

*А. Н. Куди, Н. А. Федосов, В. В. Сергеев\**

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И КАЛИБРОВКИ СЕМЯН СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

В сельскохозяйственном производстве особую проблему представляет подготовка семян мелкосеменных культур, имеющих сложную форму и высокую неоднородность фракционного состава по размеру и плотности. Проблема приводит к засилью семян иностранной селекции и является следствием отсутствия отечественной системы семеноводства и техники для подготовки такого рода семян [1].

Традиционная технология подготовки семян предполагает ситовую классификацию семян на первой стадии с последующим сепарированием выделенных целевых фракций по плотности, шероховатости и другим свойствам. Для реализации такой технологии для семян сложной формы требуется последовательное использование сит с круглыми отверстиями для калибровки по ширине, щелевого сита для калибровки по толщине и триера для калибровки по длине, что сопровождается потерей ценного семенного материала и травмируемостью семян. В настоящей работе на примере семян моркови, засоренных трудноотделимыми семенами карантинного растения (повилики), осуществляется разработка технологической базы для подготовки семян мелкосеменных культур, позволяющей преодолеть названные недостатки.

Анализ фракционного состава исходного материала свидетельствует о чрезвычайно сложном составе смеси, которая характеризуется широким диапазоном размеров семян моркови (+0,5...2,5 мм), совпадающим с таковым для карантинного растения. Эта характеристика смеси с учетом отсутствия различия плотности ее компонентов позволяет отнести смесь к категории трудно сепарируемых. В связи с этим, для решения технологической задачи – полного исключения из семенного материала семян карантинного растения и выделения наиболее продуктивных семян потребовалось использование нетрадиционных методов сепарации.

Предлагаемая технология предполагает предварительную калибровку семян одновременно по комплексу линейных размеров (длине,

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ГГТУ» В. Н. Долгунина.

ширине, толщине), классификацию продуктов разделения по массе с последующей ситовой сепарацией по определяющему геометрическому размеру для отделения семян карантинного растения.

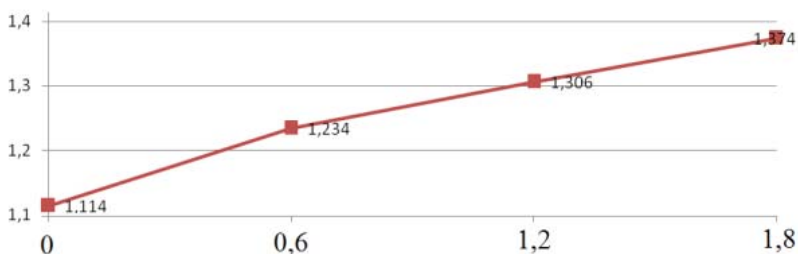
Для калибровки семян сложной формы предложена технология двухпоточной сепарации с противотоком неоднородных частиц. Сущность технологии заключается в подаче исходной смеси частиц на шероховатый наклонный скат. При определенных условиях течения на скате формируется сдвиговый поток, в котором под действием эффекта сегрегации крупные частицы перемещаются преимущественно над мелкими. Вдоль кромки ссыпания ската формируется некоторое число ступеней сепарации. На каждой ступени поток частиц, покидающих скат, разделяется по высоте слоя на две части, которые перемещаются противоточно на соседние ступени сепарации. На каждой такой ступени перемещенные потоки смешиваются и транспортируются на соответствующий участок шероховатого ската. Здесь предварительно сепарированная смесь подвергается повторной сепарации, а продукты разделения перемещаются противоточно на смежные ступени сепарации, на которых процесс возобновляется в соответствии с представленной схемой и т.д. Максимальная концентрация таких частиц достигается вблизи торцевых кромок ската [2].

В работе обоснованы предпочтительные варианты реализации процессов калибровки семян по размеру и их классификации по массе на базе аппарата с вращающимся барабаном. Определены режимные параметры течения для организации процессов калибровки семян с использованием эффекта сегрегации и классификации семян по массе при комплексном использовании эффектов сегрегации и миграции, обеспечивающих полную очистку смеси от карантинной примеси.

Установлено, что калибровка семян с использованием эффекта сегрегации происходит одновременно по длине, ширине и толщине зерна. Этот результат свидетельствует о преимуществе разработанного процесса по сравнению с традиционной ситовой классификацией. Путем исследования продольного распределения в барабане семян по длине, ширине и толщине установлена возможность организации процесса их фракционирования по характерному размеру, определяемому как корень кубический из произведения указанных трех линейных размеров семян, на несколько фракций (рис. 1).

С целью выделения из семенного материала наиболее продуктивных (биологически активных) семян технология предусматривает их классификацию по массе (одновременно по размеру и плотности). Для классификации семян по массе предложено комплексное использова-

ние эффектов сегрегации и миграции в быстром сдвиговом гравитационном потоке на шероховатом вибрирующем скате. Установлено, что существуют условия по углу ската, высоте слоя и параметрам вибрации, при которых движущийся слой может быть разделен по высоте на три зоны в зависимости от характера изменения порозности (доли пустот в слое).



