

ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ МАЛОГАБАРИТНОЙ ДЕКИ ВИБРОСЕПАРАТОРА

Завгородний А.И., д.т.н., проф., Обыхвост А.В., инж.

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)

Предложена рациональная форма рабочей поверхности малогабаритной деки вибросепаратора, которая имеет вспомогательный участок для предварительного выделения посторонних примесей из зерновой смеси.

Постановка проблемы. Из-за невысокой производительности безрешетные вибрационные сепараторы нашли свое применение там, где на первый план выносятся качество разделения зерновых смесей (селекция, семеноводство и т.п.) [2]. Одним из направлений повышения производительности таких сепараторов является использование малогабаритных дек [4, 5]. Сортировка зерновых частиц основной культуры на этих деках происходит в виброударном периодическом режиме движения. Очевидно, что вопрос о рациональном выборе режимов при совместном движении частиц основной культуры и примесей имеет большое значение в процессе обработки смесей. Исследование этого вопроса в настоящей статье привело не только к обоснованию надлежащих режимов движения тех и других частиц, но и к корректировке формы рабочей поверхности малогабаритных дек.

Анализ последних исследований и цель работы. Периодические колебания малогабаритной деки с отражателем [5] дают возможность использовать для сортирования семян округлой формы (рапс, горох, просо, мак, капуста и т.д.) периодический виброударный режим движения. Наличие плоских примесей (кусочки стебельков, половинки семян и др.) затрудняет сортировку семян основной культуры. Под плоскими подразумевают частицы, которые перемещаются по деке без опрокидывания – не перекатываются. Движение таких частиц достаточно точно аппроксимируется материальной точкой [1]. В работах [4, 5] изучено движение по рабочей поверхности малогабаритной деки, как материальной точки, так и округлой частицы. Показано, что

периодический виброударный режим для указанных частиц существует в пределах выполнения некоторых условий:

$K_{\min}^{\text{пл}} < K < K_{\max}^{\text{пл}}$ – для плоских частиц; $K_{\min}^{\text{сф}} < K < K_{\max}^{\text{сф}}$ – для

округлых частиц ($K = A\omega^2/g$ – коэффициент кинематического режима, A , ω – амплитуда и частота колебаний деки, g – ускорение свободного падения). Совместное движение частиц указанных классов в виброударном периодическом режиме возможно на участке перекрытия указанных условий. Но пока не исследовано: будет ли такое движение целесообразным с точки зрения качества обработки зерновых смесей; сочетание каких именно режимов движения является предпочтительным; какая форма рабочей поверхности деки будет соответствовать заданному сочетанию режимов движения. Настоящая работа посвящена выяснению указанных вопросов.

Результаты исследований. На рис.1 представлена технологическая схема разделения зерновой смеси на малогабаритной деке. Рабочая поверхность деки выполнена в форме трапеции BCDE, перпендикулярно к которой установлена отражательная пластина CDKL. Загрузочное устройство установлено у большего основания трапеции BC. Направленные гармонические колебания деки происходят в плоскости поперечного сечения, перпендикулярной отражательной пластине. Частицы смеси из загрузочного устройства подаются на колеблющуюся рабочую поверхность и, благодаря поперечному наклону α , сближаются с отражательной пластиной. После соударения с пластиной частицы отскакивают и перемещаются до следующего соударения по некоторой траектории, зависящей от углов (α , γ) наклона деки, параметров колебательного движения (A , ω) и свойств частиц (упругости, шероховатости). Частицы с наибольшей упругостью и наименьшей шероховатостью удаляются при отскоке от пластины на значительное расстояние (большее нижнего основания ED трапеции) и попадают в боковые приемники, а частицы с наименьшей упругостью и наибольшей шероховатостью – в торцевой приемник, расположенный у основания ED.

