

Вибрационный сепаратор зерна с линейным асинхронным двигателем в приводе

*С.В. Акчурин, к.т.н., ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ;
В.В. Пугачёв, преподаватель, ФГОУ ВПО Оренбургский ГАУ*

На предприятиях пищевого и зерноперерабатывающего направления среди оборудования преобладают вибрационные сепараторы [1].

Основные задачи вибрационных сепараторов заключаются в следующем:

1. Первичная очистка зерна от многочисленных примесей: минеральных, семян сорняков, частей стеблей, колосков;
2. Сортировка зерна по потребительской ценности на продовольственное, фуражное и отходы различной колоритности;
3. Сортирование промежуточных продуктов измельчения (на мукомольных заводах) и продуктов шелушения крупяных культур (на крупозаводах) с целью их дальнейшего превращения в муку или крупу.

Технологические операции сепарирования осуществляются по размерам частиц — с помощью сит, по размерам и плотности — с помощью сит в восходящем потоке воздуха, по упругости и плотности — ударным способом.

Все вибрационные сепараторы должны удовлетворять требованиям, вытекающим из условий

эксплуатации: полная взрывобезопасность, повышенная надёжность и долговечность, простота управления и наладки.

Сопоставляя достигнутые результаты и поставленные в настоящее время задачи, следует считать актуальным создание высокопроизводительных, малогабаритных зерноочистительных сепараторов для первичной обработки зерна непосредственно при приёме.

На основании проведённого анализа существующих сепараторов установлено, что наибольшей эффективности сепарирования можно достичь применением сложного пространственного движения рабочего органа (деки), как наиболее эффективного для связных материалов, в сочетании с высокочастотными колебаниями, интенсифицирующими процесс.

Разработка высокоэффективных сепарирующих машин во многом зависит от обоснованного выбора формы (геометрии) их рабочих органов. Установлено, что конструктивные схемы вибрационных сепараторов, осуществляющих разделение по геометрическим признакам, базируются главным образом на применении плоских сит. В этом случае не используются в полной мере гравитационные свойства сыпучих систем, что снижает вероятность

контактного взаимодействия проходных частиц с ситом и отрицательно влияет на процесс самосортирования.

Требования к приводу вибрационных сепараторов для зерна вытекают из специфики технологических процессов: наличие резко выраженного экстремума эффективности от кинематических параметров и его дрейфа, обусловленного случайными возмущениями от изменения производительности, состава и свойств (в частности, влажности) исходной смеси. В этом аспекте перспективным представляется применение в приводе сепарирующей машины линейных асинхронных двигателей (ЛАД). ЛАД обеспечивает получение непосредственно прямолинейного движения. Совмещение ЛАД в концевых звеньях с упругими накопителями механической энергии позволяет реализовать энергетически эффективный электропривод колебательного движения с регулируемыми параметрами колебаний [2].

Немаловажно и то, что ЛАД отличается конструктивной простотой, технологичностью изготовления, лёгкостью монтажа и демонтажа, дешёвизной, надёжностью и допускает разнообразие конструктивных решений. Вследствие отсутствия на вторичном элементе (ВЭ) ЛАД обмотки его подвижной частью может быть непосредственно плоский или цилиндрический рабочий орган технологической машины. В результате появляется возможность дополнительного упрощения, снижения металлоёмкости машин, блочно-модульного построения привода и его многоцелевого применения [3]. Всё это отвечает общим тенденциям развития электрооборудования технологических машин АПК, направленным на экономию энергии и ресурсов.

На основании вышеизложенного предлагается конструкция вибрационного сепаратора с ЛАД в приводе (рис.).

