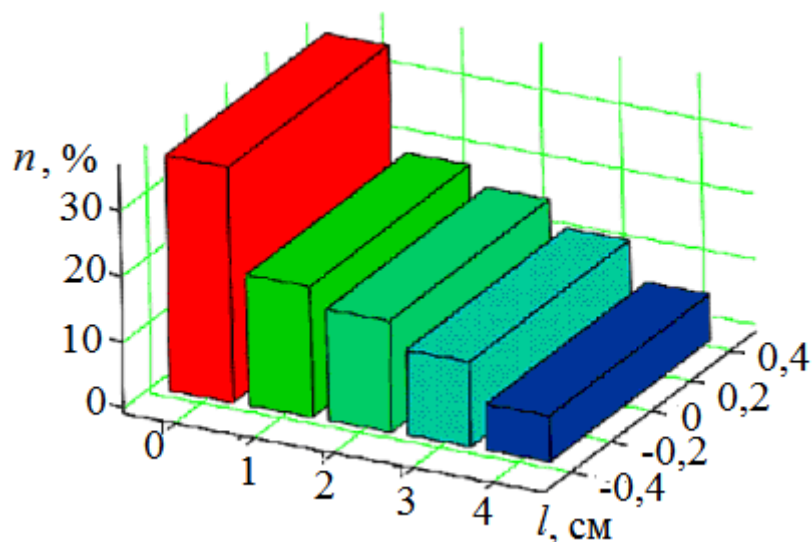


Рисунок 5 – Гистограмма эмпирического распределения лука севка высевающим аппаратом сеялки СО-4,2

Максимальное отклонение значения показателя составило 8 см, а минимальное 2 см. При этом размах варьирования был 6 см.

Все полученные значения были сгруппированы в пять групп.

Величину интервала групп определили как

$$h = \frac{a}{k} = 1,9 \text{ см.}$$

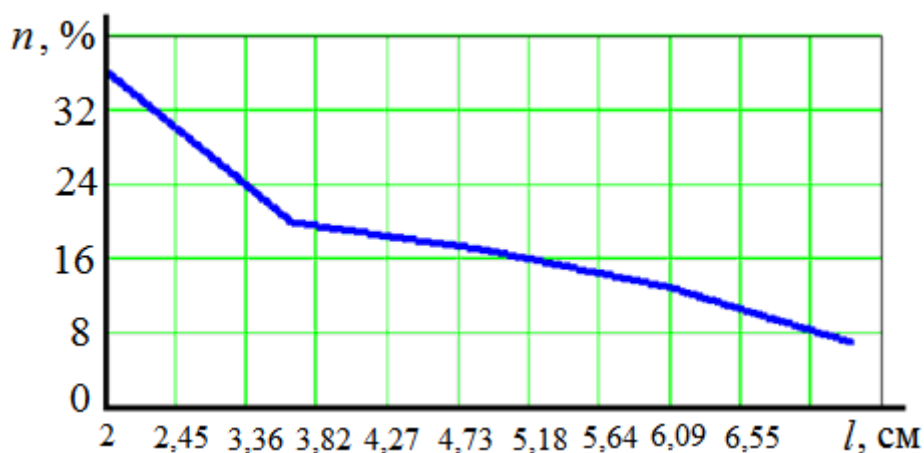


Рисунок 6 – Полигон эмпирического распределения лука севка высевающим аппаратом сеялки СО-4,2

При этом частота попадания признака в заданный интервал составила величину 4,33 с коэффициентом вариации 42,68%.

