

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВИБРОПРИВОДА ДЛЯ ВИНТОВЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

В данной статье рассмотрены различные типы и области применения вибрационных смесителей и вибраторов, обоснован выбор двухвального четырехдебалансного инерционного вибратора для винтовых смесителей сыпучих материалов.

Вибропривод, винтовые колебания, вибрационный смеситель, сыпучий материал.

Введение

Для эффективного протекания процессов в вибрационных машинах следует поддерживать определенную форму и параметры колебаний их рабочих органов. Например, вертикальные винтовые вибрационные смесители (ВВВС) непрерывного действия для сыпучих материалов (СМ), разрабатываемые и исследуемые нами, требуют создания винтовых колебаний интенсивностью не менее 5 g.

Цель данной статьи – рассмотреть типы и области применения вибрационных смесителей и вибраторов, обосновать выбор типа и конструкции вибропривода для ВВВС.

Результаты и их обсуждение

В пищевой промышленности используют транспортные и транспортно-технологические вибрационные машины, базирующиеся на конструкциях виброконвейеров с прямолинейным или винтовым грузонесущим органом. Машины первой группы выполняют функции перемещения, погрузки, дозирования, ориентирования, выпуска из емкостей и бункерования различных насыпных и штучных продуктов. У второй – совмещают процессы перемещения продукта и его технологической обработки: сушка, смешение, сепарация, мойка, гранулирование, обжарка, панировка, охлаждение, сортировка и т.п. При этом вибрация в них может играть роль как единственного средства воздействия на пищевую массу, так и вспомогательного, применяемого для интенсификации механических, тепловых и биохимических процессов.

Основным достоинством вибрационных машин, которые обычно состоят из привода, рабочего органа, упругой системы и рамы, является простота конструктивного устройства. К достоинствам также следует отнести легкость их обслуживания и эксплуатации, высокую долговечность и надежность работы в самых разных условиях, ремонтпригодность и взаимозаменяемость узлов, быструю окупаемость, возможность совмещения транспортных операций с одновременным осуществлением некоторых технологических процессов. Особенно велика экономическая эффективность при использовании вибрационных транспортно-технологических машин. Все это привлекает внимание ученых и производственников.

Главными факторами, сдерживающими их широкое применение в пищевой промышленности, являются шум и вибрация, негативно влияющие на опорные конструкции и обслуживающий персонал.

Вибросмесители как вибрационные транспортно-технологические машины можно условно разде-

лить на две группы: циркуляционные и активационные. Совокупность их технических решений в основном сгруппирована в рубрике В01F11/00 международной патентной классификации «Смесители со встряхивающими, качающимися или вибрационными устройствами».

К первой группе относятся все устройства, в которых колебания являются единственным фактором, создающим интенсивную циркуляцию дисперсного материала в рабочем объеме аппарата. Они предназначены для получения сухих сыпучих композиций. Ко второй группе относятся смесители с механическим перемешивающим органом, совершающим основную работу, а вибрация дополнительно активирует процесс. Большинство из них предназначено для переработки влажных материалов.

Машины первой группы имеют колебания относительно большой амплитуды (2–6 мм) и малой частоты (15–35 Гц), а у второй – амплитуда колебаний обычно составляет 0,2–0,5 мм при частоте 25–60 Гц. Это связано с тем, что сухие дисперсные системы легче переходят в устойчивое виброкипящее состояние, при котором происходит их интенсивная циркуляция, при больших амплитудах.

Исследователями установлено, что вибрационные воздействия позволяют существенно снизить (в 3–4 раза) удельные затраты энергии на проведение широкого класса процессов. Поэтому, опираясь на достижения вибротехники, в 1970–1980-е годы в СССР были разработаны и серийно выпускались, в первую очередь для химической и строительной отраслей промышленности, трубные (барабанные) вибросмесители конструкции Института строительства и архитектуры АН Латвийской ССР, Гипростройиндустрии ОБ-2, ВНИИ Стройдормаш ДВ-60, ВНИИ новых строительных материалов ДВС и др., а также виброрастворомешалки, бетономешалки и т.п. [1].

