

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ДЛЯ СЕПАРАЦИИ СЕМЯН

Сергей Кюрчев, Александр Колодий

*Таврический государственный агротехнологический университет
72316 Украина, г. Мелитополь, проспект Б.Хмельницкого, 18*

Sergei Kyurchev, Alexander Kolodiy

*Taurian State University Agrotechnological
72316 Ukraine, Melitopol, B.Hmelnitskogo Avenue, 18*

Аннотация. В статье представлен анализ сепараторов, которые используют электрическое поле и воздушный поток.

Ключевые слова: сепаратор, семена, воздушный поток, электрическое поле.

ВСТУПЛЕНИЕ

Проблема увеличения урожайности в растениеводстве является актуальной на данное время. Одним из возможных путей увеличения рентабельности растениеводства есть отбор из общей массы наиболее биологически ценного семени методом сепарации являются надежным методом увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, что позволяет дополнительно получить 10-25% продукции в сравнении с несепарированными семенами.

Основное направление теоретического обоснования процесса воздушной и других видов сепарации заложил Петр Василенко, который еще с 20-х годов прошлого столетия занимался исследованиями веялок и сепараторов.

В Харьковском университете им. Петра Василенко разрабатывались теоретические основы и методики вибрационной и пневматической сепарации семян.

Основателем школы сепараторщиков был д.т.н. Заика П.М., и его последователи - к.т.н., М.В. Бакум, д.т.н., Ю.О. Манчинский и д.т.н., Тищенко Л.М., в ННЦ "ИМЕСГ" работала научная школа д.т.н., Котова Б.И., но др..

Под руководством д.т.н. Тищенко Л.М. была разработана система дифференциальных уравнений, что с помощью нелинейной динамики двухфазной среды приближенно очерчивает разделение сепарируемого материала в пневматическом сепараторе вертикального действия [16-20].

Одним из широкоизвестных способов сепарации семян есть использование в качестве агента, что в результате взаимодействия с семенами их отсепаирует - способ сепарации с использованием поля электрокоронного разряда.

АНАЛИЗ СЕПАРАТОРОВ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

При работе электрокоронного сепаратора, семена подаются на отсаживающий электрод, который выполнен в виде барабана с возможностью вращения, как показано на рис. 1 (а). В ходе работы, семена подаются из бункера 1 питателем в верхнюю часть отсаживающего электрода 2, который вращающийся.

Семена, которые находятся на поверхности барабана двигается с ним, попадая в поле коронного разряда между электродом "+" и соединенным с массой отсаживающим электродом 2. При этом, получает электрический заряд, пропорциональный электрическим характеристикам семян, в результате чего оно содержится на поверхности осаждающего электрода.

Семена, в соответствии с собственной удельной массой отрывается в разных углах нижней части отсаживающего барабана 2, попадая по бункерам фракций I-III.

Наиболее наполнено, то есть удельно тяжелое семена попадают в бункер I, потому что отрываются самыми первыми. Средние за удельной массой семена отрываются в бункер фракции II, в самой нижней части барабана 2, см. Рис. 1 (а).

Удельно легкие, семена отпадают последними или счищаются не показанным на схеме очистным устройством - в бункер фракции III, выполненным в виде щетки.

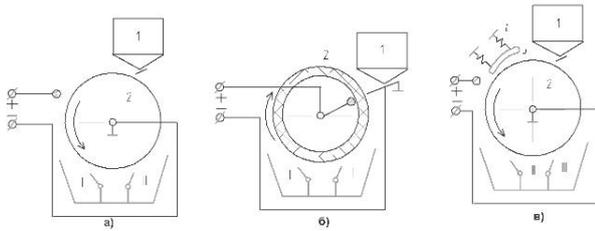


Рис. 1 Схема вариантов электрокоронных сепараторов.

Fig. 1 Chart of variants of electro-corona separators

Основным недостатком электрокоронных сепараторов является зависимость величины заряда семян от собственной влажности, которая изменяет диэлектрическую проницаемость и в результате ухудшает четкость отбора семян за удельной массой.

Последующим совершенствованием такого способа сепарации, есть сепаратор, изображенный на рис. 1(б).

