

УДК 631.354:633.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЕМЯН НА ИХ ТРАВМИРОВАНИЕ И КАЧЕСТВО ПО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАСТИНЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ДИСКОВОГО СОШНИКА

*Д.А. ДЕРЕВЯНКО, к.с.-х.н., доцент – Житомирский национальный агроэкологический университет*

### РЕЗЮМЕ

**Цель.** Исследовать перемещения зерновок в процессе посева с использованием дифференциальных уравнений и законов механики с учётом скорости движения, массы, трения, сопротивления и других факторов.

**Результаты.** При движении семян по распределительной пластине они встречают смещённые на ней цилиндрические штыри, способствующие равномерности распределения зерновок и в результате меняют их направления.

Использованная система рекуррентных алгебраических уравнений, которая помогает определить координаты у каждый определённый период времени.

Главный приоритет этой системы в том, что на каждом этапе возможно определить расположение зерновки и при необходимости изменять их направление и перемещения при соприкосновении со штырями.

**Выводы.** Исследования показали, что оптимальное распределение семян на распределительной пластине со штырями, покрытых резиновыми материалами, способствует снижению травмирования зерновок, улучшению их качества и оптимального размещения на выровненной подошве почвы при посеве, что положительно влияют на увеличение урожайности зерновых культур.

**Ключевые слова:** уравнения, зерновки, движение, травмирование, распределительная пластина, штыри.

УДК 631.354:633.1

## THE RESEARCH SUBSTANTIATION OF THE SEEDS SHIFTING AND THEIR DAMAGE ON THE SPREADING PANEL OF A NEW MODERNIZED CONSTRUCTION OF A DISK SHOE

*D.A. DEREVJANKO, Cand. Agr. Sc., Assist prof. – Zhytomyr Scientific Research University*

### SUMMARY

**The purpose.** The paper substantiates the researches on the weevil shifting during the sowing process with the application of differential equations and the laws of Mechanics, with due regards for the speed of the mass movement, friction, resistance and other factors.

**Results.** While moving along the spreading panel the seeds collide with the grates or rods, and it results in their even distribution and changes in the movement direction.

The researcher uses the system of the recurrent algebraic equations. It enable to determine the coordinates in a definite period of time.

The main advantage of this system lies in the fact that it is possible to determine the weevil situation at each stage and change its movement direction and shifting when it is necessary.

**Conclusions.** The researcher have shown that the optimal seeds distribution on the spreading panel covered with rubber substances and rods contributes to the decreasing of the weevil damage, its qualitative improving as well as to its better distribution on the ground while sowing. In its turn it positively effects the grain crops yields.

**Key words:** equations, weevil, damage, spreading panel, rods.

УДК 631.354:633.1

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ НАСІННЯ НА ЇХ ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ ПО РОЗПОДІЛЬЧІЙ ПЛАСТИНІ МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДИСКОВОГО СОШНИКА

*Д.А. ДЕРЕВ'ЯНКО, к.с.-г.н., доцент, – Житомирський національний агроекологічний університет*

### РЕЗЮМЕ

**Мета.** Дослідити переміщення насіння у процесі сівби з використанням диференціальних рівнянь і законів механіки із врахуванням швидкості руху, маси, тертя, опору та інших факторів.

**Результати.** Під час руху насіння по розподільчій пластині воно попадає на зміщені на ній циліндричні штирі, які сприяють рівномірності його розподілу і в результаті змінюють їх напрямки. Використана система рекурентних алгебраїчних рівнянь, яка допомагає визначити координати у кожний певний період часу. Головний пріоритет цієї системи у тому, що на кожному етапі можна

визначити розташування насіння і при необхідності змінювати напрямок та переміщення під час дотику зі штирями.

**Висновки.** Дослідження показали, що оптимальний розподіл насіння на розподільчій пластині зі штирями, які покриті гумовими матеріалами, сприяє зниженню травмування зернівок, поліпшенню їх якості та оптимального розміщення на вирівняній підшві ґрунту під час сівби, що позитивно впливає на збільшення урожайності зернових культур.

**Ключові слова:** рівняння, зернівки, рух, травмування, розподільча пластини, штирі.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для достижения выращивания и сбора высоких урожаев озимой пшеницы, ржи и других очень ценных и важных зерновых культур в Украине изучаются, исследуются и внедряются по мере возможности новые технологии, которые предлагают обеспечение благоприятных условий выращивания высокопроизводительных растений и оптимальных режимов посева, ухода, сбора, обработки зернового вороха и подготовки высококачественных семян.

При обработке зернового вороха после обмолачивания, очень важно на самых ранних стадиях отделить большое количество мелких засорителей, в том числе измельченные, сырые, зелёные семена сорняков, зерновую и соломисто-половяную массу основной культуры, что в совокупности является главным источником благоприятной среды для бурного развития большого количества микроорганизмов, которые в значительной степени снижают посевные качества семенного материала.

Предложенная, запатентованная конструкция дискового сошника способствует размещению семян не плотно в ряду одно возле другого, а в виде полосы на подошве почвы. В таком случае семена высеваются и размещаются

равномерно, более эффективно и продуктивнее используют влагу, элементы питания, солнечную энергию с меньшим количеством травмирования и поврежденный при посеве.

Всё это в конечном счёте способствует лучшему развитию растений на протяжении всего вегетационного периода, лучшему угнетению сорняков, что положительно влияет, как показали экспериментальные исследования, на увеличение урожайности и качество зерна.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Значительное влияние на показатели прочности зерновки оказывает температурный, водный и питательный режимы, предшественники, количество и качество питательных элементов, системы защиты от сорняков, вредителей, уборки, обработки и другое.

