

О. О. РЯЗАНОВА

Рижский технический университет

Г. Е. ГОЛУБЧИКОВА, Л. И. ЛЕВИНА

Латвийский республиканский

вычислительный центр коллективного пользования Госагропрома

ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ СМЕШИВАНИЯ В ГРАВИТАЦИОННЫХ СМЕСИТЕЛЯХ

Гравитационные смесители, представляющие собой корпус с неподвижно закрепленными в нем смесительными элементами, являются достаточно простым в изготовлении, высокопроизводительным, не требующим затрат энергии на перемешивание и надежным в эксплуатации видом смесительного оборудования. В последние годы гравитационные смесители находят все более широкое применение для смешивания сыпучих материалов, например при производстве минеральных удобрений [1, 2], витаминизации муки [3], в комбикормовой промышленности [4, 5]. В 1984—1985 гг. был разработан гравитационный смеситель-усреднитель непрерывного действия для сыпучих компонентов комбикормов [6]. Разработанный смеситель прошел приемочные испытания и принят к внедрению на предприятиях Министерства хлебопродуктов СССР с 1989 года.

Данный смеситель-усреднитель (см. рис. 1) содержит вертикальный корпус 1 с размещенными по высоте парами решеток с рассекателями, расположенными на смежных решетках 2 и 3 в шахматном порядке. Каждая последующая пара решеток 4 и 5 повернута по отношению к предыдущей паре 2 и 3 на 90°. Под решетками расположен направляющий элемент 6, над решетками установлен распределяющий элемент 7. Смешивание в данном случае осуществляется за счет ударно-распылительного эффекта, который заставляет материал многократно разделяться на решетках смесителя и перестраиваться под воздействием направляющих и распределяющих элементов в потоки различной конфигурации, взаимодействующие между собой в межрешеточном пространстве.

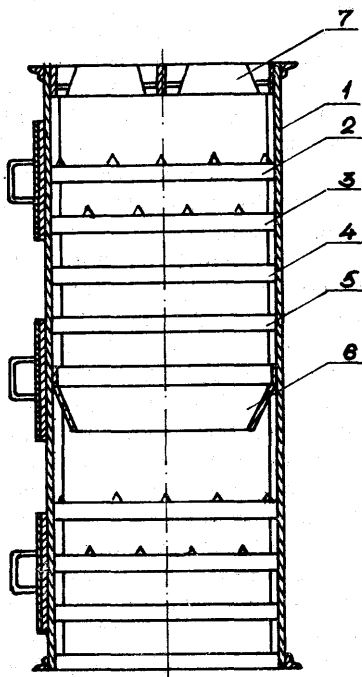


Рис. 1. Гравитационный смеситель-усреднитель:
 1 — корпус; 2, 3, 4, 5 — решетки с
 рассекающими; 6 — направляющий
 элемент; 7 — распределяющий эле-
 мент.

Однако, разработанный смеситель предназначен для обеспечения возможности параллельной работы нескольких смесителей непрерывного действия малой единичной мощности (20 т/ч) в технологических линиях комбикормовых предприятий производительностью 50 т/ч [6]. Он обеспечивает главным образом равномерное распределение потока и осуществляет лишь предварительное смешивание ($V_{(c)} \leq 30\%$) с последующим доведением однородности смеси до требуемых показателей ($V_{(c)} \leq 20\%$ [7]) на двухвальных червячно-лопастных смесителях, например типа 2СМ-1, У21-ДСН и т. п.

Достижение требуемого для готовой продукции (комби-

корма) качества смешивания в гравитационном смесителе-усреднителе путем последовательной установки необходимого числа секций не представляется возможным из-за резкого торможения потока, что не только изменяет ударно-распылительный механизм смешивания на пересыпной, ухудшая тем самым качество смеси, но и может привести при резком изменении производительности к завалу смесителя.

С целью устранения отмеченных недостатков и улучшения смешивания в гравитационных смесителях предложено новое техническое решение их конструктивного исполнения.