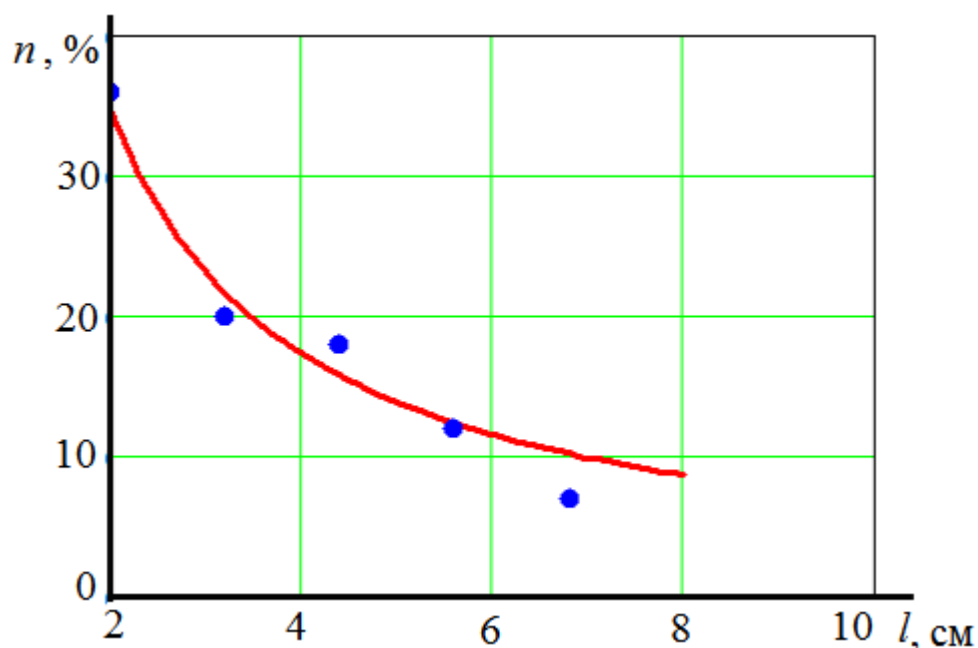


Рисунок 7 – Эмпирическая зависимость распределения семян высевальным аппаратом сеялки СО–4,2 на липкой ленте. Сравнение результатов исследований в лабораторных условиях высевальных аппаратов экспериментального (импульсного) и СО-4,2 показали, что экспериментальный импульсный аппарат дает более точное распределение семян при высеве на липкую ленту.

Это хорошо подтверждается сравнением таких показателей как вариационный коэффициент. Распределение для экспериментального было намного лучше и разница составила 22,33% или 47,64% к аппарату СО-4,2, т. е. распределение экспериментальным аппаратом точнее в два раза.

### **3. Результаты полевых испытаний импульсного высевального аппарата**

Для подтверждения результатов экспериментальных исследований, полученных в лабораторных условиях, были проведены полевые посеы.



Рисунок 8 – Производственная установка для посева лука севка в полевых условиях

Посев лука севка осуществлялся с использованием импульсного высевяющего аппарата.

Результаты экспериментов были обработаны с использованием статистических методов, а также специальной программы MathCad.

Распределение семян лука в производственных условиях при использовании импульсного высевяющего аппарата представлено на рисунках 8 и 9.

Для оценки распределения семян в полевых условиях проводилась выборочная проверка распределения ста всходов семян с последующим построением гистограммы распределения всходов.



Рисунок 9 – Производственная установка для высева лука севка в полевых условиях:

Для построения гистограммы составлялась матрица  $10 \times 10$ . По результатам обработки определяли максимальное значение показателя, который составил 9 см, а также минимальное значение, которое составило 3 см.

По полученным данным был определен размах варьирования результатов измерения, который составил 6 см.

Сгруппировали все полученные значения в пять групп, поскольку ориентировочно число групп должно быть равно корню квадратному из объема выборки, и оно должно быть не менее 5, но не более 20.



Рисунок 10 – Полевые всходы лука севка на полях  
учхоза «Кубань»

Величину интервала групп определили из отношения размаха варьирования к числу групп и получили  $h = 1,2$  см.

Частота попадания признака в заданный интервал составила величину 5,24, а коэффициент вариации составил 24,54%.

По результатам обработки построили гистограмму и полигон эмпирического распределения в рядке всходов лука сеялкой с импульсным высевающим аппаратом (рисунки 11 и 12).

