

Харьковский институт механизации и электрификации
сельского хозяйства

На правах рукописи

ХАРУК Игорь Дмитриевич

УДК 631.362

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ОЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН КРЕСТОЦВЕТНЫХ МАСЛИЧНЫХ
КУЛЬТУР НА ВИБРАЦИОННОЙ СЕМЕОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Специальность 05.20.01 – Механизация
сельскохозяйственного производства

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков – 1993



Робота виконана в Харківському інституті механізації і
електрифікації сільського господарства

Научний керівитель: Заслуженный деятель науки Украины, академик
УААН, доктор технических наук, профессор
П. М. Заика

Официальные оппоненты: член-корреспондент УААН,
доктор технических наук, профессор
А. С. Кушнарев
кандидат технических наук, доцент
А. В. Миняло

Ведущая организация - Украинский научно-исследовательский
институт сельскохозяйственного машино-
строения, Харьков

Защита состоится "24" июня 1993 г. в 10 час. на
заседании специализированного совета К І 20.38.01 по присуждению
ученой степени кандидата технических наук при Харьковском инсти-
туте механізації і електрифікації сільського господарства по адресу:
310078, г. Харьков, 78, ул. Артема, 44.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатью, просим направлять ученому секретарю специализированного
совета по адресу: 310078, г. Харьков, 78, ул. Артема, 44, ХИМЭСХ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "21" мая 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Ермолов

Л. С. Ермолов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Большое значение в последние годы придается наращиванию производства семян крестоцветных масличных культур - ценных источников получения растительного масла и белка.

Важным условием получения высоких и устойчивых урожаев семян данных культур является посев высококачественными семенами в системе мероприятий по увеличению производства которых, наряду с современными агротехническими приемами, большое значение имеет их послеуборочная обработка, в частности, очистка от сорняков и примесей и сортирование.

Для очистки и сортирования семян крестоцветных масличных культур в настоящее время в основном используют выпускаемые промышленностью семеочистительные машины с воздушно-решетно-триерными рабочими органами, а также некоторые машины, относящиеся к категории специальных. Однако, практика показала, что традиционные способы и средства обработки семян в ряде случаев не обеспечивают надлежащего качества посевного материала, особенно при наличии в нем трудноотделимых семян сорных растений. Многократные пропуски семян через рабочие органы данных машин, практикуемые в хозяйствах, приводят к значительным потерям семян в отходы, увеличению травмированности и, как следствие, к снижению их качества.

Таким образом, вопросы изыскания и исследования новых рабочих органов семеочистительных машин актуальны и имеют важное народно-хозяйственное значение.

Тема данной работы является составной частью комплексной темы научных исследований ХИМЭСХ "Разработать технологию и средства сепарации трудноразделимых семенчых смесей и посева, обеспечивающие повышение эффективности машин", которая включена в Государственную программу "Продовольство-95".

Цель работы. Повышение эффективности сепарации семян крестоцветных масличных культур путем обоснования параметров технологического процесса обработки их на вибрационной семеочистительной машине.

Объект исследований. Экспериментальная лабораторная установка, позволяющая получать с помощью трехвального дебалансного вибровозбудителя различные виды колебаний (эллиптические, прямолинейные и круговые) рабочего органа с равномерным в допустимых пределах полем его амплитуд и экспериментальный образец аналогичной вибрационной семеочистительной машины. Семенные материалы некоторых крестоцветных масличных культур (рапса озимого и ярового, горчицы белой и сарептской), содержащие трудноотделимые на существующих семеочистительных машинах семена сорных растений.

Общая методика исследований. Конструкция вибрационной семеочистительной машины с трехвальным дебалансным вибровозбудителем обоснована методом расчета ее основных параметров. Теоретические исследования движения семян по рабочему органу машины проводились на основе методов исследования динамики твердого тела при различных видах колебаний рабочего органа. Решение соответствующих дифференциальных уравнений выполнено на ЭВМ. Оптимальные значения параметров технологического процесса работы машины обоснованы методом многофакторного эксперимента с использованием методики оптимизации с ограничением нижнего значения скорости транспортировки семян. Экспериментальные данные обрабатывались с использованием методов математической статистики.

Научная новизна. Разработана математическая модель, описывающая плоскопараллельное вибрационное перемещение семян с поперечным сечением в форме эллипса для эллиптического закона колебаний, частными случаями которого являются прямолинейные и круговые ко-

лебания. Установлены физические эффекты, сопровождающие движение семян при данных видах колебаний.

Получены новые сведения по некоторым физико-механическим свойствам компонентов семенных материалов исследуемых крестоцветных масличных культур. Обоснована возможность их очистки и сортирования на неперфорированных фрикционных поверхностях вибрационных семеочистительных машин.

Экспериментально исследованы процессы очистки и сортирования семян при прямолинейных и эллиптических колебаниях рабочего органа и проведена сравнительная оценка полученных результатов.

Разработаны конструкции вибрационных семеочистительных машин, новизна которых зацита двумя авторскими свидетельствами на изобретения.

Практическая ценность. Производственными испытаниями установлено, что на вибрационной семеочистительной машине за один пропуск можно доводить трудноразделимый семенной материал крестоцветных масличных культур до высоких посевных кондиций. При этом за счет отбора в отходы травмированных, щуплых и недоразвитых семян качественные показатели целевых фракций повышаются.

