

УДК 631.354:633.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАВМИРОВАНИЯ СЕМЯН ПРИ ИХ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПО ДИСКОВОМУ СОШНИКУ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

ДЕРЕВЯНКО Д.А.,
канд. с.-х. наук

Житомирский национальный агроэкологический университет, Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10008, Украина, nnc-imesg@ukr.net

При посеве зерна происходит его травмирование во время движения по поверхности рабочих органов. Это приводит к образованию трещин, разрушению и повреждению посевного материала, что уменьшает урожайность и снижает качество зерна. Исследовали перемещение зерновок по рабочему органу в процессе посева с учетом скорости движения, массы, сил трения, сопротивления и других факторов. При движении по распределительной пластине дискового сошника семена встречают цилиндрические штыри, покрытые резиновым материалом, установленные для равномерности распределения зерновок, которые при этом меняют направление своего движения. Чтобы определить их координаты в каждый определенный период времени, использовали систему рекуррентных алгебраических уравнений, которые позволяют пошагово определять координаты частицы на пластине в любой момент времени. Доказали, что основное преимущество такого метода в том, что на каждом шаге можно знать положение частицы и при необходимости менять направление траектории ее движения. Реализовали численно решение данной задачи с помощью программы «Пластина». Для пластины шириной 0,075 м и длиной 0,175 м с шагом по времени 0,0001 с составили циклическую процедуру, описывающую траекторию движения частицы. Для дальнейшего определения направления траектории движения частицы при столкновении ее с препятствием применили вероятностный подход и привлекли генератор случайных чисел. Изучили форму распределительной пластины после моделирования движения частицы. Выявили, что расположение семян на распределительной пластине со штырями, покрытыми резиновым материалом, снижает травмирование зерновок, улучшает их качество и тем самым обеспечивает оптимальное размещение их на выровненной подошве почвы при посеве, что положительно влияет на урожайность зерновых культур.

Ключевые слова: посев, зерновые, травмирование семян, дисковый сошник.

Для достижения высоких урожаев зерновых культур в Украине применяют новые технологии, которые обеспечивают оптимальные режимы посева, ухода, уборки, обработки зернового вороха и подготовки высококачественных семян [1].

Предложена запатентованная конструкция дискового сошника, высевающего семена в виде полосы на подошве почвы. Благодаря равномерному распределению семян эффективнее используют влагу, элементы питания и солнечную энергию, а также меньше травмируются при посеве.

В результате растения лучше развиваются на протяжении всего вегетационного периода, проис-

ходит угнетение сорняков, что повышает урожайность и качество зерна.

Значительное влияние на показатели прочности зерновки оказывают температурный, водный и питательный режимы, предшественники, количество и качество питательных элементов, система защиты от сорняков и вредителей.

Известно, что после выпадения осадков, особенно в жаркую погоду, семена очень интенсивно поглощают влагу. Оболочка, зародыш и эндосперм набухают, что увеличивает внутреннее напряжение, а последующее подсушивание вызывает разрушение семян [2-8].

Жидкость и содержащиеся в ней биологически

активные вещества проникают в мелкие трещины, поэтому стенки тканей не смыкаются после снятия нагрузок из-за образования тоненькой пленки абсорбционного слоя.

Травмирование семян, а потом и их разрушение происходят, когда напряжение σ_1 , возникшее при механическом воздействии рабочих органов, превышает максимальное напряжение σ внутри зерна [9-11].

Анализ влияния механических действий на качество зерновок подтверждает необходимость глубокого и всестороннего изучения физико-механических и биологических особенностей семян, разработки новых способов и модернизации рабочих элементов, что обеспечит минимальное количество повреждений семян и максимальную возможность получения высококачественного посевного материала.

Цель исследований – разработка новой конструкции дискового сошника методом математического регулирования распределения семян по его поверхности для снижения травмирования зерновок и улучшения их качества.

Материалы и методы. Теоретические исследования проводили путем математического моделирования процессов работы машин и технологических процессов с использованием законов механики.

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

Результаты и обсуждение. Как показали экспериментальные исследования, покрытие распределительной пластины и штырей резиновыми материалами, снижающими травмирование зерновок, и равномерное распределение семян при посеве способствуют увеличению урожайности.

В связи с этим рассмотрим характер движения зерновок под действием силы тяжести (рис. 1) по прямоугольной распределительной пластине новой конструкции, наклоненной под углом β к поверхности (запатентовано автором статьи).

