

УДК 621.926.6

Ю. М. Фадин, кандидат технических наук,
О. М. Шеметова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», ул. Костюкова, 46,
308012 Белгород, Российская Федерация, 8 (920) 572 98 89, olga95kizilova@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Современная экономическая обстановка требует пересмотреть уже существующую материально-сырьевую базу в строительстве, а также возможность для ее трансформации и использования в будущем. Для достижения заданных целей необходимо создание новых видов строительных материалов, более эффективных и недорогих в своем ценовом диапазоне по сравнению с существующими. К данному направлению можно отнести развитие сухих строительных смесей. Высокое качество сухих строительных смесей гарантируется стабильностью их состава и свойств используемых ингредиентов. Экономия времени при их использовании позволит получить безупречный конечный результат. Важным процессом при изготовлении сухих строительных смесей является процесс смешивания, который также включает подготовку сырья, дозирование и распределение химических добавок. Одним из главных и самых важных качеств, определяющих качество готовой продукции, является однородность готовой смеси. Поэтому в производственной линии особое внимание уделяется секции смешивания. Разнообразию сыпучих материалов и их свойств способствует создание различных типов смесителей для качественного перемешивания компонентов. В статье рассматривается история появления сухих строительных смесей и смесительного оборудования для производства.

Ключевые слова: пневмосмеситель; смешивание; строительные смеси; вихревое смешивание; смеситель; совершенствование.

Рис. 2. Библиогр.: 10 назв.

Yu. M. Fadin, PhD in Technical Sciences,
O. M. Shemetova

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov”, 46 Kostyukova Str., 308012 Belgorod, Russian Federation,
8 (920) 572 98 89, olga95kizilova@gmail.com

THE USE OF PNEUMATIC MIXING EQUIPMENT FOR THE DRY BUILDING MIXES PRODUCTION

The current economic situation requires a review of existing material and raw materials base in construction, as well as the possibility for its transformation and use in the future. To achieve these goals, it is necessary to create new types of building materials that are more efficient and inexpensive in their price range compared to existing ones. The development of dry building mixes can be attributed to this direction. The high quality of dry building mixes is guaranteed by the stability of their composition and the properties of the ingredients used. Saving time when using them will allow getting a flawless result. An important process in the manufacture of dry building mixes is the mixing process, which also includes the preparation of raw materials, dosing and distribution of chemical additives. One of the main and most important qualities determining the quality of the finished product is the finished mixture uniformity. Therefore, special attention in the production line is paid to the mixing section. The variety of bulk materials and their properties contributes to the creation of various types mixers for high-quality components mixing. The history of dry building mixes and mixing equipment appearance for production is discussed in the article.

Key words: pneumatic mixer; mixing; building mixtures; vortex mixing; mixer; improvement.

Fig. 2. Ref.: 10 titles.

Введение. Момент появления сухих строительных смесей (далее — ССС) относится к началу XX века — времени открытия способа промышленного производства водорастворимой целлюлозы и ее производных (производные с водоудерживающими качествами). Такие способности производных целлюлозы позволили создавать смеси, которые можно наносить тонким слоем. Следующий этап появления ССС — введение в раствор полимеров, например, клея ПВА. Он увеличивал подвижность и пластичность смеси, что влияло на скорость работы и удобство при нанесении. Во второй половине прошлого века было начато производство редиспергируемых полимеров и сополимеров, что явилось еще одним витком в развитии ССС. Редиспергируемые полимеры — это мельчайшие капельки вещества, окруженные водорастворимой оболочкой. При добавлении жидкости оболочка растворяется, полимер высвобождается и включается в структуру раствора. В начале 90-х годов на рынке появляются первые упакованные ССС в мешках для широкой продажи, до этого времени пользовались растворами собственноручного приготовления или заводскими. В данный период времени мы не можем обойтись без применения сухих смесей: они задействованы как в строительстве, так и в реконструкции зданий и помещений. Качество ССС зависит от видов компонентов их гранулометрического состава, а качество смешения компонентов играет большую роль [1—3].

