

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА

Батт А.В., канд. техн. наук, доцент, Чумаченко Ю.Д., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В данной статье приводятся результаты исследования влияния различных факторов на горизонтальную и вертикальную составляющие амплитуды колебаний в трех точках, равномерно расположенных по длине образующей рабочего органа: в центральной, средней и периферийной его частях.

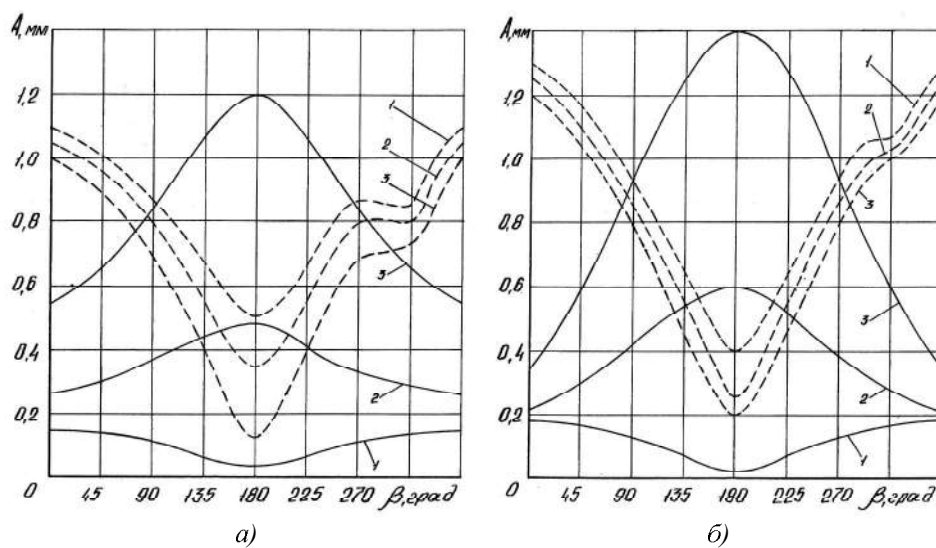
This article presents the results of investigations of the influence of various factors on the horizontal and vertical components of the oscillation amplitude at three points equally spaced along the length of the generatrix of the working bodies: the central, middle and peripheral parts of it.

Ключевые слова: вибрационное сепарирование, кинематические параметры.

Проведено изучение влияния угла взаимного расположения дебалансов, их масс и частоты вращения на горизонтальную и вертикальную составляющие амплитуды колебаний в трех точках, равномерно расположенных по длине образующей рабочего органа: в центральной, средней и периферийной частях.

Исследование влияния угла взаимного расположения дебалансов на составляющие амплитуд колебаний проводили во всем диапазоне его изменения: от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . В предварительных опытах были определены максимально возможные, с точки зрения динамической уравновешенности, массы дебалансов.

На рис. 1 представлены зависимости горизонтальных (пунктирные кривые) и вертикальных (сплошные кривые) составляющих амплитуд колебаний ( $A$ ) в трех точках рабочего органа от угла взаимного расположения дебалансов ( $\beta$ ) при различных соотношениях их масс. На указанных рис. 1-3 — кривые изменения амплитуд соответственно в центральной, средней и периферийной частях рабочего органа. Исследование проводили при частоте колебаний рабочего органа  $25 \text{ с}^{-1}$ .



а —  $m_d/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,10 \text{ кг}$ ; б —  $m_d/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,15 \text{ кг}$

**Рис. 1 – Зависимость составляющих амплитуды колебаний от угла взаимного расположения дебалансов**

Представленные зависимости носят до известного предела параболический характер. С увеличением угла взаимного расположения дебалансов кривые выполаживаются и при  $\beta = 180^\circ$  проходят через экстремум.