Используем систему дифференциальных уравнений плоскостного движения точки в проекциях на оси координат x и y :

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

где m – масса частицы;

$F_{тр}$ – сила трения, равная fN , (здесь f – коэффициент трения, N – нормальная реакция поверхности пластины);

F_c – сила сопротивления воздуха, равная kmv^2 (здесь k – коэффициент сопротивления воздуха при движении по плоскости, v – скорость частицы), m^{-1} ;

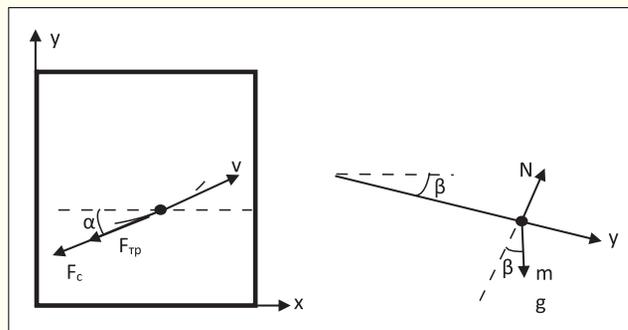


Рис. 1. Движение зерновок по распределительной пластине

α – текущее значение угла между вектором скорости частицы и положительным направлением оси x .

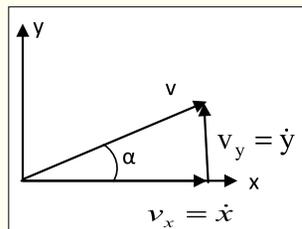


Рис. 2. К определению значений $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$

Две точки над символом означают вторую производную по времени, то есть ускорение. Из рисунка 1 видно, что $N = mg \cos \beta$. После сокращения на массу можно записать систему уравнений движения в виде:

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

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

$$\cos \alpha = \frac{\dot{x}}{v} = \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}};$$

$$\sin \alpha = \frac{\dot{y}}{v} = \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}}.$$

Точка над символом означает первую производную по времени.

Подставляя последние выражения в систему (1) и учитывая, что $v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}$, окончательно запишем:

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

Добавляя к системе (2) начальные условия:

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

получаем задачу Коши для системы квазилинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Полученная задача не имеет аналитического решения, но может быть решена либо

с помощью конечно-разностных аналогов, либо с применением встроенных процедур в различных математических пакетах (*Mathcad, Maple* и т.д.).

В процессе движения по пластине частица будет встречать различные препятствия, меняя траекторию движения. При использовании встроенных процедур решения систем дифференциальных уравнений в математических пакетах эти изменения повлекут необходимость применения условных операторов перехода, влияющих на 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:

$$\dot{x}(t_i) = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_i)}{h}, \quad \dot{y}(t_i) = \frac{y(t_{i+1}) - y(t_i)}{h} \quad (4)$$

где h – некоторый достаточно малый шаг по времени.

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

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

После соответствующих преобразований получим:

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

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

$$y_{i+2} = 2y_{i+1} - y_i - k(y_{i+1} - y_i) \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} - h^2 fg \cos \beta \frac{y_{i+1} - y_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} + h^2 g \sin \beta \quad (6)$$

Начальные условия (5) представлены в виде:

$$x_0 = x_0; \quad y_0 = y_0;$$

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

Запишем их в более удобной для вычисления форме:

$$x_0 = x_0; \quad y_0 = y_0; \quad x_1 = x_0 + hv_{x0}; \quad y_1 = y_0 + hv_{y0}.$$

Таким образом, получена система рекуррентных алгебраических уравнений (5)-(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.

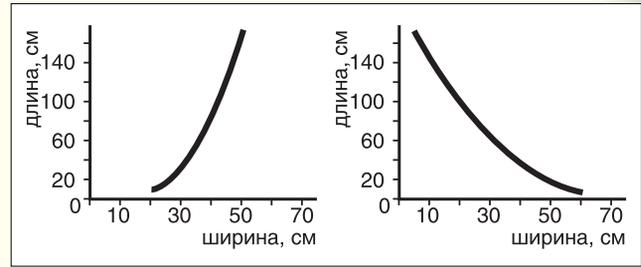


Рис. 3. Примеры движения зерновки по пластине

Основное преимущество такого метода в том, что на каждом шаге можно знать 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 рисунке 3 показаны примеры траекторий движения частицы.