Дека 1 установлена на шарнирных подвесках 2 и 3, попарно. В свою очередь упругие подвески 2 и 3 установлены жёстко на основании. Статор ЛАД состоит из двух равных частей 4 и 5, расположенных с разных сторон деки и параллельно друг к другу. Части статора ЛАД расположены на частях 6 и 7 ВЭ (рис. 1б), которые своими концами жёстко закреплены на деке 1 (рис. 1а). На концах частей ВЭ установлены с зазором относительно частей статора, попарно, упругие элементы 8 и 9. Обмотки частей статора ЛАД соединены друг с другом. Под декой 1 на основании может быть установлена приёмная ёмкость 10 для просеянного материала 11.

Сепаратор работает следующим образом. С блока управления (на рисунках не показан) на обмотки статора ЛАД подаётся переменное напряжение питания. Обмотки статора создают бегущие магнитные поля в одном направлении, например от упругих элементов 8 к упругим элементам 9. Взаимодействие бегущего магнитного поля статора с ВЭ создаёт силу, направленную в сторону магнитного поля. Под действием этой силы части статора ЛАД движутся от упругих элементов 8 к упругим элементам 9. При этом вначале выбирается зазор между частями статора и упругими элементами 9, затем последние начинают сжиматься. Из-за смещения центра тяжести сепаратора при движении частей статора ЛАД дека 1 движется в направлении поля, но по радиусу. При этом упругая подвеска 3 сжимается, а упругая подвеска 2 разжимается, один край деки 1 опускается, а другой – приподнимается. В какой-то момент времени блок управления обесточивает обмотки статора ЛАД. Бегущие магнитные поля исчезают, под действием потенциальной энергии предварительно сжатых упругих элементов 9 части статора ЛАД перемещаются в обратном направлении. При движении частей статора в сторону упругих элементов 8 выбирается зазор между частями статора и упругими элементами 8, затем

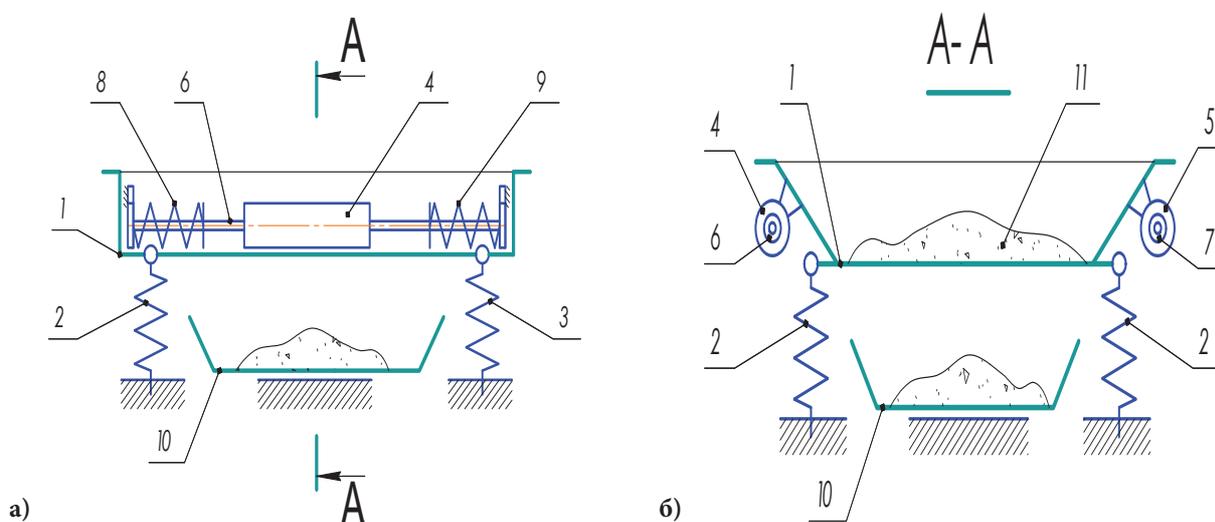


Рис. 1 – Конструкция вибрационного сепаратора с ЛАД в приводе:
а) вид сепаратора сбоку; б) вид А

упругие элементы 8 начинают сжиматься. Вслед за частями статора из-за смещения центра тяжести статора в противоположную сторону движется дека 1, но по радиусу сжимая упругие подвески 2 и разжимая упругие подвески 3, а предварительно деформированные упругие подвески 2 и 3 будут способствовать этому движению. При этом один край деки 1, противоположный предыдущему, поднимается, а второй опускается.