Реализация результатов исследований. Вибрационная семеочистительная машина прошла производственные испытания в опытном хозяйстве "Перемога" Ивано-Франковской НИС крестоцветных культур на очистке семян рапса от трудноотделимых семян некоторых сорных растений. Фактический экономический эффект от ее внедрения составил 34556,9 руб. (в ценах 1989 г.).

Апробация работы. Материалы диссертации доложены, обсуждены и получили положительную оценку: на научно-методических конференциях профессорско-преподавательского состава Харьковского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ХИМЭСХ,

Харьков, 1988-1993 годы), на Всесоюзной научно-практической конференции "Механизация и автоматизация технологических процессов в агропромышленном комплексе" (г. Новосибирск, 1989 г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Пути повышения уровня эксплуатации и эксплуатационной технологичности машин в новых условиях экономического развития агропромышленного комплекса" (г. Харьков, 1990 г.).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертационной работы опубликовано 5 научных статей и получено 2 авторских свидетельства на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести разделов, выводов, списка использованной литературы и приложений. Она изложена на 310 страницах, содержит 149 страниц машинописного текста, 63 рисунка и 25 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, приведены выносимые на защиту положения.

В первом разделе дан анализ способов и средств очистки и сортирования семян крестоцветных масличных культур. Установлено, что используемые традиционные средства очистки не обеспечивают в полной мере необходимого качества посевного материала. В связи с этим возникает необходимость в изыскании новых рабочих органов самоочистительных машин для выделения трудноотделимых семян сорных растений.

Исследованиями П.М.Зайки, Г.Е.Мазнева, В.Я.Ильина, В.В.Бакума, А.В.Вогомолова, В.А.Гудыма, Л.Г.Жмая и других авторов установлено, что многие трудноразделимые семенные материалы с.-х. культур эффективно разделяются на неперфорированных фрикционных

поверхностях вибрационных семеочистительных машин. Процесс сепарации семенных материалов на этих поверхностях обусловлен различием в траекториях и скоростях движения их компонентов, отличающихся фрикционными, упругими свойствами и формой.

Дан обзор существующих конструкций вибрационных семеочистительных машин с неперфорированными фрикционными поверхностями и отмечены их основные недостатки.

Проведен также обзор работ, связанных с вибрационным перемещением частиц по неперфорированным фрикционным поверхностям.

Приоритет в решении задач теории вибрационного перемещения принадлежит ученым: И.И.Блехману, Г.Ю.Джанелидзе, П.М.Василенко, Р.Ф.Нагаеву, Э.Э.Лавенделу, П.М.Заике, Д.А.Плису, Г.Д.Терскову и другим авторам. В большинстве их работ движение частиц обрабатываемого материала рассматривается как движение материальной точки с определенными упруго-фрикционными свойствами. Однако, в последнее время при изучении вибрационного движения семян сельскохозяйственных культур возникли иные подходы, связанные с учетом формы и размеров семян. Это работы П.М.Заики, В.Я.Ильина, Д.А.Манчинского, А.В.Богачюлова, С.Д.Бакеева, П.М.Юдицкого, Л.Г.Жмая, Ю.И.Красолицкого и других авторов.

Процесс вибросепарации в настоящее время в основном осуществляется при прямолинейных гармонических колебаниях рабочего органа, поэтому данный вид колебаний исследован довольно полно. Однако, в работах А.О.Спиваковского, И.Ф.Гончаревича, Р.М.Мурцхваладзе, Э.А.Когана, В.И.Якубовича отмечается, что использование эллиптических колебаний в ряде вибротранспортирующих машин обеспечивает повышение скорости транспортировки сыпучих материалов. Теоретически при этом рассматривались в основном задачи вибрационного движения слоя груза и плоской частицы. Исследования, посвященные

виброперемещению частиц с учетом их формы при эллиптических колебаниях, носят лишь начальный поисковый характер.

В соответствии с целью исследований в работе поставлены следующие задачи:

- исследовать некоторые новые физико-механические и технологические свойства и форму трудноразделимых компонентов семенных материалов крестоцветных масличных культур (рапса и горчицы), прошедших очистку на семеочистительных машинах с воздушно-решетно-триерными рабочими органами и не доведенных до требуемых посевных кондиций;

- обосновать возможность разделения компонентов семенных материалов рапса и горчицы на фрикционной неперфорированной колеблющейся поверхности;

- разработать конструкцию вибрационной семеочистительной машины с вибровозбудителем, создающим эллиптические колебания рабочего органа и позволяющим легко изменять соотношение полуосей эллиптической траектории без нарушения при этом идентичности колебаний всех точек рабочего органа, и произвести расчет основных параметров машины;

- изготовить экспериментальный образец вибрационной семеочистительной машины и провести экспериментальное определение его характеристик;

- экспериментально исследовать влияние конструктивно-кинематических параметров вибрационной семеочистительной машины на качество технологического процесса очистки и сортирования семян и провести оптимизацию этих параметров для двух видов колебаний (прямолинейных и эллиптических) с тем, чтобы установить целесообразность введения эллиптических колебаний;

