

УДК 66.022.54

СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТЫ С ПОДВИЖНОЙ ЛЕНТОЙ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Бакин М.Н., Капранова А.Б., Верлока И.И.

*ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный технический университет»,
Ярославль, e-mail: bmn-town@yandex.ru*

В настоящей статье показана необходимость проектирования аппарата с подвижной лентой для получения качественной смеси сыпучих материалов в тех случаях, когда объёмно-весовое количество одного компонента смеси значительно больше второго (с отношением их массовых долей 1:10 и более). Для решения этой задачи выполнен анализ известных конструкций аппаратов с подвижной лентой для смешивания сыпучих материалов и представлена их условная классификация. В качестве основных классифицирующих признаков выбраны два: 1) наличие или отсутствие движения смесительных органов; 2) упругие свойства смесительных элементов. Ввиду выявленных недостатков смесителей с жёсткими рабочими элементами их использование в перспективном аппарате нецелесообразно. Более подробно рассмотрены конструкции аппаратов на основе подвижной ленты с подвижными эластичными смесительными элементами.

Ключевые слова: смешивание, сыпучие материалы, подвижная лента

MODERN MACHINES WITH MOVING BELT FOR MIXING BULK MATERIALS

Bakin M.N., Kapranova A.B., Verloka I.I.

FGBOU VPO «Yaroslavl State Technical University», Yaroslavl, e-mail: bmn-town@yandex.ru

This article shows the necessity to design the apparatus with a movable belt to obtain good mixing in the bulk material when the volume-weighted amount of one component of the mixture is significantly greater than the second (with the ratio of their mass fractions of 1:10, and more). To solve this problem, the analysis of the known designs of mobile devices with moving belt for mixing bulk materials and presented them conditional classification. The main classifiers selected two: 1) the presence or absence of motion of the mixing bodies; 2) the elastic properties of mixing elements. In view of the deficiencies identified mixers with hard work items to use them in the planning unit is impractical. Discussed in more detail the design of devices based on moving belt with movable elastic mixing elements.

Keywords: mixing, bulk materials, the moving belt

Среди различного применяемого оборудования (центробежного, лопастного, вибрационного) для смешивания сыпучих материалов наиболее простую конструкцию имеют устройства с подвижной лентой. Однако известные современные смесительные устройства, включая устройства с подвижной лентой, не обеспечивают надлежащее качество смеси в тех случаях, когда объёмно-весовое количество одного компонента смеси значительно больше второго (1:10 и более). Кроме того, в известных конструкциях смесительных устройств затруднительно получать однородные смеси как относительно сухих сыпучих компонентов, склонных к слипанию и агломерированию, так и влажных материалов. В связи с этим актуальной задачей является разработка нового смесительного аппарата с подвижной лентой. Приступая к решению этой задачи, необходимо рассмотреть известные конструкции аппаратов с подвижной лентой с целью выявить наиболее перспективные направления по проектированию нового аппарата.

Цель работы: разработать условную классификацию оборудования для смешивания сыпучих материалов с использованием подвижной ленты и провести сравнительный

анализ известных конструкций аппаратов на основе разработанной классификации.

Классификация оборудования для смешивания сыпучих материалов с использованием подвижной ленты

Смесительные аппараты с подвижной лентой различаются большим разнообразием конструкций и могут быть классифицированы по следующим признакам:

а) упругим свойствам смесительных элементов (с жёсткими элементами, с эластичными элементами [1–10], без рабочих смесительных элементов);

б) наличию или отсутствию движения смесительных органов (подвижные [1–7], неподвижные [8–10]);

в) расположению области смешивания (в слоях на поверхности ленты [9], вне ленты [7], одновременно на ленте и в разреженных потоках вблизи ее поверхности [1–6, 8, 10]);

г) по расположению подвижной ленты (горизонтальное [1, 3–5], вертикальное [6, 8, 10], наклонное или с огибанием ею смесительной камеры [2]);

д) виду движения подвижных смесительных органов (вращательное [1–5], возвратно-поступательное);

е) расположению оси вращения смесителей (с горизонтальной [1–3, 5–6, 8], с вертикальной [4, 7]);

ж) наличию совмещённых процессов (с уплотнением [1, 3–4, 6–8], с разрыхлением и аэрацией, с увлажнением материалов, диспергацией и т.п.);

з) способу перевода компонентов во взвешенное или разреженное состояние (при помощи подвижных смесительных элементов [1–7], вибрационный, при помощи подачи сжатого воздуха, гравитационный [8, 10], совмещение нескольких способов [2] и т.п.);

и) виду перерабатываемых сыпучих компонентов (пылевидных, порошкообразных, зернистых);

к) способу смешивания компонентов в рабочей зоне смесителя, в том числе: циклическое (движение потоков внутри смесителя), объёмное (хаотическое движение с помощью перемешивающих органов), диффузионное (смещение слоёв при действии внешних факторов).