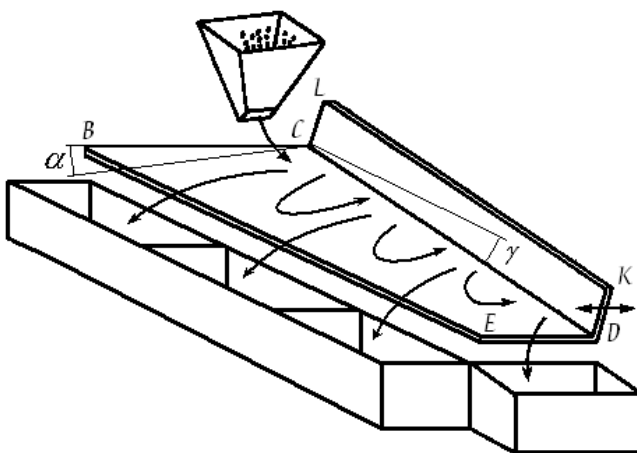


Рис.1. Технологическая схема разделения зерновой смеси

Следует отметить, что наибольший эффект сортировки смеси будет наблюдаться в том случае, когда частицы с одинаковыми свойствами будут отскакивать от отражательной пластины после каждого соударения на одно и то же расстояние, то есть, когда указанный режим движения будет устойчивым. Устойчивость периодических режимов движения виброударных систем изучалась в работе [3]. В книге рассмотрены одномассовые и многомассовые модели виброударных систем, в том числе близкие нашей, например: “шарик, прыгающий по лестнице”, “шарик на вибрирующей плоскости” или “шарик в полости”. В первых двух моделях рассматривалось движение сферической частицы при отсутствии постоянного контакта с несущей поверхностью, а в третьей – при наличии дополнительного удара о, симметрично установленную, отражательную пластину. Кроме выявленных областей устойчивости авторами также показано, что: “... периодические режимы устанавливаются сравнительно быстро: при одной, двух и даже четырехударных парах уже после первых нескольких соударений движение системы обычно оказывалось близким к периодическому”. В силу физической аналогии это относится и к нашей виброударной системе (рис.1), поэтому ограничимся лишь качественным анализом устойчивости периодического режима движения частицы, что даст возможность сформулировать условие рационального определения параметров, обеспечивающих высокий уровень упомянутой устойчивости.

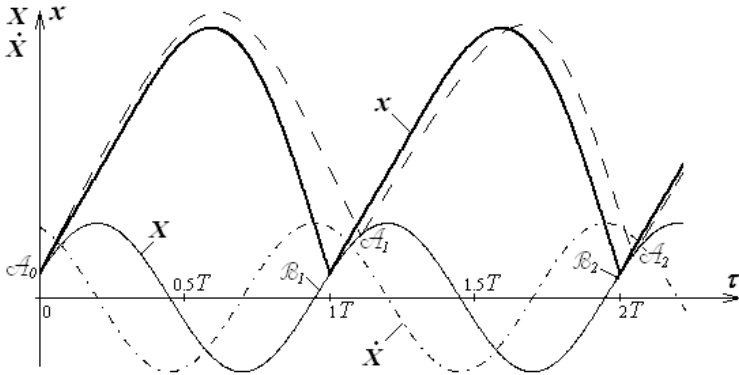


Рис.2. К анализу устойчивости периодического режима движения частиц: — установившееся движение частицы; --- возмущенное движение; — — — движение деки с отражателем; ····· скорость движения деки

Пусть при движении частица в момент удара получила в точке A_0 дополнительный импульс (рис.2). Тогда траектория ее возмущенного движения (пунктирная) пройдет выше траектории установившегося движения и следующее соударение с отрагательной пластиной произойдет несколько позже – в точке A_1 , а не в точке A_0 , как это происходит при установившемся движении. Но, в точке A_1 скорость отрагательной пластины (штрихпунктирная) меньше, чем в точке A_0 , в результате чего ударный импульс снизится и траектория следующего цикла движения пройдет ниже. Это приведет к тому, что следующее соударение произойдет в точке A_2 , которая расположена ближе к точке A_0 , чем точка A_1 в предыдущем соударении и т. д. Сближение фактических точек соударения A_1, A_2, A_3, \dots с расчетной точкой A_0 означает стабилизацию – восстановление периодического движения после его возмущения. Если, например, в начальной точке A_0 импульс удара уменьшится, то траектория возмущенного движения снизится и следующее соударение произойдет в точке B_1 (на рис.2 показаны лишь точки

B_i ($i = 1, 2, \dots$), а соответствующие им траектории, чтобы не усложнять восприятие чертежа, на рисунке не показаны). В точке B_1 частица получит больший ударный импульс (скорость отражательной пластины в этой точке выше) поэтому следующая точка соударения – B_2 будет расположена ближе к точке A_0 , чем точка B_1 и т. д. Таким образом, устойчивость движения частиц автоматически поддерживается, если фаза удара принимает значения из интервала $0 < \tau_y < 0,25$, то есть находится в пределах первой четверти периода движения (здесь τ – безразмерное время, выраженное в долях периода T колебаний).

