

ХАРЬКОВСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

МИХАЙЛОВ Анатолий Дмитриевич

УДК 631.362

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ОЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА  
ВИБРАЦИОННОЙ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНОЙ 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 – 1994

Работа выполнена в Харьковском институте механизации и электрификации сельского хозяйства

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

Официальные оппоненты: Заслуженный деятель науки Украины, доктор технических наук, профессор  
Б.П.Шабельник  
кандидат технических наук, доцент  
В.Ф.Пащенко

Ведущая организация - Украинский научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения, Харьков

Защита состоится "21" апреля 1994 г. в "10" час на заседании специализированного совета К 120.38.01 по присуждению ученой степени кандидата технических наук при Харьковском институте механизации и электрификации сельского хозяйства по адресу: 310078, г.Харьков, 78, ул. Артема, 44.

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.  
Автореферат разослан "21" марта 1994 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета

*Григор*

Л.С.Ермолов

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00810407 (K)

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Свеклосахарное производство занимает важное место в народном хозяйстве, от его развития зависит удовлетворение потребности страны в таком ценном продукте, как сахар. Успешное выполнение этой задачи неразрывно связано с повышением урожайности сахарной свеклы. Одним из направлений ее повышения является применение для посева высококачественного семенного материала с высокими урожайными свойствами.

Поэтому основной задачей семеноводческих хозяйств и семенных заводов по обработке семян сахарной свеклы является доведение семян этой культуры до высоких посевных кондиций.

Очистка и сортирование семенных смесей сахарной свеклы имеет ряд особенностей, которые затрудняют доведение этого материала до высоких посевных кондиций на серийных воздушно-решетно-триерных зерноочистительных машинах с тихоходными рабочими органами и являются причиной значительной потери семян основной культуры в отходы.

Поэтому изыскание и исследование новых рабочих органов и машин для очистки и сортирования семян сахарной свеклы имеет важное народнохозяйственное значение.

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

Цель работы. Повышение эффективности очистки и сортирования семян сахарной свеклы путем обоснования параметров техноло-

гического процесса обработки их на вибрационной семяочистительной машине.

Объект исследований. Экспериментальные лабораторные установки, макетные и экспериментальные образцы вибрационных семяочистительных машин. Семенные смеси сахарной свеклы основных зон возделывания и различных фракций, содержащие трудноотделяемые на серийных средствах сепарации семена сорных растений и примеси.

Общая методика исследований. Теоретические исследования по взаимодействию колеблющейся шероховатой поверхности вибрационной семяочистительной машины (ВСМ) с обрабатываемым материалом проводились с использованием методов динамики твердого тела. Решение дифференциальных уравнений вибрационного перемещения семян, как твердых тел, по рабочему органу машины выполнены на ЭВМ. Экспериментальные исследования выполнены с использованием общепринятых и частных методик. Оптимальные, конструктивные и кинематические параметры рабочего органа машины, а также технологического процесса обоснованы методами многофакторного эксперимента. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались с использованием методов математической статистики.

Научная новизна. Получены новые сведения по некоторым физико-механическим характеристикам семян сахарной свеклы, прошедших первичную и основную очистку на серийных семяочистительных машинах, а также трудноотделимых примесей. Обоснован признак делимости семян сахарной свеклы на неперфорированных шероховатых вибрирующих поверхностях - предельный угол подъема.

Разработана математическая модель и вычислительные алгоритмы плоскопараллельного вибрационного безотрывного перемеще-

ния твердого тела, представляющего собой точечную массу с исходящими из нее равномерно во всех направлениях лучами конечной длины по наклонной вибрирующей шероховатой поверхности.

Разработана конструкция вибрационной семяочистительной машины для очистки и сортирования семян сахарной свеклы. Новизна разработок защищена пятью авторскими свидетельствами на изобретения. Определены оптимальные параметры технологического процесса очистки и сортирования семенных смесей сахарной свеклы на вибрационной семяочистительной машине, а также изучено влияние сортирования посевного материала на урожай.

Практическая значимость работы. Хозяйственными и производственными испытаниями установлено, что на разработанной вибрационной семяочистительной машине за один пропуск можно доводить семена сахарной свеклы, не поддающихся очистке на существующих средствах сепарации, до высоких посевных кондиций. При этом за счет отбора в отходы многоростковых, травмированных и неполноценных семян качественные показатели целевых фракций повышаются.

Реализация результатов исследований. Разработаны и изготовлены экспериментальные образцы вибрационной семяочистительной машины, которые внедрены в хозяйствах Харьковской, Белгородской и Сумской областей и Тростянецком семенном заводе по обработке и хранению элитных семян сахарной свеклы с экспериментальным цехом. Фактический экономический эффект от внедрения разработок составил более 140 тыс. рублей (в ценах 1990г.).

Апробация. Материалы диссертации докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на научно-методических конференциях профессорско-преподавательского состава Харьковско-го института механизации и электрификации сельского хозяйства

(ХИМЭСХ, 1985-1993 г.г.), 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.).

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано II научных статей и получено 5 авторских свидетельств на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов и практических предложений, списка использованной литературы и приложений. Она изложена на 336 страницах и содержит 142 страницы основного машинописного текста, 55 рисунков, 47 таблиц и II приложений.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первом разделе дан анализ выполненных работ по существующим способам и средствам очистки и сортирования семенных смесей сахарной свеклы. Сведения о физико-механических свойствах семян сахарной свеклы и их засорителей приводятся в работах А.А.Мусиенко, П.М.Заики, А.М.Медведева, П.В.Карпенко, В.Т.Красочкина, И.В.Якушина, И.А.Якименко, В.Я.Ильина и других авторов.