Практически все оборудование для смешения сыпучих материалов с использованием подвижной ленты в отличие от смесителей других типов имеет непрерывный режим работы. В дальнейшем ограничимся упрощённой классификацией указанных смесителей (рис. 1), соответствующей основным перечисленным выше признакам а, б, з.

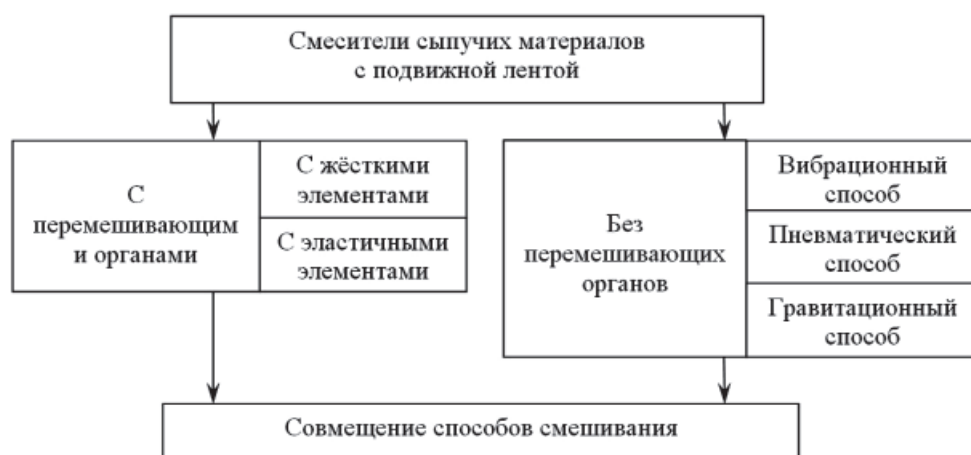


Рис. 1. Условная классификация смесителей сыпучих материалов с подвижной лентой по способам смешивания

Смесители с жёсткими рабочими элементами

Смесители с жёсткими рабочими элементами обладают следующими недостатками:

- наличие адгезии (налипания) частиц материалов к рабочим органам смесителей при перемешивании вязких или увлажнённых компонентов, что особенно заметно проявляется при использовании неподвижных рабочих органов;

- практическое отсутствие при использовании неподвижных рабочих элементов смесителей возможности их самоочистки от налипших материалов;

- низкая эффективность смешения и невысокая производительность при использовании устройств или с неподвижными рабочими органами, или с подвижными – при достаточном малых частотах их вращения – в сравнении с применением смесителей с эластичными элементами;

- сложность конструкции, высокая металлоёмкость и масса аппаратов по сравне-

нию со смесительным оборудованием с эластичными органами.

Ввиду отмеченных выше недостатков смесителей с жёсткими рабочими элементами их применение в перспективном аппарате с подвижной лентой нецелесообразно.

Смесители с эластичными рабочими элементами

Смесители с эластичными рабочими элементами [1–10] условно можно классифицировать по признаку расположения области смешения, например, на смесители с подвижными [1–7] и неподвижными [8–10] элементами смешения относительно транспортёрной ленты.

А. Смесители с подвижными смесительными элементами

Известна конструкция устройства для смешения и уплотнения сыпучих материалов [1], представленного на рис. 2.

Агрегат содержит ленточный транспортер 1, привод 2, дозаторы 3 и 4, смесительные устройства 5, наклонные отбойные

элементы криволинейной формы 6, устройство выгрузки 7, валик из эластичного материала 8. Сыпучие материалы подаются дозаторами 3 и 4 на поверхность ленты и движутся тонким слоем вместе с лентой. При движении ленты под смесительными

устройствами 5 находящийся на ней материал распыляется и ударяется об отбойные элементы 6, при этом происходит интенсивное перемешивание материалов. Материал, проходя в зазоре между лентой и валиком 8, уплотняется.

