

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ В ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СМЕСИТЕЛЯХ

Ю. Т. Селиванов, Б. Е. Поляков

*Кафедра «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»;  
soprnm@nnn.tstu.ru*

**Ключевые слова:** ключевой компонент; математическая модель; смесь; смешивание; сыпучий материал; циркуляционный смеситель.

**Аннотация:** Представлена конструкция циркуляционного смесителя с упорядоченной загрузкой компонентов. Предложен метод оптимизации процесса приготовления многокомпонентных смесей за счет целенаправленного изменения характера загрузки ключевых компонентов. Рассмотрены основные принципы, позволяющие проводить целенаправленную корректировку характера организации загрузки наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента. Представлены зависимости для расчета интенсивности загрузки любого ключевого компонента при разбиении периода загрузки на неравные участки. Сделан вывод о том, что в случае разбиения периода загрузки не менее чем на три неравных участка однородность смеси улучшается как минимум на 20 %. Предложенный метод является универсальным и может быть использован как при модернизации действующего, так и разработке нового смесительного оборудования.

---

В химической и смежных областях промышленности предъявляются повышенные требования к качеству смесей сыпучих материалов в связи с развитием нанотехнологий. При этом содержание наноматериалов в общем объеме смеси может быть весьма незначительно.

Для получения высококачественных смесей с малыми количествами ключевых компонентов разработан целый ряд конструкций смесителей, среди которых выделим группу циркуляционных, таких как: V-образный, «пьяная бочка», биконический, ленточный и одновальный лопастной. В данных типах смесителей наблюдается детерминированный характер движения компонентов как в продольном, так и поперечном сечениях. Наиболее перспективными являются циркуляционные смесители непрерывного действия с упорядоченной загрузкой компонентов [1, 2].

Устройство для осуществления упорядоченной загрузки компонентов [2] показано на рис. 1. Поперечное сечение смесителя А – А представлено на рис. 2, а. Конструкция включает в себя смеситель 1 с узлами загрузки 2 – 4, узел выгрузки готовой смеси 5, дозаторы 6 – 8 для непрерывной подачи компонентов А, В и С, соответственно, перфорированные трубы 9 и 10 с приводами вращения 11 и 12.

В качестве смесителя использован барабанный смеситель непрерывного действия, у которого наблюдается циркуляционный характер движения в поперечных сечениях по его длине.