Известно, что после выпадения осадков, особенно у жаркую погоду зерновки очень интенсивно поглощают влагу и как показывают исследования Г.А.Егорова [7] оболонки, зародок и эндосперм наполняют влагой, что ведёт к увеличению внутреннего напряжения, а последующее подсушивание влияет на разрушительные процессы семян.

Академик П.А.Ребендер [14] установил, что жидкость и присущие в ней биологически-активные вещества проникают в наименьшие трещины, от чего стенки тканей не смыкаются после снятия нагрузок в связи с образованием тоненькой плёнки из абсорбционного слоя, которые препятствуют этому.

Травмирование зерновок, а потом и их разрушения происходит, когда максимальное напряжение  $\sigma$  меньше от напряжения, которое возникло от механических или других действий  $\sigma_1$ , то есть необходимо условие  $\sigma \leq \sigma_1$ .

Исследования В.М.Дринчи, И.А.Пехальского, Г.К.Абрамова, Н.Н.Ульрих [2,6,19] и других свидетельствуют о влиянии механических действий рабочих органов при обработке зернового вороха на повреждения и травмирование семян.

Результат исследований фракционирования зернового вороха при использовании сортировочных решет зерноочистительных машин показывают их влияния на разделения, качество семян и их травмирования подтверждается работами А.П.Тарасенко, В.И.Оробинского, М.Е.Мерчаловой, В.В.Кузнецова, З.М.Калошиной, А.Зольцмана, Д.Ухе и других [8,9,11,12,16].

Создание фундамента научных основ теории влияния рабочих поверхностей механизмов, твердых материалов, зерновых смесей виброрешетного сепарирования и фракционирования с поиском оптимальных параметров режимов их работы изложено в работах П.В.Василенко, С.П.Тимошенко, В.П.Горячкина, А.П.Тарасенко, А.Н.Пугачева, В.В.Адамчука, Л.Н.Тищенко, Н.И.Безухова, М.И.Беляева и других [1,3,4,5,16,17,18] свидетельствуют о том, что травмирования зерновок зависит от комплекса физико-механических и биологических особенностей семян, а также от подготовленности используемых и количества механизмов, на которых происходит подготовка семян. Пути улучшения очистки, сбережения и снижения травмирования семян исследовали Б.И.Котов, И.Г.Строна, Л.В.Фадеев, С.А.Чазов [10,15,20,21].

Таким образом, анализ влияния механических действий на повреждения и травмирования зерновок при использовании технологий обработки вороха фракционной подготовкой высококачественных семян показывает, что главным фактором образования

систем и их развития есть глубокое и всестороннее изучение физико-механических и биологических особенностей семян, разработки новых способов и модернизации рабочих элементов, что обеспечит минимальное количество повреждений и травмирования семян и максимальную возможность получения высококачественных семян.

**Цель исследований.** Исследовать и установить влияния травмирования зерновок при уборке и послеуборочной обработке зернового вороха, подготовки семян и их качество. Исследовать эффективность послеуборочной подготовки высококачественных семян озимой пшеницы и ржи на разных стадиях технологических процессов, в том числе при протравливании и посеве у разных почвенно-климатических условиях, а также пути снижения травмирования семян и повреждения его микроорганизмами как одного из главных резервов повышения урожайности зерновых культур.

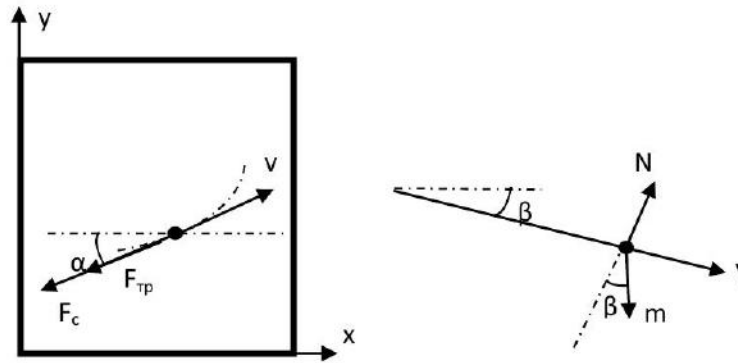
**Методы исследований.** Теоретические исследования проводили путём математического моделирования процессов работы машин и технологических процессов с использованием законов механики.

Экспериментальные, производственные и лабораторные исследования выполнялись у производственно-лабораторных условиях с использованием натуральных образцов и технических средств согласно существующим стандартным методикам.

**Результаты исследований.** Покрытие распределительной пластины и штырей, которые на ней расположены в соответствии патента на изобретения, резиновыми, снижающими травмирования зерновок материалами и обеспечивающими равномерное распределение семян на подошве почвы при посеве, как показали экспериментальные исследования, способствует увеличению урожайности и улучшению качества семян.

В связи с этим, необходимо рассмотреть характер движения зерновок по прямоугольной распределительной пластине, наклоненной к поверхности, соответственно запатентованной автором этой статьи, новой конструкции, под углом  $\beta$  под действием силы тяжести (рис. 1)

Используем систему дифференциальных уравнений плоского движения точки в проекциях на оси координат  $x$  и  $y$



**Рис. 1.** К выводу уравнений движения по наклонной плоскости  
**Fig.1.** Derivation of the equations of motion along an inclined.