Установлено, что используемые в настоящее время традиционные методы и средства очистки и сортирования семян сахарной свеклы не обеспечивают в полной мере необходимого качества посевного материала, требуют многократных пропусков семенных сме-

сей через рабочие органы зерноочистительных машин, что приводит к увеличению затрат на обработку и потери семян основной культуры в отходы.

Исследованиями П.М.Заики, А.В.Богомолова, В.В.Бакума, Л.Г.Жмая, В.А.Гудыма, А.В.Козаченко и другими авторами показано, что многие трудноразделимые семенные смеси (конопля, овощные, лекарственные культуры, табак и махорка и др.) наиболее эффективно разделяются по комплексу физико-механических свойств (упругости, шероховатости и форме) на фрикционных неперфорированных поверхностях. При этом процесс сепарации семенных материалов на этих поверхностях обусловлен различием в траекториях и скоростях движения частиц, отличающихся фрикционными, упругими свойствами и формой. В основу вибрационного перемещения и вибросепарации частиц (семян) на фрикционных неперфорированных поверхностях в большинстве случаев положена математическая модель материальной точки. Это работы П.М.Василенко, И.И.Блехмана, Г.Ю.Джанилидзе, Р.Ф.Нагаева, Э.Э.Лавендела, В.В.Гортинского, В.И.Крюкова, П.М.Заики, Г.Е.Мазнева и др. Однако семена сельскохозяйственных культур и сорных растений отличаются от материальных точек и поэтому при изучении их вибрационного перемещения, лежащего в основе вибросепарации, необходимо учитывать размеры и форму семян. В работах П.М.Заики, В.Я.Ильина, А.В.Богомолова, Ю.А.Манчинского, В.А.Гудыма, С.Д.Бакеева, И.В.Чалого, Ю.И.Красовицкого, И.Д.Харука и др. рассмотрено вибрационное перемещение семян, как плоскопараллельное движение твердых тел с учетом их размеров и формы. При этом поперечные сечения семян, совпадающие с плоскостью колебаний, аппроксимировались фигурами правильной геометрической формы: треугольником, квадратом, оживалом, кругом, эллипсом, многогранником. Однако семена сахарной свеклы имеют фигуру, представляющую из себя точеч-

ную массу с исходящими из нее равномерно во всех направлениях лучами конечной длины. Вибрационное перемещение таких семян не исследовалось.

В соответствии с целью исследований в работе поставлены следующие задачи:

- изучить некоторые новые физико-механические и технологические свойства семян сахарной свеклы и их засорителей - семян дикой редьки и примесей;

- обосновать признак делимости семенных смесей сахарной свеклы на фрикционных неперфорированных колеблющихся поверхностях;

- теоретически и экспериментально изучить процесс сепарации семян сахарной свеклы на неперфорированных колеблющихся поверхностях, отождествляя движение семян как движение твердого тела в виде частицы с исходящими из нее равномерно во всех направлениях лучами конечной длины, для чего разработать математическую модель и вычислительные алгоритмы плоскопараллельного вибрационного перемещения частицы по наклонной шероховатой вибрирующей плоскости;

- исследовать влияние конструктивных и кинематических параметров вибрационной семяочистительной машины на качество технологического процесса очистки и сортирования семян сахарной свеклы и провести оптимизацию этих параметров;

- обосновать возможность очистки, сортирования, очистки с одновременным сортированием семян сахарной свеклы на вибрационной семяочистительной машине;

- разработать, изготовить и провести хозяйственные и производственные испытания экспериментальных образцов вибрационной семяочистительной машины на очистке и сортировании семян

сахарной свеклы;

- провести лабораторные и полевые опыты по проверке полевых качеств фракций семян, полученных в результате сортирования семенных смесей сахарной свеклы на вибрационной сеяночистительной машине.

Во втором разделе приведены результаты теоретического исследования вибрационного безотрывного перемещения частицы, как твердого тела, представляющего из себя точечную массу с исходящими из него равномерно во всех направлениях лучами конечной длины (рис. I).

Возможными перемещениями частицы являются: скольжение по поверхности, качение, одновременное качение со скольжением. Данные возможного перемещения могут быть выражены в обобщенных координатах. Количество обобщенных координат, с помощью которых можно выразить декартовы координаты всех точек тела, равно числу степеней свободы, т.е. двум.

Первая обобщенная координата относительного движения  $X_{ск}$  - перемещение полюса параллельно вибрирующей поверхности. В качестве второй обобщенной координаты относительного движения выбрано  $\theta$  - изменение угла поворота тела относительно полюса  $O_k$ . Для определения обобщенных координат системы в функциях времени необходимо иметь дифференциальные уравнения движения.

При качении центр масс частицы перемещается в направлении обеих осей координат  $O_k X_k Y_k$ . Таким образом, абсолютное перемещение центра масс частицы в осях координат  $O_\alpha X_\alpha Y_\alpha$  может быть представлено в виде:

$$\begin{aligned} X_\alpha &= X_n + X_{ск} + X_k; \\ Y_\alpha &= Y_n + Y_k, \end{aligned} \quad (I)$$

где  $X_n, Y_n$  - координаты вибрационного переносного движения поверхности;  $X_{ск}$  - координата скольжения,  $X_k, Y_k$  - координаты качения частицы.