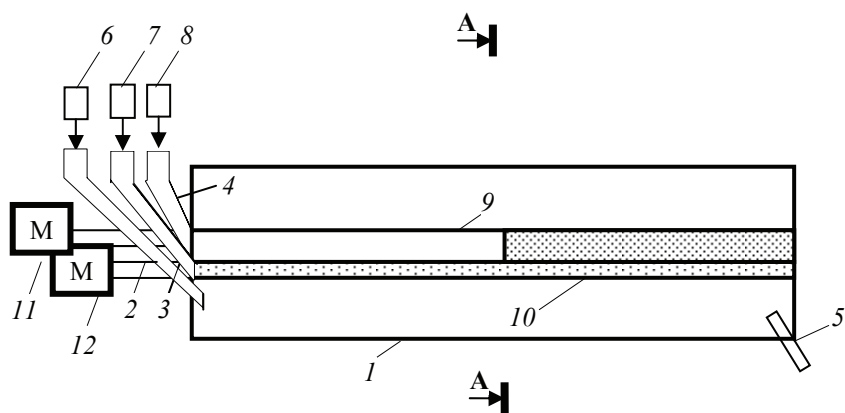


Рис. 1. Устройство для осуществления упорядоченной загрузки компонентов

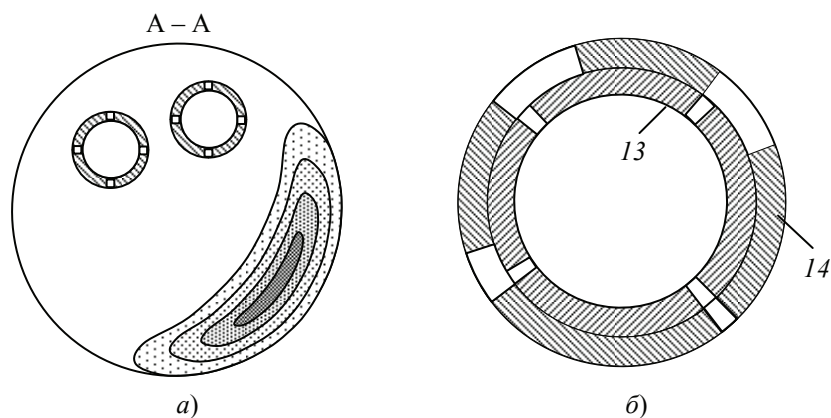
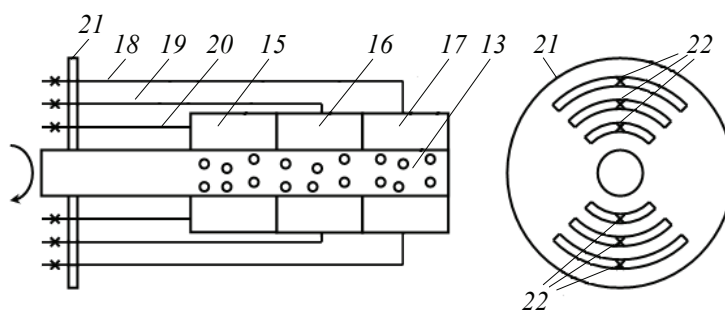


Рис. 2. Поперечные сечения смесителя и трубы с установленной на ней перфорированной обечайкой

Устройство работает следующим образом: основной компонент *A* с помощью узла загрузки вводится в смеситель. Ключевые компоненты с помощью узлов загрузки *3* и *4* вводятся в перфорированные трубы таким образом, чтобы они заполнялись соответствующими сыпучими материалами. Перфорация на трубе *9* для подачи в барабан наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента начинается не с начала трубы, а на определенном расстоянии от места выгрузки. В частности, компонент *C* начинали загружать в сечении, когда время пребывания двух основных составляющих смеси соответствовало расчетному моменту времени ввода данного компонента. При этом загрузка ключевых компонентов в смеситель осуществлялась через отверстия перфорации в трубах. Диаметр отверстий подбирался таким образом, чтобы через них производилась вполне определенная, необходимая по требованиям к готовой смеси, загрузка ключевых компонентов в смеситель, в результате вращения труб приводами *11* и *12*.

На рисунке 2, б показано сечение трубы *13* с установленной на ней перфорированной обечайкой *14*. Отверстия на обечайке расположены таким образом, что возможна выгрузка сыпучего материала через все отверстия трубы. При повороте обечайки относительно трубы на некоторый угол против часовой стрелки возникает перекрытие одного отверстия трубы, двух и т.д. до полного перекрытия отверстий в трубе. Вследствие того, что на трубе установлен ряд подобных обечайек, возможно на определенных участках трубы как полное, так и частичное перекрытие отверстий для осуществления необходимого регламента загрузки ключевых компонентов.