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -F_c \cos \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha \\ m\ddot{y} = -F_c \sin \alpha - F_{\text{тр}} \sin \alpha + mg \sin \beta \end{cases}$$

Здесь  $m$ —масса частицы,  $F_{\text{тр}}$ —сила трения, равная  $fN$ , где  $f$ —коэффициент трения,  $N$ —нормальная реакция поверхности пластины;  $F_c$ —сила сопротивления воздуха, равная  $kmv^2$ , где  $k$ —коэффициент сопротивления воздуха при движении по плоскости,  $1/m$ ,  $v$ —скорость частицы,  $\alpha$ —текущее значение угла между вектором скорости частицы и положительным направлением оси  $x$ . Отметим, что точка сверху символа означает производную по времени, две точки—соответственно вторую производную по времени. Из рис. 1 очевидно, что  $N=mg\cos\beta$ , что после сокращения на массу дает возможность записать систему уравнений движения в виде:

$$\begin{cases} \dot{x} = -kv^2 \cos \alpha - fg \cos \beta \cos \alpha \\ \dot{y} = -kv^2 \sin \alpha - fg \cos \beta \sin \alpha + g \sin \beta \end{cases} \quad (1)$$

Текущие значения  $\sin \alpha$  и  $\cos \alpha$  могут быть определены через проекции скорости на оси координат следующим образом (рис. 2):

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{\dot{x}}{v} = \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} \\ \sin \alpha &= \frac{\dot{y}}{v} = \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} \end{aligned}$$

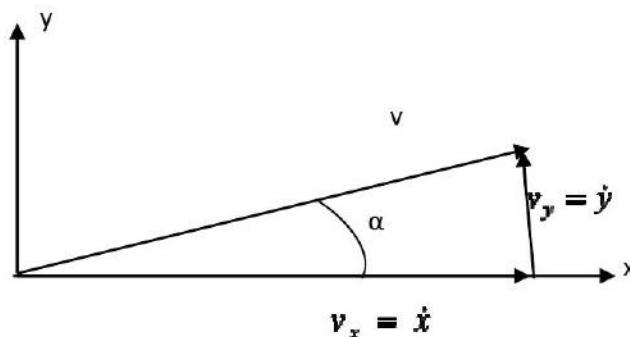
Подставляя последние выражения в систему (1), получаем:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -k\dot{x}v - fg \cos \beta \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} \\ \ddot{y} = -k\dot{y}v - fg \cos \beta \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} + g \sin \beta \end{cases}$$

Учитывая, что  $v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}$ ,

окончательно получаем

$$\begin{cases} \ddot{x} = -k\dot{x}\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - fg \cos \beta \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} \\ \ddot{y} = -k\dot{y}\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - fg \cos \beta \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} + g \sin \beta \end{cases} \quad (2)$$



**Рис.2.** Определение значения угла  $\sin \alpha$  и  $\cos \alpha$   
**Fig.2.** Determination of values of the angle  $\sin \alpha$  and  $\cos \alpha$

Добавляя к системе (2), начальные условия:

$$x(0) = x_0, y(0) = y_0, \dot{x}(0) = v_{x0}, \dot{y}(0) = v_{y0}, \quad (3)$$

получаем задачу Коши для системы квазилинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Получена задача не имеет аналитического решения, но может быть решена либо с помощью конечно-разностных аналогов, либо с применением встро-енных процедур в различных математических пакетах (Mathcad, Maple и т.д.).

Как будет видно из дальнейшей постановки задачи, в процессе движения частицы по пластине, она будет встречать различные препятствия, вследствие чего менять траекторию движения. При использовании встро-

енных процедур решения систем дифференциальных уравнений в математических пакетах эти изменения повлекут необходимость применения условных операторов перехода, изменяющих ход решения в зависимости от значений самих функций, что крайне затруднительно при составлении алгоритма решения.

В связи с этим, считаем более предпочтительным использование конечно-разностных аналогов предложенных выше квазилинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.

Хорошо известно, что первые и вторые производные от неизвестных функций  $x(t)$  и  $y(t)$  в некоторый момент времени  $t_i$  могут быть представлены в виде:

$$\dot{x}(t_i) = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_i)}{h}, \quad \dot{y}(t_i) = \frac{y(t_{i+1}) - y(t_i)}{h},$$

$$\ddot{x}(t_i) = \frac{\dot{x}(t_{i+1}) - \dot{x}(t_i)}{h} = \frac{\frac{x(t_{i+2}) - x(t_{i+1})}{h} - \frac{x(t_{i+1}) - x(t_i)}{h}}{h} = \frac{x(t_{i+2}) - 2x(t_{i+1}) + x(t_i)}{h^2},$$

$$\ddot{y}(t_i) = \frac{\dot{y}(t_{i+1}) - \dot{y}(t_i)}{h} = \frac{\frac{y(t_{i+2}) - y(t_{i+1})}{h} - \frac{y(t_{i+1}) - y(t_i)}{h}}{h} = \frac{y(t_{i+2}) - 2y(t_{i+1}) + y(t_i)}{h^2}.$$

Здесь  $h$ -некоторый достаточно малый шаг по времени.

Подставим разностные аналоги производных в систему (2). Для более компактной формы ее записи введем обозначения:

$$x(t_i) = x_i, y(t_i) = y_i.$$

Теперь, выразим модуль скорости  $\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}$  в конечно-разностной интерпретации:

$$\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = \sqrt{\left(\frac{x_{i+1} - x_i}{h}\right)^2 + \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{h}\right)^2} = \frac{1}{h} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}.$$

Первое уравнение системы (2) примет вид:

$$\frac{x_{i+2} - 2x_{i+1} + x_i}{h^2} = -k \frac{x_{i+1} - x_i}{h} \cdot \frac{1}{h} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} -$$

$$- fg \cos \beta \frac{x_{i+1} - x_i}{h \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}}$$