Отсаживающий электрод в нем выполнен в виде расположенного в середине подвижного диэлектрического барабана 2 электрода, который взаимодействует с коронирующим электродом, который соединен с массовым проводом.

В результате изготовления барабана 2 из диэлектрического материала, при сепарации семян уменьшаются расходы заряда семян при взаимодействии с электропроводной поверхностью барабану 2, как имело место на рис.1(а).

Семена из бункеру 1 (см. Рис. 1(б)) подается на лоток, которым скользит и попадает в поле коронного разряда между электродом, который ионизируется и подсоединенный к “+” и соединенного с негативной клеммой источника питания концом лотка.

За счет приобретенного заряда, семена взаимодействуют с диэлектрической поверхностью барабану 2, двигаясь с которым разделяется на фракции за электрическими свойствами и удельной массой.

Наиболее удельно тяжелые семена попадают в результате разделения к бункеру фракции I, отпав от поверхности барабана 2. Средние за удельной массой семена оторвутся в нижней части барабану 2 во фракцию II, а наиболее некачественное, удельно легкое семена будут счищены или отвалится к фракции III.

Для обеспечения более качественного разделения семян за удельной массой, в работе было использовано выравнивающее устройство 5, что закрепленный над поверхностью отсаживающего электрода 2 с помощью пружин 4, как приведено на рис.1(в).

Общий слой семян подается питателем из бункеру 1 на поверхность отсаживающего электрода 2, выполненного в виде барабана, который вращающийся. Устройство для выравнивания семян за слоем 5 выполнено из диэлектрического материала в виде цилиндрической поверхности, которая имеет большой зазор на входе семян и малый зазор на выходе семян, по отношению к поверхности отсаживающего электрода цилиндрической формы.

Выравнивание слоя семян в одно семечко позволяет получить электрический заряд равномерно, за счет исключения случаев перекрытия семян соседними семян, что могут создавать верхний “экранирующий” слой на поверхности отсаживающего электрода 2.

Для увеличения эффективности разделения семян за удельной массой в электрическом поле коронного разряда, сепаратор имеет дополнительный электрод, подсоединенный через полупроводниковый диод к “+” высоковольтного источника напряжения, как показано на рис 2(а).

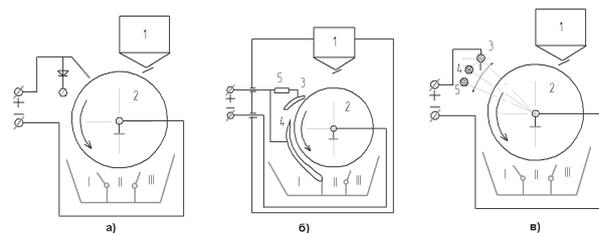


Рис.2 Схема вариантов электрокоронных сепараторов

Fig. 2 Chart of variants of electro-corona separators

При работе сепаратора семена подаются из бункера 1 на поверхность подсаживающего электрода 2, при этом оно попадает сначала в поле коронного разряда между коронирующим электродом прямого действия, а затем в поле, полученное между отклоняющим электродом, который соединен через диод, см. Рис. 1(а).

Разброс в просторные расстояния между основным и дополнительным коронирующим электродами позволяет расширить зону рас-

пределения траекторий сепарируемых семян, что положительно сказывается на четкости сепарированного процесса такого способа.

Также, использование совместимых электрических полей от постоянного и импульсного тока (через диод) позволяет ввести элементы ориентации семян на поверхности отсаживающего электрода – барабана 2.

Известен также случай использования эффекта стабилизации поля коронного разряда в зоне разделения семян на поверхности верхней части отсаживающего электрода 2, как приведено на рис. 1(б).

Стабилизация электрического поля коронного разряда проводится за счет расположения кроме основного коронующего электрода 4, дополнительного коронующего электрода 3, что подсоединенный к “+” источнику питания через резистор, который стабилизирует электрическое поле предыдущего заряжения семян на поверхности верхней части барабана 2.

Таким образом, по ходу движения семян находится под действием растущего за величиной электрического поля что постепенно увеличивает заряд семян, которые потом по ходу движения отсаживающего электрода 2, попадает по бункерам соответствующих фракций. Удельно тяжелое семена попадают к фракции I, отваливаясь первым за направлением движения барабану 2, под действием силы притяжения. Средние за удельной массой семена попадают к бункеру II, а удельно легкое соответственно собирается в бункере фракции III.