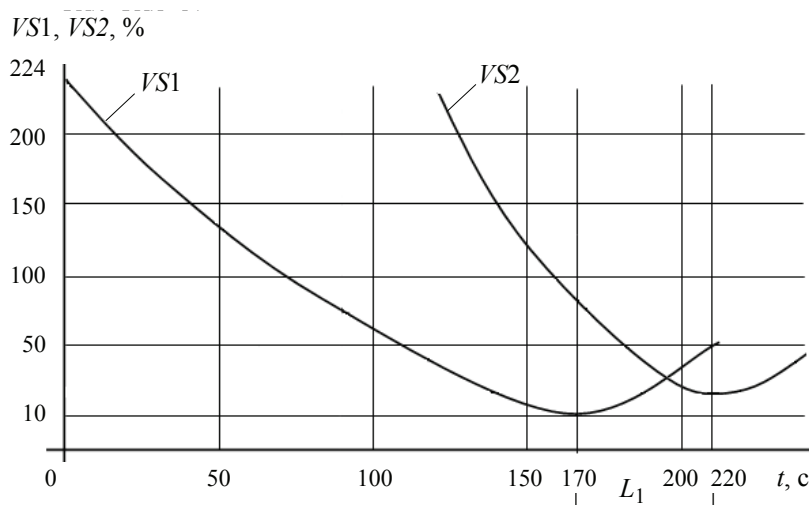
**Рис. 3. Перфорированная труба с тремя обечайками, расположенными на ее перфорированном участке**

На рисунке 3 показана одна из перфорированных труб 13 с тремя обечайками 15 – 17, расположенными на ее перфорированном участке. Стержни 18 – 20 жестко прикреплены к обечайкам. Их свободные концы проходят через диск с кольцевыми пазами 21, располагающийся около загрузочного края трубы. На свободных концах стержней нарезана резьба, и гайками 22 стержни фиксируются относительно диска 21, тем самым происходит фиксация обечаек 15 – 17 на наружной поверхности перфорированной трубы.

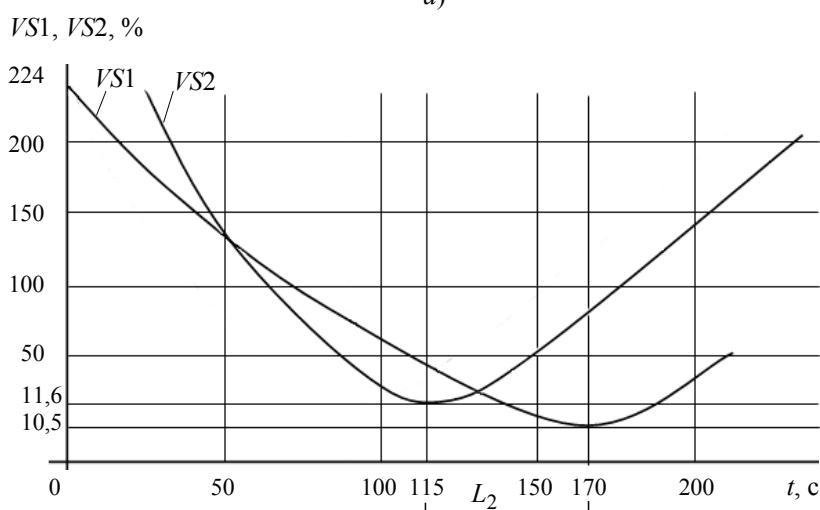
Проведение смешивания с использованием данной конструкции позволяет, но не гарантирует получение положительного результата без обеспечения определенных режимов работы. Особый интерес представляет метод проведения процесса с использованием упорядоченной загрузки компонентов смеси в циркуляционный смеситель, причем характер данного процесса должен быть предварительно рассчитан для любых конкретных сочетаний компонентов сыпучих материалов [3].

Для расчета характера проведения процесса может быть использована математическая модель [3, 4], позволяющая в результате проведения численных экспериментов рассчитать условия организации процесса, которые обеспечат высокое качество готовой смеси [5]. На первом этапе моделируется равномерная загрузка ключевых компонентов по длине смесителя. При этом, например, для случая трехкомпонентной смеси загрузка наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента моделируется не с начала смесителя, а на некотором удалении от его загрузочного края. Проведение данного процесса в реальных условиях вполне возможно, так как перфорация на трубе 9 (см. рис. 1) для подачи в барабан наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента начинается не с начала трубы, а на определенном расстоянии от места выгрузки. В случае несовпадения времени достижения оптимального качественного состава по обоим ключевым компонентам производится целенаправленная корректировка характера организации загрузки наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента.

