

ВИБРАЦИОННАЯ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ДООЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Петр Заика, Николай Бакум, Анатолий Михайлов, Александр Козий, Антон Усков
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко

Ул. Артема 44, Харьков, Украина. E-mail: khstua@lin.com.ua

Petr Zaika, Nickolay Bakum, Anatoliy Mikhaylov, Alexander Koziy, Anton Uskov
Kharkov national technical university of agriculture of the named after Petra Vasilenko
St. Artem 44, Kharkiv, Ukraine. E-mail: khstua@lin.com.ua

Аннотация. Описан новый способ очистки и сортирования семян сельскохозяйственных культур по комплексу физико-механических свойств: упругости, фрикционным свойствам и форме семян. Приведена математическая модель движения частиц по рабочему органу вибрационной семяочистительной машины, в которой реализуется разработанный способ сепарации. Указаны семенные смеси, разделение которых эффективно на машине.

Ключевые слова: Вибрационная семяочистительная машина, семена сельскохозяйственных культур, очистка, сортирование, математическая модель.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Доведение до высоких посевных кондиций семян сельскохозяйственных культур традиционными методами с использованием серийных с воздушно-решетно-триерными рабочими органами зерноочистительных машин связано с определенными трудностями из-за своеобразного приспособления семян сорных растений, которые постепенно теряют те признаки делимости, по которым ранее отличались от семян основной культуры [2, 3, 4, 6, 7, 10, 14, 15].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур связано с применением современных технологий, средств механизации, а также с использованием для посева семенного материала с высокими посевными и урожайными свойствами.

Подготовить семена сельскохозяйственных культур с высокими посевными качествами возможно только опираясь на научное обоснование и промышленные технологии

специализированных заводов, цехов и механизированных токов, которые укомплектованы современным специальным оборудованием для очистки, сортирования, активного вентилирования, сушки и других операций для послеуборочной обработки семян. Необходимо отметить, что разработка, усовершенствование и организация серийного производства новых высокопроизводительных, высокоэффективных машин и оборудования для послеуборочной обработки семенных материалов сельскохозяйственных культур в настоящее время не в полной мере удовлетворяет потребности семеноводов.

Сепарация семенных смесей овощных культур в большинстве хозяйств Украины осуществляется на зерноочистительных машинах общего назначения с тихоходными воздушно-решетно-триерными рабочими органами. Очистка и сортирование семян на этих машинах часто связана со значительными трудностями, потому что семена большинства сорняков и примесей существенно не отличаются от семян основной культуры по аэродинамическим свойствам и размерным характеристикам. Вынужденные многократные пропуски семенных смесей овощных культур через рабочие органы таких машин приводят к травмированию семян и потерям значительной части семян основной культуры в отход.

Несовершенство технологических процессов серийных зерноочистительных машин предопределяет необходимость насыщения технологических линий для послеуборочной обработки специальными семяочистительными машинами для доочистки семян сельскохозяйственных культур. Использование этих машин в свою очередь усложняет технологические линии, их настройку, обслуживание, и не всегда приво-

ВИБРАЦИОННАЯ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ДООЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

дит к получению высококондиционных семян [3, 5, 6, 7, 13, 14, 15].

В связи с этим, поиск новых признаков разделения и рабочих органов для их реализации в зерноочистительных машинах для очистки и сортирования семенных смесей сельскохозяйственных культур, а также исследование технологического процесса подготовки посевного материала с высокими посевными показателями является актуальным и имеет важное значение.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы – обосновать параметры сепарации семенных смесей на виброфрикционных поверхностях с помощью математического моделирования движения частиц по рабочему органу машины, в которой реализуется новый способ сепарации – по комплексу физико-механических свойств. Установить возможность доочистки до высоких посевных качеств семян сельскохозяйственных культур от трудноотделимых семян сорных растений и примесей с одновременным сортированием семян основной культуры на вибрационной семяочистительной машине.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Решение проблемы повышения качества семян связано с созданием новых высокоэффективных средств их очистки и сортирования.