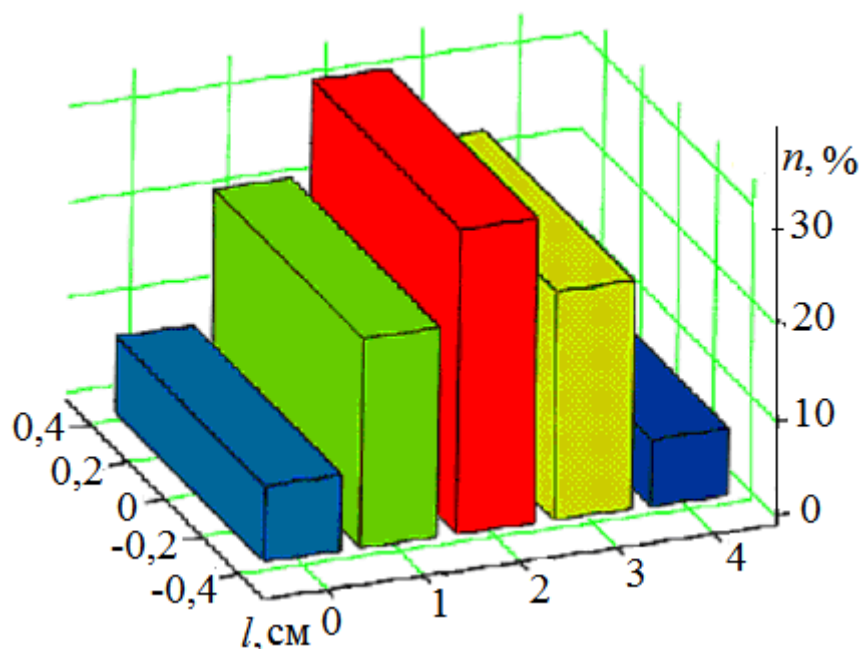


Рисунок 11 – Гистограмма эмпирического распределения в рядке всходов лука сеялкой с импульсным высевальным аппаратом

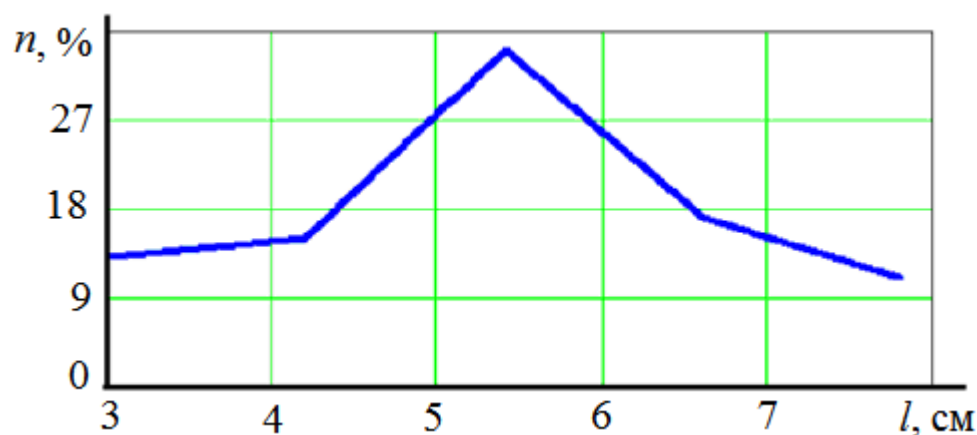


Рисунок 12 – Полигон эмпирического распределения в рядке всходов лука сеялкой с импульсным высевальным аппаратом

Эмпирическая зависимость распределения семян в поле, высеванных импульсным аппаратом, была получена в виде выражения, которое характерно для закона нормального распределения

$$n(l) = \frac{1}{41,98 \cdot 10^{-3} l^2 + 2,0278 \ln(l) - 852,35 \cdot 10^{-3} l}$$

(9)

Геометрическая интерпретация распределения семян в поле, высеянных импульсным аппаратом (4.14), представлена на рисунке 13.