Вертикальные составляющие при значениях  $\beta > 135^\circ$  резко возрастают. В этом случае машина работает на предельных режимах. Объясняется это следующим. При расположении центра тяжести колеблющейся части машины между дебалансами возмущающие моменты могут быть разных знаков ( $\beta = 0^\circ$ ) или одного знака ( $\beta = 180^\circ$ ). При увеличении масс дебалансов и  $\beta > 135^\circ$  значительно

возрастает значение возмущающих моментов от верхнего и нижнего дебалансов, что количественно и качественно изменяет картину составляющих амплитуд колебаний.

Как правило, горизонтальные составляющие при  $\beta = 0^\circ$  ( $360^\circ$ ) больше, чем при  $\beta = 180^\circ$ . Вертикальные составляющие, напротив, во всех случаях при  $\beta = 180^\circ$  принимают максимальное значение. Объясняется это тем, что при  $\beta = 0^\circ$  ( $360^\circ$ ) центробежные силы дебалансов направлены в одну сторону; возмущающая сила, действующая в горизонтальной плоскости, также направлена в одну сторону и равна сумме центробежных сил дебалансов, что и приводит к значительным перемещениям рабочего органа в горизонтальной плоскости. При  $\beta = 0^\circ$  ( $360^\circ$ ) возмущающие моменты разных знаков. Поэтому результирующий возмущающий момент, действующий в вертикальной плоскости, будет равен разности возмущающих моментов от верхнего и нижнего дебалансов. При этом угловые повороты колеблющейся части машины будут минимальными, что обуславливает минимальные значения вертикальных составляющих.

При  $\beta = 180^\circ$  центробежные силы, возникающие при вращении дебалансов, направленные в противоположные стороны, создают вращающий момент в вертикальной плоскости, равный по величине сумме моментов от верхнего и нижнего дебалансов. Увеличение возмущающего момента приводит к увеличению угловых поворотов колеблющейся части машины, в результате чего значительно увеличиваются вертикальные составляющие амплитуды колебаний, которые при  $\beta = 180^\circ$  достигают своего максимума.

Всю область изменения амплитуд колебаний от угла взаимного расположения дебалансов можно разделить на две относительно симметричные области: от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  и от  $180^\circ$  до  $360^\circ$ . В области от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  вращение осуществляется с опережением верхнего дебаланса нижним, в области от  $180^\circ$  до  $360^\circ$  — нижнего дебаланса верхним.

В пределах изменения угла взаимного расположения дебалансов от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  горизонтальные составляющие амплитуды колебаний изменяются более монотонно, чем в области от  $180^\circ$  до  $360^\circ$ .

Вертикальные составляющие на периферии рабочего органа во всех случаях больше, чем в центре, так как центральная часть рабочего органа расположена ближе к центру тяжести колеблющейся системы машины, а значит к центру колебаний.

Анализируя приведенные на графиках зависимости, видим, что значения составляющих амплитуд колебаний как горизонтальных, так и вертикальных в различных точках рабочего органа значительно отличаются друг от друга. Причем более существенные отличия имеют вертикальные составляющие.

Таким образом, угол взаимного расположения дебалансов существенно влияет на значения амплитуд и направленность колебаний, т. е. на закон движения рабочего органа машины. Следует также отметить значительную зависимость закона движения точек рабочего органа от их расстояния до вертикальной оси симметрии.

Зависимость составляющих амплитуд колебаний от координат точек рабочего органа дает основание заключить, что точки рабочего органа, расположенные на различном расстоянии от вертикальной оси симметрии, движутся по замкнутым кривым, различно ориентированным в пространстве. Точки рабочего органа, расположенные на различном расстоянии от вертикальной оси симметрии, характеризуются различными параметрами колебаний.

Величина и ориентированность замкнутой кривой, значительно влияют на параметры движения частицы по поверхности рабочего органа.

На основании полученных результатов изучение влияния других факторов на составляющие амплитуды колебаний проводили в области изменения угла взаимного расположения дебалансов от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ .

Исследование влияния частоты вращения дебалансов на составляющие амплитуды колебаний проводили при различных углах взаимного расположения дебалансов и различных соотношениях их масс.