- исследовать зависимость подачи семенного материала от фор-

мы и расположения выходных отверстий питающего устройства машины при двух видах колебаний с целью получения максимальной подачи;

- провести теоретические исследования с целью выяснения физических эффектов, сопровождающих движение семени при прямолинейных и эллиптических колебаниях для оптимальных параметров, найденных при экспериментальных исследованиях, приняв за основу разработанную ранее математическую модель плоскопараллельного движения семени с поперечным сечением в виде эллипса и модифицировав ее для случая эллиптических колебаний;

- исследовать на вибрационной семеочистительной машине процесс очистки с одновременным сортированием семенных материалов рапса и горчицы, трудноразделяемых на воздушно-решетно-триерных семеочистительных машинах;

- провести производственные испытания экспериментального вибрационной семеочистительной машины на очистке и сортировании трудноразделимых семенных материалов крестоцветных масличных культур.

Во втором разделе изучены физико-механические свойства семян крестоцветных масличных культур (рапса и горчицы) и их засорителей, а также форма семян.

Проведенные исследования показали, что наиболее эффективного разделения семян основной культуры и засорителей можно добиться на рабочих органах вибрационных семеочистительных машин, разделяющих семена по предельному углу их подъема по наклонной неперфорированной фрикционной поверхности, учитывая комплекс физико-механических свойств компонентов смеси: упругость, фрикционные свойства и форму.

В третьем разделе обоснована конструкция вибрационной семеочистительной машины, позволяющая использовать различные виды

колебаний рабочего органа (эллиптические, прямолинейные и круговые) без нарушения при этом идентичности колебаний различных его точек (рис. 1). Для создания колебаний при такой компоновке рабочего органа наиболее целесообразным оказалось использование трехвального дебалансного вибровозбудителя.

Проведен расчет основных характеристик вибрационной семейственной машины, расчетная схема которой приведена на рис. 2. На схеме на каждом из валов вибровозбудителя закреплен дебаланс, центр массы которого размещен на одинаковом радиусе r . Массы дебалансов боковых валов m_B приняты одинаковыми, масса дебаланса среднего вала m_u не обязательно совпадает с массами дебалансов боковых валов. Дебалансы вращаются с одинаковой угловой скоростью ω . Фазовые углы расположения дебалансов по отношению к расположению дебаланса первого вала обозначены ρ_2, ρ_3 .

В вибровозбудителе, используемом на машине, принято:

$$\rho_2 = -\pi; \quad \rho_3 = 0.$$

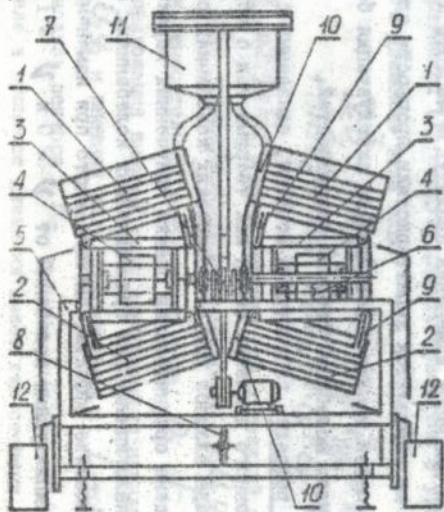
В предположение, что колебания в направлениях горизонтальной и вертикальной осей являются несвязанными, получены следующие соотношения для определения амплитуд колебаний в направлении большой и малой полуосей эллипса:

$$\begin{aligned} A_{\mu} &= \sqrt{A_{\mu s}^2 + A_{\mu c}^2}; \\ A_{\nu} &= \sqrt{A_{\nu s}^2 + A_{\nu c}^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} A_{\mu s} &= \frac{r\omega^2(2m_B + m_u)}{M} \left(\frac{\cos^2 \xi_u}{|p_x^2 - \omega^2|} + \frac{\sin^2 \xi_u}{|p_y^2 - \omega^2|} \right); \\ A_{\mu c} &= \left| \frac{r\omega^2(2m_B - m_u) \sin \xi_u \cos \xi_u}{M} \left(\frac{1}{|p_x^2 - \omega^2|} - \frac{1}{|p_y^2 - \omega^2|} \right) \right|; \\ A_{\nu s} &= \left| \frac{r\omega^2(2m_B + m_u) \sin \xi_u \cos \xi_u}{M} \left(\frac{1}{|p_x^2 - \omega^2|} - \frac{1}{|p_y^2 - \omega^2|} \right) \right|; \\ A_{\nu c} &= \left| \frac{r\omega^2(2m_B - m_u)}{M} \left(\frac{\sin^2 \xi_u}{|p_x^2 - \omega^2|} + \frac{\cos^2 \xi_u}{|p_y^2 - \omega^2|} \right) \right|; \end{aligned}$$

Конструктивная схема вибрационной
сееочистительной машины



1, 2 - блоки сепарирующих поверхностей;
3 - вибростолы; 4 - вибровозбудители;
5 - станина; 6 - пружины; 7 - привод
вибровозбудителей; 8, 9 - механизмы регу-
лировки продольного и поперечного уг-
лов наклона сепарирующих поверхностей;
10 - питатели; 11 - бункер; 12 - приемники