Многолетние исследования в теории и практике вибросепарации [12, 16, 17, 18, 19, 20] дали возможность создать новый способ очистки и сортирования компонентов семенных смесей – по комплексу физико-механических свойств: упругости, фрикционных свойств и форме семян. Этот способ сепарации семян, положенный в основу конструкций новых машин, рабочими органами которых являются вибрирующие неперфорированные фрикционные плоскости.

Рабочие органы этих машин в большинстве режимов технологического процесса очистки и сортирования семян устанавливаются с двойным продольно-поперечным наклоном к горизонту.

При этом вибрирующие плоскости не горизонтальны, а траектории колебаний не лежат в вертикальной плоскости, имеющей нормаль к вибрирующей плоскости, то есть

не лежат в плоскости наибольшего ската. В материалах статьи рассмотрим только прямолинейные гармонические колебания плоскости, которые не лежат в плоскости наибольшего ската.

На рис. 1 показана схема сил, действующих на частицу, находящуюся на колеблющейся плоскости с продольно-поперечным наклоном.

Положение плоскости в пространстве определяется следующими системами координат: $\xi_0^* \eta_0^* \zeta_0^*$ – абсолютная (неподвижная) система координат; $\xi \eta \zeta$ – относительная (подвижная) система координат, плоскость которой $\xi O \eta$ совпадает с фрикционной рабочей плоскостью вибрационной семяочистительной машины; $\xi' \eta' \zeta'$ – относительная (подвижная) система координат, оси которой во время движения остаются параллельными осям абсолютной системы координат $\xi_0^* \eta_0^* \zeta_0^*$ (оси ξ' и η' располагаются в горизонтальной плоскости).

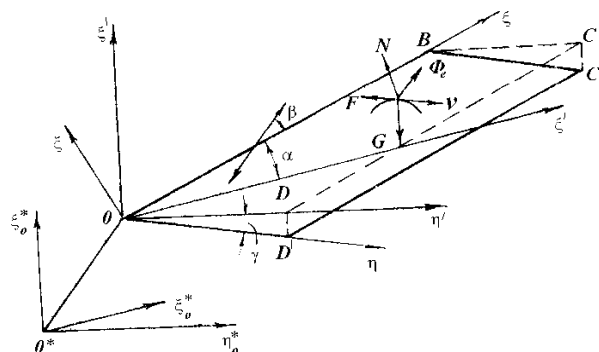


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу, находящуюся на колеблющейся плоскости с продольно-поперечным наклоном

Fig. 1. Chart of forces operating on particle being on the hesitating plane with the longitudinal-transversal inclination

Системы координат $\xi' \eta' \zeta'$ и $\xi \eta \zeta$ жестко связаны с шероховатой рабочей плоскостью вибрационной семяочистительной машины. Положение рабочей плоскости $OBCD'$ относительно системы координат $\xi' \eta' \zeta'$ определяется продольным углом наклона α и поперечным углом наклона γ . Вектор возбуждающей силы вибровозбудителя расположен в плоскости, которая параллельна плоскости

$\xi\alpha\zeta'$ под углом β к линии пересечения шероховатой рабочей плоскости с плоскостью $\xi\alpha\zeta'$ (β – угол направленности колебаний).

Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки имеют такой вид [5, 11]:

$$m\ddot{\xi} = F_{\zeta} + \Phi_{e\xi} + \Phi_{k\xi}, \quad (1)$$

$$m\ddot{\eta} = F_{\eta} + \Phi_{e\eta} + \Phi_{k\eta},$$

$$m\ddot{\zeta} = F_{\zeta} + \Phi_{e\zeta} + \Phi_{k\zeta},$$

где: m – масса частицы; $\ddot{\xi}, \ddot{\eta}$ и $\ddot{\zeta}$ – проекции относительного ускорения; $F_{\xi}, F_{\eta}, F_{\zeta}$ – проекции действующих на частицу внешних сил на оси ξ, η, ζ ; $\Phi_{e\xi}, \Phi_{e\eta}, \Phi_{e\zeta}$ – проекция переносной силы инерции; $\Phi_{k\xi}, \Phi_{k\eta}, \Phi_{k\zeta}$ – проекции кориолисовой силы инерции.