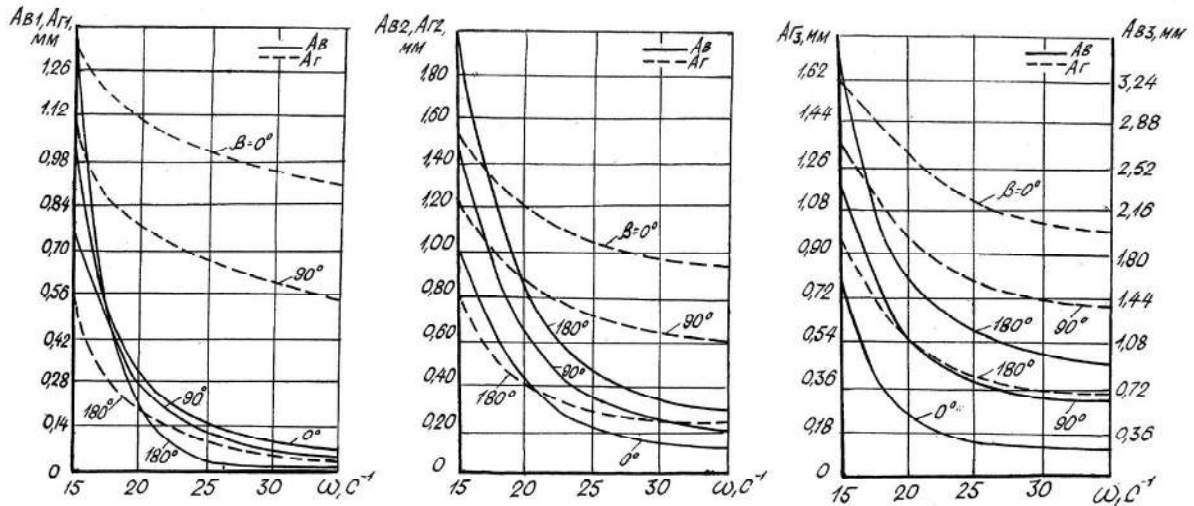
На рис. 2 представлены зависимости составляющих амплитуд колебаний от частоты при различных соотношениях масс дебалансов.

Так как вибрационный сепаратор работает в резонансном режиме, то с повышением частоты колебаний составляющие амплитуды как горизонтальной, так и вертикальной во всех случаях уменьшаются.

Изменение частоты в диапазоне  $22...35 \text{ с}^{-1}$  незначительно влияет на величину амплитуд.

При частотах менее  $20 \text{ с}^{-1}$  вертикальная составляющая резко увеличивается. Это объясняется приближением частоты вынужденных колебаний к частоте свободных колебаний.

Наименьшие значения составляющих амплитуд колебаний при частотах более  $25 \text{ с}^{-1}$  наблюдаются в центральной части рабочего органа. Особенно это заметно для вертикальной составляющей амплитуды колебаний. Это объясняется тем, что, с одной стороны, увеличение частоты колебаний приводит к уменьшению амплитуды, а с другой стороны, при  $\beta = 180^\circ$  возникает максимальный возмущающий момент, вызывающий значительные угловые повороты рабочего органа. В результате центральная часть рабочего органа, близко расположенная к центру колебаний, оказывается почти неподвижной в вертикальной плоскости.