Одним из путей последующего совершенствования электрокоронных сепараторов есть использование дополнительного шунтирующего электрода 4, который создает дополнительный заряд семян за счет собственной ионизации, установленный за основным коронующим электродом 3, по ходу движения семян.

Дополнительный ионизирующий электрод установлен с возможностью регуляции от положения 4 к положению 5, для подбора оптимальной величины заряда в зоне разделения семян

Также внесение дополнительного электрода в зону заряда частей дополнительно позволяет очищать основной коронующий электрод от пыли и мусора, который налипают на него в процессе работы.

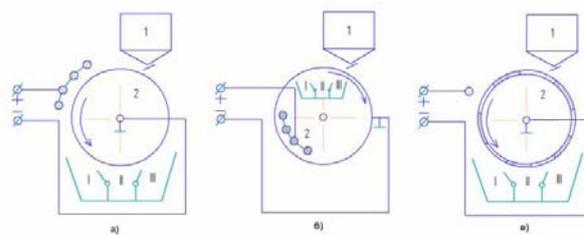


Рис. 3 Схема вариантов электрокоронных сепараторов

Fig. 3 Chart of variants of electro-corona separators

Для увеличения величины приобретенного заряда семян проходит большую зону предыдущего заряжения, которая образована несколькими коронующими электродами, соединенными из “+” высоковольтного источника питания, установленными на одинаковом расстоянии от поверхности отсаживающего электрода 2, выполненного в виде барабану, который вращается, как показано на рис. 2(а).

Семена, которые поставляются питателем из бункера 1 по получении электрического заряда в зоне действия коронующих электродов, под действием силы притяжения отрывается по бункерам фракции I-III.

Известно также использование ИК-луча длиной 0,8...2,5мк для предыдущего нагревания сепарируемого семени, с целью выравнивание диэлектрической проницаемости и стабилизации процесса разделения частей.

Для этого используют внешний источник ИК луча, что устанавливают над зоной снабжение семян из бункеру к зоне разделения или используют нагретый коронующий электрод, выполненный в виде ленты нихрома, в которую вмонтированные иглы коронующего электрода, как приведено на рис. 3(б).

Для достижения самоочистения рабочей зоны отсаживающего электрода известно его изготовление с перфорацией, как показано на рис 2(в). Кроме этого, возможно соединить лоток бункера с виброгенератором, для достижения наивысшей производительности работы.

Также известно использование в качестве рабочего агента, который предоставляет электрический заряд семенам электростатического поля, которое возникает при снабжении электрического поля высокого напряжения на два электрода.

Между этих электродов, один из которых обычно изготавливают с возможностью вращения вокруг своей оси из электропроводного материала, поставляются семена, которые в результате получают заряд и разделяются по фракциям I-III в зависимости от удельной массы.

Обычно, сепараторы такого типа имеют конструкцию, которая приведена на рис. 4(а). Семена из бункера 1 питателем поставляются на поверхность барабана 2 и под электродом 3, после чего разделяются. Наиболее удельные тяжелые семена сразу отрываются под действием силы притяжения, наполняя бункер фракции И. Среднее за удельной массой семян попадает к бункеру фракции II, а наиболее легкое, удельные легкие семена попадают к бункеру фракции III.

Также известные пути улучшения электростатического сепаратора путем нанесения на поверхность отсаживающего электрода - барабана 2 полупроводникового покрытия и использования источника света 4, для быстрого перераспределения заряда семян на поверхности отсаживающего электрода при работе, как показано на рис. 4(б).

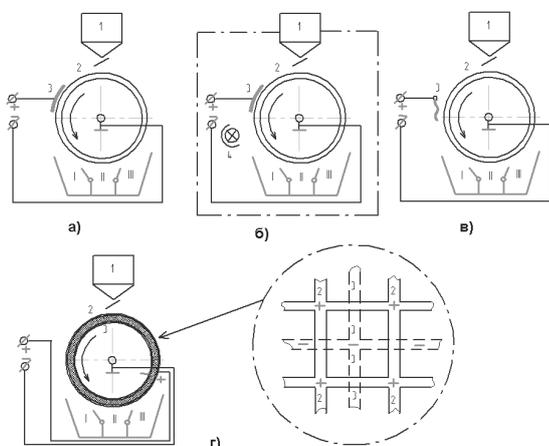


Рис.4. Схема вариантов электростатических сепараторов

Fig. 4 Chart of variants of electro-corona separators

С целью улучшения процесса самоочистки коронующего электрода от мелких частей семян и пыли, которых за счет электростатических сил, частично оседающий и на коронующем электроде, известный случай его изготовления из подвижной электропроводной ткани, как показано на рис. 4(в).