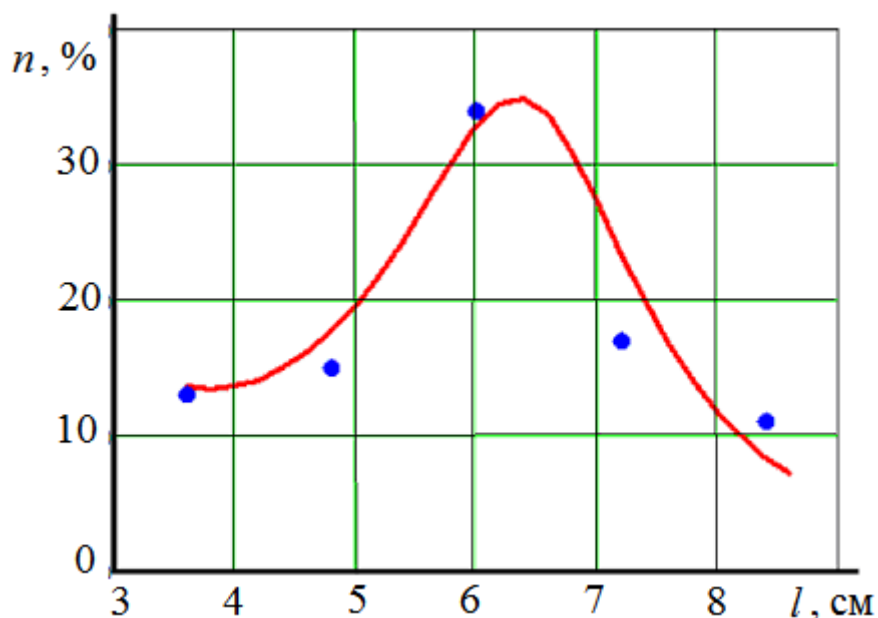


Рисунок 13 – Закономерность распределения семян при посеве в поле импульсным высевальным аппаратом

Сравнение результатов исследований на липкой ленте и в полевых условиях подтверждает правильность принятого решения по выбору аппарата для посева мелкосеменных культур. Показатели как лабораторных, так и полевых испытаний незначительно разнятся, а характер распределения остается идентичным.

Исследование распределения семян при посеве в производственных условиях высевальным аппаратом СО-4,2 представлены результатами виде гистограммы, полигона распределения и эмпирической кривой на рисунках 14–16.

Анализ полученных данных дает право сделать вывод о том, что характер распределения семян близок к гиперболическому, что наглядно де-

монстрируют графические представления.

В результате обработки экспериментальных данных были получены основные показатели распределения семян в поле, которые характеризуются неравномерным положением последних в поле.

Так, частота попадания признака в заданный интервал составила величину 4,525, а коэффициент вариации составил 87,35%.