Разработанный согласно предложенному техническому решению гравитационный смеситель (см. рис. 2) включает набор секций 1, 2, 3, выполненных с различной плотностью установки смесительных элементов и размещенных в порядке ее возрастания в направлении движения материала, при этом первая секция представляет собой разгонную трубу с установленными в ней направляющими элементами.

Такой порядок размещения секций позволяет осуществлять поэтапное смешивание компонентов без резкого падения скорости движения сыпучего материала с сохранением эффективного ударно-распылительного механизма смешивания во всех смесительных секциях, что обеспечивает повышение качества смешивания в 1,5 раза по сравнению с ранее разработанным гравитационным смесителем-усреднителем. Это делает возможным применение его в технологических линиях производства комбикормов в качестве основного, выходного смесителя. Экономический эффект от замены используемой в настоящее время техники (трех механических двухвальных смесителей 2СМ-1 и одного гравитационного смесителя-усреднителя У21—ДСП) одним разработанным выходным гравитационным смесителем составит 110 тыс. рублей.

Смеситель работает следующим образом. В секцию I непрерывным потоком подают предварительно дозированные компоненты, подлежащие смешиванию. В секции I осуществляется объединение отдельных потоков компонентов в общий поток сыпучего материала и его разгон под действием силы тяжести.

Затем сыпучий материал поступает в секцию 2. Взаимодействие сыпучего материала, имеющего за счет разгона в секции I значительную скорость движения, со смесительными элементами секции 2 обеспечивает эффективный ударно-распылительный механизм смешивания.

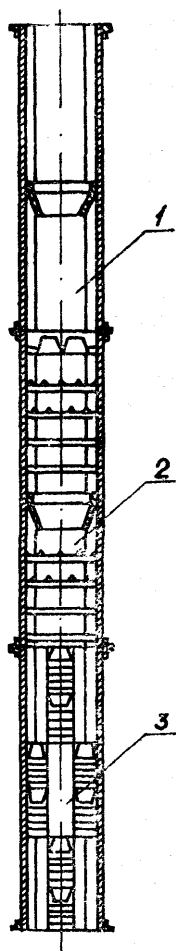


Рис. 2. Выходной гравитационный смеситель:
1 — разгонная труба; 2 — основная секция; 3 —
наборная секция.

В секции 2 сыпучий материал попадает на распределяющие элементы, обеспечивающие равномерное распределение потока по всей площади решеток с рассекателями. Попадая на рассекатели решеток, сыпучий материал распределяется на пересекающиеся в межрешеточном пространстве потоки. Вследствие шахматного расположения рассекателей на смежных решетках обеспечивается взаимодействие со смеситель-

ными элементами всех частиц сыпучего материала. При прохождении материала через вторую пару решеток происходит поворот потоков на 90° .

В собирающей воронке происходит соединение отдельных потоков в общий и направление его в центр корпуса. /

Поступающий в секцию 3 поток сыпучего материала попадает на смесительные элементы внутренних секций. Характер движения сыпучего материала в каждой из внутренних секций аналогичен описанному выше движению материала в секции 2. При этом эффективность смешивания резко возрастает за счет взаимного, вследствие отсутствия внутренних перегородок, проникновения частиц сыпучего материала из одной внутренней секции в другую, а также за счет шахматного расположения решеток с рассекателями в смежных внутренних секциях.

Описанное сложное движение сыпучего материала в разработанном гравитационном выходном смесителе приводит к получению смеси требуемого качества ($V_{(c)} \leq 20\%$).

Еще одним возможным способом улучшения смешивания в гравитационных смесителях является предлагаемый ввод компонентов в смеситель последовательно по высоте в порядке улучшения их сыпучести, при этом вводу каждого последующего компонента соответствует повышение интенсивности перемешивания, обеспечиваемое увеличением плотности установки смесительных элементов. Ввод каждого последующего компонента может также осуществляться в разгонную трубу гравитационного смесителя (см. рис. 3).

Такой порядок ввода компонентов с различной сыпучестью, т. е. способностью отдельных частиц или их агрегатов к относительному перемещению под действием сил гравитации, обусловленному соизмеримостью массы частиц или их агрегатов с силами трения и сцепления, действующими на границе контактов, позволяет обеспечить каждому компоненту оптимальный режим его рассеяния в объеме смесительной камеры. Помимо этого соответствующее вводу компонентов поэтапное увеличение плотности установки смесительных элементов в гравитационном смесителе, как это уже рассматривалось выше, также позволяет осуществлять эффективное смешивание.