После элементарных преобразований представим это уравнение в виде:

$$x_{i+2} = 2x_{i+1} - x_i - k(x_{i+1} - x_i) \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} -$$

$$- h^2 fg \cos \beta \frac{x_{i+1} - x_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}}. \quad (4)$$

Аналогичными преобразованиями второе уравнение системы (2) представляется в виде:

$$y_{i+2} = 2y_{i+1} - y_i - k(y_{i+1} - y_i) \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} - h^2 fg \cos \beta \frac{y_{i+1} - y_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} + h^2 g \sin \beta \quad (5)$$

Начальные условия (4) представляются в виде:

$$x_0 = x_0, y_0 = y_0, \dot{x}(0) = \frac{x_1 - x_0}{h} = v_{x0}, \dot{y}(0) = \frac{y_1 - y_0}{h} = v_{y0},$$

или в более удобной для вычисления форме:  $x_0 = x_0, y_0 = y_0, x_1 = x_0 + hv_{x0}, y_1 = y_0 + hv_{y0}$ . (6)

Таким образом, получена система рекуррентных алгебраических уравнений (4)–(6), которая при известных значениях  $x_0, x_1, y_0$  и  $y_1$  позволит пошагово определять координаты частицы на пластине в каждый момент времени.

Основное преимущество такого метода в том, что на каждом шаге можно определять положение частицы и, при необходимости, менять направление траектории ее движения.

Решение данной задачи численно реализовано программой «Пластина». Для пластины шириной  $a=0,075$  м и длиной  $b=0,175$  м с шагом по времени  $h=0,0001$  с составлена циклическая процедура, определяющая траекторию движения частицы. На рис. 3 показаны примеры траекторий движения частицы.

При движении по пластине зерновка может достичь ее боковой границы.

В этом случае необходимо смоделировать процесс отражения, для чего в алгоритм

численной реализации программой «Граница», включается условный оператор, проверяющий, не достигла ли частица границы:

$$x_{i+2} \leq 0 \text{ или } x_{i+2} \geq a.$$

В этом случае вычисляются абсолютные значения последних шагов по  $x$  и по  $y$ :

$$Sh\_x = |x_{i+2} - x_{i+1}|,$$

$$Sh\_y = |y_{i+2} - y_{i+1}|.$$

Затем значение  $x_{i+2}$  заменяется на значение  $x_{i+1}$ , а  $y_{i+2}$  – на  $y_{i+1}$ . Новое значение  $y_{i+2} = y_{i+1} + Sh\_y$ , а новое значение  $x_{i+2} = x_{i+1} + Sh\_x$  на левой границе пластины и  $x_{i+2} = x_{i+1} - Sh\_x$  на правой (рис. 4).

На рис. 5 показаны примеры траекторий движения зерновки при отражении от боковых границ пластины.

