

*Воронов В. П. канд. физ.-мат. наук, проф.,
Несмеянов Н. П., канд. техн. наук, доц.,
Гориков П. С., аспирант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СПИРАЛЬНО-ЛОПАСТНОЙ ПРОТИВОТОЧНЫЙ СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

voronov@mail.com

В статье кратко описаны перспективы развития рынка сухих строительных смесей.

Разработана конструкция спирально-лопастного противоточного смесителя, дано описание конструкции и принципа его действия.

Предложено математическое описание процесса перемешивания в спирально-лопастном противоточном смесителе.

Ключевые слова: *сухая строительная смесь, смеситель, топливно-энергетический ресурс, качество.*

На сегодняшний момент технологии сухих строительных смесей (ССС) играют огромную роль в развитии мирового рынка строительных материалов. Смеси имеют большое значение не только с точки зрения эстетической отделки здания, но все чаще они обеспечивают теплоизоляцию и существенно увеличивают эффективность строительства. За последние годы сухие строительные смеси (ССС) заняли прочные позиции на строительном рынке отделочных технологий. По всему миру, в том числе в Китае и Бразилии, где в настоящее время отмечаются наибольшие темпы роста производства СССР, появляются новые разработки для решения конкретных задач строительной отрасли. С 2005 года новые рынки растут более чем на 20% в год и экономический кризис незначительно повлиял на этот рост. Мировое производство сухих строительных смесей в 2009 оценивали от 120 млн.т до 170 млн.т.

Бурное развитие инновационных технологий, изучение материалов на нано-уровне и комплексный подход открывает перед этой отраслью большие перспективы. Основным мотивом развития производства СССР конечно является большой рост спроса на модифицированную сухую смесь. С постоянно растущим темпом роста строительства жилого сектора использование сухих смесей является наилучшим вариантом как в плане качества, номенклатуры и времени при строительстве, так и в отделке или косметическом ремонте. Использование сухих смесей по принципу “залил водой и используй” сделало их популярными на рынке СССР.

Но, не смотря на столь высокую популярность и большие темпы роста все же есть нерешенные задачи. Это, в первую очередь, нехватка квалифицированных кадров и усовершенствование производственного опыта. Массовый рост

производства СССР начался около 10 лет назад, и знания, накопленные за этот период, необходимо совершенствовать и развивать. Стремительно растущую отрасль СССР в ближайшее время ждут энергетические перемены, что повлечет за собой более жесткие требования к оборудованию в плане потребления топливно-энергетических ресурсов.

Основными процессами технологической цепочки производства СССР, оказывающих существенное влияние на их эксплуатационные характеристики, являются: подготовка сырьевых компонентов, их дозировка и смешивание.

Создание смесителей, как важнейшего оборудования при производстве СССР, более совершенной конструкции с минимизацией потребляемых ресурсов и увеличением номенклатуры выпускаемой продукции на единичном оборудовании являются приоритетными задачами, стоящими перед инженерами в области производства СССР.

Решением таких задач занимаются на кафедре механического оборудования (МО) Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова под руководством кандидата технических наук Несмеянова Н.П. Предлагаемые разработки связаны с усовершенствованием существующих смесительных установок и направлены на улучшение качества выпускаемой продукции, расширение ассортимента и повышение эффективности использования модифицирующих добавок в составе СССР.

С учетом предъявляемых требований разработан спирально-лопастной противоточный смеситель принудительного действия (рис. 1) для перемешивания различных сыпучих материалов. В конструкцию была воплощена идея создания противоточных конвективных потоков

перемешиваемого материала (рис. 2), как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Создание этих потоков обеспечивается за счет установленных спиралей на внутренней поверхности смесительного резервуара.

Смеситель для перемешивания сыпучих материалов (рис. 1) работает следующим образом: перемешиваемые компоненты загружаются

через патрубок 7 и попадают внутрь барабана 1. Одновременно включаются электродвигатель 11, приводящий во вращение вертикальный вал через клиноременную передачу 13 и электродвигатель 12, приводящий во вращение смесительный барабан 1 через клиноременную передачу 14.