Схема приложения сил к частице

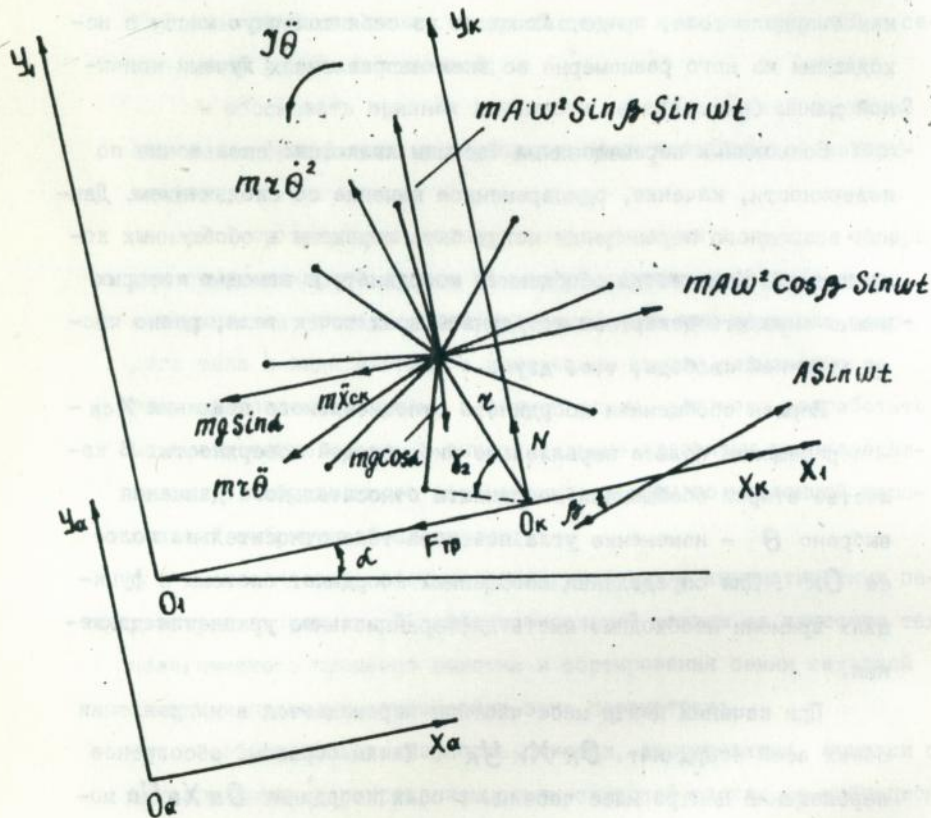


Рис. I

После преобразований и упрощений, система дифференциальных уравнений движения для обобщенных координат в случае скольжения частицы и вращения на радиусе качения постоянного значения в сторону верхнего края вибрирующей поверхности имеет вид:

$$\begin{aligned} & \ddot{X}_{ск} + \gamma_i \ddot{\theta} [\sin(\gamma_2 + \theta) \pm f_{ск} \cos(\gamma_2 + \theta)] + \\ & + \gamma_i \dot{\theta}^2 [\cos(\gamma_2 + \theta) \pm f_{ск} \sin(\gamma_2 + \theta)] = \\ & = A\omega^2 \sin \omega t [\cos \beta \pm f_{ск} \sin \beta] - \\ & - g (\sin \alpha \pm f_{ск} \cos \alpha); \end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned} & (\rho^2 + \gamma_i^2) \ddot{\theta} + \ddot{X}_{ск} \gamma_i \sin(\gamma_2 + \theta) = \\ & = (A\omega^2 \sin \omega t \pm \cos \beta - g \sin \alpha) \gamma_i \sin(\gamma_2 + \theta) + \\ & + (A\omega^2 \sin \omega t \pm \sin \beta - g \cos \alpha) \gamma_i \cos(\gamma_2 + \theta), \end{aligned}$$

где  $\alpha$  - угол наклона рабочей поверхности к горизонту;  
 $f_{ск}$  - коэффициент трения скольжения.

Однако возможен случай чистого качения частицы по вибрирующей поверхности, т.е. без скольжения. В данном случае уравнение, описывающее такое движение частицы, может быть получено путем упрощения системы дифференциальных уравнений (2). Для этого необходимо во втором дифференциальном уравнении системы положить  $\ddot{X}_{ск} = 0$ . Первое уравнение при этом рассматривать не следует, так как возможное перемещение  $X_{ск}$  отсутствует. После того как во втором уравнении указанной системы будет положено  $\ddot{X}_{ск} = 0$ , получим уравнение в которое входят только те силы, которые имеют место при качении частицы без скольжения.

Дифференциальное уравнение, описывающее качение частицы на радиусе качения, имеющем постоянное значение имеет вид:

$$(\rho^2 + r^2) \ddot{\theta} = (A\omega^2 \sin \omega t \cos \beta - g \sin \alpha) r \sin(\gamma_2 + \theta) + (A\omega^2 \sin \omega t \sin \beta - g \cos \alpha) r \cos(\gamma_2 + \theta). \quad (3)$$

Кроме этого, теоретически частицы могут скользить на окончании одного из радиусов по вибрирующей поверхности без качения. В этом случае дифференциальное уравнение, описывающее это движение также может быть получено на основании системы дифференциальных уравнений (2), описывающих сложное движение частиц. Для этого необходимо в первом уравнении указанной системы положить  $\ddot{\theta} = \dot{\theta} = 0$ . В результате получено дифференциальное уравнение вибрационного перемещения при скольжении.

Данное дифференциальное уравнение имеет такой вид:

$$\ddot{X}_{ck} = A\omega^2 \sin \omega t \cos \beta - g \sin \alpha - f_{ck}(g \cos \alpha - A\omega^2 \sin \omega t \sin \beta) \text{Sign}(\dot{X}_{ck}). \quad (4)$$