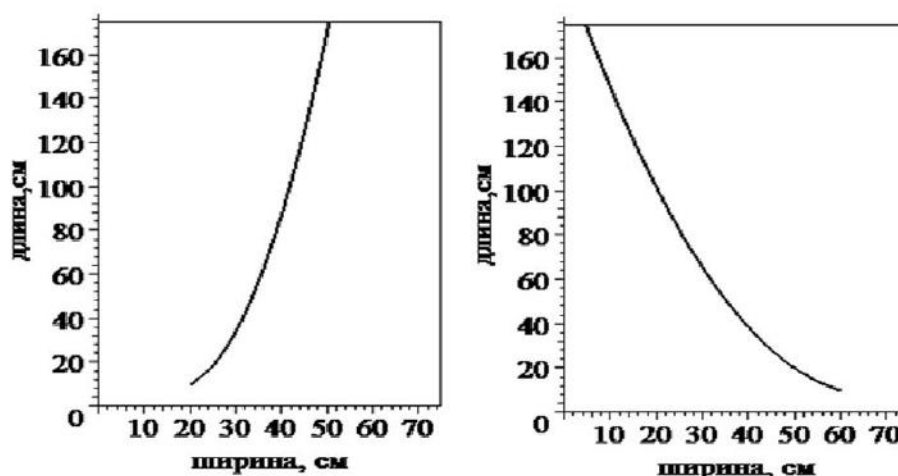


Рис. 3. Визуальное решение задачи движения зерновки по пластине

Fig. 3. Visual solution of problem movements caryopsis on a plate

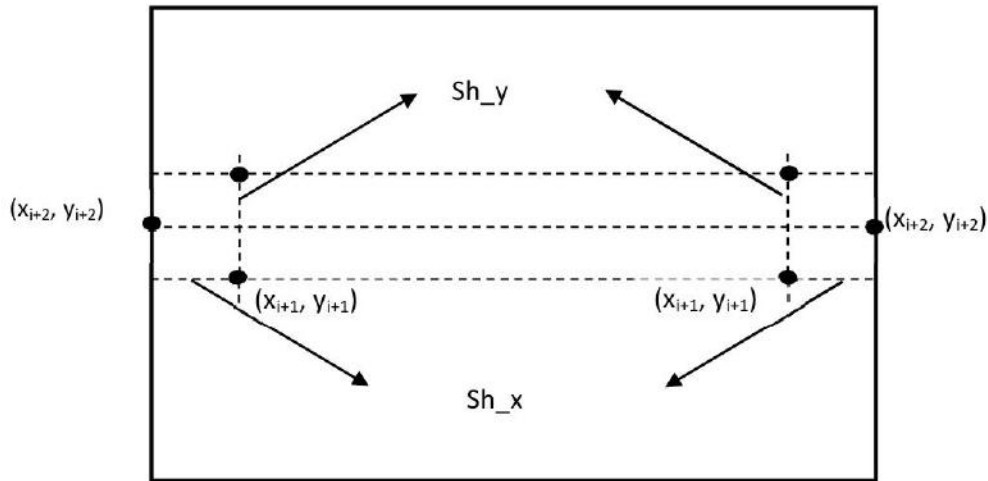


Рис 4. Моделирование отражения зерновки от стенок пластины

Fig.4. Simulation reflection of caryopsis from walls of the plate

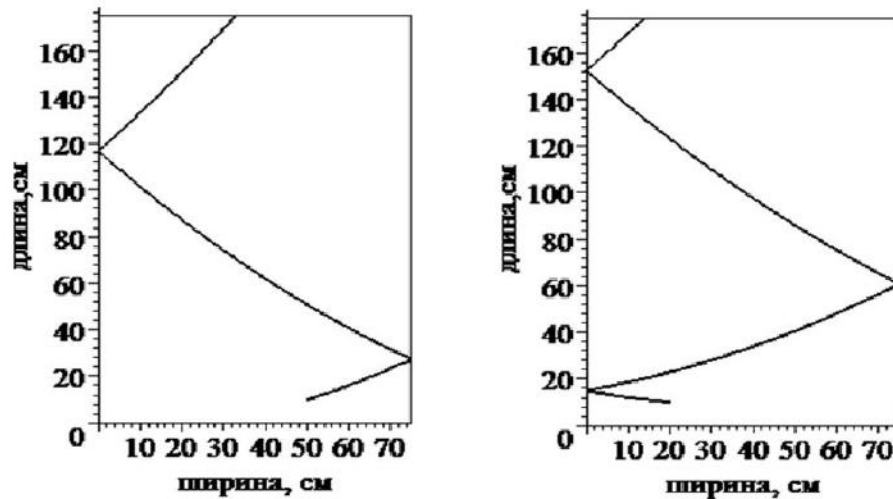


Рис 5. Визуализация моделирования отражения

Fig.5. Visualization of simulation reflection

На следующем этапе добавим в вычислительный алгоритм определение траектории зерновки при встрече с препятствием, имеющим форму цилиндра радиуса  $R$  с центром в точке с координатами  $(x_c, y_c)$ .

Для этого в алгоритм численной реализации программой «Препятствие» включается условный оператор, проверяющий, не достигла ли частица границы цилиндра: если

$$(x_{i+2} - x_c)^2 + (y_{i+2} - y_c)^2 \leq R^2,$$

то траектория движения частицы меняется. Здесь появляются определенные трудности в определении последующего движения частицы. С одной стороны можно было бы применить обычную процедуру отражения шара от неподвижного препятствия, но в силу

эллипсоидальной формы частицы отражение может происходить совершенно непредвиденным образом. В связи с этим, мы приняли решение применить вероятностный подход и привлечь для численной реализации генератор случайных чисел для определения направления начального шага траектории после встречи с препятствием. Это направление определяется углом  $\gamma$  и случайным образом выбирается между горизонтальной осью и касательной к окружности цилиндра в точке встречи частицы с препятствием  $\gamma_0$  (рис. 6). Последний угол определяется следующим образом:

$$\gamma_0 = \frac{\pi}{2} - \arctg \left| \frac{y_c - y_{i+2}}{x_c - x_{i+2}} \right|.$$

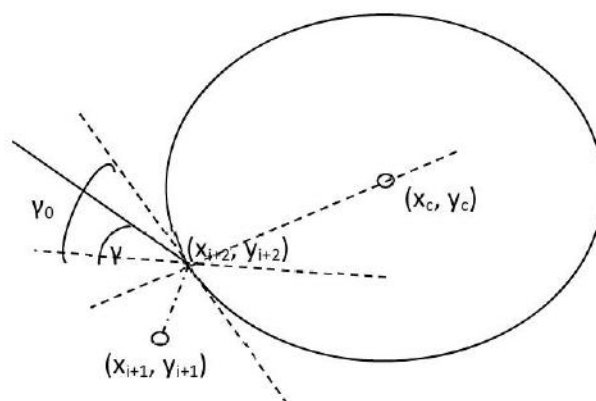


Рис. 6. Моделирование отражения зерновки от цилиндрического штыря препятствия

Fig.6. Simulation of reflection caryopsis from the cylindrical pin

Затем значение  $x_{i+2}$  заменяется на значение  $x_{i+1}$ , а  $y_{i+2}$  на  $y_{i+1}$ . Новое значение  $y_{i+2}$  заменяется на  $y_{i+1} + sh \cdot \sin \gamma$ , а новое значение  $x_{i+2}$  заменяется на  $x_{i+1} - sh \cdot \cos \gamma$ , если  $x_{i+2} < x_c$  или на  $x_{i+1} + sh \cdot \cos \gamma$ , если  $x_{i+2} > x_c$ , где

$$sh = \sqrt{(x_{i+2} - x_{i+1})^2 + (y_{i+2} - y_{i+1})^2}.$$

На рис. 7 представлены примеры реализации модели отражения зерновки от одиночного препятствия цилиндрической формы, то есть штыря.

Перейдем теперь к основной задаче моделирования, суть которой заключается в следующем (программа «36\_точек»). На пластину прямоугольной формы, расположенной под некоторым углом к горизонту, подаются частицы посевного материала в некоторую вполне определенную зону загрузки. На поверхности пластины в шахматном порядке устанавливаются цилиндрические

препятствия-штыри. Соскальзывая с пластины частицы, соударяясь с препятствиями и с боковыми границами пластины, меняют траекторию своего движения. Необходимо смоделировать характер движения частиц и траектории их движения.