Материалы и методы исследования. Однородность материала является основой требуемого качества современных строительных смесей. Именно по этой причине смесительный блок по праву считается наиболее ответственным участком заводов по производству ССС. Выбор смесительного оборудования является важнейшим шагом на пути высококачественного продукта. Смесителем называют оборудование, при помощи которого можно приготовить однородную смесь, состоящую из двух и более компонентов [1—3].

В современном мире смесительное оборудование довольно разнообразно. Они делятся по принципу действия, конструктивным особенностям и даже по типу среды, в которой они работают (рисунок 1). Смесители также различаются процессом перемешивания, он может быть периодическим и непрерывным. Смесители могут работать при различных физических воздействиях, например, механических, струйных, пневматических, статических, импульсных, вибрационных, ультразвуковых, магнитных и др. [1; 2].

У всех этих смесителей есть свои достоинства и недостатки. Например, в таких смесителях, как ленточные, планетарно-шнековые, барабанные, одним из преимуществ является возможность смешивания больших объемов, но при этом они имеют такой недостаток, как повышенное энергопотребление и металлоемкость. В смесителях, где вращающиеся части выступают в качестве рабочего органа, невозможно перемешивать абразивный материал, а также необходимо защищать эти элементы от абразивной пыли и часто менять накладки на рабочих органах. Несмотря на такое количество недостатков, существуют смесители, у которых есть масса достоинств [3]. На рисунке 1 показаны смесители для современных производств ССС [1—3].



**Рисунок 1. — Смесители для современных производств ССС:
а — планетарно-шнековые; б — ленточные; в — барабанные; г — U-образные**

Из всего разнообразия смесительных агрегатов наше внимание привлекло пневматическое перемешивание, которое в отличие от других видов смешивания характеризуется большими скоростями энергоносителя с компонентами смеси [3]. При этом у таких смесителей есть преимущества над другими смесительными аппаратами: простота их конструкции; гомогенизация больших объёмов (до 200 м³); смешивание высокоабразивных и хрупких материалов; отсутствие «мертвых» зон; малый износ рабочей поверхности. Смеситель может работать как в периодическом цикле, так и в непрерывном. Пневмосмеситель может создать завихренно-турбулентный поток в объеме смеси за время от 15 до 30 с, такое же время требуется для оседания частиц после окончания работы пневмосмесителя [4]. Смесители вихревого типа используются для приготовления прочных и высокопрочных песчано-глинястых смесей в литейной промышленности. Постоянная аэрация смеси во время смешения улучшает ее формуемость и уплотняемость, разрешает готовить высокопрочные смеси до 2 МПа при сохранении производительности смесителя [4]. Существует несколько видов современных пневмосмесителей (рисунок 2) [5].

Одним из разновидностей являются пневмосмесители с размещенными лопастями тихоходных мешалок или скребком над аэрирующей решеткой (см. рисунок 2, а). Существуют смесители и с воздействием на перемешиваемый материал сквозь воздушные струи по принципу эрлифта (рисунок 2, б) или пневмосмеситель непрерывной подачи струй энергоносителя через полый вал и полости лопастей с перфорированной пластиной, расположенных под решеткой и вращающихся вокруг вертикальной оси (см. рисунок 2, в) [5].

Пневмосмеситель можно использовать не только в строительной индустрии, но и в нефтехимической промышленности, в стекольной промышленности, фармацевтической и др. [5]. Объем рынка, где применяются пневмосмесители, в Российской Федерации включает в себя: цемент (57,9 млн т в год), пигменты (140 тыс. т в год), ССС (9,6 млн т в год), полимеры (10,1 млн т в год), лекарства (171,1 млн т в год).