В настоящее время в России ООО «КОНСИТ-А» (г. Москва) серийно выпускает вибрационные смесители I группы типа СМВ с торообразной рабочей камерой, предназначенные для периодического смешивания (усреднения) в пылеплотной камере сыпучих, зернистых и порошкообразных материалов, не склонных к налипанию, и трубчатые смесители непрерывного действия СМВТ-0,3 [consit-a.ru]; «ОКБ СТС-Промпомол» (г. Москва) выпускает смеситель вибрационный периодического действия СВП-0,3 (группа II) для сухих и мокрых смесей из различных сыпучих материалов [www.okbctc-prom.ru]; научно-производственная компания ООО «Экостройматериалы» (г. Белгород) выпускает тур-

булентный вибрационный смеситель СБТ-150 (группа II) для строительных материалов [www.penostroy.ru]; ООО «Опытный завод со специальным бюро» (г. Москва) разработал обогреваемый вибрационный смеситель РВС-22 объемом 400 дм³ (группа II), применяемый для приготовления шликера в керамическом производстве, в котором одновременно вращательное и вибрирующее воздействие обеспечивает интенсивное смешивание и равномерность обработки [www.ozsb.ru]. В г. Усть-Каменогорске, Республика Казахстан, Инженерный центр «Вибромаш УК», являющийся одним из ведущих инженерных центров СНГ в области разработки, изготовления и внедрения вибрационных технологических машин для малотоннажных производств, выпускает серию вибросмесителей ВСМ (группа I) непрерывного и периодического действия для сыпучих материалов, выполненных по горизонтальной двухкорпусной схеме [www.vibromash.kz].

Вибрационные смесители непрерывного действия для сухих дисперсных сред, не склонных к налипанию, в которых колебания направлены на создание циркуляции материала в рабочем объеме аппарата, могут иметь прямолинейный (рис. 1 и 3) или винтовой рабочий орган (рис. 4). По сути, они представляют собой вибротранспортеры со специфическим назначением, повышающие однородность многокомпонентной полидисперсной системы в процессе ее перемещения по рабочему органу от загрузочного устройства к выпускному. Их существенным отличием от виброконвейеров являются значительные ускорения вибрации, обычно лежащие в диапазоне от 5 до 30 g, для создания интенсивного виброкипения дисперсной массы и наличие турбулизаторов. Оба фактора призваны повысить эффективность равномерного распределения ингредиентов по объему композиции.

На рис. 1 изображен трубный вибрационный смеситель непрерывного действия для сыпучих материалов. В центральной части рабочего органа закреплены два инерционных вибратора, колебания которых вынуждают дисперсную среду циркулировать в его поперечном сечении. Продольное перемещение материала обеспечивается специальными ребрами, установленными внутри трубы, или ее небольшим уклоном в сторону разгрузки. Оптимизации процесса смешивания добиваются с помощью регулировки амплитуды, частоты и формы колебаний. В некоторых случаях рабочая камера таких смесителей представляет собой длинный желоб обычно U-образного поперечного сечения.

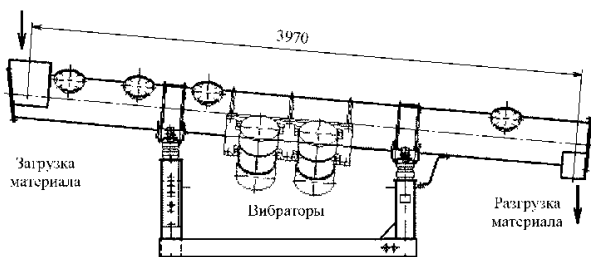


Рис. 1. Трубный вибрационный смеситель СмВТ-0,3

На рис. 2 показаны особенности движения циркуляционных потоков среды в цилиндрической рабочей камере при сообщении ей прямолинейных и круговых эллиптических колебаний в плоскости, перпендикулярной ее продольной оси.