Рис. 1

Расчетная схема машины с вибровозбудителем,
сообщающим сепарирующей поверхности
эллиптические колебания

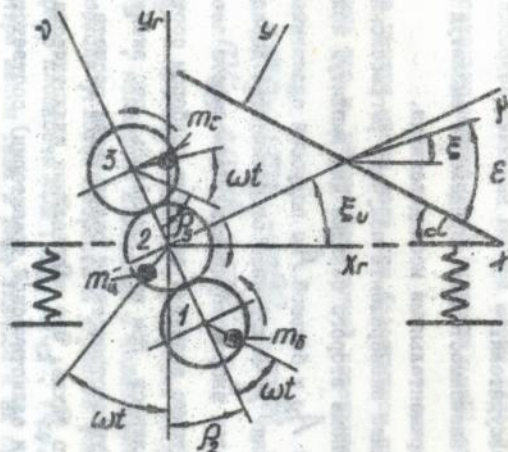


Рис. 2

M - масса колеблющейся части машины; ρ_x и ρ_y - частоты собственных колебаний в направлениях осей X_r , Y_r ; ξ_U - угол установки вибровозбудителя.

Расчетные зависимости для определения амплитуд колебаний проверены экспериментальными исследованиями.

Планированием эксперимента получены регрессионные зависимости в виде полинома второго порядка для амплитуд колебаний в направлении малой A_y и большой A_x полуосей эллиптической траектории и соотношения γ между ними от количества дебалансов заданного веса на валах вибровозбудителя. Зависимости дают возможность установить требуемые значения амплитуд подбором соответствующего количества дебалансов. При этом оказалось, что экспериментальные значения амплитуд соответствуют результатам расчета.

Установлено также, что направление эллиптических колебаний (большой полуоси эллиптической траектории) соответствует направлению оси перпендикулярной прямой, на которой располагаются оси вращения дебалансов.

Построены амплитудно-частотные характеристики машины. В результате определен диапазон изменения амплитуд и частоты колебаний, при которых не нарушаются характеристики прочности элементов колеблющейся части машины и возможна ее эксплуатация без искажений в амплитудах колебаний рабочих поверхностей.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы, связанные с исследованием вибрационного движения семян как твердых тел с поперечным сечением в виде эллипса при эллиптических колебаниях рабочего органа. Проведена сравнительная оценка полученных характеристик движения с аналогичными при прямолинейных колебаниях. Исследованы также физические эффекты, имеющие место при изменении соотношения между амплитудами колебаний от $\gamma = 0$ к $\gamma = 1$.

$$A_{xc} = \frac{\cos^2(2m_0 - m_0)}{m} \left(\frac{\sin^2 \xi_U}{|\rho_x^2 - \omega^2|} + \frac{\cos^2 \xi_U}{|\rho_y^2 - \omega^2|} \right)$$

При составлении уравнений движения использована теорема об изменении количества движения центра массы тела и кинетического момента относительно неподвижной (инерциальной) системы координат.

Движение центра массы тела при безотрывном плоскопараллельном перемещении его на непорфирированной поверхности описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} m\ddot{r}_{\text{вд}x} + m\ddot{x}_{\text{с}k} - m\dot{\theta}R_{\text{с}y} - m\theta\dot{R}_{\text{с}y} &= F_x; \\ m\ddot{r}_{\text{вд}y} + m\theta R_{\text{с}x} + m\dot{\theta}R_{\text{с}x} &= F_y, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\ddot{r}_{\text{вд}x}$, $\ddot{r}_{\text{вд}y}$ - проекции заданного ускорения вибрации плоскости на оси X , Y , неизменно связанные с колеблющейся плоскостью; θ , $\dot{\theta}$ - проекции угловой скорости и углового ускорения на ось Z перпендикулярную плоскости XOY ; $R_{\text{с}x}$, $R_{\text{с}y}$ - проекции координат центра массы тела в виде эллипса и их производных на оси X , Y , с началом в точке контакта тела с плоскостью; F_x , F_y - проекции равнодействующей внешних сил и реакций связи на оси X , Y ; m - масса тела.

Уравнения (2) следует решать совместно с уравнением вращательного движения тела вида

$$\begin{aligned} J_c \dot{\theta} + mR_{\text{с}x}\ddot{r}_{\text{вд}y} - mR_{\text{с}y}(\ddot{r}_{\text{вд}x} + \ddot{x}_{\text{с}k}) + \\ + m\dot{\theta}R_{\text{с}x}^2 + m\dot{\theta}(R_{\text{с}x}\dot{R}_{\text{с}x} + R_{\text{с}y}\dot{R}_{\text{с}y}) &= M'_{\text{о}1z}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $M'_{\text{о}1z} = \sum \bar{\rho}_i \times \bar{F}_i$ - момент внешних сил и реакций связи относительно оси Z_1 , перпендикулярной плоскости $X_1O_1Y_1$; J_c - момент инерции относительно центра массы тела; $\bar{\rho}_i$, \bar{F}_i - радиус-вектор точки приложения внешней силы относительно начала системы координат $X_1O_1Y_1$ и внешняя сила, приложенная к i -той точке тела; R_c - модуль вектора \bar{R}_c .