Действующими на частицу внешними силами будут: P – сила тяжести:

$$P = mg, \quad (2)$$

F – сила трения;

$$F = fN, \quad (3)$$

где: N – нормальная реакция. В уравнениях (2) и (3) обозначено g – ускорение силы тяжести; f – коэффициент трения скольжения.

Действующая на частицу переносная сила инерции равна:

$$\Phi_e = -mA\omega^2 \sin\alpha t, \quad (4)$$

где: A, ω – соответственно, амплитуда и частота колебаний рабочего органа; t – время.

Кориолисова сила инерции равна нулю, так как рабочая плоскость совершает поступательное движение:

$$\Phi_k = 0. \quad (5)$$

Направляющими синусами силы тяжести P будут [2]:

$$\cos(\bar{P}, \wedge \xi) = -tg\alpha \cos\gamma \cos\delta, \quad (6)$$

$$\cos(\bar{P}, \wedge \eta) = \sin\gamma;$$

$$\cos(\bar{P}, \wedge \zeta) = -\cos\delta.$$

Направляющими косинусами силы трения F будут:

$$\cos(\bar{F}, \wedge \xi) = -\frac{\dot{\xi}}{\sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2}}, \quad (7)$$

$$\cos(\bar{F}, \wedge \eta) = -\frac{\dot{\eta}}{\sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2}},$$

$$\cos(\bar{F}, \wedge \zeta) = 0.$$

Направляющими косинусами переносной силы инерции Φ_e будут:

$$\cos(\bar{\Phi}_e, \wedge \xi) = -[tg\alpha \cos\gamma \sin(\beta + \alpha) + \frac{\cos(\beta + \alpha)}{\cos\gamma}] \cos\delta, \quad (8)$$

$$\cos(\bar{\Phi}_e, \wedge \eta) = \sin\gamma \sin(\beta + \alpha), \quad (9)$$

$$\cos(\bar{\Phi}_e, \wedge \zeta) = -\frac{\sin\beta \cos\delta}{\cos\alpha}.$$

Направляющими косинусами нормальной реакции будут:

$$\cos(\bar{N}, \wedge \xi) = 0; \cos(\bar{N}, \wedge \eta) = 0, \quad (9)$$

$$\cos(\bar{N}, \wedge \zeta) = 1.$$

В уравнениях (6) и (9) обозначен угол наибольшего ската:

$$\delta = \arccos \frac{\cos\gamma \cos\alpha}{\sqrt{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha \cos^2\gamma}}. \quad (10)$$

С учетом изложенного выше, систему дифференциальных уравнений (1) можно записать в таком виде:

$$m\ddot{\xi} = mgt g\alpha \cos\gamma \cos\delta + mA\omega^2 \cdot$$

$$\cdot \left\{ \cos\delta \left[tg\alpha \cos\gamma \sin(\beta + \alpha) + \frac{\cos(\beta + \alpha)}{\cos\gamma} \right] \right\}.$$

$$\cdot \sin\omega t - fN \frac{\dot{\xi}}{\sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2}}, \quad (11)$$

$$m\ddot{\eta} = mg \sin\gamma - mA\omega^2 \sin(\beta + \alpha) \cdot \sin\gamma \sin\omega t - fN \frac{\dot{\eta}}{\sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2}}, \quad (12)$$

$$m\ddot{\zeta} = -mg \cos\delta + mA\omega^2 \frac{\cos\delta \sin\beta}{\cos\alpha} \cdot \sin\omega t + N. \quad (13)$$

Если частица движется по плоскости без

**ВИБРАЦИОННАЯ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ДООЧИСТКИ И
СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

отрыва ($\zeta = 0, \sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2} \neq 0$), то из уравнения (13) можно получить выражение для силы нормального давления на плоскость в таком виде:

$$N(t) = mg \cos \delta - mA\omega^2 \frac{\cos \delta \sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t. \quad (14)$$