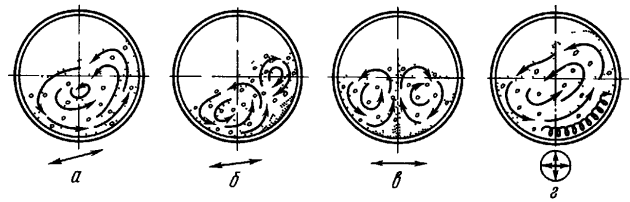


Рис. 2. Циркуляционные движения дисперсной среды в рабочей камере круглого сечения: а – одноконтурная циркуляция СМ при поперечных прямолинейных колебаниях камеры (угол вибрации $\beta = 26^\circ$); б – двухконтурная циркуляция ($\beta = 15^\circ$); в – двухконтурная циркуляция ($\beta = 0^\circ$); г – одноконтурная циркуляция в цилиндрической камере, совершающей эллиптические колебания

Смешивание сыпучих материалов может производиться и во время их вибротранспортирования по прямым [2] (рис. 3) или винтовым [3] (рис. 4) лоткам значительной протяженности. В этом случае движение груза совпадает с направлением колебаний. Прямые рабочие органы могут работать в режиме прямолинейных гармонических колебаний или плоских эллиптических. Винтовые – под действием комбинации вертикальных возвратно-поступательных движений и крутильных в горизонтальной плоскости, т.е. гармонических возвратно-винтовых, или под действием пространственных эллиптических [4–6].

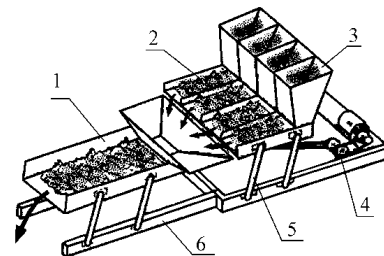


Рис. 3. Лотковый вибрационный смеситель: 1 и 2 – основной и дополнительный рабочие органы; 3 – бункеры с ингредиентами; 4 – эксцентриковый вибропривод; 5 – упругие элементы; 6 – рама

Особенностью режима колебаний последних является переменная амплитуда смещений участков рабочего органа, находящихся на разном удалении от центральной оси:

$$y = A \sin \omega t; \quad x_R = R\theta \sin (\omega t + \gamma), \quad (1)$$

где A – амплитуда колебаний рабочего органа вдоль вертикальной оси, м; R – радиус несущего органа, м; θ – амплитуда угловых колебаний вокруг центральной оси, радиан; ω – угловая частота, с⁻¹; γ – угол сдвига фаз между прямолинейными и крутильными колебаниями, радиан.

Преимущество вертикальных винтовых смесителей заключается в том, что при одинаковой длине

рабочего органа они занимают гораздо меньшую производственную площадь (см. рис. 4) и в них можно легко осуществить межвитковую рециркуляцию, которая особенно важна для сглаживания флуктуаций поступающих потоков ингредиентов. Это связано с тем, что высота слоя в них существенно ниже (обычно до 60 мм), чем в других типах циркуляционных смесителей. Поэтому, с одной стороны, этот фактор позволяет создавать виброкипящие обрабатываемого слоя при меньших значениях критерия вибрации, а с другой – в целом усложняет усреднение потока в его продольном и поперечном направлениях. Для снижения негативного момента на дно широких (обычно более 100 мм) лотков устанавливают турбулизаторы.

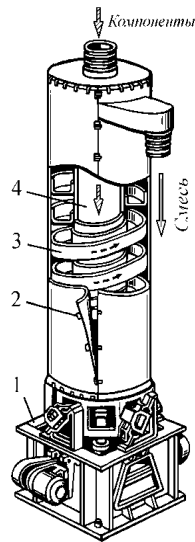


Рис. 4. Подъемный винтовой вертикальный вибрационный смеситель: 1 – корпус вибропривода; 2 – съемный кожух; 3 – рабочий орган; 4 – пустотелая колонна (загрузочный бункер)

Рассмотрим некоторые обстоятельства, влияющие на возникновение виброкипящего слоя.