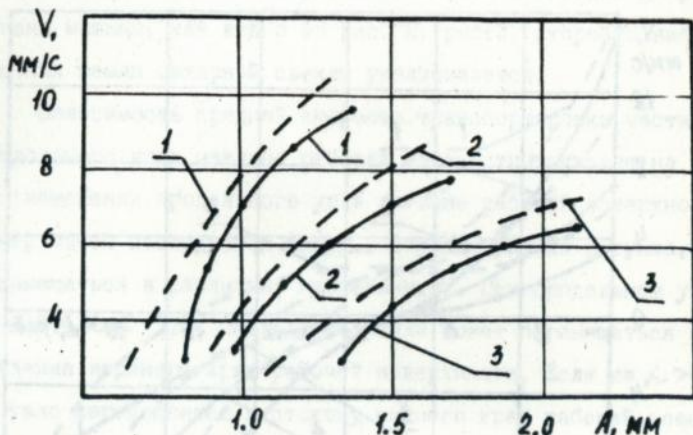
Рассмотрим условие наличия безотрывного движения частицы по вибрирующей поверхности. Необходимым условием прекращения безотрывного движения частицы является условие отрицательности силы нормального давления  $N$ . Данное уравнение можно записать в виде:

$$g \cos \alpha + r \ddot{\theta} \cos(\gamma + \theta) > A\omega^2 \sin \omega t \sin \beta + r \dot{\theta}^2 \sin(\gamma + \theta). \quad (5)$$

Решение дифференциальных уравнений движения частицы проводилось на ЭВМ. Определялась область изменения параметров колебания вибрирующей плоскости, обуславливающих достаточно высокую интенсивность перемещения частиц по плоскости, и тем самым более высокую производительность машины.

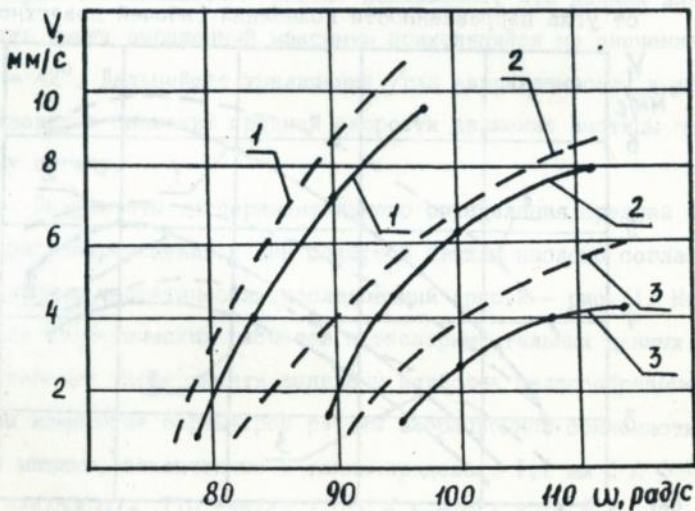
Влияние параметров вибрации на среднюю скорость виброперемещения семян сахарной свеклы показано на рис. 2 - рис.5.

Зависимость изменения средней скорости транспортировки частицы от амплитуды колебаний рабочей поверхности



$\alpha = 7,8^\circ$ ; 1 -  $\omega = 110$  рад/с; 2 -  $\omega = 100$  рад/с; 3 -  $\omega = 90$  рад/с  
Рис. 2

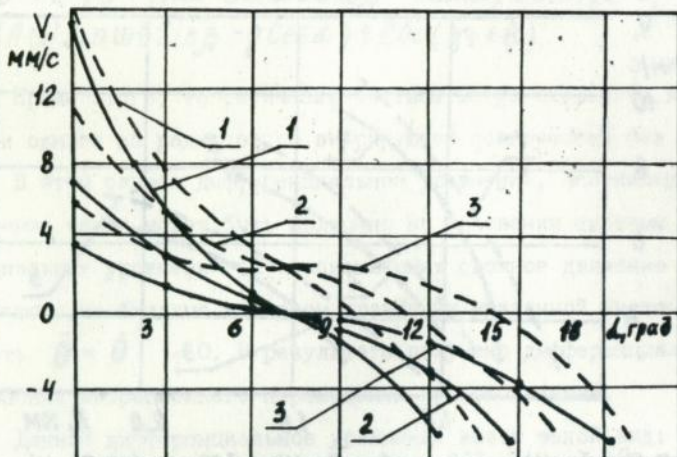
Зависимость изменения средней скорости транспортировки частицы от частоты колебаний рабочей поверхности



$\alpha = 7,8^\circ$ ; 1 -  $A = 1,8$  мм; 2 -  $A = 1,4$  мм; 3 -  $A = 1,0$  мм  
----- расчетные кривые;  
———— экспериментальные кривые

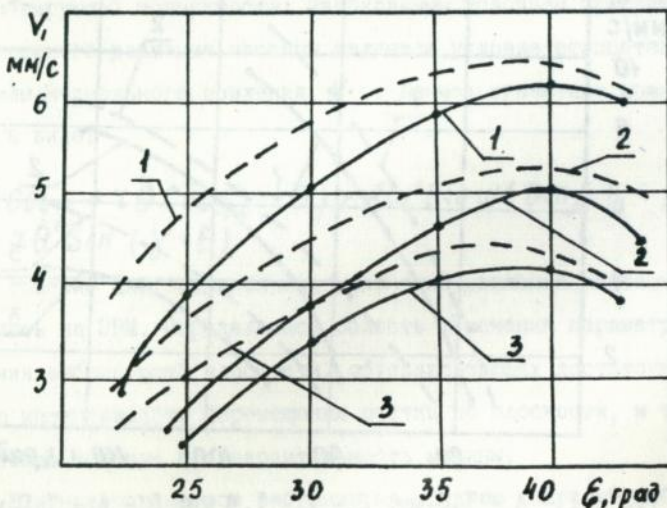
Рис. 3

Зависимость изменения средней скорости транспортировки частицы от продольного угла наклона рабочей поверхности



$A = 1,4 \text{ мм}; 1 - \omega = 120 \text{ рад/с}; 2 - \omega = 100 \text{ рад/с}; 3 - \omega = 80 \text{ рад/с}$   
Рис. 4

Зависимость изменения средней скорости транспортировки частицы от угла направленности колебаний рабочей поверхности



$\alpha = 7,5^\circ; 1 - \omega = 120 \text{ рад/с}; 2 - \omega = 100 \text{ рад/с}; 3 - \omega = 80 \text{ рад/с}$   
- - - - - расчетные кривые;  
————— экспериментальные кривые

С увеличением амплитуды  $A$  и частоты колебаний  $\omega$  рабочего органа машины, как видно из рис. 2, рис.3, скорость виброперемещения семян сахарной свеклы увеличивается.