При движении на пластине зерновка может достичь ее боковой границы. В этом случае необхо-

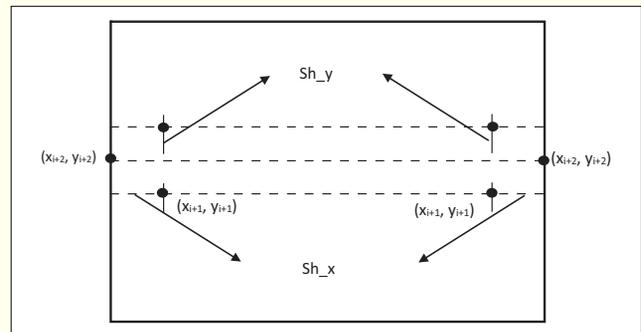


Рис. 4. Моделирование отражения зерновки от стенок пластины

димо 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 вычисляют абсолютные значения последних шагов по осям x и y . Их можно записать в виде гиперболических функций:

$$Sh_x = |x_{i+2} - x_{i+1}|; \quad Sh_y = |y_{i+2} - y_{i+1}|.$$

Затем значение x_{i+2} запишем через x_{i+1} , а y_{i+2} – через 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 следующем этапе добавим в вычислительный алгоритм определение траектории зерновки при встрече с препятствием, имеющим форму цилиндра радиусом R с центром в точке (x_c, y_c) .

Для этого в алгоритм численной реализации программой «Препятствие» включается условный оператор, проверяющий, не достигла ли частица границы цилиндра. Траектория движения частицы меняется при условии:

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

Здесь появляются некоторые 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, для численной реализации мы приняли решение применить вероятностный подход и привлечь генератор случайных чисел для определения направления начального шага траектории после встречи с препятствием. Это направление зависит от угла γ и случайным образом выбирается между горизонтальной осью и касательной к окружности цилиндра в точке встречи частицы с препятствием γ_0 (рис. 5). Его вычисляют следующим образом:

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

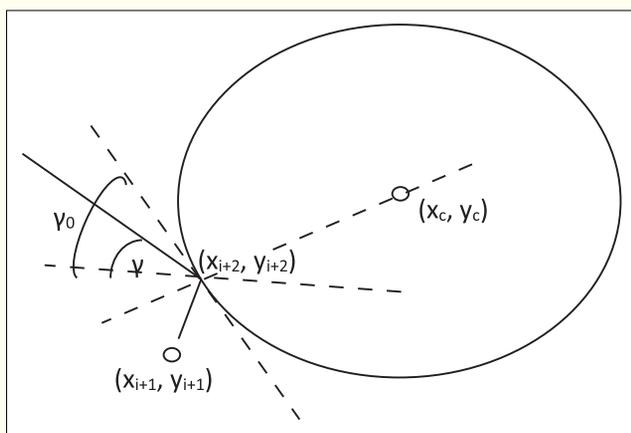


Рис. 5. Моделирование отражения зерновки от цилиндрического штыря

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} – 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

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

Перейдем теперь к основной задаче моделирования, суть которой заключается в следующем. На пластину прямоугольной формы, расположенную под некоторым углом к горизонту, подаются частицы посевного материала в некоторую вполне определенную зону загрузки. На поверхности пласти-

ны в шахматном порядке устанавливаются цилиндрические препятствия – штыри. Соскальзывая с пластины и соударяясь с препятствиями и с боковыми границами пластины, частицы меняют траекторию своего движения.

Необходимо смоделировать характер движения частиц и траектории их движения (рис. 6).

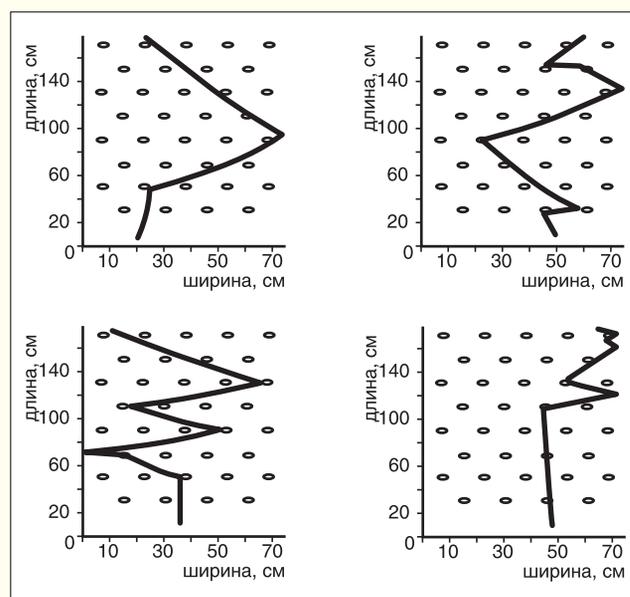


Рис. 6. Примеры визуальной траектории движения зерновки при отражении от цилиндрического препятствия (штыря)

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.