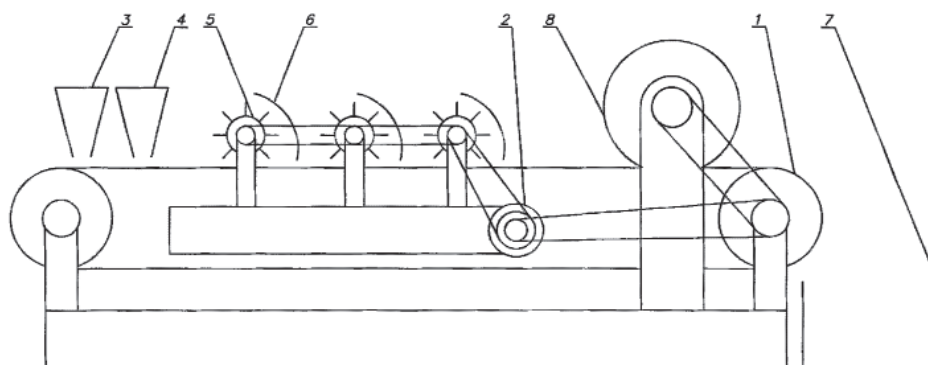


Рис. 2. Устройство для смешения и уплотнения сыпучих компонентов

Смеситель [2] имеет подвижную ленту сложной формы, которая огибает неподвижные диски. Смешиваемые материалы через патрубки попадают в пространство, образованное транспортёрной лентой, корпусом и дисками. В качестве смесительных элементов используются подвижные щётки.

В устройстве [3] для совмещения процессов смешивания и уплотнения сыпучих материалов смесь образуется при контакте компонентов с радиальными эластичными элементами.

В устройстве для смешения и уплотнения сыпучих материалов [4] размещение соответствующих рабочих зон указанных процессов имеется во внутреннем объёме

ленточного транспортёра. При движении ленты под смесительными устройствами в виде вращающихся дисков с эластичными элементами частицы компонентов переходят во взвешенное состояние и интенсивно перемешиваются.

Агрегат для приготовления сыпучих и вязкосыпучих смесей [5], представленный на рис. 3, состоит из ленточного транспортера 1, устройств подачи сыпучих компонентов 2, 3 и форсунки 4 для распыления жидкого компонента, узла смешивания в виде двух параллельных роторов 5 с пересекающимися эластичными билами, корпуса 7, направляющего устройства 8, бункера выгрузки смеси 9.

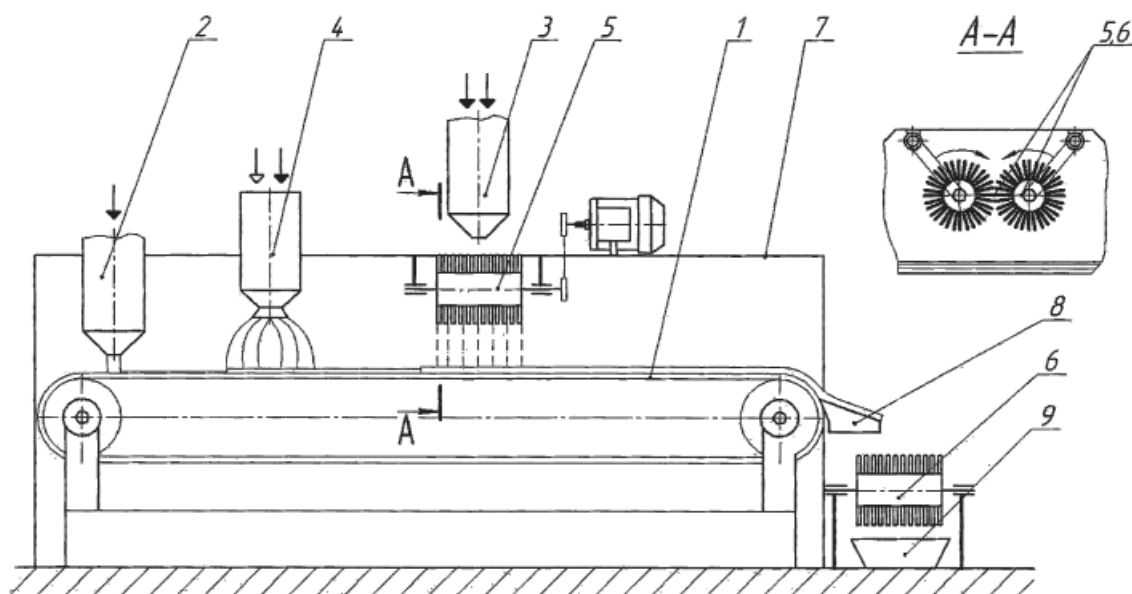


Рис. 3. Устройство приготовления сыпучих и вязкосыпучих смесей

Сыпучий материал устройством 2 подается в виде тонкого слоя на ленту 1. При прохождении этого слоя под распылителем форсунки 4 на его поверхность распыливаются частицы разогретого компонента, а затем наносится третий слой сыпучих материалов, заранее смешанных на первой ступени 5 узла смешивания. При движении по ленте частицы жидкого компонента остывают и отвердевают. Далее компоненты, имеющие трехслойную структуру, с помощью направляющего устройства 8 подаются на вторую ступень 6 узла смешивания, откуда смесь поступает в бункер выгрузки 9.