Зависимость средней скорости транспортировки частиц от продольного угла наклона рабочей плоскости показано на рис.4. При изменении продольного угла наклона рабочей поверхности  $\alpha$ , центр массы исследуемой фигуры, как следует из рисунка, может перемещаться в различных направлениях. При продольном угле наклона  $0 < \alpha < 7,8^\circ$  исследуемое тело может перемещаться в направлении верхнего края рабочей поверхности. Если же  $\alpha > 7,8^\circ$ , то тело перемещается в сторону нижнего края рабочей поверхности машины.

Анализ изменения кривых, характеризующих зависимость скорости транспортировки частицы от угла направленности колебаний  $\xi$  рабочей плоскости (рис.5) показывает, что данная зависимость имеет выраженный максимум приходящийся на значение  $\xi = 37 - 42^\circ$ . Дальнейшее увеличение угла направленности колебаний приводит к снижению средней скорости движения частицы по рабочему органу.

Результаты экспериментального определения средней скорости виброперемещения семян сахарной свеклы неплохо согласуются с данными теоретических исследований (рис.2 - рис.5). На основании теоретических расчетов и экспериментальных данных однофакторного эксперимента выявлены наиболее целесообразные диапазоны изменения параметров работы вибрационной семяочистительной машины, заключенные в таких пределах:  $1,1 \text{ мм} < A < 1,5 \text{ мм}$ ;  $80 \text{ рад/с} < \omega < 110 \text{ рад/с}$ ;  $3,0^\circ < \alpha < 8,0^\circ$ ;  $37^\circ < \xi < 42^\circ$ .

В третьем разделе приведены экспериментальные данные по определению физико-механических свойств семян сахарной свеклы, се-

мян дикой редьки и измельченных стебельков. По результатам исследований составлены вариационные ряды и построены вариационные кривые.

Исследования коэффициентов трения, восстановления скорости и мгновенного трения при ударе, размерных характеристик, скоростей витания компонентов смеси проводили по общепринятым методикам. Анализ вариационных рядов и кривых показал, что возможно разделение семян сахарной свеклы на фракции по коэффициентам трения, восстановления и мгновенного трения при ударе.

Невозможно полное разделение семян сахарной свеклы и примесей по размерам (толщине), аэродинамическим характеристикам, коэффициенту трения скольжения, так как вариационные кривые распределения значений этих признаков делимости имеют значительные перекрытия.

В качестве признака делимости при доочистке семян сахарной свеклы от трудноотделимых примесей можно использовать предельный угол подъема в безотрывном режиме движения или ширину семян. Выделить крупные семена дикой редьки из семян основной культуры можно по различию длины семян или предельного угла подъема семян в режиме движения с непрерывным подбрасыванием. Измельченные стебельки наиболее эффективно можно выделить на вибрационной семяочистительной машине с вибрирующей перфорированной поверхностью облицованной брезентом или абразивным полотном в режиме движения с непрерывным подбрасыванием.

Установлено, что одновременно с очисткой возможно также и сортирование семян сахарной свеклы на фракции по предельному углу подъема. Наиболее приемлимыми рабочими поверхностями для процесса сортирования семян являются поверхности, облицованные брезентом или абразивным полотном, так как вариационные ряды

распределения значений на данных рабочих поверхностях имеют наибольший разброс.

В четвертом разделе описаны объекты исследований, а также изложены программа и методика экспериментальных исследований.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось: исследовать возможность повышения посевных качеств семян сахарной свеклы по аэродинамическим свойствам, размерным характеристикам, коэффициентам трения, установить возможность очистки и сортирования семян сахарной свеклы на вибрирующих фрикционных неперфорированных поверхностях вибрационных семяочистительных машин, дать качественную оценку эффективности очистки и сортировки с одновременным сортированием семенных смесей сахарной свеклы на вибрационной семяочистительной машине, определить оптимальные конструктивные и кинематические параметры работы вибрационной семяочистительной машины на очистке и сортировании семян сахарной свеклы.

Качественная оценка эффективности сепарации позволила определить факторы, влияющие на технологический процесс. К ним относятся: амплитуда колебаний  $A$ , частота колебаний  $\omega$ , угол направленности колебаний  $\xi$ , продольный угол наклона рабочего органа  $\alpha$ , поперечный угол наклона рабочего органа  $\beta$ . В качестве критерия эффективности очистки принят процентный выход очищенной фракции, соответствующий семенам первого класса. Для нахождения оптимального воздействия всех факторов реализовывался центральный композиционный метод. В результате обработки экспериментальных данных на ЭВМ получено уравнение регрессии, характеризующее процесс выделения из семенного материала сахарной свеклы дикой редьки и измельченных стебельков в виде:

$$W_4 = 96,50I - 2,383X_1 + 0,058X_2 - 1,483X_3 - 0,658X_4 -$$

$$\begin{aligned}
 & - 1,562X_5 - 2,038X_1X_2 - 1,150X_1X_3 - 1,663X_1X_4 + 0,225X_1X_5 - \\
 & - 3,737X_2X_3 - 3,525X_2X_4 - 0,387X_2X_5 - 0,288X_3X_4 - \quad (6) \\
 & - 0,150X_3X_5 - 4,088X_4X_5 - 6,065X_1^2 - 2,840X_2^2 - 4,740X_3^2 - \\
 & - 3,239X_4^2 - 2,765X_5^2,
 \end{aligned}$$

где  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  - кодовые обозначения, соответственно, параметров -  $A, \omega, \xi, d$ , и  $\beta$  (такие же кодовые обозначения и параметры приняты и для процесса сортирования по всхожести и однородности).