На завершающем этапе моделирования определим количество рядов цилиндрических препятствий, необходимое для достижения достаточной равномерности схода частиц с пластины по ее ширине.

Во-первых, определяем скорость, с которой частица попадает на распределительную пластину. Уравнение падения зерна с высоты H с учетом силы сопротивления воздуха запишем 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 $g = 9,81$):

$$x(t) = \frac{10 \operatorname{Ln} \left(0,5 e^{\frac{3\sqrt{109kt}}{5}} + 0,5 \right) - 3\sqrt{109kt}}{10k}.$$

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

$$T = 0,32 \frac{\operatorname{Ln}(e^{Hk} + \sqrt{(e^{Hk})^2 - 1})}{\sqrt{k}}.$$

Дифференцируя уравнение движения $x(t)$ по времени и подставляя значение T , определим 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 $H = 0,7$ м и $k = 0,2$ из полученных уравнений находим, что скорость, с которой частица падает на скатывающую пластину, равна 3,5 м/с.

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

Выбирается положение зоны загрузки. Впоследствии она делится на части прямоугольной сеткой, из узлов которой начинается движение частицы. Циклически варьируется также начальный угол траектории движения. Составляется блок операто-

ров 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 определить в процентном отношении равномерность схода семян с пластины по ее ширине.

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

Выводы. Таким образом, запатентованная новая конструкция дискового сошника значительно уменьшает травмирование семян, что положительно влияет на всхожесть и урожайность культуры.

В результате равномерного распределения семян не в виде ряда, а в виде полосы на выровненной 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 обеспечивает формирование большей урожайности зерновой культуры с лучшими показателями качества зерна.

Литература

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Черныш А.М., Яременко В.В. Теория вибрационных машин сельскохозяйственного производства. – К.: Аграрная наука, 2013. – 439 с.
2. Егоров Г.А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна. – М.: Колос, 1973. – 264 с.
3. Пехальский И.А. Универсальная классификация травматических повреждений внутренних структур семян сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 6. – С. 9-13.
4. Калошина З.М. Всхожесть семян ржи в зависимости от степени повреждения их покровов. Докл. ТСХА. – Вып. 1968. – С. 14-17.
5. Кузнецов В.В. Степень повреждения семян при послеуборочной обработке на зерноочистительных машинах // Селекция и семеноводство. – 1978. – № 6. – С. 70-71.
6. Строна И.Г. Травмирование семян зерновых культур и его предупреждение. – М.: Колос, 1972. – 157 с.
7. Тарасенко А.П. Снижения травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. –

Воронеж, 2003. – 331 с.

8. Чазов С.А. О мерах снижения травмирования семян // Селекция и семеноводство. – 1964. – № 4. – С. 30-32.
9. Ахалая Б.Х., Пехальский И.А., Сулейманов М.И. Оптимизация работы однозернового пневматического высевального аппарата для совмещенного посева различных культур // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2014. – С. 126-129.
10. Шайхов М.М. О выборе параметров дисково-анкерного сошника зерновой сеялки для полосного посева // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2011. – С. 170-174.
11. Шайхов М.М., Шайдуллин Х.Х., Шайхов М.К., Габдуллин Г.Г., Шайдуллин Р.Х. Эффективность переоборудования посевных комплексов // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2010. – С. 222-228.