Тело в процессе движения имеет две степени свободы, которые

определяются координатами скольжения $X_{СК}$ и вращения θ . Поэтому для описания его движения использовалось первое из уравнений (2) и уравнение (3). Второе уравнение (2) использовано для определения реакции плоскости N . При безотрывном режиме движения $N > 0$.

В случае качения без скольжения тело имеет одну степень свободы (его положение определяется координатой θ). Изменение значений координаты θ можно найти, решив уравнение (3) при $\dot{X}_{СК} = 0$. Условие, при котором имеет место качение без скольжения, получено из первого уравнения (2), в котором $\ddot{X}_{СК} = 0$. Качение без скольжения будет иметь место в случае, если сумма проекций сил, действующих на тело в направлении оси X , не будет превышать силы трения.

Проекции ускорения вибрации с учетом того, что колебания поверхности являются эллиптическими, имеют вид

$$\ddot{r}_{00x} = -u_0 \cos \varepsilon_j; \quad \ddot{r}_{00y} = -u_0 \sin \varepsilon_j, \quad (4)$$

где u_0 - модуль ускорения вибрации, равный

$$u_0 = \omega^2 \sqrt{A_x^2 \sin^2 \omega t + A_y^2 \cos^2 \omega t};$$

$\sin \varepsilon_j, \cos \varepsilon_j$ - направляющие косинусы возбуждающей силы на оси ξ, η (оси ξ, η параллельны осям X, Y), равные

$$\sin \varepsilon_j = \frac{\omega^2 (A_x \sin \omega t \sin \varepsilon - A_y \cos \omega t \cos \varepsilon)}{u_0};$$

$$\cos \varepsilon_j = \frac{\omega^2 (A_x \sin \omega t \cos \varepsilon + A_y \cos \omega t \sin \varepsilon)}{u_0};$$

ε - угол направленности колебаний (направления большей полуоси эллиптической траектории).

Полученные зависимости для эллиптических колебаний при $A_x = A_y = A$ и $A_x = A, A_y = 0$ превращаются соответственно в выражения для определения характеристик круговых и прямолинейных колебаний.

При движении тела с отрывом от колеблющейся поверхности

уравнения движения для случая эллиптических колебаний имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \ddot{X}_{co} &= g \sin \alpha + U_0 \cos \varepsilon_f; \\ \ddot{Y}_{co} &= -g \cos \alpha + U_0 \sin \varepsilon_f; \\ J_c \ddot{\theta} &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

При проведении вычислений с целью идентификации расчетных и экспериментальных результатов были определены коэффициенты модели R^*, λ (коэффициенты восстановления скорости и мгновенного трения при ударе) на основании минимизации суммы квадратов отклонений расчетных и экспериментальных значений скоростей транспортировки семян по данным о статистически достаточном количестве экспериментально измеренных характеристик и расчетных данных со статистически достаточным числом изменяемых комбинаций начальных условий (угла поворота тела и фазового угла колебаний).

В теоретических исследованиях представлял интерес выяснить физические эффекты, сопровождающие процесс движения тела при эллиптических и прямолинейных колебаниях, так как в результате экспериментальных исследований при эллиптических колебаниях получены несколько лучшие показатели очистки семян рапса по сравнению с прямолинейными. Экспериментально было также установлено, что в отличие от прямолинейных при эллиптических колебаниях на процесс сепарации влияет изменение направления вращения вала дебалансов, поэтому представлял интерес теоретическое объяснение и этого эффекта.

В качестве исходных данных для исследований приняты наборы оптимальных параметров для эллиптических и прямолинейных колебаний. Размеры полуосей поперечного сечения (эллипса) семени рапса составили: $a = 1,12$ мм, $b = 1,02$ мм.

Расчет производился на ЭВМ. Некоторые из полученных резуль-

татов приведены на рис. 3 и рис. 4.

Во всех случаях тело движется вниз по плоскости (рис. 3).

В случае положительного обхода траектории эллиптических колебаний (положительным считалось направление, когда обегание верхней части траектории происходит в сторону нижнего образа плоскости) скорости движения при эллиптических и прямолинейных колебаний отличаются не существенно. Однако, физические эффекты, сопровождающие при этом движение семян, имеют отличия.

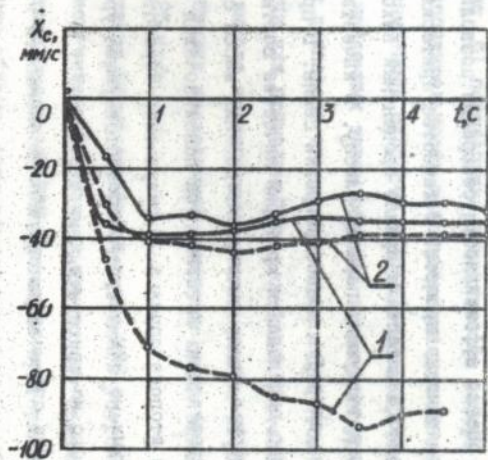
Для прямолинейных колебаний тело скатывается вниз за счет довольно высокой частоты вращения (рис. 4), хотя в процессе отрывов тела от плоскости движение центра массы направлено вверх плоскости. Определяющим в процессе движения тела при эллиптических колебаниях является отрывной режим. В связи с резким уменьшением угловой скорости вращения тела (рис. 4) качение тела практически отсутствует.