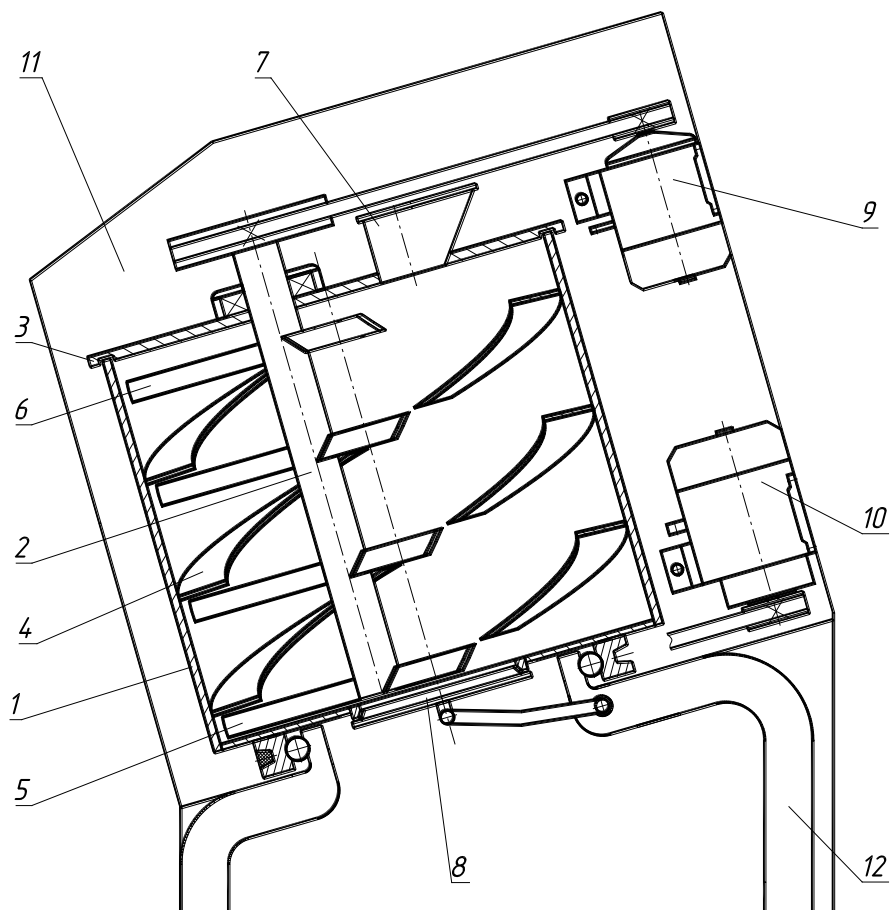


Рис. 1. Схема спиральнолопастного противоточного смесителя:

1 – смесительный резервуар, 2 – лопастной вал, 3 – крышка, 4 – спираль, 5 – смесительная лопасть, 6 – отрагательная лопасть, 7 – загрузочный патрубок, 8 – разгрузочная крышка, 9 – привод лопастного вала, 10 – привод смесительного резервуара, 11 – корпус смесителя, 12 – основание смесителя

При этом лопастной вал 2 вращается в противоположную сторону вращения барабана 1. А направление вращения барабана смесителя выбирается в соответствии с направлением витков шнека 4. В результате вращения вала лопасти 5 поднимают смешиваемые компоненты и набрасывают их на шнек 4, тем самым перемещая и в вертикальном и в горизонтальном направлении. Перемещаясь по поверхности шнека, смесь попадает на второй ряд лопастей и, переместившись как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении попадает на среднюю часть шнека и продвигается вверх. Так смесь достигает верхней части барабана смесителя, где лопасти 6, имеющие обратный угол установки, отно-

сительно лопастей нижних рядов, срезают движущуюся смесь со шнека и направляют вниз навстречу основному потоку смеси. После того, как смесь перемешалась, она выгружается через нижний люк посредством открывания крышки 8. После разгрузки смесителя процесс повторяется.

Таким образом, предлагаемая конструкция смесителя для получения ССС позволяет увеличить степень однородности готового продукта и сократить время перемешивания за счет создания движения исходных компонентов смеси как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях внутри барабана смесителя.