За счет действия силы воздушного сопротивления, которое возникает при вращении отсаживающего электрода 2 и вибраций, коронующий электрод 3 самоочищается, обеспечивая бесперебойную и качественную работу сепаратора.

Также известным является вариант изготовления отсаживающего электрода, с интегрированным коронующим электродом, который расположен извне барабана в виде сетки, как показано на рис. 4(г).

Сам барабан изготовлен из диэлектрического материала и содержит две сетки, одна закреплена извне, а вторая - в середине барабана. Причем, расположение летков этих сеток, которые выполняют функцию электродов такое, как показано на рис.4(г) в правой стороне. Семена притягиваются к барабану за счет электрического поля между электродами, которые разделены слоем диэлектрика.

Известно также много вариантов сепараторов с электрокоронным разрядом, в которых используется в качестве отсаживающего электрода неоконченная лента, которая вращающаяся.

Семена из бункера 1 подается на поверхность неоконченной ленты, которая изготовлена из электропроводного материала и вращающийся против часовой стрелки, как показано на рис. 5(а).

Попав в зону действия электрокоронного разряда, который происходит между коронующим электродом 3 и соединенной с негативным полюсом источника высокого напряжения подставки 4 и барабаном 2.

Получая электрический заряд, семена перераспределяются при сепарации по бункерам фракции I-III. Да, в бункер фракции II попадает наиболее удельно тяжелое семена, которые первым отрывается от поверхности неоконченной ленты.

В бункер фракции II попадают средние за удельной массой семена, а наиболее удельно легкое счищается разрядной пластиной 5 к бункеру фракции III.

С целью увеличения эффективности сепарации семян в такой сепаратор был дополнительно введен дополнительный коронующий электрод 4, присоединен к "+" источнику питания через резистор, который ограничивает силу тока, как показано на рис. 5(б). За счет предыдущего подзарядки семена попадают в

зону основного коронного разряда между основным коронующим электродом 3 и отсаживающим электродом, поверхностью которого движется бесконечная лента 2.

В результате предварительно заряженные семена, которые подаются питателем из бункера 1 поставляются на поверхность ленты 2, перераспределяются по бункерам фракции И - III.

В бункер фракции И попадает наиболее удельно тяжелое семена, что под действием силы притяжения осыпается первым. В бункере фракции II собираются средние за удельной массой семена, а наиболее удельно легкое семена остаются после сепарации в бункере фракции III.

Другим путем создание предыдущего заряжения семян является использованием источника света 4, что закреплено над неоконченной лентой 2, которой вместе с которой двигаются семена в зону коронного разряда, что подаются питателем из бункеру 1, как показано на рис.5(в).

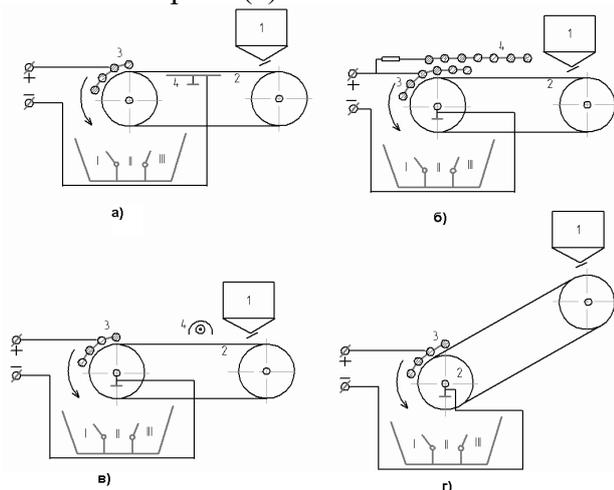


Рис.5. Схема вариантов сепараторов с бесконечной лентой, которая движется
Fig.5. A chart of variants of separators is with an unfinished ribbon which moves

Коронный разряд образуется за счет приложения высокого напряжения от источника питания между коронующим электродом 3 и отсаживающим электродом, вокруг которого движется электропроводная бесконечная лента 2.