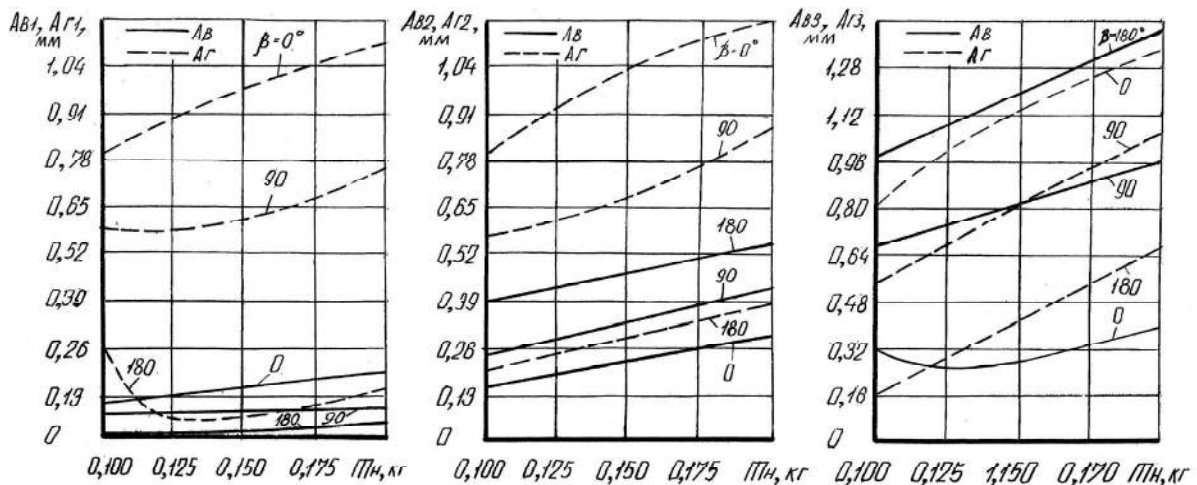


**Рис. 2 – Зависимость составляющих амплитуды колебаний от частоты вращения дебалансов ( $m_0/m_n = 0,10 \text{ кг}/0,15 \text{ кг}$ )**

Таким образом, при частотах вращения дебалансов, в несколько раз превышающих собственные колебания рабочего органа, составляющие амплитуды колебаний незначительно изменяются с изменением частоты вращения дебалансов, а их величина приближается к горизонтальным асимптотам графиков.

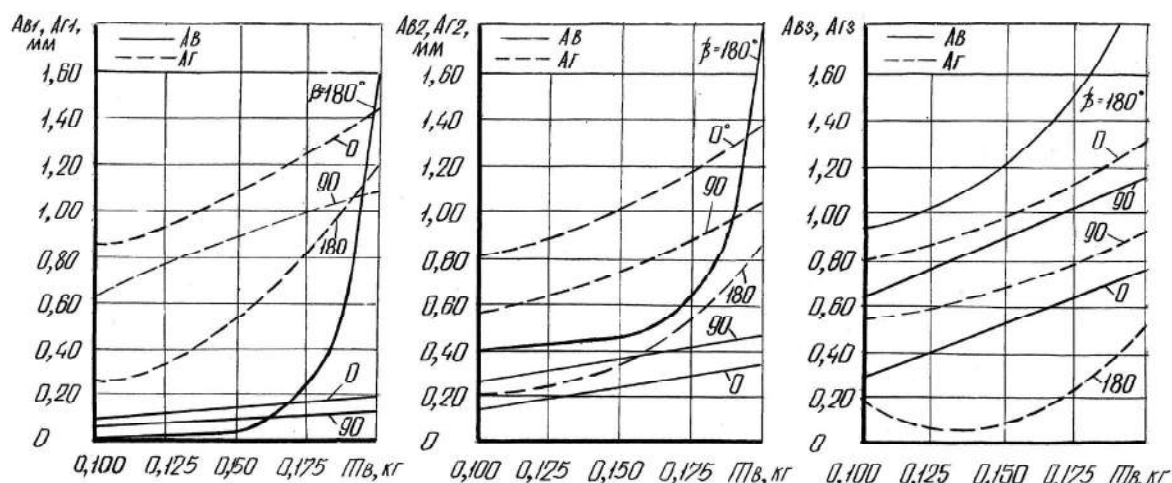
Влияние масс дебалансов на составляющие амплитуд колебаний исследовали при фиксированном значении массы одного из дебалансов, равной 0,10 кг.