Численная реализация алгоритма решения данной задачи состоит из аналитического моделирования положения цилиндрических препятствий и пошагового контроля координат движущейся по пластине частицы. Циклический ряд условных операторов корректирует изменение траектории движения частицы в случае встречи ее либо с цилиндрическим препятствием, либо с боковыми границами пластины, как это было показано выше.

Примеры визуального алгоритма определения траектории движения частицы представлены на рис. 8.

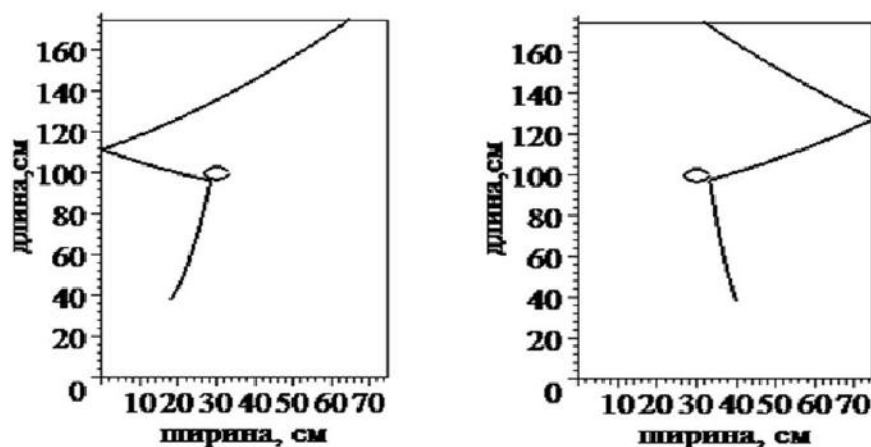


Рис. 7. Примеры отражения частицы от цилиндрического препятствия – штыря

Fig.7. Simulation of reflection caryopsis from the cylindrical pin



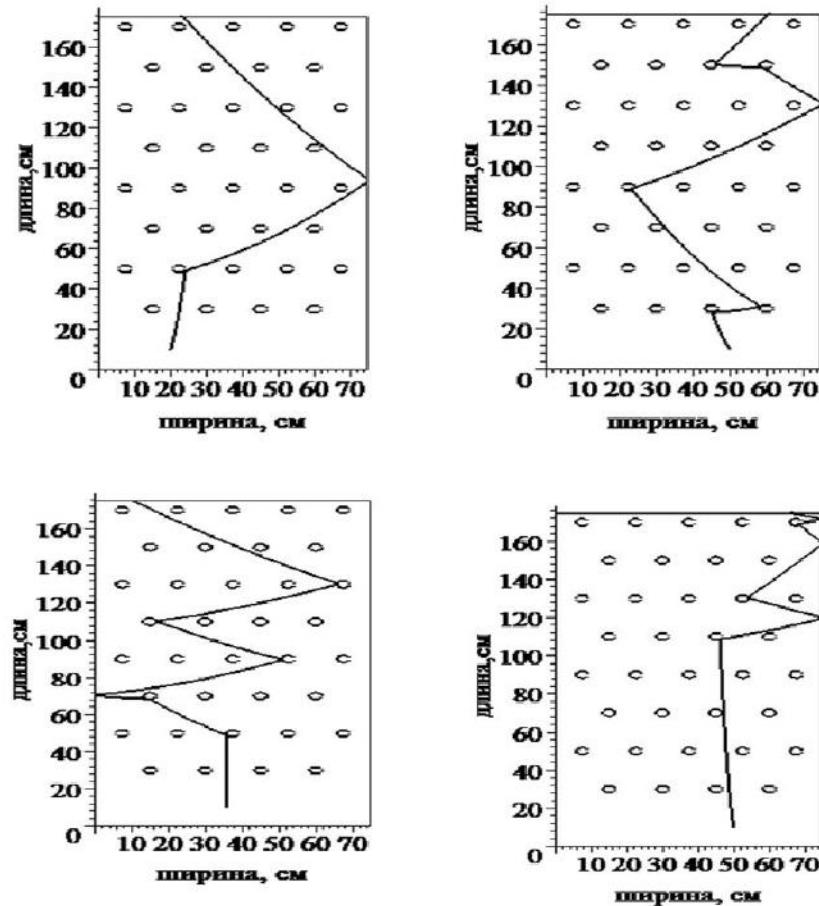


Рис.8. Примеры визуальной траектории движения зерновки  
Fig.8. Examples of visual motion trajectory caryopsis

Завершающим этапом моделирования является определение необходимого количества рядов цилиндрических препятствий для достижения достаточной равномерности схода частиц с пластины по ее ширине.

Во-первых, определим скорость, с которой частица попадает на распределительную пластину. Уравнение падения точки с высоты  $H$  с учетом силы сопротивления воздуха покажем следующим образом:

$$m\ddot{x} = mg - mk\dot{x}^2$$

$$\ddot{x} = g - k\dot{x}^2,$$

где  $k$ —коэффициент парусности. Здесь ось  $x$  направлена вниз. Интегрируя это уравнение с учетом начальных условий:

$$x(0)=0, \dot{x}(0) = 0,$$

получаем, полагая, что  $g=9,81$ :

$$x(t) = \frac{10 \operatorname{Ln} \left( 0.5 e^{\frac{3\sqrt{109}kt}{5}} + 0.5 \right) - 3\sqrt{109}kt}{10k}$$

Подставляя вместо  $x$  значение высоты  $H$ , находим решение этого уравнения относительно времени движения:

$$T = 0.32 \frac{\operatorname{Ln} \left( e^{Hk} + \sqrt{\left( e^{Hk} \right)^2 - 1} \right)}{\sqrt{k}}.$$

Дифференцируя закон движения  $x(t)$  по времени и подставляя в эту производную значение  $T$ , определяем скорость падения частицы на пластину:

$$v = \frac{3.12}{k} \cdot \left( -\sqrt{k} + \frac{\sqrt{k} e^{6.24\sqrt{k}T}}{0.5 e^{6.24\sqrt{k}T} + 0.5} \right).$$

При  $H=0,7\text{м}$ ,  $k=0,2$  из полученных уравнений находим, что скорость, с которой частица попадает на скатывающую пластину равна 3,5 м/с.