На рисунке 4 представлены два варианта графиков, полученных в результате численных экспериментов, характеризующих распределение по смеси каждого ключевого компонента [6]. В первом случае (см. рис. 4, а) оптимальное значение коэффициента неоднородности  $V/S1$  [3], характеризующее качество смеси по наименее склонному к сегрегации ключевому компоненту, достигается значительно позднее, чем оптимальное значение коэффициента неоднородности  $V/S2$ , характеризующего качество смеси по наиболее склонному к сегрегации ключевому компоненту. Во втором случае (см. рис. 4, б) наблюдается обратная зависимость. Как видно из приведенных графических зависимостей, на указанное рассогласование определяющее влияние оказывает время начала загрузки в смеситель наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента. Применительно к смесителю непрерывного действия, изображенному на рис. 1, время начала загрузки соответствует расстоянию от загрузочного края барабана, на котором начинается загрузка этого ключевого компонента.



a)



б)

**Рис. 4. Графики изменения коэффициентов неоднородности при различных вариантах загрузки ключевых компонентов**

Рассмотрим основные принципы, позволяющие производить целенаправленную корректировку характера организации загрузки наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента. В первом случае (см. рис. 4, а) время наступления наилучшего характера распределения, характеризуемого величиной  $VS1$ , наиболее склонного ключевого компонента по объему смеси соответствовало 220-й секунде проведения процесса, а соответствующая характеристика по первому ключевому компоненту – 170-й секунде. Рассогласование указанных параметров составило 50 с (на рис. 4, а обозначено  $L_1$ ). Очевидно, что если сдвинуть время начала загрузки наиболее склонного ключевого компонента на 50 с ранее, то есть начинать загрузку не на 75-й, а на 25-й секунде проведения процесса – возможно совпадение времени наилучшего характера распределения по смеси обоих ключевых компонентов.

Во втором случае (см. рис. 4, б) время наступления наилучшего характера распределения, характеризуемого величиной  $VS2$ , наиболее склонного ключевого

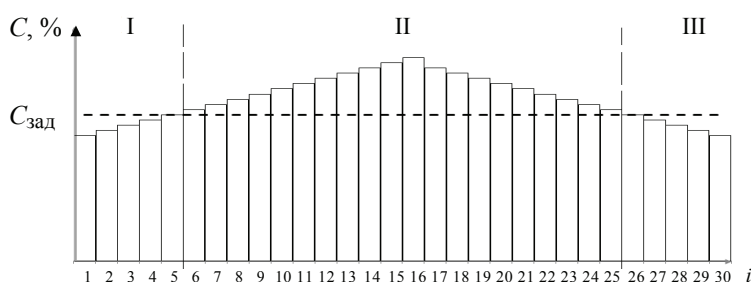
компонента по объему смеси соответствовало 115-й секунде проведения процесса, а соответствующая характеристика по первому ключевому компоненту – 170-й секунде. Рассогласование указанных параметров составило 55 с (на рис. 4, б обозначено  $L_2$ ). Следовательно в данном случае необходимо начинать загрузку наиболее склонного ключевого компонента позднее на 55 с.

Для практической реализации указанных изменений регламента загрузки ключевых компонентов на установке, изображенной на рис. 3, производится поворот обечайки 15 относительно трубы на некоторый угол, что в свою очередь, приводит к изменению времени начала загрузки наиболее склонного к сегрегации второго компонента. На трубе 9 (см. рис. 1) установлен ряд подобных обечаек, в результате возможно на определенных участках трубы как полное, так и частичное перекрытие отверстий для осуществления необходимого регламента загрузки ключевых компонентов.

Математическая модель [3, 4] для случая приготовления трехкомпонентной смеси позволяет, в результате целенаправленной корректировки характера организации загрузки наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента, рассчитать время начала загрузки его в смеситель, что приводит к совпадению во времени оптимального распределения по объему смеси обоих ключевых компонентов. Вместе с этим, если длительность проведения процесса, совпадающая со временем загрузки в смеситель менее склонного к сегрегации ключевого компонента, рассчитана по математической модели правильно, качество готовой смеси повысится.