С учетом уравнения (14) система уравнений относительного движения частицы будет иметь такой вид:

$$m\ddot{\xi} = mgtg\alpha \cos \gamma \cos \delta + mA\omega^2 \cdot \left\{ \cos \delta \left[tg\alpha \cos \gamma \sin(\beta + \alpha) + \frac{\cos(\beta + \alpha)}{\cos \gamma} \right] \right\} \cdot \sin \omega t - f \left(mg \cos \delta - mA\omega^2 \cos \delta \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t \right) \cdot \frac{\dot{\xi}}{\sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2}}, \quad (15)$$

$$m\ddot{\eta} = mg \sin \gamma - mA\omega^2 \sin(\beta + \alpha) \cdot \sin \gamma \sin \omega t - f \cdot \left(mg \cos \delta - mA\omega^2 \frac{\cos \delta \sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t \right) \cdot \frac{\dot{\eta}}{\sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2}}. \quad (16)$$

Частица остается на вибрирующей плоскости в состоянии покоя ($\zeta = 0, \sqrt{\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2} = 0$) при условии [1]:

$$\sqrt{(F_{\xi}^0)^2 + (F_{\eta}^0)^2} < f_1 N, \quad (17)$$

где: f_1 – коэффициент трения покоя; F_{ξ}^0 и F_{η}^0 – проекции силы сухого трения неподвижной частицы (составляющие реакции связи частицы в плоскости рабочего органа), которые можно получить из условия равновесия ее на плоскости:

$$F_{\xi}^0 = m \left(-gtg\alpha \cos \gamma \cos \delta + A\omega^2 \cdot \left[\cos \delta \left\{ tg\alpha \cos \gamma \sin(\beta + \alpha) + \frac{\cos(\beta + \alpha)}{\cos \gamma} \right\} \cdot \sin \omega t \right] \right), \quad (18)$$

$$F_{\eta}^0 = m[g \sin \gamma - A\omega^2 \sin(\beta + \alpha) \sin \gamma \sin \omega t]. \quad (19)$$

Частица может оставаться на плоскости при выполнении условия:

$$N(t) > 0,$$

откуда

$$w_0^* = \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha} \leq 1. \quad (20)$$

Параметр w_0^* , равный отношению амплитуды поперечной составляющей силы инерции $mA\omega^2 \cos \delta \sin \beta \cos^{-1} \alpha$ к поперечной составляющей силы тяжести $mg \cos \delta$, называется параметром перегрузки.

Если условие (20) не выполняется, то в определенный момент времени нормальная реакция $N(t)$, определяемая по формуле (14), обращается в нуль и частица отрывается от вибрирующей плоскости. Уравнения полета частицы получаются из уравнений (11)-(13), если в них положить $F_{\xi} = F_{\eta} = N = 0$:

$$\ddot{\xi} = gtg\alpha \cos \gamma \cos \delta + A\omega^2 \cdot \left\{ \cos \delta \left[tg\alpha \cos \gamma \sin(\beta + \alpha) + \frac{\cos(\beta + \alpha)}{\cos \gamma} \right] \right\} \cdot \sin \omega t, \quad (21)$$

$$\eta = [g - A\omega^2 \sin(\beta + \alpha) \sin \omega t] \sin \gamma, \quad (22)$$

$$\ddot{\zeta} = \left[-g + A\omega^2 \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t \right] \cos \delta. \quad (23)$$

Связь между проекциями скорости частицы на нормаль к плоскости и на саму вибрирующую плоскость до и после удара о последнюю определяется формулами аналогичными равенствам (13)-(15).

Нормальная составляющая скорости движения частицы после удара определяется по формуле (13).

В соответствии с гипотезой вязкого трения тангенциальная составляющая скорости движения частицы после удара определяется по формуле:

$$v_+ = (1 - \lambda)v_-$$

$$\text{при } |v_-| < \left| \frac{f(\dot{\xi}_+ - \dot{\xi}_-)}{\lambda} \right|, (0 \leq \lambda \leq 1), \quad (24)$$

где: v_- – скорость частицы до удара,

$$v_- = \sqrt{\dot{\xi}_-^2 + \dot{\eta}_-^2}.$$

Здесь $\dot{\xi}_-$ и $\dot{\eta}_-$ – составляющие скорости движения частицы до удара о вибрирующую плоскость ($t = t_n$) в направлении осей ξ и η ; λ – коэффициент мгновенного трения частицы при ударе.