Предыдущее заряжение семян с помощью источника света позволяет увеличить эффективность разделения, за счет увеличения удельной величины электрического заряда, что приобретают семечка во время сепарации.

АНАЛИЗ СЕПАРАТОРОВ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ВОЗДУШНЫЙ ПОТОК

Первые попытки механизировать процесс сепарации привели к разработке пневматического способа сепарацию.

В таком способе сепарации в качестве агента, который взаимодействует с семенами и разделяет их, - был воздушный поток, который подан горизонтально к падающим сверху семян. Время разработки и начала использования таких сепараторов - 40-х годы прошлого столетия; в них семена подавались в горизонтальный воздушный поток, который создавался вентилятором с ручным приводом с помощью двух людей.

Воздушный поток при обдувке семян, относил удельно легкие из них на большее расстояние, чем удельно тяжелые.

Схематически, такой способ сепарации представлен на рис. 6.

Из бункеру 1 семена подаются питателем 2 в горизонтальный воздушный поток, который создается с помощью вентилятора 3. После разделения, удельно легкие семена относились потоком за распределительную заслонку 4 к бункеру фракции II, а качественное, удельно тяжелое семена попадают к бункеру фракции I.

Основными недостатками рассмотренного способа сепарации в горизонтальном воздушном потоке является то, что семечка, при свободном выпадении из бункеру, занимают случайное положение в пространстве.

В результате, со стороны горизонтального воздушного потока на две близкие за размерами и удельной массой семечка, будут действовать разные силы.

Эти силы будут зависеть от положения каждой из семени относительно горизонтального воздушного потока, который сепарирует.

В одном из возможных положений сила, которая действует со стороны потока на семечко будет максимальной, а в другом случае - минимальной. Следовательно, при расположении удельно легкой семечки в положении наименьшей аэродинамической силы со стороны горизонтального воздушного потока, она не будет перемещена за разделяющий заслон 4 (см. рис. 8) к бункеру 5 фракции II.

С другой стороны, напротив, если удельно тяжелая семечко расположится в положении максимальной аэродинамической силы со стороны потока, то она может попасть в бункер фракции II (к удельно легких).

Последующим совершенствованием вышеупомянутого способа сепарации является способ с использованием аспирационного воздушного канала, который изображен на рис.7. При работе семечка подают из бункера 1 на наклонное решето 2. Двигаясь по решету, семечка попадают в вертикальный воздушный поток вентилятору 5. После прохождения сквозь решето 2, поток вентилятору 5 получает хорошую равномерность. Удельно легкие семечка увлекаются вертикальным потоком и поднимаются им вверх по аспирационному каналу 3, попадая в отстойник 6. Удельно тяжелые скатываются решето 2 в бункер 4. В настоящее время, такой способ сепарации приобрел широкое распространение в промышленном оборудовании типа ЗАВ-10.30000А, ЗД10.000, СВУ-5А, ЗВС-20, ТОВП-20А, СМ-4 [9].

Главным недостатком рассмотренного способа сепарации являются большие энергетические расходы. Большие энергозатраты обусловлены необходимостью создания мощного вертикального потока воздуха, который способен транспортировать удельно легкое семя на высоту камеры отстойника 6, проходя при этом сквозь сетку наклонного решета 2.

Одной из разновидностей пневматических сепараторов есть сепаратор, который разделяет семена в псевдо-жидкостном слое воздуха.

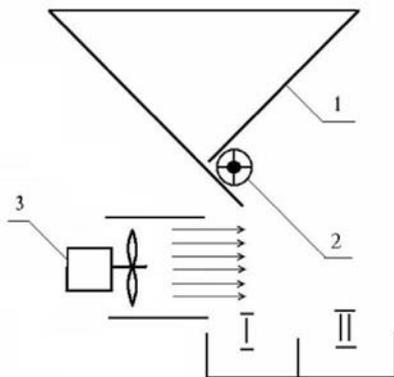


Рис.6. Схема сепаратора в горизонтальном воздушном потоке

Fig.6. A chart of separator is in the horizontal current of air

Также известен пневматический сепаратор, который разделяет семена в псевдо-жидкостном слое воздуха.