Однако при равномерной и непрерывной загрузке ключевых компонентов структура их распределения по подслоям циркуляционного контура будет неравномерной [7]. В различных зонах циркуляционного контура наблюдается повышенное или пониженное содержание ключевых компонентов. Причем в общем случае ширина данных зон, соответствующая различному числу подслоев, не одинакова. Следовательно при организации равномерной загрузки каждого ключевого компонента невозможно достижение равномерного распределения по подслоям циркуляционного контура. В случае разбиения периода загрузки на три или более неравных участка, причем границы участков проходят в точках перехода концентрации ключевого компонента от повышенной к пониженной и/или от пониженной к повышенной по сравнению с заданной концентрацией, можно добиться полного совпадения периодов повышенной или пониженной интенсивности загрузки с зонами повышенного или пониженного содержания ключевых компонентов.

На рисунке 5 показан один из вариантов структуры распределения ключевых компонентов по подслоям циркуляционного контура при равномерной и непрерывной загрузке ключевых компонентов. Рассмотрим зависимости, позволяющие



**Рис. 5. Структура распределения ключевых компонентов по подслоям циркуляционного контура при равномерной и непрерывной загрузке ключевых компонентов**

рассчитать интенсивность загрузки какого-либо ключевого компонента при разбиении периода загрузки на неравные участки. Пусть  $q_{\text{ср}}$  – средняя интенсивность загрузки данного ключевого компонента, рассчитанная для случая непрерывной равномерной загрузки компонента,  $\tau_{\text{заг}}$  – длительность загрузки. Тогда общее количество ключевого компонента, загруженного в смесь,

$$Q_{\text{кл}} = q_{\text{ср}} \tau_{\text{заг}}. \quad (1)$$

Пусть весь период загрузки разбивается на три неравных участка I, II, III с интенсивностью загрузки  $q_j$ ,  $j = 1, 2, 3$ , как показано на рис. 5. Длительность загрузки на каждом из участков, соответствующая числу подслоев с пониженным или повышенным содержанием ключевого компонента, равна  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$ :

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3. \quad (2)$$

Тогда

$$Q_{\text{кл}} = q_1 \tau_1 + q_2 \tau_2 + q_3 \tau_3. \quad (3)$$

Отклонение интенсивности загрузки от среднего значения для первого участка

$$\Delta q_1 = \left( \sum_{i=1}^5 V_i C_i - C_{\text{зад}} \sum_{i=1}^5 V_i \right) / \sum_{i=1}^5 V_i. \quad (4)$$

В верхней границе суммы цифра 5 означает число подслоев, соответствующих первому участку (см. рис. 5, участок I);  $C_{\text{зад}}$  – концентрация ключевого компонента, соответствующая требованиям заказчика;  $C_i$  – концентрация ключевого компонента в  $i$ -м подслое циркуляционного контура;  $V_i$  – объем  $i$ -го подслоя.

Интенсивность загрузки на первом участке

$$q_1 = q_{\text{ср}} - \Delta q_1. \quad (5)$$

Отклонение интенсивности загрузки от среднего значения для второго участка (см. рис. 5, участок II)

$$\Delta q_2 = \left( \sum_{i=6}^{25} V_i C_i - C_{\text{зад}} \sum_{i=6}^{25} V_i \right) / \sum_{i=6}^{25} V_i. \quad (6)$$

Отклонение интенсивности загрузки от среднего значения для третьего участка (см. рис. 5, участок III)

$$\Delta q_3 = \left( \sum_{i=26}^{30} V_i C_i - C_{\text{зад}} \sum_{i=26}^{30} V_i \right) / \sum_{i=26}^{30} V_i. \quad (7)$$

В общем случае разбиения на участки отклонение интенсивности загрузки на любом участке  $j$  определяется зависимостью

$$\Delta q_j = \left( \sum_{i=m}^k V_i C_i - C_{\text{зад}} \sum_{i=m}^k V_i \right) / \sum_{i=m}^k V_i, \quad (8)$$

где  $m$  и  $k$  – номера первого и последнего подслоев в составе участка соответственно.