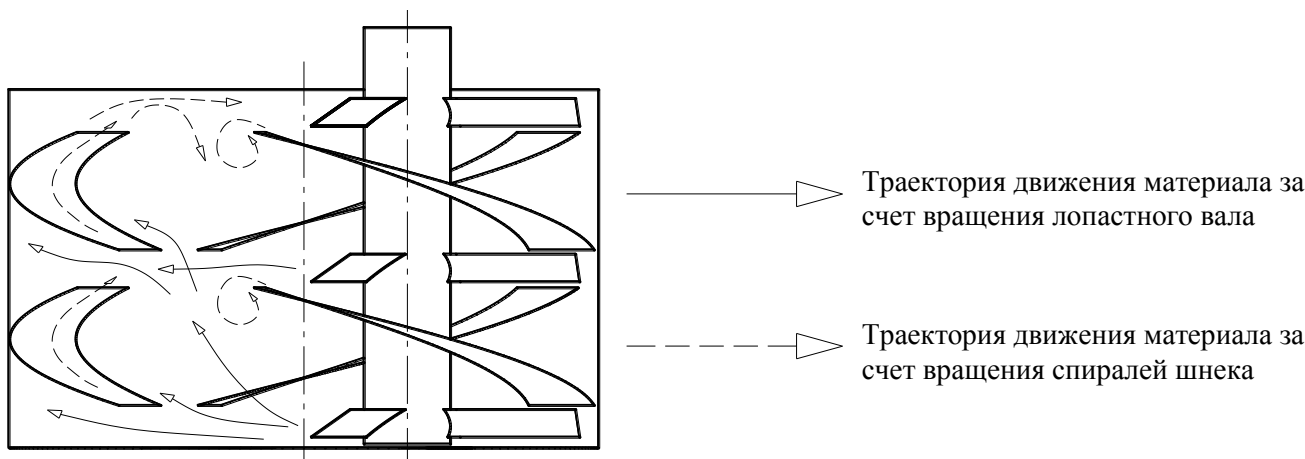


Рис. 2. Схема траекторий движения материала в спиральнолопастном противоточном смесителе

Для описания процессов, протекающих в спиральнолопастном смесителе и определения скоростей движения частиц, как в радиальном, так и в осевом направлениях, необходимо сформулировать ряд допущений, на основе которых можно произвести моделирование движения материала в смесителе.

Движение материала в смесителе будем рассматривать с учетом того что, что частицы материала при своем движении не взаимодействуют друг с другом, не совершают вращательного движения и представляют собой идеальную несжимаемую сыпучую среду с насыпной плотностью γ . Таким образом, в лопастном смесителе поведение сыпучего материала аналогично поведению идеальной несжимаемой жидкости.

Пусть в результате вращения с постоянной ω лопастей, имеющих геометрические размеры: h и b (h - высота, b - длина), сыпучий материал под действия сил внутреннего трения вовлекается во вращательное движение с той же частотой ω . В результате чего на частицы сыпучего материала действует центробежная сила, которая способствует перемещению частицы сыпучего материала в радиальном направлении. Если через H_0 обозначить высоту загрузки сыпучего материала в состоянии покоя, а величиной Vz будем характеризовать приращение уровня загрузки в результате вращения лопасти. Тогда перемещение массы сыпучего материала Vm в радиальном направлении со скоростью V_r при установившемся режиме вращения лопастей будет приводить, при определенных условиях [max], к циркуляции сыпучей среды как показано на рис. 3. На основании закона сохранения энергии можно записать следующее соотношение:

$$\frac{Vm \cdot v_r^2}{2} = Vm \cdot g \cdot Vz + F_{тр} \cdot V \quad (1)$$

где g - ускорение свободного падения; $F_{тр}$ - сила трения, величина которой определяется следующим соотношением:

$$F_{тр} = (M - Vm) \cdot g \cdot f \quad (2)$$

здесь M - полная масса сыпучего материала, равная:

$$M = \gamma \cdot V \quad (3)$$

$$\gamma = \sum_i \gamma_i \cdot \beta_i \quad (4)$$

$$\beta_i = \frac{V_i}{V} \quad (5)$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - \frac{d^2}{4}) \cdot H \quad (6)$$