Для одиночной частицы границей перехода из состояния псевдооживления к виброкипению, сопровождающемуся ее отрывом от колеблющейся поверхности, является значение критерия вибрации, близкое к единице (рис. 5):

$$K = A\omega^2/g = A(2\pi n)^2/g \approx 1, \quad (2)$$

где K – критерий вибрации; A – амплитуда колебаний, м; ω – угловая частота, c^{-1} ; n – частота колебаний, Гц; g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

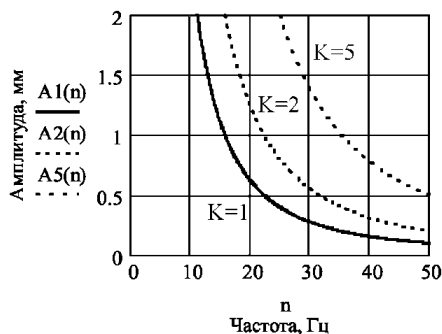


Рис. 5. Границы перехода системы от псевдооживления к виброкипению

Для дисперсных систем этот переход происходит при больших значениях критерия. Граница перехода определяется свойствами среды, толщиной ее слоя, параметрами вибрации и рядом других факторов. Исследователи отмечают, что сухие, зернистые, хорошо сыпучие материалы с высотой слоя до 50 мм (например, сахар-песок) переходят в устойчивое виброкипение при $K \geq 2$. По мере увлажнения слоя, увеличения его толщины и дисперсности пограничное значение критерия вибрации растет. Для порошкообразных материалов (мука, сахарная пудра, сухое молоко, порошок какао, продукты тонкого измельчения, их смеси и т.п.) ускорение вибрации порой в десятки раз превышает ускорение свободного падения. В таких микрогетерогенных системах переход из псевдооживления в состояние виброкипания возможен лишь при разрыве контактов между частицами слоя.

Прочность таких структур в порошках P_m , как показано П.А. Ребиндером и Е.Д. Щукиным, зависит от числа контактов между частицами твердых фаз в единице объема n и средней прочности элементарного контакта \bar{F}_c и определяется следующими соотношениями [5]:

$$P_m = \alpha \bar{F}_c n^{2/3}, \quad (3)$$

где α – коэффициент, близкий к единице,

$$\text{или } P_m = f(\varphi) \alpha \bar{F}_c / \delta^2, \quad (4)$$

где φ – объемное содержание твердой фазы; δ – размер частиц.

Из уравнений следует, что при постоянных объемной концентрации частиц твердой фазы φ и прочности контакта между ними \bar{F}_c уменьшение их размера δ ведет к росту числа частиц в единице объема n и прочности структуры P_m . Значит, для разрыва контактов между частицами слоя с уменьшением их размера δ необходимо увеличивать интенсивность силовых импульсов, действующих на них.

В целом условия, при которых наступает интенсивное смешивание компонентов в системе, зависят от размера и плотности частиц, воздухопроницаемости и высоты слоя, влажности фазы, коэффициента трения между частицами и других физико-механических свойств среды, конструкции аппарата и параметров вибрации.

Так как сыпучая масса обладает демпфирующей способностью, силовые импульсы, передаваемые сыпучему материалу вибрирующей поверхностью рабочего органа, вследствие наличия сил трения и необратимых деформаций постепенно ослабевают по мере их передачи от одного монослоя к другому. Степень их затухания при удалении от источника колебаний определяется свойствами среды, характером и величиной силовых импульсов. Кроме того, перемещение частиц СМ в виброкипящем слое не подчиняется законам их движения в безвоздушном пространстве. Вследствие периодического подбрасывания дисперсной фазы площадкой, совершающей вертикальные колебания, в пространстве между ними образуется разрежение, а при падении – повышение давления проникшего под слой воздуха [7]. По-

этому для создания благоприятных условий смешиванию дисперсных ингредиентов следует ограничивать высоту слоя путем конструирования смесителей с развитой поверхностью рабочего органа.

Рассматривая виброкипящий слой при одних и тех же параметрах в аппаратах с закрытым и открытым для доступа воздуха дном, исследователи наблюдают у последних более интенсивное витание твердой фазы в воздухе. Слой сыпучего материала захватывает воздух через отверстия вибрирующей площадки снизу и вытесняет его сверху. Он является как бы «насосом», транспортирующим его через себя. Этот эффект, вызывая фонтанирование дисперсной массы над ее поверхностью, способствует не только более интенсивному смешиванию ингредиентов, что позволяет достигать заданного качества готового продукта при меньших ускорениях вибрации [7], но и повышает скорость транспортирования слоя. Особенно это заметно у высокодисперсных сред с плохой воздухопроницаемостью [5].