В проекциях на оси подвижной системы координат $\xi\eta$ выражения для составляющих скорости можно записать так:

$$\begin{aligned} \dot{\xi}_+ &= v_+ \sin \sigma, \\ \dot{\eta}_+ &= v_+ \cos \sigma, \end{aligned} \quad (25)$$

где:

$$\begin{aligned} \sin \sigma &= \frac{\dot{\xi}_-}{v_-} = \frac{\dot{\xi}_-}{\sqrt{\dot{\xi}_-^2 + \dot{\eta}_-^2}}, \\ \cos \sigma &= \frac{\dot{\eta}_-}{v_-} = \frac{\dot{\eta}_-}{\sqrt{\dot{\xi}_-^2 + \dot{\eta}_-^2}}. \end{aligned} \quad (26)$$

В формулах (25) и (26) σ – угол между положительным направлением скоростей v_- и η_- .

В соответствии с гипотезой сухого трения тангенциальная составляющая скорости движения частицы после удара определяется по формуле:

$$v_+ = v_- - f'(\dot{\xi}_+ - \dot{\xi}_-) \operatorname{sign} v_-$$

$$\text{при } |v_-| > \left| \frac{f(\dot{\xi}_+ - \dot{\xi}_-)}{\lambda} \right|, \quad (27)$$

где: f' , как и в предыдущем случае, коэффициент ударного трения, часто принимаемый равным коэффициенту трения скольжения f .

Соотношения (14)-(27) представляют собой полную систему уравнений, описывающих движение частицы.

Конструктивная схема вибрационной семяочистительной машины разработанной в ХНТУСХ им. П. Василенко приведена на рис. 2.

Рабочим органом машины являются фрикционные неперфорированные сепарирующие поверхности 7 (два пакета по 10-15 штук), установленные с продольно-поперечным наклоном.

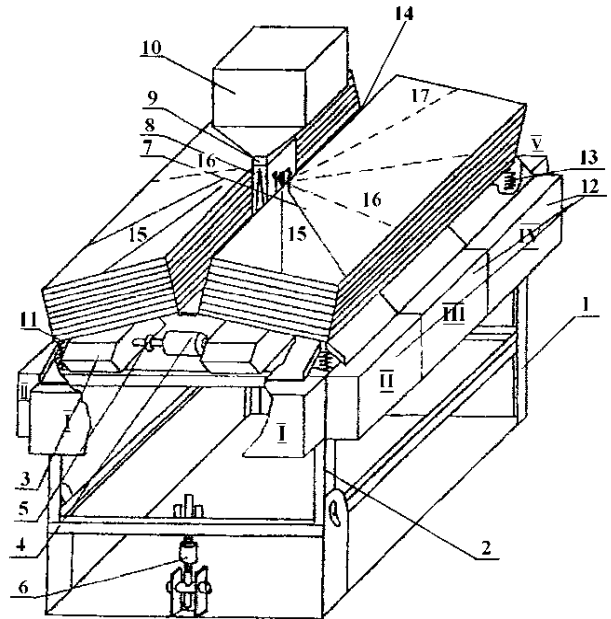


Рис. 2. Конструктивная схема вибрационной семяочистительной машины: 1 – основная рама; 2 – промежуточная рама; 3 – вибровозбудители; 4 – промежуточная передача; 5 – упругие муфты; 6 – механизм регулирования продольного угла наклона рабочих поверхностей к горизонту; 7 – неперфорированные сепарирующие поверхности; 8 – питающее устройство; 9 – переходной патрубков; 10 – бункер; 11 – вибростол; 12 – приемники семян; 13 – пружины; 14 – механизм регулирования поперечного угла наклона рабочих поверхностей к горизонту; 15, 16, 17 – траектории движения семян

Fig. 2. Structural chart of vibration seed-clean machine: 1 – the basic frame; 2 – an intermediate frame; 3 – vibrators; 4 – intermediate transfer; 5 – elastic coupling; 6 – the mechanism of regulation of a longitudinal corner of an inclination of working surfaces to horizon; 7 – not punched separation surfaces; 8 – the having device; 9 – transitive a branch pipe; 10 – the bunker; 11 – vibro-table; 12 – receivers of seeds; 13 – springs; 14 – the mechanism of regulation of a cross-section corner of an inclination of working surfaces to horizon; 15, 16, 17 – trajectories of movement of seeds