После проведения оптимизации на ЭВМ получены оптимальные параметры, рекомендуемые для очистки семян сахарной свеклы:

$$A = 1,9 \text{ мм}, \omega = 177 \text{ с}^{-1}, \xi = 37^\circ, d = 7,6^\circ, \beta = 2,3^\circ.$$

Критерием оптимальности сортирования семян по всхожести использовалось среднеквадратическое отклонение массы 1000 штук семян по фракциям. Получено уравнение регрессии:

$$\begin{aligned}
 \sigma_m = & 3,406 + 0,041X_1 + 0,005X_2 + 0,020X_3 + 0,011X_4 + \\
 & + 0,005X_5 - 0,026X_1X_2 - 0,022X_1X_3 + 0,056X_1X_4 - 0,002X_1X_5 - \\
 & - 0,048X_2X_3 - 0,006X_2X_4 + 0,024X_2X_5 - 0,017X_3X_4 - \quad (7) \\
 & - 0,062X_3X_5 + 0,008X_4X_5 - 0,070X_1^2 - 0,103X_2^2 - 0,128X_3^2 - \\
 & - 0,063X_4^2 - 0,009X_5^2.
 \end{aligned}$$

После проведения математической оптимизации уравнения регрессии на ЭВМ получен оптимальный набор параметров работы вибрационной семяочистительной машины:

$$A = 2,1 \text{ мм}, \omega = 167 \text{ с}^{-1}, \xi = 42^\circ, d = 7,4^\circ, \beta = 2,1^\circ.$$

В качестве критерия оптимальности сортирования семян сахарной свеклы по однородности принят максимальный выход семян культуры, соответствующий кондициям семян первого класса.

Получено уравнение регрессии в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 W_{op} = & 89,390 - 2,370X_1 + 0,064X_2 - 1,501X_3 - 0,547X_4 - \\
 & - 1,463X_5 - 2,132X_1X_2 - 0,987X_1X_3 - 1,361X_1X_4 + 0,347X_1X_5 -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - 3,803X_2X_3 - 3,325X_2X_4 - 0,450X_2X_5 + 0,821X_3X_4 + \quad (8) \\ & + 0,260X_3X_5 - 4,217X_4X_5 - 5,097X_1^2 - 3,009X_2^2 - \\ & - 4,397X_3^2 - 3,209X_4^2 - 2,815X_5^2 . \end{aligned}$$

После проведения математической оптимизации уравнения регрессии на ЭВМ получен оптимальный набор параметров работы машины:

$$A = 1,9 \text{ мм}, \quad \omega = 176 \text{ с}^{-1}, \quad \epsilon = 37^\circ, \quad \alpha = 7,3^\circ, \quad \beta = 2,2^\circ$$

Исследованиями установлено, что для получения семян сахарной свеклы первого-второго классов подача семенной смеси на рабочий орган машины должна находиться в пределах от 120 до 140 кг/ч.

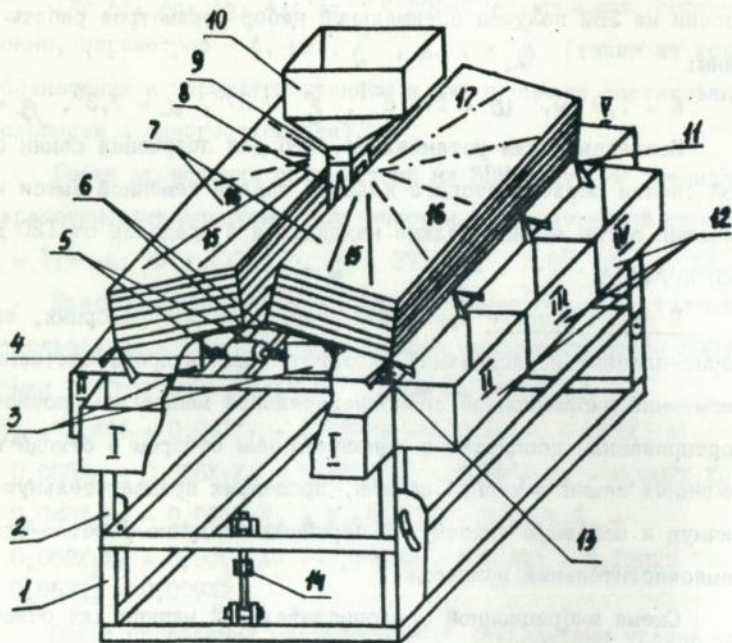
В гятом разделе приведены результаты лабораторных, лабораторно-полевых исследований, хозяйственных и производственных испытаний вибрационной семяочистительной машины на доочистке, сортировании, доочистке с одновременным отбором в отходы неполноценных семян сахарной свеклы, прошедших предварительную, первичную и основную очистку на серийных воздушно-решетно-триерных семяочистительных машинах.

Схема вибрационной семяочистительной машины для очистки и сортирования семян сахарной свеклы представлена на рис.6.

При работе машины обрабатываемая семенная смесь из бункера 10 через гибкий переходник 9 и питающее устройство 8 поступает на рабочие поверхности 7 и перемещается по ним в зависимости от физико-механических свойств компонентов смеси (фрикционных, упругости и формы) по различным траекториям. Гладкие, округлые и более упругие семена (частицы) перемещаются по траекториям 15 в приемники продуктов разделения I-II. Плоские, более шероховатые и менее упругие семена транспортируются по тра-

екториям I7 в приемники IV-V. По траекториям I6 в приемники продуктов разделения III поступает промежуточная фракция,

Схема вибродвижущей сеялки



I - основная рама, 2 - промежуточная рама, 3 - вибровозбудители, 4 - контрпривод, 5 - упругие муфты, 6, 14 - механизмы регулировки продольного и поперечного углов наклона рабочих поверхностей, 7 - рабочие поверхности, 8 - питающие устройства, 9 - гибкий переходник, 10 - бункер, II - вибросит, 12 - приемники продуктов разделения, 13 - пружины, 15, 16, и 17 - траектории движения семян

Рис. 6

Лабораторными исследованиями процесса доочистки семенных смесей сахарной свеклы на вибрационной семяочистительной машине установлено, что вместе с семенами сорных растений, механическими примесями имеется возможность выделить менее развитые, многоростковые, травмированные семена основной культуры.