Алгоритм решения этой задачи состоит в следующем ( программа «распределение»).

Выбирается положение зоны загрузки, которая впоследствии делится на части прямоугольной сеткой, из узлов которой происходит начальное движение частицы. Циклически варьируется также начальный угол траектории движения. Составляется блок операторов цикла по начальным горизонтальным и вертикальным координатам зоны загрузки, а также по начальному углу движения.

Далее формируется блок ячеек по ширине пластины с целью учета количества зерновок, сходящих в различных точках. Данная процедура позволяет в процентном отно-

шении определить равномерность схода семян с пластины по ее ширине.

Схема алгоритма численной реализации определения равномерности схода зерновок с пластины по ее ширине представляется таким образом:

Многочисленные компьютерные эксперименты показали, что для достижения удовлетворительной равномерности распределения семян достаточно девяти рядов цилиндров-штырей, которые необходимо покрыть резиновым материалом вместе с распределительной пластиной для снижения травмирования зерновок и улучшения их качества. Результаты вычислений представлены на рис. 9.

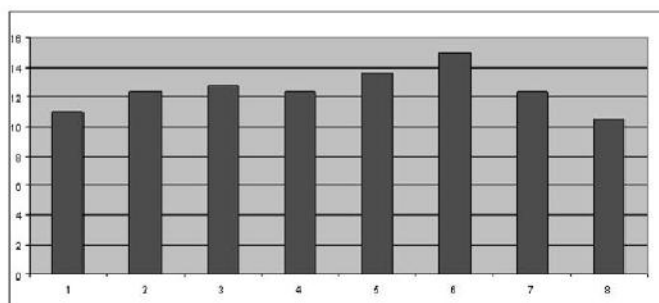
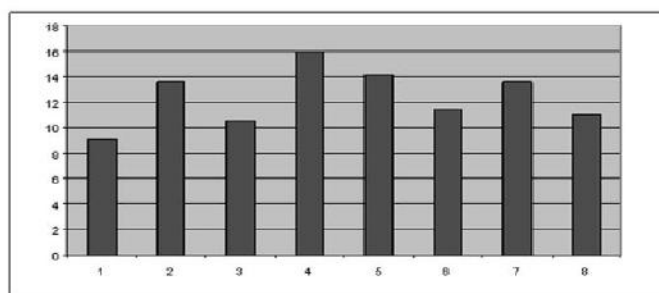


Рис. 9. Процентные значения распределения частиц по ширине при сходе с пластины  
 Fig.9. Percentage values of the particle distribution across the width when coming off the plate

## ВЫВОДЫ

Таким образом, запатентованная новая конструкция дискового сошника как с точки зрения теоретических исследований, так и полученных экспериментальных, производственных и лабораторных результатов, подтверждается, что в данном случае значительно уменьшается травмирование семян и как следствие улучшается их качество, что положительно влияет на всхожесть и урожайность культуры.

В результате равномерного распределения семян не в ряду, а в виде полосы на выравненной подошве почвы, значительно улучшаются условия для всхожести семян и развития растений на протяжении вегетационного периода в связи с более эффективными возможностями использования энергии солнца, питательных веществ и особенно влаги, что в конечном варианте обеспечивает формирование большей урожайности зерновой культуры с более положительными показателями качества зерна.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Адамчук В.В. Теория вибрационных машин сельскохозяйственного производства. / В.В.Адамчук, В.М.Булгаков, А.М.Черныш, В.В.Яременко. – К.: Аграрна наука, 2013. – 439 с.
2. Абрамова Г.К., Топанов В.Н. / Записки Ленинградского СХИ. 1970. – Т -139, Вып.-2,- С.31-36.
3. Безухов Н.И. Основы теории упругости пластичности и ползучести: учебн. пособие для вузов. / Н.И.Безухов.- М.; Высшая школа, 1968.- 512 с.
4. Беляев Н.М. Сопротивления материалов. / Н.М.Беляев. – М.: Наука,1976.-608 с.
5. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. / П.М.Василенко. К., УАСХ, 1960.-284 с.
6. Дринча В.М. Исследования сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки. / В.М.Дринча, – Воронеж. 2006.-382 с.
7. Егоров Г.А. Влияния тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна. / Г.А.Егоров. – М.: Колос, 1973.-264 с.
8. Зольцман.А. Отделение разных засорителей и камней в псевдооживленной емкости. / А.Зольцман, Шмиловитен, А.Мирзон. Сельскохозяйственная техника, 1985. Т.27 – №2.-С. 63-67.

9. Калошина З.М. Всхожесть семян ржи в зависимости от степени повреждения их покровов. / З.М.Калошина, Докл. ТСХА.-Вып. 1968.-С.14-17.

10. Котов Б.И. Теоретические обоснования движения частицы зерна на вибропневморешете при действии разрыхляющих рабочих органов. / Б.И.Котов, С.П.Степаненко, Р.А.Калиниченко. Научный вестник НАУ. – К., 2007.-Вып.115.- С.112-117.

11. Кузнецов В.В. Степень повреждения семян при послеуборочной обработке на зерноочистительных машинах. / В.В.Кузнецов. Селекция и семеноводство. – 1978. – №6.-С.70-71.