где γ_i - плотность i компонента смеси; β_i - объемная доля компонента смеси; R - радиус цилиндрического корпуса смесителя; V_i - объем i компонента смеси; V - суммарный объем сыпучей среды; d - диаметр вала смесителя; f - динамический коэффициент трения, связанный с углом трения покоя Φ посредством соотношения:

$$f = \text{tg} \Phi \quad (2.7)$$

Расчет динамического угла трения для сыпучей среды можно произвести, используя методику, изложенную в работе [1]. На основании (1) находим величину скорости перемещения сыпучего материала в радиальном направлении:

$$v_r = \sqrt{2 \cdot g \cdot Vz \left(1 + \left(\frac{M}{Vm} - 1 \right) \cdot f \right)}$$

Для расчета величины Vz , входящую с соотношением (8) воспользуемся тем фактом, что при вращении лопасти вокруг вала смесителя образуется воронка (рис. 3) (цилиндрический корпус смесителя при этом неподвижен).

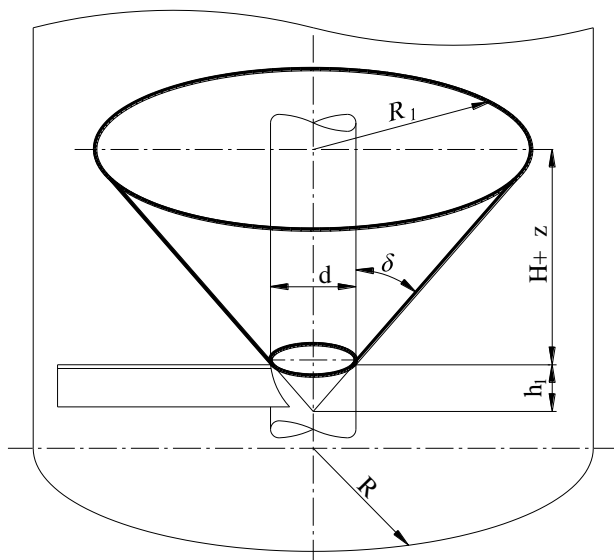


Рис. 3. Расчетная схема для вычисления объема образующей воронки в результате вращения лопасти смесителя

Геометрия данной воронки представляет собой усеченный конус, и определяется следующими величинами $H + Vz$ - высота усеченного конуса и δ - угол, который образует образующая усеченного конуса с осью симметрии. Поэтому согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 1, находим что:

$$\frac{R_1}{H + Vz + h_1} = \operatorname{tg} \delta \quad (9)$$

$$\frac{\frac{d}{2}}{h_1} = \operatorname{tg} \delta \quad (10)$$

Объем усеченного конуса, представленного на рис. 1, будет определяться следующим соотношением:

$$V_k = \frac{\pi}{3} \cdot R_1^2 \cdot (H + Vz + h_1) - \frac{\pi}{3} \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h_1 \quad (11)$$

Таким образом, для вычисления скорости (8) перемещения сыпучего материала в радиальном направлении необходимо:

- экспериментально определить коэффициент динамического угла трения f для выбранного сыпучего материала, согласно методике, предложенной в работе;
- вычислить величину приращения уровня загрузки сыпучего материала Vz ;
- найти полную массу загрузки сыпучего материала и Vm - величину массы материала, перемещенную в радиальном направлении.

Подстановка полученных значений позволяет получить окончательно аналитическое выражение для вычисления значения радиальной скорости перемещения сыпучего материала.

Использование спиральных лопастей, установленных на внутренней поверхности корпуса смесителя, создает дополнительное движение потоков перемешиваемого материала в вертикальном направлении. Методика расчета скорости движения частиц в осевом направлении будет представлена в следующей статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Несмеянов, Н.П. Стабилизация качества сухих строительных смесей на основе пневмомеханического способа перемешивания / Н.П. Несмеянов, П.С. Горшков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. - №4. – С. 51.
2. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: «Машиностроение», 1973. – 216 с.