Частота включения ($f_{вкл}$) блоком управления ЛАД должна определяться частотой собственных колебаний (f_k) колебательной системы, определяемой массой статора и жёсткостью упругих элементов 8 и 9. При совпадении частот $f_{вкл}$ и f_k имеет место наиболее экономичный резонансный режим работы привода. В техническом решении резонансный режим соблюдается всегда, т.к. масса статора ЛАД и жёсткости упругих элементов 8 и 9 в процессе работы вибрационного сепаратора остаются неизменными.

В вибрационном сепараторе сложное колебательное движение деки (по горизонтальной оси и перпендикулярной к осям частей статора) обеспечивается посредством смещения приводом центра тяжести сепаратора, имеющего частоту собственных колебаний:

$$f_{к.с} = \sqrt{\frac{c_n}{m}}, \quad (1)$$

где c_n – жёсткость упругих подвесок (2 и 3);

m – эквивалентная сумма масс подвижной части вибрационного сепаратора.

При соблюдении условия $f_{вкл} = f_{к.с}$ будет иметь место резонанс всего сепаратора, однако обеспечение этого условия сложно, т.к. в процессе работы сепаратора масса обрабатываемого материала меняется. В предложенном вибрационном сепараторе имеется возможность выполнения условия: $f_{вкл} = f_k > f_{к.с}$. При этом обеспечивается резонансный режим работы привода и зарезонансный режим работы вибрационного сепаратора, который характеризуется устойчивым колебательным движением деки, более устойчивым к влиянию

изменения массы сепарируемого материала при высоких энергетических показателях всей технологической машины.

Амплитуда колебаний деки вибрационного сепаратора регулируется изменением длительности включения ЛАД к источнику питания и изменением напряжения, подводимого к обмоткам ЛАД. При параллельном соединении обмоток ЛАД на их выводы будет приложено полное напряжение источника питания, а при последовательном соединении – в два раза меньшее. Электромагнитная сила, развиваемая ЛАД, пропорциональна квадрату напряжения питания, следовательно, при изменении напряжения будет изменяться и сила. Амплитуда колебания деки определяется этой силой: чем больше сила, тем больше амплитуда и наоборот [3].

Закреплённые на концах ВЭ упругие элементы с зазором относительно частей статора при ударном их взаимодействии дают дополнительный встряхивающий импульс деке, способствующий сепарации. Улучшению процесса сепарации способствуют и краевые эффекты, имеющие место при работе ЛАД с маленьким (меньше 4) числом пар полюсов частей статора. Краевые эффекты в ЛАД приводят к появлению дополнительных высокочастотных колебаний ($f_{в.к.}$) развиваемой ею электромагнитной силы, причём $f_{в.к.} = 2 f_1$, где f_1 – частота переменного напряжения питания обмоток статора ЛАД. Например, при $f_1 = 50$ Гц, $f_{в.к.} = 100$ Гц [4].

На основании проделанной работы установлено, что наибольшей эффективности сепарирования можно достичь с помощью сложного пространственного движения рабочего органа.

Литература

1. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. М.: Колос, 1980. 304 с.
2. Аипов Р.С. Линейные электрические машины и приводы на их основе: учебное пособие / Рекомендовано УМО по агроинженерному образованию. Уфа: БГАУ, 2003. 201 с.
3. Аипов Р.С. Основы построения и теории линейных асинхронных приводов с упругими накопителями энергии. Уфа: БГАУ, 2006. 295 с.
4. Веселовский О.Н., Коняев А.Ю., Сарапулов Ф.Н. Линейные асинхронные двигатели. М.: Энергоатомиздат, 1991. 256 с.