**Рис. 1. Продольное распределение семян моркови в барабане по характерному размеру**

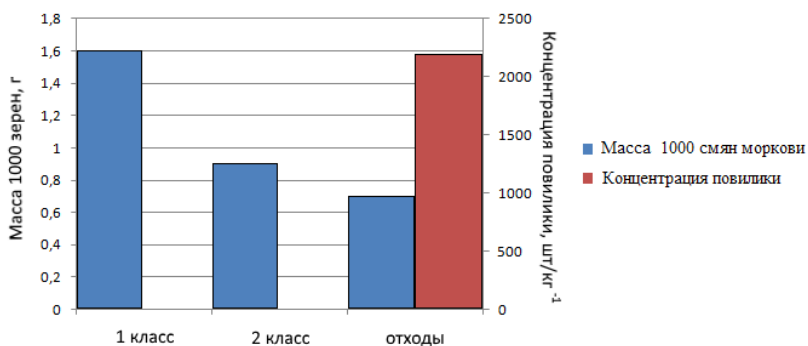
В периферийных зонах у основания и открытой поверхности слоя наблюдаются большие градиенты концентрации частиц, направленные в сторону центральной части потока. В центральной части слоя имеет место наиболее высокая и относительно однородная концентрация твердой фазы, выровненные по размеру частицы. В верхней и нижней частях слоя частицы разделяются под действием эффекта миграции по плотности, шероховатости, упругости и форме [3, 4].

В соответствии с этим эффектом разделение частиц происходит вследствие различных скоростей их хаотических квазидиффузионных перемещений. При взаимных столкновениях частиц наиболее высокую скорость квазидиффузионных перемещений приобретают мелкие и менее плотные частицы. Такие частицы мигрируют в направлении областей с большой длиной свободного пробега частиц, т.е. к основанию и открытой поверхности слоя. Напротив, крупные и более плотные частицы характеризуются меньшими скоростями флуктуаций и мигрируют в центральную часть, имеющую наиболее высокую концентрацию твердой фазы, где существуют условия для колебаний частиц с наименьшей длиной свободного пробега [3].

Поток сыпавшихся со ската частиц разделяют по высоте на три части. Периферийные части направляют на соседнюю ступень сепарации к одному торцу ската, а центральную – на соседнюю ступень

сепарации в противоположную сторону. На смежных ступенях процесс сепарации повторяется по той же схеме. В результате, на множестве ступеней сепарации организуется противоточное движение частиц различной массы. При этом один из потоков (центральный) обогащается тяжелыми частицами, а во встречном потоке концентрируются легкие частицы. Наиболее высокая концентрация тяжелых и легких семян наблюдается на противоположных торцах ската.

Установлено, что сепаратор обеспечивает возможность получения из ранее откалиброванных по размеру фракций семенного материала трех фракций семян с существенным различием их по массе тысячи зерен (1,6, 0,9 и 0,7 г). При этом фракция с наименьшей массой зерен практически представляет собой нетоварную фракцию (25% от общей массы материала), поскольку содержит в своем составе более 20% обрубленных, колотых семян, загрязняющих примесей и имеет наибольшую концентрацию семян карантинного растения.



**Рис. 2. Характеристика фракций семенного материала**

Установлено, что в товарных фракциях выровненных по массе семян толщина семян моркови меньше толщины семян повилики, что позволяет отделить последние сходом с разделяющего сита. Эффективность этого варианта очистки подтверждена экспериментально для фракции семян с наибольшей массой тысячи зерен. Использование в этом случае стандартного сита с щелевыми отверстиями позволило полностью отделить семена карантинного растения с выходом семян целевой культуры, достигающим 98%.

Преимущества новой технологии: калибровка по размеру и плотности семян сложной формы, их очистка от трудно отделимых примесей с достижением высокого класса посевного стандарта.

## Список литературы

1. Романенко, Г. А. Достижения и перспективы развития аграрной науки России / Г. А. Романенко // АПК: экономика, управление. – 2009. – № 3. – С. 3 – 7.
2. Процессы переработки зернистых материалов в управляемых сегрегированных потоках / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. А. Уколов, А. Н. Куди // Теоретические основы химической технологии. – 2014. – Т. 48, № 4. – С. 404 – 413.
3. Долгунин, В. Н. Кинетика сегрегации частиц различной шероховатости и упругости при быстром гравитационном течении зернистой среды / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. А. Уколов // Теоретические основы химической технологии. – 2009. – Т. 43, № 2. – С. 187 – 196.
4. Куди, А. Н. Обработка семян методами разделения и соединения / А. Н. Куди, В. Н. Долгунин, Е. А. Рябова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 6. – С. 21 – 27.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*