Дополнительное сортирование посеяного материала на вибрационной машине с выделением для посева хорошо выполненных, выравненных, однородных семян сахарной свеклы обеспечивает повышение полевой всхожести, более интенсивное и равномерное развитие, высокую выживаемость растений и прибавку урожая и сахаристости корнеплодов. Это подтверждено результатами лабораторно-полевых опытов, проведенных на протяжении ряда лет с семенами сахарной свеклы различных сортов и фракций.

Хозяйственные и производственные испытания экспериментальных образцов вибрационной семяочистительной машины показали, что имеется возможность за один пропуск доводить семена сахарной свеклы до посевных кондиций первого - второго классов, что позволяет уменьшить норму высева на один метр рядка. Использование при севе семян, прошедших обработку на вибрационной машине, а также соблюдение всех агротехнических приемов при возделывании сахарной свеклы по интенсивной технологии позволяет повысить урожайность корнеплодов и ботвы, исключить использование ручного труда и снизить затраты на ее производство. Машина проста в исполнении, имеет устойчивый технологический процесс, а проведенные производственные испытания подтвердили высокую эффективность ее использования при обработке семенных смесей сахарной свеклы.

В приложении приведен расчет экономического эффекта, полученного хозяйствами от использования вибрационных семяочиститель-

ных машин на доочистке смесей сахарной свеклы.

В 1987 году на вибрационной семяочистительной машине в совхозе "Коминтерн" Харьковской области, в 1988 году в колхозе "Заря коммунизма" Белгородской области, в 1989 году в колхозе им. Горького Сумской области, в 1989-1990 годах на Тростянецком семенном заводе по обработке и хранению элитных семян сахарной свеклы с экспериментальным цехом очищено и доведено до высоких посевных кондиций более 20 т семян сахарной свеклы. Фактический экономический эффект от внедрения вибрационных семяочистительных машин составил более 140 тыс.рублей (в ценах 1990 г.).

Экономический эффект от повышения урожайности и сахаристости при посеве семенами сахарной свеклы, отсортированными на вибрационной семяочистительной машине составляет 190 руб/га (в ценах 1990 г.).

#### ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Семенные смеси сахарной свеклы имеют ряд особенностей, определяющих технологию их послеуборочной обработки. Существующие способы и средства очистки не обеспечивают в полной мере потребность сельского хозяйства в высококачественном семенном материале даже при многократных пропусках семян через рабочие органы серийных семяочистительных машин.

2. Изучение физико-механических свойств семян сахарной свеклы и примесей: коэффициентов восстановления и мгновенного трения при ударе, предельных углов подъема и др. показало возможность очистки и сортирования этих семян на неперфорированном фрикционном вибрирующем рабочем органе вибрационной семяочистительной машины по комплексу физико-механических свойств.

Для очистки семян сахарной свеклы следует рекомендовать покрытие указанного рабочего органа брезентом или абразивным полотном. Те же материалы следует применять и для сортирования этой культуры.

3. Разработана математическая модель и вычислительный алгоритм вибрационного безотрывного перемещения семян по наклонной вибрирующей плоскости, как движение твердого тела - частицы представляющей из себя точечную массу с исходящими из нее равномерно во всех направлениях лучами конечной длины.

4. На основании проведенных теоретических исследований и практических результатов, полученных при экспериментах вибрационного перемещения компонентов семенной смеси, установлена принципиальная возможность выделения из семян основной культуры трудноотделимых сорняков и примесей.

5. Исследованиями установлено, что на вибрационной семяочистительной машине за один пропуск возможно доводить семена сахарной свеклы до посевных кондиций первого (второго) классов при производительности машины 140 кг/ч, выход кондиционных семян - 94%.

6. Установлено, что качество процесса сепарации семенных материалов на неперфорированной фрикционной колеблющейся поверхности существенно зависит от конструктивно-кинематических параметров вибрационной машины: амплитуды, частоты и угла направленности колебаний, а также углов наклона рабочего органа к горизонту в продольном и поперечном направлениях. Полученные в результате многофакторных экспериментов оптимальные значения параметров режима работы вибрационной семяочистительной машины лежат в диапазонах значений, установленных на основании численных расчетов. Следует рекомендовать следующий набор оптимальных па-

гаметров:

- при очистке:  $A = 1,9$  мм,  $\omega = 176$  с<sup>-1</sup>,  $\xi = 37,8^\circ$ ,  $\alpha = 7,6^\circ$ ,  $\beta = 2,3^\circ$ ;

- при сортировании по всхожести:  $A = 2,1$  мм,  $\omega = 174$  с<sup>-1</sup>,  $\xi = 38,1^\circ$ ,  $\alpha = 7,5^\circ$ ,  $\beta = 2,2^\circ$ ;

- при сортировании по однородности:  $A = 1,9$  мм,  $\omega = 175$  с<sup>-1</sup>,  $\xi = 37,9^\circ$ ,  $\alpha = 7,4^\circ$ ,  $\beta = 2,2^\circ$ .

7. При сепарации семенных смесей сахарной свеклы на вибрационной семяочистительной машине имеется возможность выделить в отходы часть недоразвитых, травмированных, неполноценных, многоростковых семян основной культуры и тем самым повысить посевные качества целевой (посевной) фракции.