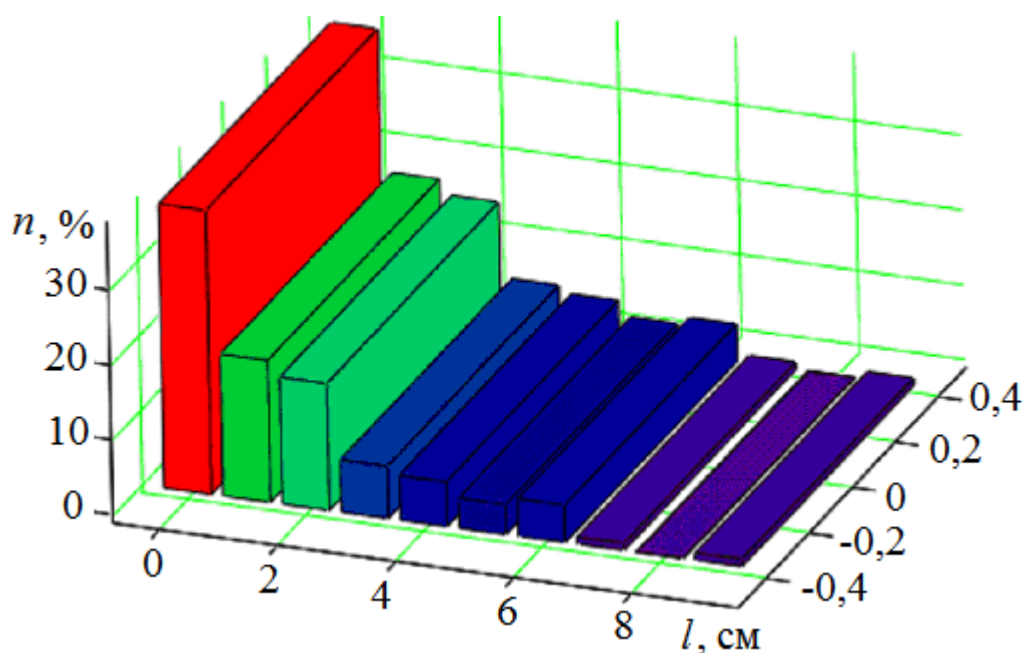


Рисунок 14 – Гистограмма эмпирического распределения в рядке всходов лука сеялкой СО-4,2

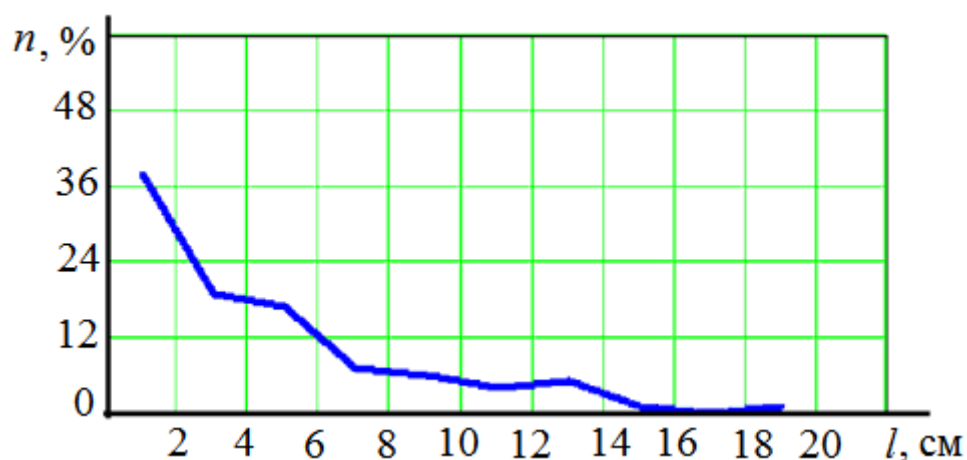




Рисунок 15 – Полигон эмпирического распределения в рядке всходов лука сеялкой СО-4,2