Технологический процесс работы машины происходит следующим образом. Под воздействием колебаний исходный семенной материал из бункера 10 через гибкие патрубки 9 и питающие устройства 8 поступает на рабочие поверхности 7. На них компоненты

ВИБРАЦИОННАЯ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ДООЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

смеси в зависимости от физико-механических характеристик перемещаются по различным траекториям и разделяются. Так, по траекториям 15 перемещаются более округлые, упругие семена и скатываются в нижние приемники продуктов разделения. Плоские, шероховатые и менее упругие семена, а также примеси перемещаются по траекториям 17 в верхние приемники. Частицы, имеющие промежуточные значения этих свойств, поступают по траекториям 16 в боковые приемники.

Исследованиями установлена возможность доочистки до высоких посевных кондиций семян следующих культур [8, 9, 12, 16, 17, 18, 19]:

- овощных (укропа, салата, лука, петрушки, моркови, капусты, щавеля, редиски и др.) – с очисткой от семян сорных растений: повилики, щетинника сизого и зеленого, проса куриного, березки полевой, бодяка, сурепицы, щирицы, мари белой, подмаренника, поврежденных семян основной культуры и др.;

- проса – с очисткой от семян сорных растений: проса куриного, щетинника сизого и зеленого, березки полевой, недоразвитых, семян в чешуйке и др.;

- сахарной свеклы – с очисткой от семян сорных растений: дикой редьки, измельченных стебельков и выделением в отходы многогоростковых и травмированных семян основной культуры;

- трав (люцерны, клевера, эспарцета, тимфеевки луговой и др.) – с очисткой от семян сорных растений: ромашки непахучей, бодяка, проса куриного, щетинника сизого и зеленого и др.;

- конопли - с очисткой от семян сорных растений: амброзии и гречишки вьюнковой и др.;

- льна – с очисткой от семян сорных растений: плевела, василька, березки полевой и др.;

- рапса, сурепицы, горчицы – с очисткой от семян сорных растений: подмаренника цепкого, круглеца метельчатого, склероции белой гнили, комочков почвы, частей стеблей, стручков и др., а также выделением травмированных, проросших, сдвоенных семян, их половинок;

- зерновых культур (пшеницы, ржи, ячменя, овса и др.) – с очисткой от семян сорных растений: гречишки, вьюнка полевого,

овсюга и др.;

- лекарственных растений (ромашки доматской, тимьяна обыкновенного, мачка желтого, катарантуса розового, валерианы лекарственной, ромашки аптечной, мака масличного, подорожника и др.) – с очисткой от семян сорных растений: гречишки развесистой, бодяка полевого, смолевки, мари белой, щирицы, проса куриного, пастушьей сумки, щавеля малого и др.

Кроме того, с доочисткой семян сельскохозяйственных культур до высоких посевных качеств, одновременно имеется возможность сортирования семян основной культуры с выделением неполноценных семян (травмированных, щуплых, проросших, недозрелых), что значительно повышает кондиционность отсортированных семян, позволяет уменьшить норму высева и повысить урожайность.

ВЫВОДЫ

Предложенный новый способ сепарации семян сельскохозяйственных культур и разработана вибрационная семяочистительная машина позволяют выделить из семян основной культуры трудноотделимые семена сорных растений и другие примеси, которые не возможно выделить на существующих зерноочистительных машинах. Одновременно с очисткой имеется возможность выделить из семян различных культур неполноценные семена (травмированные, щуплые, недоразвитые, проросшие и т.д.) основной культуры и тем самым повысить качества семян целевой (посевной) фракции.