Сортирование посевного материала на вибрационной машине с выделением для посева хорошо выполненных, однородных, полноценных, с высокой для сорта массой семян и натурой обеспечивает повышение полевой всхожести, более интенсивное развитие, высокую выживаемость растений и прибавку урожая на 10-15%, сахаристости на 1,5-2,0%.

Посев отсортированными на вибрационной семяочистительной машине семенами и соблюдение всех агротехнических приемов при возделывании сахарной свеклы по интенсивной технологии позволяет исключить использование ручного труда и снизить затраты на ее производство.

8. Хозяйственные и производственные испытания опытных образцов вибрационных семяочистительных машин подтвердили эффективность их использования при сепарации семенных смесей сахарной свеклы. Испытания показали высокую устойчивость технологического процесса, надежность узлов и агрегатов, динамическую уравновешенность при различных режимах работы.

С. Экономический эффект от внедрения экспериментальных образцов вибрационных семяочистительных машин на доочистке и сортировании семенных смесей сахарной свеклы составляет более 140 тыс.рублей, а от повышения урожайности и сахаристости при посеве семенами отсортированными на машине составляет 190 руб/га. За счет исключения использования ручного труда при формировании густоты насаждений растений свеклы экономический эффект составляет 105 руб/га (в ценах 1990 г.).

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. К обоснованию способа очистки семян сахарной свеклы // Послеуборочная обработка семян на вибрационных семяочистительных машинах: Сб. науч. тр. / МИСП. М. 1987. - С. 64-70

(соавторы Ю.И.Трофимченко, Н.В.Бакум, Н.Г.Доценко, В.С.Коновалов).

2. К обоснованию признаков делимости семенных смесей сахарной свеклы // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. науч. тр. / УСХА. - Киев, 1988. - С. 21-27 (соавторы Н.В.Бакум, А.М.Медведев, В.А.Грозубинский).

3. Сортирование семян сахарной свеклы // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. науч. тр. / УСХА. - Киев, 1988. - С. 43-44.

4. Вібраційна насінноочисна машина // Механізація сільського господарства. № 10, 1988. - С. 10-11 (співавтори П.М.Заїка, Д.І.Трофимченко, А.В.Богомолов, А.В.Козаченко, В.В.Некозаков ).

5. Вибросепарация семян сахарной свеклы и кормовой свеклы // Механизация технологических процессов в агропромышленном комплексе. Ч.4: Обработка, хранение и переработка продукции. Использование, техническое обслуживание и ремонт машин: Тез. докл. науч.-практич. конф., - Новосибирск, 1989. - С. 11-13. (соавторы В.Я.Ильин).

6. Вибрационная семяочистительная машина семян сахарной свеклы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 10, 1989. - С. - 58-60 (соавторы П.М.Заика, А.В.Козаченко, А.В.Богомолов, Н.В.Бакум).

7. Сортировка семян сахарной свеклы по фрикционным, аэродинамическим свойствам и размерам // Обоснование параметров машин для подготовки семенного материала и посева: Сб.науч.тр. / УСХА. - Киев, 1990. - С. 41-44 (соавторы Н.В.Бакум, А.В.Богомолов, А.В.Козаченко, А.М.Медведев).

8. Повышение посевных качеств семян сахарной свеклы на вибрационной семяочистительной машине // Обоснование параметров машин для подготовки семенного материала и посева: Сб.науч.тр. / УСХА. - Киев, 1990. - С. 61-64.

9. Результаты производственных испытаний вибрационной семяочистительной машины на очистке и сортировании семян сахарной свеклы // Пути повышения уровня эксплуатации и эксплуатационной технологичности машин в новых условиях экономического развития агропромышленного комплекса: Тез.докл. Всесоюз. конф. - Харьков, 1990. - С. 51-53.

10. Выбор рабочих органов семяочистительных машин для разделения семенных смесей сахарной свеклы // Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин: Ресдубл. межвед.научн.-технич. сб. вып. 20 - Кировоград, 1990.-С.9-14 (соавторы П.М.Заика, Н.В.Бакум, А.В.Козаченко).

11. О возможности доочистки семенных смесей // Сахарная свекла: производство и переработка. № 6, 1991. - С. 23-26 (соавторы П.М.Заика, Н.В.Бакум, А.В.Богомолов, А.М.Медведев).

12. А.с. № 1269864, СССР. Вибрационный сепаратор //Б.И.-1986. №42 (соавторы П.М.Заика, А.В.Козаченко, А.В.Богомолов).

13. А.с. № 1319930, СССР. Устройство для разделения зерновых смесей по упругим свойствам //Б.И.-1987.№24 (соавторы П.М.Заика, А.И.Завгородний, А.В.Богомолов, А.В.Козаченко).

14. А.с. № 1337152, СССР. Вибрационный сепаратор // Б.И.  
- 1987. № 34 (соавторы П.М.Зайка, А.В.Богомолов, А.В.Козаченко,  
В.И.Гридасов).

15. А.с. № 1514424, СССР. Вибрационная машина для очистки  
и сортирования зерна // Б.И. - 1989. № 38 (соавторы П.М.Зайка,  
А.В.Козаченко, А.В.Богомолов, Ю.А.Манчинский)

16. А.с. № 1690864, СССР. Способ разделения зернистых ма-  
териалов // Б.И. - 1991. № 42 (соавторы П.М.Зайка, А.В.Козаченко,  
А.И.Завгородний, А.В.Богомолов).



Подп. к печ. 18.03.94. Формат 60 x 84 1/16.  
1,0 усл.-печ.л., 1,0 уч.-изд.л. Тираж 100. Заказ 317.

---

Участник оперативной печати Харьковского ГАУ.

467.962

AB 29.741

**AB 29.741**