На рис. 3 и 4 показано влияние масс соответственно нижнего и верхнего дебалансов на составляющие амплитуд колебаний при различных углах взаимного расположения дебалансов частоте их вращения 25 с<sup>-1</sup>.



**Рис. 3 – Зависимость составляющих амплитуды колебаний от массы нижнего дебаланса**

Из представленных зависимостей видно, что с увеличением масс дебалансов как нижнего, так и верхнего горизонтальные и вертикальные составляющие амплитуд колебаний во всех точках рабочего органа (центральной, средней и периферийной его частях) увеличиваются, причем, в основном, по линейной или почти линейной зависимости. Исключение составляют зависимости изменения амплитуд от массы верхнего дебаланса при  $\beta = 180^\circ$  во всех точках рабочего органа как для горизонтальной, так и для вертикальной составляющих, а также — от изменения массы нижнего дебаланса при  $\beta = 90, 180^\circ$  в точке 1 рабочего органа для горизонтальной составляющей и при  $\beta = 0^\circ$  в точке 1 для вертикальной составляющей.



**Рис. 4 – Зависимость составляющих амплитуды колебаний от массы верхнего дебаланса**

На рис. 3 видно, как при углах  $\beta = 90, 180^\circ$  в точке 1 рабочего органа горизонтальные составляющие при увеличении массы нижнего дебаланса вначале уменьшаются и принимают минимальные значения при  $m_n = 0,125$  кг, а затем увеличиваются, что объясняется следующим. Центр тяжести колеблющейся части машины расположен между дебалансами, причем ближе к нижнему. При увеличении массы нижнего дебаланса увеличивается результирующий возмущающий момент, действующий в вертикальной плоскости, который при  $m_n = 0,125$  кг вызывает в большей степени угловые повороты колеблющейся части машины при незначительном перемещении его в горизонтальной плоскости. Учитывая, что центральная точка рабочего органа ближе других расположена к центру колебаний, её перемещение в горизонтальной плоскости в рассматриваемом случае будет минимальным. Особенно это заметно при  $\beta = 180^\circ$ . При дальнейшем увеличении массы нижнего дебаланса возрастает возмущающая сила от него, которая приводит к увеличению перемещения рабочего органа в горизонтальной плоскости, т. е. горизонтальная составляющая амплитуды колебаний увеличивается.

Следует отметить, что изменение массы верхнего дебаланса более существенно влияет на изменение вертикальной составляющей амплитуды, чем изменение массы нижнего дебаланса (см. рис. 4). Это также объясняется размещением центра тяжести колеблющейся части машины ближе к нижнему дебалансу. В результате этого при разных массах возмущающий момент больше от массы верхнего дебаланса. При увеличении массы верхнего дебаланса увеличиваются условия перемещения рабочего органа, что и приводит к увеличению вертикальной составляющей амплитуды колебаний. Значительное влияние массы верхнего дебаланса на вертикальную составляющую амплитуды колебаний особенно хорошо заметно при  $\beta = 180^\circ$  во всех трех точках рабочего органа. При  $\beta = 180^\circ$  возмущающие моменты от дебалансов одного знака, вследствие чего результирующий возмущающий момент равен их сумме.

При  $\beta = 180^\circ$  горизонтальная составляющая амплитуды колебаний существенно возрастает при увеличении массы верхнего дебаланса (см. рис. 4). Это свидетельствует о том, что значительные угловые перемещения рабочего органа под воздействием результирующего возмущающего момента, действующего в вертикальной плоскости, приводят к увеличению не только вертикальной составляющей, но и горизонтальной составляющей амплитуды колебаний.

Анализируя представленные зависимости, можно также заключить, что при увеличении массы нижнего дебаланса быстрее увеличивается амплитуда горизонтальных колебаний, что является косвенным подтверждением тому, что центр тяжести колеблющейся части машины расположен ближе к нижнему дебалансу.