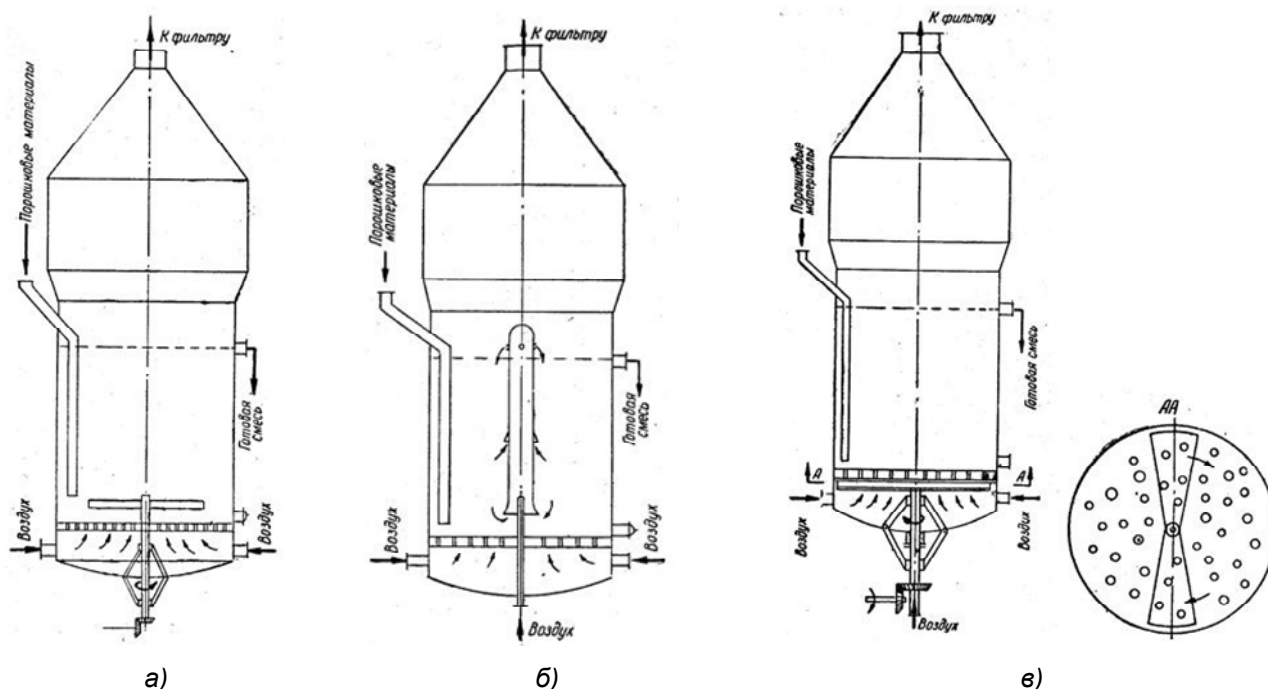


Рисунок 2. — Классификация пневмосмесителей: а — с добавочной мешалкой; б — по принципу эрлифта; в — пневмосмеситель с вращающимся воздухораспределителем

Результаты исследования и их обсуждение. Главным параметром качественной работы пневмосмесителя является определение степени однородности готового продукта, которая обуславливается равномерным распределением всех ее компонентов по всему объему готового продукта.

Степень однородности в момент перемешивания S определяет, насколько будет качественной смесь на выходе из пневмосмесителя. Моментом перемешивания является центральный абсолютный момент статистической плотности распределения физической плотности компонентов смеси по всему рассматриваемому объему [6]:

$$S = \frac{1}{V \sum \rho_{\text{см}}} \sum_m \sum_n |\rho_i - \bar{\rho}_i| \Delta V_e, \%,$$

где V — объем смеси;

$\rho_{\text{см}}$ — средняя плотность смеси;

m — количество компонентов смеси;

n — количество элементарных участков смеси;

ρ_i — плотность i -го компонента на данном участке смеси;

ΔV_e — средняя плотность i -го компонента.

Интенсивность перемешивания характеризуется:

– временем, которое затрачивается на процесс перемешивания;

– мощностью, затраченной на процесс перемешивания, приведенный к одному объёму или массе готового продукта.

Интенсивность перемешивания как критерий можно определить как скорость изменения степени смешивания во времени: di / dt .