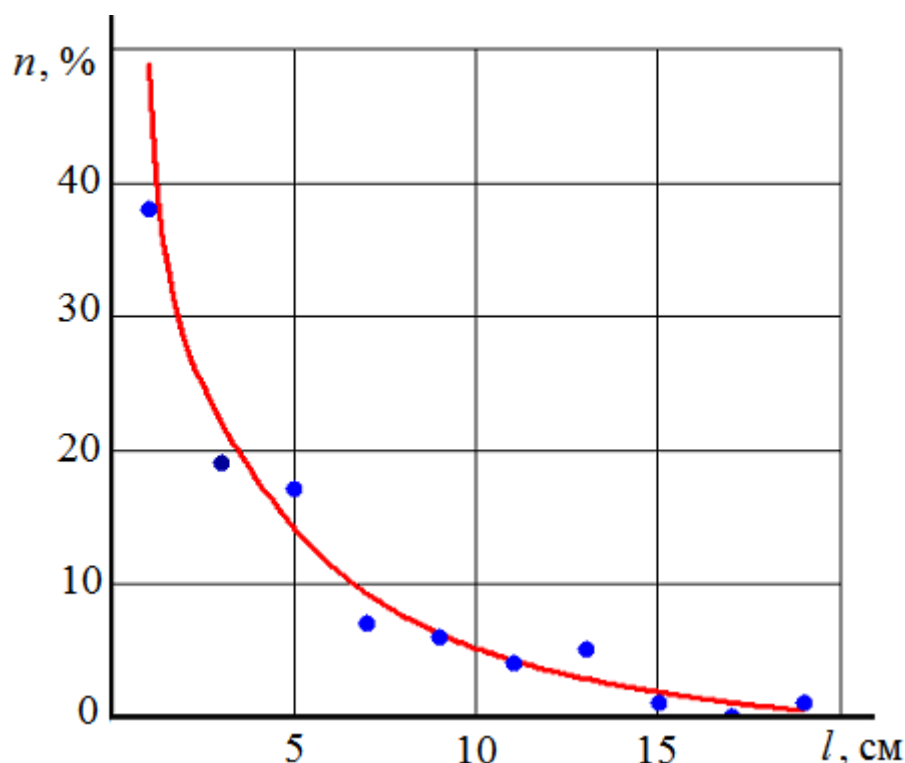


Рисунок 16 – Закономерность распределения семян при посеве сеялкой СО-4,2 в поле

Эмпирическая зависимость распределения семян в поле, высеянных СО-4,2, была получена в виде выражения, которое характерно для гиперболической зависимости

$$n(l) = -\frac{121,19}{\exp(l)} + \frac{98,182}{l} - 4,7122. \quad (10)$$

Сравнивая результаты экспериментальных исследований высевающего аппарата в лабораторных условиях и полевых производственных испытаний, можно сделать заключение о том, что как лабораторные, так и полевые имеют одинаковый характер, т. е. распределение подчиняется закону близкому к гиперболическому.

При посеве сеялкой СО-4,2 результаты оценки дают право сказать, что она не отвечает исходным требованиям на высевающие аппараты для мелкосеменных культур.

### **Выводы**

1. В результате проведенных экспериментов было установлено, что определяющим в распределении семян в борозде является вектор скорости семени в момент выхода из дозирующего устройства, при этом с увеличением скорости выхода он приобретает основное влияние на процесс распределения семян. Так при увеличении скорости от 0,25 до 0,5 м/с оно возрастает с 43,4 до 64,7 %, а влияние направления движения семян уменьшается с 50,0 до 29,1 %.

2. Исследованиями высевающих аппаратов сеялки СО-4,2 и импульсного на лабораторной установке было установлено значительное отличие распределения семян. Семена, высеянные аппаратом сеялки СО-4,2 ложатся по закону гиперболы, а импульсного ближе к закону нормального распределения. Такое различие можно объяснить тем, что аппарат сеялки СО-4,2 имеет привод с неравномерными скоростями движения рабочих органов и создает непостоянство скорости семян в момент выхода из него.

3. В производственных условиях испытания аппаратов СО-4,2 и импульсного были получены такие же результаты, как и в случае лабораторных исследований., т.е распределение семян аппаратами СО-4,2 подчинялось закону гиперболы, а импульсного ближе к нормальному распределению.

4. Для обеспечения исходных требований при посеве необходимо использовать высевающие аппараты, которые создают условия для получения равных векторов полета семян при выходе из высевающего аппарата.

### Conclusions

1. As a result of the spent experiments it has been established, that in distribution of seeds in a furrow the vector of speed of a seed at the moment of an exit from a portioning device is defining, thus with increase in speed of an exit it gets the basic influence on process of distribution of seeds. So at increase in speed from 0,25 to 0,5 km/s it increases with 43,4 to 64,7 %, and influence of a direction of movement of seeds decreases with 50,0 to 29,1 %.

2. Researches of sowing devices of seeder CO-4,2 and pulse on laboratory installation had been established considerable difference of distribution of seeds. Seeds, высеянные the device of seeder CO-4,2 lay down under the hyperbole law, and pulse is closer to the law of normal distribution. It is possible to explain such distinction to that the device of seeder CO-4,2 has a drive with non-uniform speeds of movement of working bodies and creates inconstancy of speed of seeds at the moment of an exit from it.