При создании вертикальных винтовых вибрационных смесителей с протяженной перфорированной поверхностью, предназначенных для совместной работы с дозаторами объемного типа и дискретно-циклического действия, нам удалось объединить в этих конструкциях:

- компактность;
- высокую сглаживающую способность;
- организовать процесс технологической обработки дисперсной массы в тонком (до 50 мм) слое;
- добиться возникновения стабильного виброкипящего слоя при относительно низких параметрах вибрации;
- достичь относительно малой (несколько минут) продолжительности процесса смешивания.

Большая заслуга в эффективном протекании процесса принадлежит виброприводу.

Несмотря на то что литература, освещающая методы и устройства для возбуждения колебаний винтовым смесителям с необходимыми параметрами и формой ввиду их специфичности, отсутствует, нам удалось определиться с типом и принципом действия вибратора, а также со структурными схемами его использования. Наибольшую помощь в этом нам оказали книги [4, 5].

При выборе и конструировании вибропривода для винтовых смесителей следует учитывать такие особенности:

- для создания виброкипящего слоя на рабочем органе необходимы колебания с интенсивностью от 5 до 18 g;
- сухие дисперсные системы легче переходят в устойчивое виброкипящее состояние с ростом амплитуды, нежели частоты;
- процесс смешивания протекает интенсивней при значениях углов вибрации, лежащих в диапазоне от 30 до 60°;
- угол вибрации уменьшается с удалением от центральной оси рабочего органа.

В то же время интенсивность колебаний в транспортных и транспортно-технологических машинах с иным назначением обычно не превышает 5 g, а углы

вибрации лежат в диапазоне от 15 до 30°, так как при этих углах максимальна скорость транспортирования.

Рассмотрим области применения различных типов вибровозбудителей с целью определения возможности их использования совместно с ВВВС.

Привод вибромашины может сообщать колебательное движение ее рабочим органам с частотой ниже, равной или выше собственной частоты системы. Тогда, соответственно, машина будет работать в дорезонансном, резонансном или зарезонансном режиме.

Резонансные устройства при всей привлекательности используют довольно редко в связи со сложностью настройки и поддержания этого режима.

Дорезонансные – обычно работают при малых ускорениях вибрации (до 5 g), на низких частотах (10–12 Гц) и больших амплитудах (5–8 мм). Этот режим не может быть рекомендован для использования при вибросмешивании из-за недостаточной интенсивности, которая ограничена возникновением значительных нагрузок на опорные конструкции.

Вибромашины, работающие в зарезонансном режиме, вследствие использования упругих связей малой жесткости значительно меньше воздействуют на опорные конструкции и позволяют достигать колебаний высокой интенсивности [4–6], необходимых при смешивании СМ.

По роду движущей силы вибраторы подразделяются на следующие основные группы: инерционные, эксцентриковые, электромагнитные, пневматические и гидравлические.

Эксцентриковые вибраторы используют принцип преобразования вращательного движения вала в поступательное за счет диска или цилиндра, насаженного на вал со смещением своей оси относительно оси вала. При комплектовании их жестким шатуном конструкторы обеспечивают рабочий орган постоянной амплитудой колебаний во всем диапазоне частот работы машины. Упругий шатун предпочтителен для создания мягких условий пуска и более легкой подстройки на собственную частоту колебательной системы.

В целом эксцентриковый привод целесообразно использовать в низкочастотных машинах, так как он может создавать необходимые при этом большие амплитуды колебаний и большие возмущающие силы при невысокой скорости вращения приводного вала.

Гидравлический привод наиболее пригоден для использования в тех же условиях, что и эксцентриковый, так как гидровибраторы могут создавать очень большие возмущающие усилия при больших размахах колебаний, имея весьма компактную конструкцию. Это делает привод незаменимым при создании особо мощных и в то же время малогабаритных вибромашин, например, для применения в условиях стесненных цехов.

Опыт показывает, что эксцентриковые и гидравлические приводы оказываются наиболее эффективными в вибрационных машинах большой протяженности и производительности.

Инерционные вибраторы представляют собой конструкцию из ряда валов с дебалансами, механически связанных между собой и приводимых во вращение внешним двигателем. В них возмущаю-

щая сила создается вращением одной или нескольких неуравновешенных масс.