12. Оробинский В.И. Фракционирование зернового вороха и качество семян. / В.И.Оробинский. Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006.-№10. – С.29-30

13. Ухе Дж.В. Пневматическое отделение зерновой и солоистой массы. / Дж.В.Ухе. – 1966. Т. 9.-С.244-246.

14. Ребендер П.А. Значения физико-химических процессов при механическом разрушении и обработке твердых тел в технике. / П.А.Ребендер. Вестник АН СССР. – 1940. – №85. – С.35-36.

15. Строна И.Г. Травмирование семян зерновых культур и его предупреждение. / И.Г.Строна. М.: Колос, 1972.-157с.

16. Тарасенко А.П. Снижения травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. / А.П.Тарасенко. – Воронеж, 2003.-331с.

17. Тимошенко С.П. Курс теории и упругости. / С.П.Тимошенко.-К.: Наукова думка, – 1972.-501с.

18. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация зерновых смесей. / Л.Н.Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В.Ольшанский. – Харьков: «Міськдрук», 2011,-280с.

19. Ульрих Н.Н. Задачи и механические средства очистки и сортирования зерна. / Н.Н.Ульрих. – М.: Сельхозгиз.,-1935.-Т.1.-С.83-132.

20. Фадеев Л.В. Линия очищающих калибровочных машин. / Л.В.Фадеев.- Семеноводство, К., 2011. – №3 –С. 22-27.

21. Чазов С.А. О мерах снижения травмирования семян. / С.А.Чазов.- Селекция и семеноводство.-1964.-№4.-С.30-32.

## REFERENCES

1. Adamchuk V.V. The Theory of the Vibration Machines of the Agricultural Production. (V.V. Adamchuk, V.M. Bulgakov, A.M. Chernysh, V.V. Yaremenko, – K.: AgrarnaNauka, 2013. – p. 439.
2. Abramova G.K., Tokanov V.N. The Notes of Leningrad A.I. – 1970.- V – 139, issue – 2, – p. 31 – 36.

3. Bezuhov V.I. The grounds for the Theory of Elasticity, Flexibility and Creeping: a textbook for higher educational establishments. N.I. Bezuhov. – VyshchaShkola, 1969. – p.512.
4. Belyayev N.M. The Resistance of Materials N.M. Belyayev. – M: Nayka, 1976. – p. 608.
5. Vasylenko P.M. The Theory of particle's Movement on the Rough surfaces of Farm Machines. / P.M. Vasylenko. K, UAAS, 1960. – p. 284.
6. Dryncha V.M. The Researches of Seeds Separation and the Development of Machines' Technologies for their preparation. / V.M.Dryncha, – Voronezh. 2006. – p. 382.
7. Yegorov G.A. The Effects of Heat and Moisture on the Processes of grain Treatment and Strode. / G.A. Yegorov. – M.: Kolos, 1973. – p. 264.
8. Zaltzman A. Separating flower bulbs and stones in a fluidized bed. / A. Zaltzman, Z. Schmilovitch, A. Mizrach. Canadian Agricultural Engineerin. 1985. Vol. 27. №2. – P. 63-67
9. Kaloshyna Z.M. Rye Seeds Sprouting and its Dependence on the Rate of Seeds Damage. / Z.M. Kaloshyna. Report TAA. – Issue. 1968 – p. 14 – 17.
10. Kotov B.I. Theoretical Substantiation of the Grain movement on the Vibro-pneumatic Sieve under the influence of the loosening operating parts. / B.I.Kotov, S.P. Stepanenko, R.A. Kalinichenko. NAU – K., 2007. – Issue. 155. – p. 112 – 117.
11. Kuznetsov V.V. The Rate of Seeds Damage under after-harvesting treatment on the graincleaning machines. / V.V.Kuznetsov. Selektion and Seedsgrowing. – 1978 – №6. – p. 70 – 71.
12. Orobinskiy V.I. Fractioning of the grain chaff and the seeds quality. / V.I.Orobinskiy. Tractors and agricultural machines. – 2006. – №10. – p. 29 – 30.
13. Uhe J. B. Pneumatik separation of grain and straw mixtures. / J. B. Uhe, B. J. Lamp. Transaction of the ASAE. – 1966. Vol. 9- P. 244-246.
14. Rebender P.A. The importance of Physical and chemical processes Under the mechanic destruction and treatment of solid parts in machines. / P.A. Rebender. Vestnik of the As of the USSR. – 1940. – №85.
15. Strona I.G. Seeds damage of the grain crops and its prevention. / I.G. Strona. – M.: Kolos, 1972. – p. 157.
16. Tarasenko A.P. The decrease in the seeds damage under harvesting and during after-harvest treatment. / A.P.Tarasenko. – Voronezh, 2003. – p. 331.
17. Tymoshenko S.P. The Theory and Elasticity Course. / S.P. Tymoshenko. – K.: NaukovaDumka, – 1972. – p. 501.
18. Tyshchenko L.N. Vibrograting separation of grain mixtures. / L.N. Tyshchenko, V.P. Olshanskiy, S.V. Olhanskiy – Charkiv: «Miskdruk», 2011. – p. 208.
19. Ulrih N.N. The tasks and the mechanic means for seeds cleaning and sorting. / N.N. Ulrih. – M.: Selhozgiz., 1935. – V.1. – p.83 – 132.
20. Fadyeyev L.V. The line of cleaning and calibring machines. / L.V. Fadyeyev. – Seedsgrowing. K., 2011. – №3- p. 22 – 27.
21. Chazov S.A. Measures to decrease seeds damage. / S.A. Chazov. – Selection and Seedsgrowing – 1964. – №4. – p. 30-32.