Согласно предлагаемому способу, приготовление, например, трехкомпонентной смеси осуществляется следующим об-

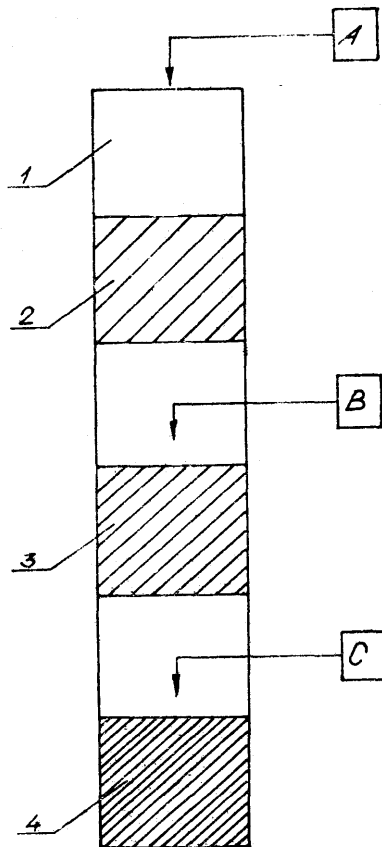


Рис. 3. Способ приготовления трех-компонентной смеси сыпучих материалов:
 А, В, С — компоненты; 1 — разгонная труба.

разом. Компоненты вводят в смеситель последовательно по высоте в порядке улучшения их сыпучести. За показатель сыпучести может быть выбран коэффициент текучести [8], относительная сыпучесть в баллах [9], комплексный показатель связности [10] и др. В данном случае в основу классифика-

ции сыпучих материалов положен комплексный показатель h_c , отражающий способность связной сыпучей среды образовывать устойчивые вертикальные откосы и характеризующий величину сил внутреннего трения и сцепления в материале:

$$h_c = \frac{4\tau_0 \cos \varphi}{\gamma_n (1 - \sin \varphi)},$$

где h_c — комплексный показатель связности;
 τ_0 — начальное сопротивление сдвигу, Па;
 φ — угол внутреннего трения, град;
 γ_n — насыпная плотность, кг/м³.

Комплексный показатель h_c может варьироваться от 0 (хорошо сыпучие, несвязные материалы, например гранулированный полиэтилен) до 300 (трудносыпучие, связные, например двуокись титана).

Таким образом, если сыпучести компонентов А, В, С (рис. 3) распределены следующим образом:

$$h_{cA} > h_{cB} > h_{cC},$$

то первым в гравитационный смеситель вводят наименее сыпучий материал А. Компонент А, попадая в разгонную трубу 1, движется в ней с ускорением свободного падения. Затем компонент А поступает в секцию 1. Взаимодействие компонента А, имеющего за счет разгона в трубе 1 значительную скорость движения, со смесительными элементами секции 2 обеспечивает эффективное его рассеивание в пространстве по всему объему смесительной камеры, что является подготовительным этапом для обеспечения эффективного смешивания компонентов А и В. Плотность установки смесительных элементов в секции 2, необходимая для достижения данной цели, — невелика.

Более сыпучий компонент В вводится последовательно по высоте в разгонную трубу 1 перед секцией 3 гравитационного смесителя, захватывая, увлекая за собой потоки менее сыпучего компонента А. Двигаясь вместе в разгонной трубе 1, компоненты А и В разгоняются, одновременно пересекаясь и частично перемешиваясь, и поступают в секцию 3. Более высокая плотность установки смесительных элементов в секции 3 обеспечивает соответственно более развитую поверхность смешивания, что способствует эффективному перемешиванию компонентов А и В.