При работе семян из бункера 1 подается сверху на стол, который состоит из планок 2, какие закреплены на поверхности решета 3 (рис. 8).

Поверхность пневматического стола при работе колеблется. За счет действия воздушного потока вентилятора 4, семена с малой удельной массой поднимаются над планками 2 и сползают в поперечном направлении решета к бункеру фракции II. Удельно тяжелое семя, не поднимается выше планок 2 и движется в бункер фракции I.

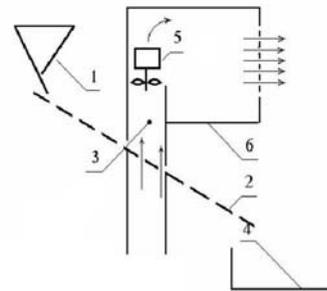


Рис.7. Схема сепарации в аспирационном вертикальном канале

Fig.7. A chart of separacii is in an aspirating vertical channel

Пневматический сортировальный стол имеет большие энергетические расходы, вызванные необходимостью создания мощного воздушного потока для псевдо-жидкостного воздушного слоя на большой площади решета 3, что должен быть хорошо уровненный за скоростью, например ПСС-2,5

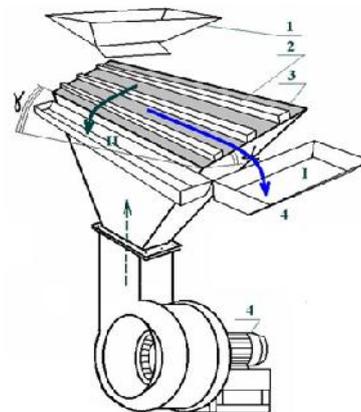


Рис.8. Схема пневматического сортировального стола типа ПСС

Fig.8. A chart of pneumatic sorting table is as PSS

Основные рабочие органы ПСС-2,5 дека и вентилятор. Дека, которая продувается снизу воздушным потоком, выполнена в виде металлического каркаса, на который туго натянута металлическая сетка с отверстиями 0,5-0,6 мм. Под сеткой расположены двух воздухоуравняющих ворот. Над сеткой к каркасу прикреплены продольные планки (риффы) с постепенно уменьшаемой к выходу высотой. Наклон деки в продольном и поперечном направлениях можно регулировать к 8°. Частоту колебаний деки изменяют в пределах от 360 до 600 колебаний в минуту.

Зерновой материал, который высыпался из бункера на возвышенную часть стола, перемещается между рифами и равномерно размещается на сетке. Под воздействием колебательных движений стола и воздушного потока происходит перераспределение семян в слое смеси. Более тяжелые зерна опускаются к сетке, а легкие поднимаются в верхний слой. Тяжелые зерна перемещаются между рифами и всходят из стола — образуется фракция I из наиболее плотным семян.

Подачу семени на сетку регулируют заслоном бункера таким образом, чтобы зерно находилось на сетке во взвешенном состоянии (для улучшения процесса очистки).

ВЫВОДЫ

1. Установлено, путем анализа литературных источников, что наиболее простыми и надежными являются аэродинамические сепараторы семян, что являются ближайшими к природе аналогами.

2. Проанализировано развитие конструкций и теоретических основ проектирования сепараторов семян сельскохозяйственных культур.

3. Доказано, что наиболее перспективным является аэродинамический сепаратор, что обеспечивает разделение семян путем смещения семян в горизонтальном направлении путем расщепления их вертикальной траектории при свободном падении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sheredenkin V.V. Razdelenie sil'nozasorjnnogo voroha napravlennymi vozdushnymi potokami pri pnevmotransporte: Avtoreferat dis... kand. tehn. nauk. - Voronezh, 1998. - 19s.

2. Ermak V. Obosnovanie racional'nyh parametrov vstrechnogo vozdushnogo potoka pri separacii semjan podsolnechnika v vertikal'no-gorizonta'lnom vozdushnom potoke // Zbirnik naukovih prac' Lugans'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Serija: Tehnichni nauki. - MOTROL – Ludlin 2008. - S. 59-61.