Известна конструкция агрегата для смешения и уплотнения сыпучих материалов [6] с вертикальной изогнутой лентой относительно направляющих валков. Частицы сыпучих материалов, находясь в разреженном состоянии, отражаются от внутренней поверхности корпуса и захватываются эластичными элементами нескольких барабанов. Заметим, что аппарат [6] имеет небольшие габариты, конструктивно прост, может иметь высокую производительность. При движении материала сверху вниз через зону действия расположенных в корпусе барабанов достигается значительное время смешения. Выполнение корпуса смесительного устройства в виде ленты позволяет перерабатывать материалы с большим диапазоном физико-механических свойств (размеры, влажность, адгезия), обеспечивать переход на различные производительности агрегата.

Другой аппарат для смешения и уплотнения сыпучих материалов [7] производит смешивание сыпучих материалов за вращающимся диском под действием центробежных сил при взаимодействии с эластичными элементами на ободе и после удара о внутреннюю поверхность корпуса смесителя.

Б. Смесители с неподвижными эластичными смесительными элементами.

Данная категория смесителей, как правило, имеет на поверхности транспортной ленты эластичные упругие ребра с ограниченной подвижностью вследствие упругих деформаций. Например, смеситель [8] содержит барабанный дозатор с упругими ребрами и узел смешения на основе вертикального ленточного транспортера. При взаимодействии ребра с находящимся на нём слоем материала с роликом происходит пересыпание материала в поперечном и продольном направлениях.

Смесительное устройство [9] имеет на транспортной ленте поперечные упругие элементы в качестве рабочих органов. Смесительный узел состоит из плиты, на нижней поверхности которой располагаются

кронштейны с вращающимися роликами. При взаимодействии упругих ребер ленты с роликами происходит смешение слоев сыпучих материалов и последовательное перебрасывание частиц сыпучего материала из одной ячейки между ребрами на передний край ячейки, следующей по ходу движения транспортной ленты.

В другом смесителе [10], выполненном в виде двух вертикально расположенных ленточных транспортеров (слева и справа) с лентами, снабженными поперечными эластичными ребрами. Скорость транспортера справа больше скорости транспортера слева, в результате чего эластичные ребра одной ленты взаимодействуют с ребрами другой и, после выхода из зацепления, резко отбрасывают смешиваемые материалы навстречу друг другу. При этом происходит интенсивное смешение компонентов.

При сравнении результативности применения смесителей с неподвижными и подвижными эластичными рабочими элементами первые из перечисленных обладают следующими недостатками:

- наличие адгезии (налипания) частиц материалов к рабочим органам смесителей при перемешивании вязких или увлажнённых компонентов и ограниченная способность к самоочищению в результате пластических деформаций;

- низкая эффективность смешения.

Указанные факторы в большой степени представляется возможным преодолеть при использовании подвижных эластичных рабочих элементов.

Выводы

Согласно приведенному обзору литературных источников, относящемуся к современным способам смешивания сыпучих материалов на подвижной ленте, для получения качественной смеси сыпучих материалов (сухих, влажных, а также склонных к слипанию и агломерированию) представляется целесообразным применение барабанных устройств с эластичными элементами с послойной многократной подачей на ленту одного из сыпучих материалов с целью наращивания его массовой доли в общем объеме продукта.

Список литературы

1. Патент РФ № 2321446, МПК B01F3/18. Агрегат для смешения и уплотнения сыпучих материалов / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.Б. Капранова, И.Я. Кузьмин. – Оpubл. 10.04.08, Бюл. № 10.
2. Патент РФ № 2188124, МПК B28C5/36, B01F3/18. Смеситель / Б.А. Миронов, А.И. Зайцев, А.А. Мурашов, И.А. Зайцев, Л.В. Королёв, М.Ю. Таршис, Д.О. Бытёв. – Оpubл. 27.09.04, Бюл. № 27.

3. Патент РФ № 2241530, МПК B01F3/18. Агрегат для смешения и уплотнения сыпучих материалов / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.А. Зайцев. – Оpubл. 10.12.04, Бюл. № 34.

4. Патент РФ № 2323140, МПК B65B1/24, B01F3/18. Агрегат для смешения и уплотнения сыпучих материалов / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.Б. Капранова, А.В. Бушмелев. – Оpubл. 27.04.08, Бюл. № 12.