Рассуждая аналогично, можно показать, что в конечных точках интервала $0 < \tau_y < 0,25$ периодическое виброударное движение частицы по деке неустойчиво. Оно будет неустойчивым и в непосредственной близости от конечных точек. Напротив, с удалением от них устойчивость будет возрастать. Учитывая также наличие некоторого разброса значений фазы удара τ_y для частиц одной и той же фракции зерновой смеси (из-за неоднозначности свойств частиц), правомерно предположить, что рациональным будет значение коэффициента кинематического режима – K_p , при котором время удара τ_y занимает среднее значение указанного интервала, то есть, когда $\tau_y = 0,125$. Обозначим рациональное значение коэффициента кинематического режима для основной фракции семян – $K_p^{сф}$. Важно теперь определить, целесообразно ли использование виброударного периодического режима движения одновременно и для плоских, и для округлых частиц или, что то же самое, – попадет ли рациональное значение коэффициента K для округлых частиц в интервал ($K_{min}^{пл}; K_B^{пл}$) возможных значений этого коэффициента для плоских частиц. Для выяснения этого вопроса достаточно рассмотреть совместно значения коэффициентов $K_p^{сф}$ и $K_{min}^{пл}$, как это показано на рис.3.

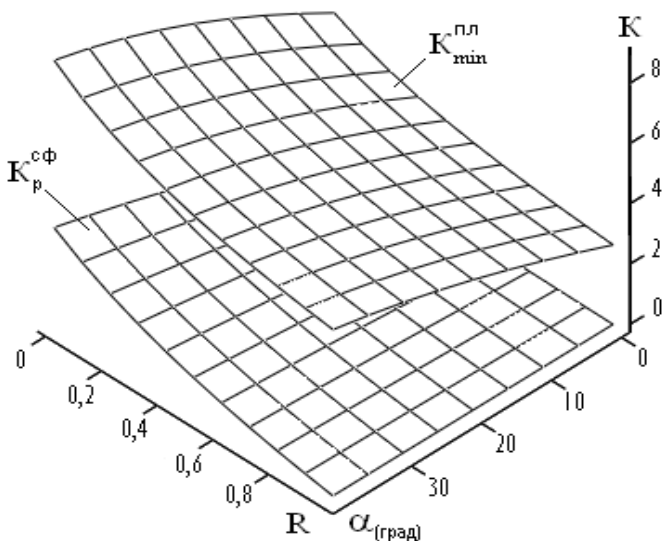


Рис. 3. Сравнение коэффициентов кинематического режима для сферической ($K_p^{сф}$) и плоской ($K_{min}^{пл}$) частиц при: $\beta = 15^\circ$, $f = 0,6$

Расчетные зависимости для построения графиков можно найти в работах [4, 5]. Аргументы α , R (поперечный наклон и коэффициент восстановления скорости при ударе) использованы из соображений наиболее существенного их влияния на рассматриваемые показатели $K_p^{сф}$ и $K_{min}^{пл}$.

Как видим, рациональные значения $K_p^{сф}$ коэффициента K для округлых частиц лежат намного ниже минимально возможных значений $K_{min}^{пл}$ того же коэффициента для плоских частиц. Это говорит о том, что при настройках сепаратора, рациональных для округлых частиц, виброударный периодический режим движения с регулярными соударениями с отражательной пластиной для плоских частиц становится невозможным. Режим же движения плоских частиц по вибрирующей шероховатой поверхности при отсутствии указанных соударений принято называть “вибрационным перемещением” [1].

Таким образом, при изыскании формы рабочей поверхности малогабаритной деки необходимо принимать в учет следующие обстоятельства.

Во-первых, движение примесей и основной культуры происходит в различных режимах и по различным траекториям, что может привести к столкновению частиц и отрицательному влиянию на устойчивость движения.