### Выводы

Установлено, что точки рабочего органа, расположенные на различном расстоянии от вертикальной оси симметрии, имеют различные параметры колебаний как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Определены параметры колебаний, в зависимости от влияющих на них факторов, в трех характерных точках, равномерно расположенных по длине образующей рабочего органа: в центральной, средней и периферийной его частях.

Установлено, что угол взаимного расположения дебалансов в наибольшей степени влияет на величину составляющих амплитуды колебаний и их направленности. Причем более существенное влияние он оказывает на величину вертикальной составляющей.

### Литература

1. Батт А. В. Функциональные зависимости процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих продуктов [Текст] / А. В. Батт, Ю. Д. Чумаченко // Наукові праці ОНАХТ, Одеса, 2011. – Вип. 40, Т. 1. – С. 57-62.
2. Гончаревич И. Ф. Вибрационная техника в пищевой промышленности [Текст] / И. Ф. Гончаревич, Н. Б. Урьев, М. А. Талейсник. – М.: Пищ. пром-сть, 1977. – 280 с.
3. Гортинский В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях [Текст] / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
4. Заика П. М. Вибрационные зерноочистительные машины [Текст] / И. М. Заика. – М.: Машиностроение, 1967. – 144 с.
5. Петрусов А. И. Зерноперерабатывающие высокочастотные вибрационные машины [Текст] / А. И. Петрусов. – М.: Машиностроение, 1975. – 40 с.

УДК 664.726.9

## ТЕНДЕНЦИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ КАМНЕОТБОРНИКОВ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Петров В.Н., канд. техн. наук, доцент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В статье рассмотрено развитие оборудования для отбора минеральной примеси с зерновой массы. Наиболее подробно изложены конструктивные решения применительно к приводным механизмам данного вида оборудования.*

*The article considers the development of equipment for the selection of mineral admixture to grain mass. The most detailed designs with respect to the driving mechanisms of this type of equipment.*

Ключевые слова: камнеотборник, машина вибропневматического действия, дека, зерно, минеральная примесь.

В настоящее время широкое распространение получили вибропневматические камнеотделительные машины, в которых используют воздушный поток в сочетании с колебаниями ситовой деки. Ряд заводов СНГ изготовляет под различными названиями вибропневматические камнеотборники типа РЗ-БКТ, выполненные по технологической схеме, приведенной на рис. 1а.

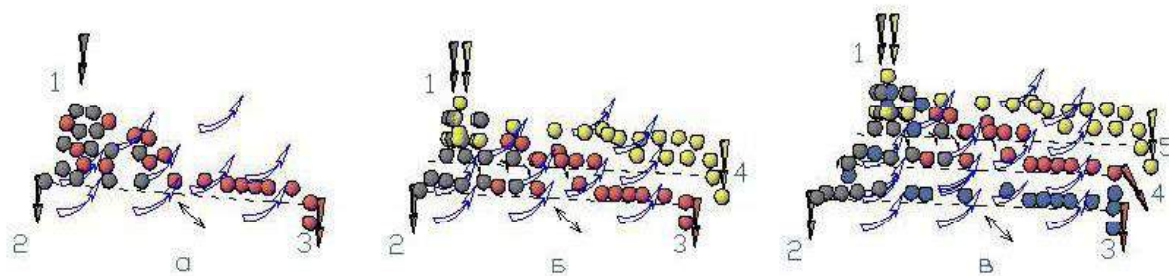


Рис. 1 – Схемы камнеотборников вибропневматического действия

Камнеотборники типа РЗ-БКТ (рис. 2а) имеют корпус 1, установленный на пружинных опорах 2, стойке 3, имеющей подпружиненное основание. В корпусе 1 установлена ситовая дека 4. Применение в камнеотборниках типа РЗ-БКТ вибраторов маятникового типа требует установки центра масс вибратора А на одной прямой линии с осью установки вибратора В и общим центром масс С. Неравномерное поступление зерна приводит к смещению общего центра масс С от линии центров, что приводит к изменению вибрационных характеристик на сетчатой поверхности деки. Систематическая ошибка установки