Наиболее сыпучий компонент С вводится в разгонную трубу 1 перед секцией 4 гравитационного смесителя, где, в свою очередь, захватывает и увлекает за собой уже рассеянные и частично перемешанные между собой компоненты А и В. Двигаясь далее вместе в разгонной трубе, компоненты А, В и С разгоняются также с одновременным взаимопроникновением и частичным перемешиванием и поступают в секцию 4. Более плотная по сравнению с секцией 3 установка смесительных элементов в секции 4 обеспечивает увеличение взаимодействий потоков различных компонентов, их равномерное распределение, рассеивание по всему объему смесительной камеры, благодаря чему материал оказывается тщательно перемешанным на выходе из смесителя. Предлагаемый порядок ввода компонентов с различной сыпучестью позволяет избежать возможности стесненного движения какого-либо из компонентов в общем плотном потоке, что могло бы значительно ухудшить качество смеси. Сохранению и поддержанию на всем протяжении процесса смешивания в гравитационном смесителе служат также ввод компонентов в разгонную трубу и описанный выше порядок размещения смесительных секций.

В случае отсутствия возможности ввода по высоте каждого отдельного компонента допускается объединение их в группы с обязательным условием сохранения отмеченного выше соотношения их сыпучести. Так, если компоненты А и В подаются вместе, а ниже вводится компонент С, то $h_{c(A+B)} >$

Т а б л и ц а

Физико-механические свойства смешиваемых компонентов

Наименование компонента	Влажность, W, %	Насыпная плотность, γ_d , кг/м ³	Угол внутреннего трения, φ , град.	Средний диаметр частиц, мм	Нормальное напряжение на площадках сдвига, σ_{α} , ГПа	Начальное сопротивление сдвигу, τ_0 , ГПа	Комплексный показатель связности, h_c , м
А Отруби	14,4	374,0	42	0,62	40	14,38	35,9
В Зерновая предсмесь	13,0	658,0	45	1,55	40	8,4	11,9
С Минеральная предсмесь	0,1	1246,0	46	0,29	40	5,9	4,4

$>h_{CC}$. Или, если сначала подается компонент А, а ниже вводятся компоненты В+С, то $h_{CA} > h_{C(V+C)}$.

В случае смешивания компонентов, физико-механические свойства которых представлены в таблице, использование предлагаемого способа приготовления многокомпонентных смесей сыпучих материалов позволяет уменьшить коэффициент неоднородности $V_{(C)}$, характеризующий качество получаемой смеси, на 9,6%.

Таким образом, новые, предлагаемые выше; конструктивное исполнение гравитационного смесителя и способ приготовления многокомпонентных смесей позволяют значительно улучшить смешивание в гравитационных смесителях, что послужит расширению сфер применения данного вида смесительного оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новые смесители для химической промышленности / Г. И. Орлов, И. А. Куприянов, П. С. Растегаев и др. // Оборудование для механических процессов химических производств. — М., 1976. С. 3—9. — (Тр. / ВНИИ-ХИММАШ, № 73).
2. Кротов Б. С. Новая конструкция гравитационного смесителя // Хим. и нефт. машиностроение. — 1976. — № 2. — С. 41.
3. Зелинский Г. С., Федоренко В. С., Рязанов О. В. Линия весового непрерывного дозирования и смешивания для витаминизации муки // Хлебопродукты. — 1989. — № 1. — С. 24—29.
4. А. с. 1079273 СССР, МКИ ВОИФ 3/18. Гравитационный смеситель сыпучих материалов.
5. А. с. 1494961 СССР, МКИ ВОИФ 3/18. Гравитационный смеситель.
6. Голубчикова Г. Е. Гравитационный смеситель непрерывного действия производительностью 50 т/ч: Информ. листок. — Рига: ЛатНИИ-ИНТИ, 1986. — С. 1—3.
7. Егоров Г. А. Технология и оборудование мукомольно-крупяного и комбикормового производства. — М.: Колос, 1979. — 368 с.
8. Редзько Б. В. Затворы для сыпучих материалов. — М.: Машгиз, 1961. — 208 с.
9. Лукьянов П. И. Аппараты с движущимся зернистым слоем. Теория и расчет. — М.: Машиностроение, 1974. — 184 с.
10. РД РТМ 26-02-129-80. Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей взамен РТМ 26-01-66-74; Введен с 01.07.81.