3. Under production conditions tests of devices SO-4,2 and pulse have been received the same results, as well as in case of laboratory researches., that is distribution of seeds by devices SO-4,2 submitted to the hyperbole law, and pulse is closer to normal distribution.

4. For maintenance of initial requirements at crops it is necessary to use sowing devices which create conditions for reception of equal vectors of flight of seeds at an exit from the sowing device.

### Библиографический список

1. Баловнев К.А. Частная методика обработки экспериментальных данных / К.А. Баловнев // Материалы VII региональной научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» / Краснодар.: КубГАУ, 2006.
2. Баловнев К.А. Оптимизация параметров вибрационного высевающего аппарата для мелкосеменных овощных культур / К.А. Баловнев // Труды КубГАУ. – Вып. №4(13), 2008.
3. Жалнин Э.В. Математическое моделирование процессов земледельческой механики / Э.В. Жалнин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – № 1. – С. 20–23.

4. Петунина И.А. Эффективное распределение семян в борозде при посеве импульсным аппаратом / И.А. Петунина, К.А. Баловнев // Образование и наука – производству. / Сборник трудов Международной научно-технической и образовательной конференции. (28–31 марта 2010 года) Часть I, книга 3, Набережные Челны – 2010.
5. Петунина И.А. Дифференциальные уравнения: теория и практика приложения в задачах агроинженерии: Учебное пособие / И.А. Петунина, К.А. Баловнев. – Краснодар: ООО "ПринтТерра", 2012. – 96 с.
6. Петунина И.А. Методика исследования импульсного высевяющего аппарата / И.А. Петунина, К.А. Баловнев // Материалы научной конференции факультета механизации «Ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар: Типография Кубанского ГАУ, 2012, с. 17-20. (0,2 п.л.)
7. Петунина И.А. Высев семян импульсным аппаратом/ И.А. Петунина, К.А. Баловнев // Современные тенденции развития техники и технологии: материалы 1 заочной международной научно-практической конференции. Краснодарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации. – Краснодар: Гранат, 2012. С. 87-94.

### References

1. Balovnev K.A. Chastnaja metodika obrabotki jeksperimental'nyh dannyh / K.A. Balovnev // Materialy VII regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh «Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa» / Krasnodar.: KubGAU, 2006.
2. Balovnev K.A. Optimizacija parametrov vibracionnogo vysevajushhego apparata dlja melkosemennyh ovoshhnyh kul'tur / K.A. Balovnev // Trudy KubGAU. – Vyp. №4(13), 2008.
3. Zhalnin Je.V. Matematicheskoe modelirovanie processov zemledel'che-skoj mehaniki / Je.V. Zhalnin // Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny. – 2000. – № 1. – S. 20–23.
4. Petunina I.A. Jefferektivnoe raspredelenie semjan v borozde pri poseve impul'snym apparatom / I.A. Petunina, K.A. Balovnev // Obrazovanie i nauka – proizvodstvu. / Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi i obrazovatel'noj konferencii. (28–31 marta 2010 goda) Chast' I, kniga 3, Naberezhnye Chelny – 2010.
5. Petunina I.A. Differencial'nye uravnenija: teorija i praktika pri-lozhenija v zadachah agroinzhenerii: Uchebnoe posobie / I.A. Petunina, K.A. Balovnev. – Krasnodar: ООО "PrintTerra", 2012. – 96 s.
6. Petunina I.A. Metodika issledovanija impul'snogo vysevajushhego appa-rata / I.A. Petunina, K.A. Balovnev // Materialy nauchnoj konferencii fakul'teta mehanizacii «Resursosberegajushhie tehnologii i ustanovki». – Krasnodar: Tipografija Kubanskogo GAU, 2012, s. 17-20. (0,2 p.l.)
7. Petunina I.A. Vysev semjan impul'snym apparatom/ I.A. Petunina, K.A. Balovnev // Sovremennye tendencii razvitija tehniki i tehnologii: materialy 1 zaочноj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Krasnodarskij kooperativnyj institut (filial) Rossijskogo universi-teta kooperacii. – Krasnodar: Granat, 2012. S. 87-94.