При изменении направления вращения вала дебалансов характеристики процесса движения при прямолинейных колебаниях практически не изменяются. При эллиптических колебаниях при этом резко увеличивается средняя скорость движения тела (рис. 3). Наряду с отрывами резко возрастает доля качения тела из-за увеличения угловой скорости его вращения.

Таким образом, в результате анализа результатов установлено, что при определенном направлении обегания эллиптической траектории (в данном случае в положительную сторону) возможно резкое торможение вращения тела.

Исследовалось также влияние изменения соотношения полуосей траекторий эллиптических колебаний на характеристики процесса движения тела, где в качестве исходных данных приняты оптимальные параметры эллиптических колебаний.

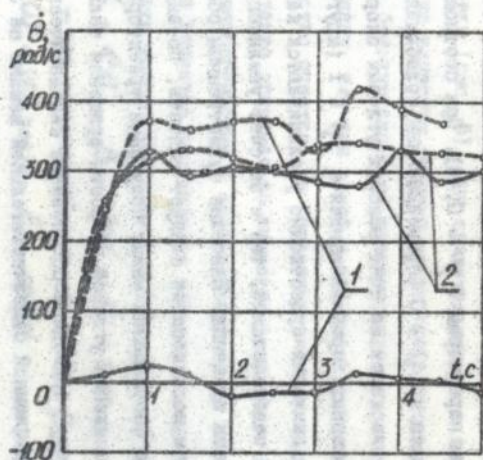
Зависимость средней скорости движения тела в виде эллипса от времени пребывания его на сепарирующей поверхности



1 - эллиптические колебания;
 2 - прямолинейные колебания;
 — при ω со знаком "+";
 --- при ω со знаком "-";

Рис. 3

Изменение средних значений угловой скорости вращения тела в виде эллипса в процессе движения его на сепарирующей поверхности



1 - эллиптические колебания;
 2 - прямолинейные колебания;
 — при ω со знаком "+";
 --- при ω со знаком "-";

Рис. 4

Минимальные значения скорости движения и угловой скорости вращения тела получены при эллиптических колебаниях, соответствующих оптимальным параметрам ($\gamma = 0,44$). При соотношении полуосей, приближающихся к $\gamma = 0$ (прямолинейным колебаниям), тело скатывается вниз плоскости за счет высоких угловых скоростей вращения. При соотношениях, приближающихся к $\gamma = 1$ (круговым колебаниям), скорости движения существенно увеличиваются как за счет увеличения высоты подбрасываний, так и за счет увеличения значений угловой скорости вращения. Наиболее существенным обстоятельством в проведенном исследовании следует считать, по-видимому, наличие некоторого соотношения между полуосями траекторий, при котором возможно снижение угловой скорости вращения тела.

В пятом разделе приведено обоснование кинематических параметров работы вибрационной семеочистительной машины на очистке семян рапса от горошка волосистого при прямолинейных и эллиптических колебаниях с целью установления целесообразности введения эллиптических колебаний.

Качественная оценка эффективности сепарации позволила определить факторы, влияющие на процесс. В качестве критерия оптимизации очистки семенного материала принят процентный выход кондиционных семян, соответствующих первому классу. В качестве функции ограничения выбрана скорость транспортировки семян. В процессе исследований попутно определялся критерий качества сортирования (среднее квадратическое отклонение распределения массы семян по приемникам). При проведении экспериментов использовался ротационный план Фокса второго порядка. В результате обработки экспериментальных данных на ЭВМ получены соответствующие уравнения регрессии для каждого из критериев.

После проведения оптимизации получены зависимости изменения

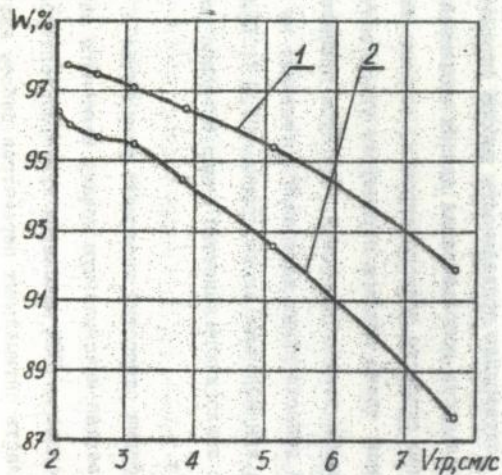
выхода кондиционных семян от ограничивающих значений скорости транспортировки (рис. 5). Они свидетельствуют о возможности при одном и том же качестве очистки семян при эллиптических колебаниях допустить большую скорость транспортировки, а следовательно, и большую подачу, или при одной и той же скорости получить более высокое качество очистки. На основании анализа полученных зависимостей, а также принимая во внимание результаты экспериментов (скорости транспортировки и соответствующий им выход кондиционных семян), в качестве оптимальных выбраны параметры, соответствующие скорости транспортировки 3,8 см/с. Они имеют следующие значения: $\alpha = 4^{\circ}41'$, $\beta = 1^{\circ}20'$, $A = 0,98$ мм, $\omega = 175$ рад/с, $\epsilon = 23^{\circ}56'$ - для прямолинейных и $\alpha = 6^{\circ}$, $\beta = 1^{\circ}$, $A_{\mu} = 0,98$ мм, $\nu = 0,44$, $\omega = 164$ рад/с, $\epsilon = 23^{\circ}10'$ - для эллиптических колебаний. Выход семенного материала рапса первого класса при данных параметрах составил соответственно 93,45 и 94,58 %.