Этот тип вибраторов наиболее целесообразно использовать в машинах, эксплуатируемых при средних частотах колебаний (12–25 Гц). Их применение в низкочастотных машинах менее рационально, так как в этом случае пришлось бы чрезмерно увеличивать вращающиеся неуравновешенные массы для получения необходимой величины возмущающей силы. При эксплуатации инерционных вибраторов на высоких частотах значительно увеличиваются опорные реакции в подшипниках, что приводит к быстрому выходу их из строя или необходимости установки специальных крупногабаритных подшипников.

Существенным достоинством инерционных вибраторов является возможность получения больших возмущающих сил при небольших габаритах и массе привода. Вследствие этого инерционный привод является незаменимым в крупных мощных вибрационных машинах небольшой длины, но основное применение они находят в машинах средней длины и производительности, работающих в резонансных режимах.

Благодаря большой амплитуде колебаний (2–5 мм) эти машины находят применение и при виброобработке продуктов, имеющих склонность прилипать к рабочему органу. В этом случае на его рабочую поверхность свободно укладывают резиновую или пластиковую футеровку, которая во время работы устройства, постоянно деформируясь и ударяясь о поверхность, очищает его.

По сравнению с высокочастотными приводами вибрационные установки с инерционным приводом при равном ускорении имеют более высокую удельную производительность и менее шумны.

Недостатком большинства конструкций инерционных вибраторов является значительное время пуска и выбега. Это ограничивает их применение в вибрационных питателях, особенно в тех случаях, где необходима высокая точность дозирования.

Электромагнитные вибраторы. Для высокочастотных вибромашин, работающих при небольших амплитудах колебаний (0,5–3 мм), наиболее подходящим является электромагнитный вибропривод, который по своему принципиальному устройству более совершенен по сравнению с другими. Если в большинстве типов приводов происходит преобразование вращательного движения в возвратно-поступательное, то в электромагнитных вибраторах оно достигается непосредственно без каких-либо промежуточных механизмов. Они не имеют узлов трения и подшипников, подверженных высоким динамическим нагрузкам. Электромагнитные вибраторы обеспечивают простую синхронизацию работы нескольких приводов на одной вибромашине и легкое регулирование режима работы. Их проще виброизолировать от опорных конструкций.

Особые преимущества этот тип привода имеет в машинах с регулируемой производительностью, где возникает необходимость частых включений и выключений. В этом случае разгон и остановка устройства практически мгновенны. Поэтому наиболее

рациональными областями применения электромагнитных вибраторов стали: вибрационные питатели и дозаторы; короткие вибромашинки и легкие грохоты; вибропобудители для бункеров и многоприводные виброконвейеры.

Недостатком вибромашин с электромагнитным приводом является высокая чувствительность к колебаниям напряжения и нагрузки, например, вследствие налипания обрабатываемого продукта. В этих условиях эксплуатации следует рекомендовать применение электромагнитного привода с автоматическим регулированием.

Пневматические вибраторы, так же как и электромагнитные, целесообразно использовать на высокочастотных вибромашинках. Хотя они не применимы в многоприводных установках вследствие невозможности обеспечения их синхронной работы, тем не менее, этот тип вибровозбудителей распространен во взрывоопасных условиях.

Таким образом, в качестве привода ВВВС наиболее целесообразно использовать инерционные вибраторы.

Детальное изучение их принципиальных устройств [4–6] показало, что наряду с вибровозбудителями, создающими лишь возмущающие силы и получившими широкое распространение в горнорудной конвейерной технике для прямолинейного перемещения груза, существуют также их специальные типы, генерирующие комбинацию возмущающих сил и крутящих моментов, которые предназначены для транспортирования грузов по винтовым рабочим органам. К ним относятся инерционные двухваловые вибраторы с четырьмя или шестью дебалансами (рис. 6) [5].

Валы вибраторов синхронно вращаются в противоположные стороны. На каждом из них укреплены по две или три неуравновешенные массы. Крайние дебалансы тождественны и обычно по форме и массе отличаются от средних.

Все грузы относительно друг друга занимают определенное положение и в условиях производства фиксируются шпонкой. У первого вибровозбудителя, изображенного на рис. 6, угол смещения крайних дебалансов на валу составляет 120° , у второго – 180° . Средние дебалансы перпендикулярны крайним. При правильной установке на валах всех неуравновешенных масс они под действием силы тяжести за счет синхронизации должны занять симметричное положение относительно центральной оси.