3. Ermak V.P. Obgruntuvannja sposobu separuvannja nasinin sonjashnika v povitranjih potokah: Dis... kand. tehn. nauk. - Lugans'k: LNAU, 2003.-166s.

4. Goncharov E.S. Doslidzhennja procesu rozpodilu chastinok u shari nasinnevoi sumishi / Goncharov E.S., Grod I.M. // Mehanizacija ta elektrofikacija s/g. — 1993. — № 77. — S. 18—23.

5. Toropov V.R. Issledovanie tehnologicheskogo processa planetarnogo reshetnogo separatora zerna s cel'ju opredelenija ego parametrov i rezhimov raboty : avtoref. dis. na soiskanie nauch. step. kand. tehn. nauk : 05.20.01 "Tehnologii i sredstva mehanizacii sel'skogo hozjajstva" / V.R. Toropov — Omsk, 1974. — 23s.

6. Zavgorodnij A.I. Nauchnye osnovy processov ochistki otverstij reshet zernoochistitel'nyh mashin: dis. ... dokt. tehn. nauk : 05.05.11 / Zavgorodnij Aleksej Ivanovich. — H., 2001. — 327s.

7. Zavgorodnij A.I. Ochistka reshet v zernoochistitel'nyh mashinah / Zavgorodnij A.I. — K.: USHA, 1992. — 179s.

8. Cecinovskij V.M. Jeffektivnost' separirovanija zernovyh smesej / Cecinovskij V.M. // Trudy VNIIZ. — 1950. — № 20. — S. 5—15.

9. Cecinovskij V.M. Teoreticheskie osnovy razdelenija sypuchih smesej / . Cecinovskij V.M. // Trudy VNIIZ. — 1951. — № 23. — S.5—24.

10. Taran A.I. Vlijanie napravlenosti kolebanij ploskih reshet na proseivaemost' / Taran A.I. // Trudy VNIIZ. — 1963. — № 42. — S. 189—202.

11. Kozhuhovskij I.E. Zernoochistitel'nye mashiny / Kozhuhovskij I.E. — M.: Kolos, 1974. — 200s.

12. Zjumin A.N. Issledovanie processa separacii v uslovijah ravnomernogo raspredelennogo materiala na poverhnosti resheta / Zjumin A.N.

- // Trudy VIM. —1971. — Т. 55. — S. 146—153.
13. Zjumin A.N. K voprosu intensivkacii processa separacii ploskimi reshetami // Trudy ChIMJeSH.-Cheljabinsk.-1972.-Vyp. 69.-S.127-132.
14. Gortinskij V.V. Sortirovanie sypuchih tel pri ih poslojnom dvizhenii po sitam / Zjumin A.N. // Trudy VIM. — 1964. — Т. 34. — S. 121—191.
15. Gortinskij V.V. Processy separirovaniya na zernopererabatyvajushhих predpriyatijah / Gortinskij V.V., Demskij A.B., Boriskin M.A. — M.: Kolos, 1980. — 304s.
16. Mazorenko D.I. Povyszenie jeffektivnosti raboty vibrocentrobezhnyh separatorov na osnove opredelenija ih racional'nyh shem i parametrov / Mazorenko D.I. // Vibracii v tehnike i tehnologijah. — MOTROL – Ludlin 2009. – 251 c.S. 3—12.
18. Neljubov A.I. Izyskanie i issledovanie pnevmoseparirujushhих sistem trostnikovouborochnyх kombajnov / Neljubov A.I., Vetrov E.F. // Trudy VISHOM. — 1971. — № 66. — S. 85—165.
19. Neljubov A.I. Pnevmoeparirujushhie sistemy sel'skohozjajstvennyh mashin / Neljubov A.I., Vetrov E.F. — M: Mashinostroenie, 1977. — 190s.
20. Garmash N.T. Bezreshetnaja separacija melkogo zernovogo voroha / Garmash N.T. — K., 1955. — S. 96—104.

THE ANALYSIS OF EXISTING SEPARATORS WHICH ARE USING FOR THE SEPARATION OF THE SEED

Summary. It is represented an analysis of separators which are using an electric field and current of air.

Key words: cage, seeds, the air flow, the electric field.