Экспериментальные исследования зависимости качества очистки от подачи (рис. 6) подтвердили правильность выбора параметров и показали предпочтительность использования для их нахождения методики с ограничением скорости транспортировки, так как высокое качество при найденных таким образом параметрах удерживается в более широком диапазоне изменения подачи. При этом приемлемое значение подачи для прямолинейных колебаний составляет не более 3,5 кг/ч при выходе кондиционных семян, равном 91,5 %. При эллиптических колебаниях аналогичное качество семян возможно получить при подаче 5,25 кг/ч.

Найдена также форма отверстий питающего устройства и их расположение, обеспечивающие максимальную подачу семенного материала.

В результате поиска на ЭВМ максимума критерия сортирования установлено, что область оптимальных параметров работы машины,

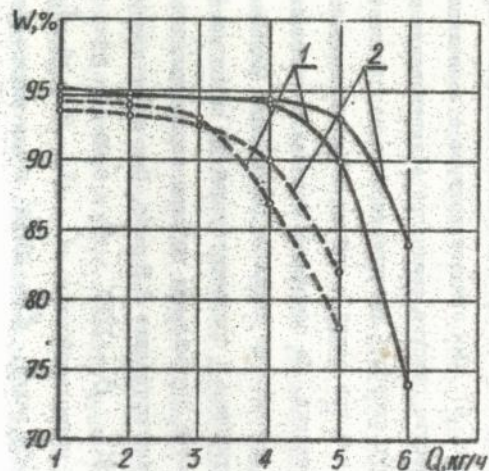
Изменение качества очистки
при ограничении нижнего значения
скорости транспортировки



1 - эллиптические колебания;
2 - прямолинейные колебания

Рис. 5

Зависимость качества очистки от
поддачи



— эллиптические колебания;
- - - прямолинейные колебания;
1, 2 - кривые, полученные при наборе
оптимальных параметров, найденных
соответственно без ограничения $V_{тр}$ и
с ограничением нижнего значения
 $V_{тр} = 3,8$ см/с

Рис. 6

обеспечивающих максимальную эффективность сортирования семян, находится за пределами области оптимальных параметров процесса очистки.

В шестом разделе приведены результаты лабораторных и производственных испытаний вибрационной семеочистительной машины на очистке и сортировании семенных материалов крестоцветных масличных культур (рапса и горчицы), прошедших обработку на воздушно-решетно-триерных машинах, но не доведенных до посевных кондиций.

Испытания показали, что на вибрационной семеочистительной машине из семян рапса выделяются семена горошка волосистого и пикульника, из семян горчицы - пикульника и гречишки вьюнковой. При этом установлено, что процесс очистки семян сопровождается и их сортированием. В отходы выделяются травмированные, биологически менее полноценные семена - с пониженной всхожестью, энергией прорастания и массой 1000 семян.

Фактический экономический эффект от внедрения машины составил 34556,9 руб. (в ценах 1989 г.).

В приложении приведены данные о физико-механических свойствах семян и результаты исследования их формы, программа для расчета на ЭВМ характеристик процесса движения, расчет параметров машины и экономической эффективности ее применения, а также другие материалы.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

I. Существующие способы и средства очистки семенных материалов крестоцветных масличных культур (рапса и горчицы), к которым относятся воздушно-решетно-триерные и некоторые специальные семеочистительные машины, не обеспечивают в полной мере подготовку высококачественного семенного материала из-за наличия в нем семян

сорных растений, существенно не отличающихся по размерам, скорости витания и некоторым другим свойствам от семян основной культуры.

2. Исследованы некоторые новые физико-механические свойства компонентов семенных материалов рапса и горчицы. Установлено, что их очистку целесообразно проводить на рабочих органах вибрационных семеочистительных машин, признаком делимости которых является предельный угол подъема по наклонной неперфорированной шероховатой поверхности компонентов семенной смеси, учитывающий комплекс их физико-механических свойств: упругость, фрикционные свойства и форму.

3. Теоретически и экспериментально обоснована конструктивная схема вибрационной семеочистительной машины, позволяющая получать с помощью трехвального дебалансного вибровозбудителя эллиптические, прямолинейные и круговые колебания рабочего органа с равномерным в допустимых пределах полем его амплитуд.

4. Определен диапазон изменения амплитуд колебаний рабочего органа в направлении малой и большой полуосей эллиптической траектории и соотношения между ними, а также получены регрессионные зависимости данных характеристик от количества дебалансов на валах вибровозбудителя.

5. Экспериментально установлено, что для эллиптических колебаний на качество очистки и сортирования оказывает существенное влияние направление вращения вала вибровозбудителя и соотношение между амплитудами колебаний, которое выбрано в качестве одного из факторов при исследовании процесса очистки для данного вида колебаний.