Скорость смешивания представляет собой уменьшение степени однородности и служит критерием интенсивности процесса смешивания:

$$(dS / dx)' = -k_1 S. \quad (1)$$

Скорость смешивания пропорциональна разности масс и текущему значению степени однородности:

$$(dS / dx)'' = k_2 (S_{\text{max}} - S). \quad (2)$$

Анализ интегральной формы процесса смешивания, который включает в себя смешивание, описывается формулой

$$S = a + (S_{\text{max}} - a) e^{-kx}, \%, \quad (3)$$

где S — центральный абсолютный момент статистической плотности распределения физической плотности компонентов смеси по всему рассматриваемому объему;

a и k — постоянные, которые характеризуют перемешивание и зависят от физических параметров компонента;

x — показывает движение компонентов в смесительном агрегате (который прямо пропорционален времени, затрачиваемому на перемешивание t , частоте воздействия n механизма на компоненты и количественные составляющие движения компонентов Z , т. е. $x = ntZ$) [7].

Во время выбора смесительного агрегата или его проектирования нужно также учитывать удельную потребляемую мощность, которую можно определить как количество энергии, затрачиваемой на количество материала в процессе перемешивания.

На процесс перемешивания и качество готовой смеси влияют еще и другие факторы, например, гранулометрический состав компонентов, дозировка и т. д. Поэтому мы можем сделать вывод об отсутствии конкретной зависимости при смешении компонентов [8; 9].

В формулах (1)...(3) постоянные a и k — константы, характеризующие перемешивание и зависящие от физических параметров, состояния компонентов и работы узла перемешивания, которые можно найти методами математической статистики [10].

Заключение. Рынок смесительного оборудования перенасыщен своим разнообразием оборудования и способами перемешивания. Несмотря на это, пневматический способ перемешивания сухих компонентов очень популярен за счет ряда существенных преимуществ перед другими: гомогенизация больших объёмов (до 200 м³), смешивание высокоабразивных и хрупких материалов, отсутствие «мертвых» зон. Для производства сухих смесей важна производительность и качество выпускаемой продукции на предприятии. Использование этих смесителей повысит степень однородности готового продукта за счет интенсификации процесса смешивания, а также приведет к увеличению производительности.

Список цитированных источников

1. Современное состояние и перспективы развития производства сухих строительных смесей в России / Э. Л. Большаков [и др.] // Современные технологии сухих смесей в строительстве : сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. — 2000. — С. 3—5.
2. Корнеев, В. И. Сухие строительные смеси / В. И. Корнев. — М. : РИФ «Стройматериалы», 2010. — 320 с.
3. Орехова, Т. Н. Направления конструктивно-технологического совершенствования пневмосмесителей для производства строительных материалов / Т. Н. Орехова, А. М. Агарков, А. А. Голубятников // Науч. альм. — 2015. — № 3. — С. 124—127.
4. Дергунов, С. А. Сухие строительные смеси (состав, технология, свойства) : учеб. пособие / С. А. Дергунов, С. А. Орехов. — Оренбург : ОГУ, 2012. — 106 с.
5. Орехова, Т. Н. Пневмосмеситель непрерывного действия для производства сухих строительных смесей / Т. Н. Орехова. — Белгород, 2013. — 158 с.
6. Лоскутьев, Ю. А. Механическое оборудование предприятий по производству вяжущих строительных материалов / Ю. А. Лоскутьев, В. М. Максимов, В. В. Веселовский. — М. : Машиностроение, 1986. — 378 с.
7. Энциклопедия по машиностроению. Общезаводское оборудование [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7493544/page:15> . — Дата доступа: 20.10.2020.
8. Плотников, В. А. Разработка и исследование новых смесительных агрегатов непрерывного действия для мелкодисперсных твердых материалов : дис. ... канд. техн. наук / В. А. Плотников. — М. : МИХМ, 1981. — 189 л.
9. Денисов, Г. А. Производство и использование сухих строительных смесей / Г. А. Денисов // Сухие строит. смеси. — 2011. — С. 14—18.
10. Богданов, В. С. Механическое оборудование предприятий промышленности стройматериалов : учеб. пособие / В. С. Богданов. — Белгород : БелГТАСМ, 1996. — 102 с.

Поступила в редакцию 30.04.2021.