Разработана математическая модель описывающая движение частицы по рабочему органу машины, в которой реализуется разработанный способ сепарации по комплексу физико-механических свойств: фрикционным свойствам, упругости и форме семян позволяет определить основные параметры процесса сепарации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blehman I., Dzhanelidze G. 1964. Vibracionnoe peremeshhenie. Moskva : Nauka, – 410.
2. Karpenko A., Halanskij V. 1989. Sel'skohozjajstvennye mashiny. Moskva : Agropromizdat, – 528.
3. Klenin N., Sakun V. 1994. Sel'skohozjaj-

- stvennye i meliorativnye mashiny. Moskva : Kolos, – 751.
4. Komaristov V., Petrenko M., Kosinov M. 1996. Sel'skohozhajstvennye mashiny. – Kiev : Urozhaj, – 240.
5. Lovejkin V., Chovnjuk Ju., Kulik V. 2012. Optimizacija rezhimov kolebanij zernovyh smesej pri nalichii suhogo trenija. Motrol. Motoryzacija i energetyka rolnictva. – Lublin, – Tom 14, №3. – 140–147.
6. Marchenko V. 1999. Sil's'kogospodars'ki mashini. – Kiïv : Vishcha shkola, – 344.
7. Oknin B., Gorbachev I., Terehin A., Solov'ev V. 1989. Mashiny dlja posleuborochnoj obrabotki zerna. – Moskva : Agropromizdat, – 238.
8. Nasinnja sil's'kogospodars'kih kul'tur. Metodi viznachennja jakosti. DSTU 4138-2002. – Kiïv, 2003. – 173. – (Natsional'nij standart Ukraïni).
9. Nasinnja sil's'kogospodars'kih kul'tur. Tehnichni umovi. DSTU 2240-93. Kiïv : Derzhstandart Ukraïni, 1994. – 73.
10. Rybalko A., Volosevich N., Emelin B. 1992. Sel'skohozhajstvennye mashiny. – Moskva : Kolos, – 448.
11. Savin G., Putjata T., Fradlin B. 1973. Kurs teoreticheskoy mehaniki. – Kiev : Vishha shkola. – 312.
12. Zaïka P., Bakum M., Mihajlov A. 2013. Sortuvannja nasinnja kormovih burjakiv na vibratsijnij nasinneochisnij mashini. Vseukraïns'kij naukovo-tehnichnij zhurnal «Vibratsii v tehnitsi ta tehnologijah» – Vinnitsja, № 2 (70). – 171-175.
13. Stepanenko S. 2012. Osobennosti modelirovanija processov separacii zerna v uslovijah zernotoka hazhajstva. Motrol. Motoryzacija i energetyka rolnictva. – Lublin, – Tom 14, №3. 148–157.
14. Vojtjuk D., Gavriljuk G. 2008. Sil's'kogospodars'ki mashini. – Kiïv : Karavela, – 551.
15. Vojtjuk D., Gavriljuk G. 2004. Sil's'kogospodars'ki ta meliorativni mashini. – Kiïv : Vishcha osvita, – 554.
16. Zaïka P. 1986. Ochistka semjan ot trudnodelimyh semjan sornyh rastenij i primesej. – Moskva : MIISP. – 19.
17. Zaïka P., Maznev G. 1978. Separacija semjan po kompleksu fiziko-mehaničeskikh svojstv. – Kiev : Kolos, – 287.
18. Zaïka P. 2006. Teorija sil's'kogospodars'kih mashin : rozdil 7 : Ochistka i sortuvannja nasinnja. – Kharkiv : Oko, T. 4. – 407.
19. Zaïka P. 1981. Vibracionnye semjaochistitel'nye mashiny i ustrojstva. – Moskva : MIISP. – 141.
20. Zaïka P., Bakum M., Mihajlov A. 2005. Vibratsijna nasinneochisna mashina dlja doochishčennja nasinnja sil's'kogospodars'kih kul'tur. Zhurnal «Propozicija», № 6. – Kiïv. – 102.

**THE VIBRATION SEEDCLEAN
MACHINE FOR CLEANING AND
SORTING SEEDS OF THE
AGRICULTURAL CULTURES**

Summary. A new method of cleaning and sorting seeds of agricultural cultures on complex of physical-mechanical properties is described: to the resiliency, roughness and form of seeds. A mathematical model of motion of particles on the working organ of vibration seeds clean machine in which the developed method of separation realizations is led. Seminal mixtures are indicated, division of which effectively on machine.

Key words: vibration seeds clean machine, seeds of agricultural cultures, cleaning, sorting, mathematical model.