6. Оптимизация процессов очистки семян, проведенная с ограничением скорости транспортировки при прямолинейных и эллиптиче-

ских колебаниях рабочего органа показала, что выход кондиционных семян по уравнениям регрессии при эллиптических колебаниях выше, чем при прямолинейных на 2,03 % и составляет 96,51 %. Оптимальные значения параметров, к примеру, на очистке семян рапса от горошка волосистого имеют следующие значения: $\alpha = 4^{\circ}41'$, $\beta = 1^{\circ}20'$, $A = 0,98$ мм, $\omega = 175$ рад/с, $E = 23^{\circ}56'$ - для прямолинейных и $\alpha = 6^{\circ}$, $\beta = 1^{\circ}$, $A_{\mu} = 0,98$ мм, $\nu = 0,44$, $\omega = 164$ рад/с, $E = 23^{\circ}10'$ - для эллиптических колебаний.

7. В подтверждение экспериментальных исследований теоретически установлено, что для эллиптических колебаний изменение направления вращения дебалансов дает возможность резко изменить характер движения за счет затормаживания вращений движущегося по рабочему органу семени. На величину затормаживания влияет соотношение между полуосями траектории движения рабочей плоскости, подбором оптимального значения которого можно существенно влиять на характер движения компонентов семенной смеси.

8. При эллиптических колебаниях число факторов, влияющих на процесс, по сравнению с их количеством при прямолинейных колебаниях увеличивается, так как добавляется значение меньшей полуоси траектории колебаний и направление ее обхода. Введение дополнительных факторов увеличивает возможность управления технологическим процессом, что объясняет имеющее место повышение качества очистки.

9. На основании экспериментальных исследований установлено, что при одном и том же качестве очистки при эллиптических колебаниях можно допустить большую скорость транспортировки семян, а следовательно, и большую подачу. К примеру, выход кондиционных семян, равный 91,5% при эллиптических и прямолинейных колебаниях возможен соответственно при значениях подачи 5,25 и 3,5 кг/ч.

10. Исследования показали, что максимальную подачу семян обеспечивают выходные отверстия питающего устройства в форме оживала с продольной осью параллельной направлению вибраций. Установлено, что при эллиптических колебаниях той же амплитуды и частоты, что и прямолинейных, подача семян через данное отверстие увеличивается в 1,38 раза.

11. Лабораторными исследованиями установлено, что на вибрационной сееочистительной машине эффективно разделяются и доводятся до посевных кондиций семенные материалы рапса и горчицы, засоренные трудноотделимыми семенами сорных растений, таких как горошек волосистый, гречишка выюнковая, пикульник и др. Установлено, что при очистке одновременно происходит и сортирование семян, которое заключается в распределении их по фракциям в зависимости от всхожести, энергии прорастания и массы 1000 семян.

12. Производственные испытания экспериментального образца вибрационной сееочистительной машины на обработке семенного материала рапса подтвердили эффективность ее использования. Фактический экономический эффект от внедрения машины составил 34556,9 руб. (в ценах 1989 года).

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Вибросепарация семян рапса // Механизация и автоматизация технол. процессов в агропромышленном комплексе. Ч. 4: Обработка, хранение и переработка продукции. Использование, техническое обслуживание и ремонт машин: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практич. конф. - Новосибирск, 1989, - С. 13-14 (соавтор В.М. Лукьяненко).

2. Очистка и сортировка семян рапса на виброфрикционном сепараторе // Обоснование параметров машин для подготовки семенного материала и посева: Сб. науч. тр. / УСХА. - Киев, 1990. - С. 81-84 (соавтор В.М. Лукьяненко).


3. Возможность повышения посевных качеств и урожайности семян рапса озимого при сортировке посевного материала на виброфрикционном сепараторе // Обоснование параметров машин для подготовки семенного материала и посева: Сб. науч. тр. / УСХА. - Киев, 1990. - С. 77-80 (соавторы В.М. Лукьяненко, А.М. Ковальчук, А.А. Худобяк).

4. Разработка виброфрикционного сепаратора с эллиптическими колебаниями рабочего органа // Пути повышения уровня эксплуатации и эксплуатационной технологичности машин в новых условиях экономического развития агропромышленного комплекса: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. - Харьков, 1990. - С. 56-57 (соавтор А.В. Богомолов).

5. Вібросепарація насіння хрестоцвітних олійних культур // Наукові розробки агропромислового комплексу: Матеріали конф. молодих вчених і спеціалістів. - Нижні Ворота, 1993. - С. 164 (співавтори П.М. Заїка, Т.В. Мельничук).

6. А.с. 1627278, СССР. Вибрационно-центробежный сепаратор // Б.И. - 1991. - № 6 (соавторы П.М. Заика, А.В. Богомолов, В.М. Лукьяненко).

7. А.с. 1627283, СССР. Вибрационный сепаратор // Б.И. - 1991. - № 6 (соавторы П.М. Заика, В.М. Лукьяненко, А.В. Богомолов).



Полн. к печ. 23.04.93. Формат 60 x 84 1/16.

Объем 1,0 уч.-изд.л. Тираж 100. Заказ 98.

Учесток оперативной печати Харьковского ГАУ.

465903

AB 27.525

AB 27.525