5. Патент РФ № 2433857, МПК B01F3/00, B01F7/00. Агрегат для приготовления сыпучих и вязкосыпучих смесей / М.Ю. Таршис, А.В. Дубровин, А.И. Зайцев. – Оpubл. 20.11.11.

6. Патент РФ № 2329924, МПК B65B1/36. Агрегат для смешения и уплотнения сыпучих материалов / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.О. Кузьмин. – Оpubл. 27.07.08, Бюл. № 21.

7. Патент РФ № 2325220, МПК B01F3/18. Агрегат для смешения и уплотнения сыпучих материалов / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова. – Оpubл. 27.05.08, Бюл. № 15.

8. Патент РФ № 2261754, МПК B01F3/18. Смеситель / А.В. Бушмелев, А.И. Зайцев, И.А. Зайцев, Г.М. Гончаров, А.Б. Капранова. – Оpubл. 10.10.05.

9. Патент РФ № 2135052, МПК B01F3/18. Устройство для смешения сыпучих материалов / А.И. Зайцев, И.А. Зайцев, М.Ю. Таршис, А.А. Мурашов, Б.А. Миронов, Д.О. Бытев. – Оpubл. 20.08.02.

10. Патент РФ № 2150317, МПК B01F3/00. Смеситель / А.И. Зайцев, Б.А. Миронов, И.А. Зайцев, Д.О. Бытев, М.Ю. Таршис, А.Б. Капранова, В.В. Бибикив. – Оpubл. 10.06.00.

References

1. Patent RF no. 2321446, МПК V01F3/18. Agregat dlja smeshenija i uplotnenija sypuchih materialov / A.E. Lebedev, A.I. Zajcev, A.B. Kapranova, I.A. Kuz'min. Opubl. 10.04.08, Bjul. no. 10.

2. Patent RF no. 2188124, МПК V28S5/36, V01F3/18. Smesitel' / B.A. Mironov, A.I. Zajcev, A.A. Murashov, I.A. Zajcev, L.V. Koroljov, M.Ju. Tarshis, D.O. Bytev. Opubl. 27.09.04, Bjul. no. 27.

3. Patent RF no. 2241530, МПК V01F3/18. Agregat dlja smeshenija i uplotnenija sypuchih materialov / A.I. Zajcev,

A.E. Lebedev, A.B. Kapranova, I.A. Zajcev. Opubl. 10.12.04, Bjul. no. 34.

4. Patent RF no. 2323140, МПК V65B1/24, B01F3/18. Agregat dlja smeshenija i uplotnenija sypuchih materialov / A.E. Lebedev, A.I. Zajcev, A.B. Kapranova, A.V. Bushmelev. Opubl. 27.04.08, Bjul. no. 12.

5. Patent RF no. 2433857, МПК V01F3/00, B01F7/00. Agregat dlja prigotovlenija sypuchihi vjazkosypuchih smesej / M.Ju. Tarshis, A.V. Dubrovin, A.I. Zajcev. Opubl. 20.11.11.

6. Patent RF no. 2329924, МПК V65B1/36. Agregat dlja smeshenija i uplotnenija sypuchih materialov / A.I. Zajcev, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova, I.O. Kuz'min. Opubl. 27.07.08, Bjul. no. 21.

7. Patent RF no. 2325220, МПК V01F3/18. Agregat dlja smeshenija i uplotnenija sypuchih materialov / A.I. Zajcev, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova. Opubl. 27.05.08, Bjul. no. 15.

8. Patent RF no. 2261754, МПК V01F3/18. Smesitel' / A.V. Bushmelev, A.I. Zajcev, I.A. Zajcev, G.M. Goncharov, A.B. Kapranova. Opubl. 10.10.05.

9. Patent RF no. 2135052, МПК V01F3/18. Ustrojstvo dlja smeshenija sypuchih materialov / A.I. Zajcev, I.A. Zajcev, M.Ju. Tarshis, A.A. Murashov, B.A. Mironov, D.O. Bytev. Opubl. 20.08.02.

10. Patent RF № 2150317, МПК V01F3/00. Smesitel' / A.I. Zajcev, B.A. Mironov, I.A. Zajcev, D.O. Bytev, M.Ju. Tarshis, A.B. Kapranova, V.V. Bibikov. Opubl. 10.06.00.

Рецензенты:

Бачурин В.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры «Высшая и прикладная математика» Ярославского филиала ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)», г. Ярославль;

Ефремов Г.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Проектирование технологических машин и комплексов в химической промышленности», ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 21.03.2014.