RESEARCH OF DAMAGE OF SEEDS AT THEIR MOVEMENT IN DISK COULTER OF MODERNIZED DESIGN

D.A. Derevyanko

Zhitomir National Agro-ecological University, Staryy boulevard, 7, Zhitomir, 10008, Ukraine, e-mail: nnc-imesg@ukr.net

During a sowing grain is damaged because of movement on a surface of working elements. It leads to formation of cracks, to destruction and damage of seed material and as result productivity reduces and received grain has lower quality. The authors researched a movement of caryopses during a sowing taking into account the speed of the movement, weight, friction and resistance forces, and other factors. At the movement on a distributive plate of a disk coulters seeds meet the cylindrical pins and change the direction of the movement that makes it possible the uniformity distribution. Their coordinates during each certain period of time were determined by system of the recurrent algebraic equations. Thanks to this system it is possible to define at each stage an arrangement of caryopses, a trajectory of their movement after contact with pins. The main advantage of such method is that on each step it is possible to know the provision of a particle and to change the direction of a trajectory of its movement if it will be necessary. This problem was solved numerical due to the program «Plastina. For a plate with width 0.075 m and length 0.175 m long, by a step of time 0.0001s the authors made the cyclic procedure describing a trajectory of the particle movement. To define the further direction of a trajectory of the movement of a particle after its collision with an obstacle the authors applied probabilistic approach and invoked a random number generator. We studied a form of a distributive plate after modeling of the movement of a particle. The optimum position of seeds on a distributive plate with pins covered with rubber material reduces damage of caryopses, improves their quality that provides optimum placement in soil at sowing

Keywords: Sowing; Grain crops; Seeds damage; Disk coulters.

References

1. Adamchuk V.V., Bulgakov V.M., Chernysh A.M., Yaremenko V.V. *Teoriya vibratsionnykh mashin sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Theory of vibration machines in agricultural production]*. Kiev: Agrarna nauka, 2013. 439 (Russian).
2. Egorov G.A. *Vliyaniya tepla i vlagi na protsessy pererabotki i khraneniya zerna [Heat and moisture influence on processes of grain processing and storage]*. Moscow: Kolos, 1973. 264 pp. (Russian).
3. Pekhal'skiy I.A. *Universal'naya klassifikatsiya travmaticheskikh povrezhdeniy vnutrennikh struktur semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Universal classification of traumatic damages of internal structures of crops seeds]*. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2015. No. 6. pp. 9-13 (Russian).
4. Kaloshina Z.M. *Vskhozhest' semyan rzhii v zavisimosti ot stepeni povrezhdeniya ikh pokrovov [Viability of rye seeds depending on a damage rate of their covers]*. *Dokl. TSKhA. Vyp.* 1968. pp.14-17 (Russian).
5. Kuznetsov V.V. *Stepen' povrezhdeniya semyan pri posleuborochnoy obrabotke na zernoochistitel'nykh mashinakh. Seleksiya i semenovodstvo [Seeds damage rate at postharvest processing by grain cleaners]*. 1978. No. 6. pp. 70-71 (Russian).
6. Strona I.G. *Travmirovaniye semyan zernovykh kul'tur i ego preduprezhdeniye [Grain seeds damage and its prevention]*. Moscow.: Kolos, 1972. 157 pp. (Russian).
7. Tarasenko A.P. *Snizheniya travmirovaniya semyan pri uborke i posleuborochnoy obrabotke [Decrease in seeds damage when harvesting and postharvest processing]*. Voronezh, 2003. 331 pp. (Russian).
8. Chazov S.A. *O merakh snizheniya travmirovaniya semyan // Seleksiya i semenovodstvo [About measures of seeds damage decrease]*. 1964. No. 4. pp. 30-32 (Russian).
9. Akhalaya B.Kh., Pekhal'skiy I.A., Suleymenov M.I. *Optimizatsiya raboty odnozernovogo pnevmaticheskogo vysevalyushchego apparata dlya sovmeshchennogo poseva razlichnykh kul'tur [Optimization of operation of one-grain pneumatic seeding apparatus for combined sowing of various cultures]*. *Innovatsionnoye razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* Moscow: VIM, 2014. pp. 126-129 (Russian).
10. Shaykhov M.M. *O vybore parametrov diskovo-ankernogo soshnika zernovoy seyalki dlya polosnogo poseva [About choice of parameters of disk and anchor coulters of grain seeder for strip sowing]* // *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch.1.* Moscow: VIM, 2011. – pp. 170-174.
11. Shaykhov M.M., Shaydullin Kh.Kh., Shaykhov M.K., Gabdullin G.G., Shaydullin R.Kh. *Effektivnost' pereoborudovaniya posevnykh kompleksov [Effectiveness of sowing machine retooling]*. *Resurso-sberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskoe obespecheniye proizvodstva zerna: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* Moscow: VIM, 2010. pp. 222-228 (Russian).