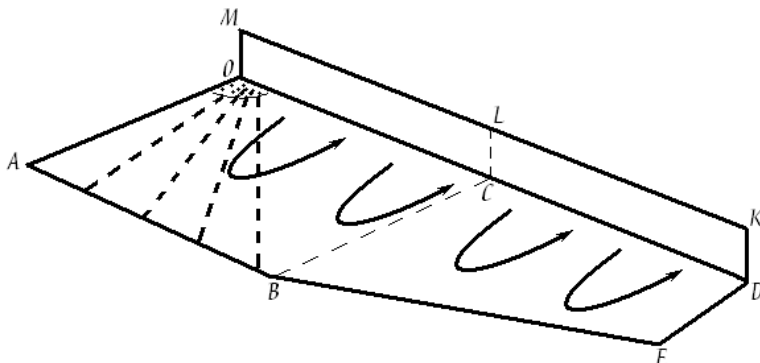


Рис.4. Предлагаемая форма рабочей поверхности деки с предварительным прямоугольным участком ABCO

Во-вторых, устойчивость движения семян основной культуры воспроизводится лишь после нескольких ударов об отражательную пластину, а значит, на некотором участке поверхности деки вблизи места загрузки движение семян будет отличным от ожидаемого.

Все это снижает качество разделения смеси, поэтому, как следует из вышеизложенного, необходимо, чтобы пересечение траекторий движения семян указанных фракций было минимально возможным, а движение семян основной культуры – устойчивым на всей рабочей поверхности деки, в том числе и на ее начальном участке вблизи линии BC (рис.1). Эта задача может быть решена введением дополнительного прямоугольного участка OABC, как показано на рис.4.

Как видим, плоские примеси (пунктирные линии) выделяются предварительно из смеси на добавленном участке, причем для этого используется лишь его половина – треугольник OAB. Остальные семена перемещаются в периодическом виброударном режиме, причем для воспроизведения этого режима служит свободная часть добавленного участка – треугольник OBC. Очевидно, что пересечение траекторий возможно лишь на малой области

поверхности вблизи диагонали ОВ.

ВЫВОДЫ

1. В основе применения рассматриваемых малогабаритных дек лежит использование периодического виброударного режима движения частиц обрабатываемой смеси. Причем для качественного разделения смеси должно соблюдаться условие устойчивости указанного режима, которое можно представить в виде: “фаза соударения частиц с отражательной пластиной должна быть близкой к восьмой части периода колебаний деки ($\tau_y = 0,125$)”

2. Значение коэффициента кинематического режима, соответствующее указанному условию устойчивости для семян основной культуры, следует считать рациональным. Если смесь состоит из округлых семян основной культуры и плоских примесей, то при рациональном выборе коэффициента кинематического режима периодическое виброударное движение будет соблюдаться лишь для округлых частиц, а для частиц примесей оно становится невозможным.

3. Перемещение семян основной культуры и примесей в несовпадающих режимах приводит к повышенной частоте их столкновений, снижению устойчивости движения и ухудшению качества разделения. Исследованиями показано, что указанные недостатки можно устранить, если начальный участок рабочей поверхности деки выполнить прямоугольным. При этом становится возможным предварительное выделение примесей на этом участке и исключение их негативного влияния на последующую сортировку основной культуры на трапецевидном участке (рис.4). Кроме того, устойчивое периодическое движение семян основной культуры формируется еще на прямоугольном участке, что дополнительно повышает эффект сортировки.

Список литературы

1. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. М.: Наука, 1964.– 410с.
2. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств.– М.: Колос, 1978.– 240с.
3. Кобринский.А.Е., Кобринский.А.А. Виброударные системы. М.: Наука, 1973.– 592с.
4. Завгородний А.И., Обыхвост А.В. Периодический режим движения частиц по деке вибросепаратора // Вибрации в технике и

технологиях: Всеукраинский научно-технический журнал. – Харьков. ХНТУСХ, 2003. – Вып.6. – С.43.

5. Завгородній О.І., Обихвіст О.В. Періодичний рух частинок в процесі вібросепарації з упродовженням зміни напрямку коливальних деки // Науковий вісник НАУ, №92, Ч.1, 2005.– С.228-238.

Анотація

ОБГРУНТУВАННЯ ФОРМИ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ МАЛОГАБАРИТНА ДЕКИ ВІБРОСЕПАРАТОР

Запропонована раціональна форма робочої поверхні малогабаритної деки вібросепаратора, яка має допоміжну ділянку для попереднього виділення сторонніх домішок із зернової суміші.

Abstract

SUBSTANTIATION OF THE FORM OF A WORKING SURFACE SMALL-SIZED WORKING BODY OF THE VIBRATING MACHINE FOR CLEARING A GRAIN

The rational form of a working surface of a small-sized working body of the vibrating machine for clearing a grain is offered which has an auxiliary site for preliminary allocation of extraneous impurity from a grain mix.