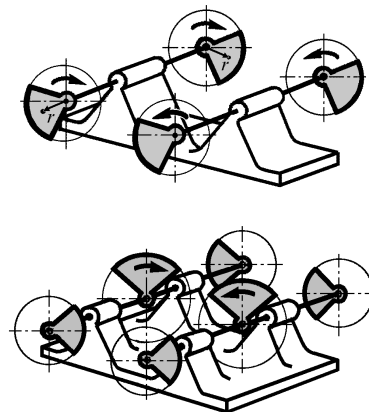


Рис. 6. Схемы двухвальных четырех- и шестидебалансных инерционных вибраторов

Конструкция четырехдебалансного инерционного вибратора несколько проще, но она не предназначена для смены угла вибрации в условиях производства. В тех случаях, когда требуется независимо регулировать величины возмущающей силы и крутящего момента, используют шестидебалансные вибраторы. Это достижимо путем раздельного изменения кинетических моментов средних и крайних грузов.

Для исследования процесса смешивания в условиях лаборатории мы спроектировали и изготовили двухвальный вибропривод с внутренней синхронизацией и четырьмя неуравновешенными массами (рис. 7), которые зафиксированы на валах с помощью неподвижных конических соединений. В этой конструкции необходимого соотношения возмущающей силы и крутящего момента добиваются поворотом дебалансов на валах, требуемой частоты колебаний – изменением частоты вращения вала электродвигателя постоянного тока, амплитуды – изменением массы грузов. Вибратор через амортизирующие упругие связи установлен на четыре оп-

ры, а разъемное фланцевое соединение позволяет устанавливать на него сверху необходимый винтовой аппарат.

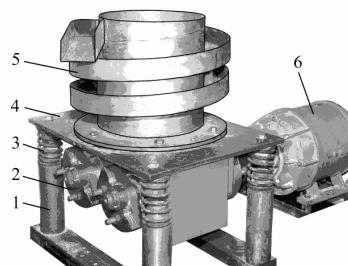


Рис. 7. Смесительная вибромашина: 1 – опора; 2 – дебаланс; 3 – пружина; 4 – двухвальный четырехдебалансный инерционный вибратор; 5 – двухвитковый ВВВС; 6 – электродвигатель

Такая универсальная конструкция двухвального четырехдебалансного инерционного вибратора позволяет изучать процесс смешивания сыпучих материалов в различных ВВВС.

Список литературы

1. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 215 с.
2. Патент 2059207 РФ, МПК 6, G 01 F 11/08. Устройство для объемного дозирования / Шушпанников А.Б., Шенер В.Л., Иванец В.Н. и др. – 1996, Бюл. 12.
3. Шушпанников, А.Б. Смесительные агрегаты вибрационного типа для дисперсных материалов: монография / А.Б. Шушпанников, Г.Е. Иванец; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2008. – 152 с.
4. Вибрационная техника в рыбной промышленности / И.Ф. Гончаревич, К.Д. Декин, С.А. Асейнов и др.; под ред. И.Ф. Гончаревича. – М.: Агропромиздат, 1988. – 213 с.
5. Гончаревич, И.Ф. Вибрационная техника в пищевой промышленности / И.Ф. Гончаревич, Н.Б. Урьев, М.А. Талейник. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 278 с.
6. Гончаревич, И.Ф. Вибротехника в горном производстве / И.Ф. Гончаревич. – М.: Недра, 1992. – 319 с.
7. Членов, В.А. Виброкипящий слой / В.А. Членов, Н.В. Михайлов. – М.: Наука, 1972. – 340 с.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Тел./факс: (3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

SUMMARY

A.B. Shushpannikov

Vibratory drive for screw mixers: the choice grounds

The article considers different kinds of vibrators and vibratory mixers and the range of their application. The choice of two-shaft for debalanced inertia vibrator for screw mixers of bulk solids is substantiated.

Vibratory drive, helical vibrations fluctuations, vibratory mixer, bulk, solids.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia
Phone/Fax: +7(3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