При этом следует отметить, что отклонение интенсивности может иметь как положительное, так и отрицательное значение, в зависимости от того, является ли концентрация ключевого компонента на данном участке повышенной или пониженной по сравнению с требуемой.

В общем случае интенсивность загрузки определяется из выражения

$$q_j = q_{\text{ср}} - \Delta q_j. \quad (9)$$

Длительность загрузки ключевого компонента на  $j$ -м участке разбиения определяется зависимостью

$$\tau_j = r/l\tau_{\text{заг}}, \quad (10)$$

где  $r$  – число подслоев на  $j$ -м участке разбиения;  $l$  – число подслоев циркуляционного контура.

Зависимости, позволяющие рассчитать интенсивность загрузки для других ключевых компонентов, подобны.

Изменение интенсивности загрузки ключевых компонентов достигается поворотом обечайки относительно трубы на некоторый угол против часовой стрелки (см. рис. 2, б). В результате происходит перекрытие одного или нескольких отверстий трубы, через которые осуществляется выгрузка ключевого компонента на наружную поверхность циркуляционного контура. На трубе установлен ряд подобных обечаек. Перекрытие различного числа отверстий на каждой из этих обечаек, в свою очередь, позволяет организовать загрузку ключевых компонентов в различные зоны смесителя с разной, рассчитанной в результате проведения численных экспериментов, интенсивностью.

Результаты натурных и численных экспериментов [5] показывают, что при целенаправленном изменении интенсивности подачи ключевых компонентов в различные зоны смесителя качество готовой смеси может быть повышено как минимум на 20 %. Диапазон изменения интенсивности подачи незначителен и не превышает  $\pm 8$  %.

Предложенный метод формирования рассчитанного характера загрузки ключевых компонентов легко может быть реализован в барабанном смесителе периодического действия [8]. В конструкции барабанного смесителя периодического действия ключевые компоненты равномерно распределены по длине труб с щелевыми прорезями. При вращении труб компоненты загружаются на наружную поверхность циркуляционного контура, образованного сыпучим материалом при вращении барабана. В данном случае для изменения регламента загрузки ключевых компонентов возможно целенаправленное изменение скорости вращения труб со щелевыми прорезями и, соответственно, уменьшение или увеличение скорости подачи в смеситель того или иного ключевого компонента.

Таким образом, предложенный метод оптимизации процесса приготовления многокомпонентных смесей за счет целенаправленного изменения характера загрузки ключевых компонентов является универсальным и может быть использован как при модернизации действующего, так и разработке нового смесительного оборудования [7].

#### *Список литературы*

1. Пат. 2207900 Российская Федерация, МПК В01F 3/18. Способ непрерывного приготовления многокомпонентных смесей и устройство для его реализации / Селиванов Ю. Т., Першин В. Ф., Орлов А. В. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2001110153/12 ; заявл. 13.04.2001 ; опубл. 10.07.2003, Бюл. № 19. – 10 с.

2. Пат. 2478420 Российская Федерация, МПК В01F 9/02. Способ непрерывного приготовления многокомпонентных смесей и устройство для его реализации / Селиванов Ю. Т., Першин В. Ф., Дурнев А. С. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамб. гос. техн. ун-т». – № 2011131090/05 ; заявл. 25.07.2011 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10. – 10 с.

3. Першин, В. Ф. Моделирование процесса смешивания сыпучих материалов в циркуляционных смесителях непрерывного действия / В. Ф. Першин, Ю. Т. Селиванов // Теор. основы хим. технологии. – 2003. – Т. 37, № 6. – С. 629 – 635.

4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2002612031. Оптимизация процесса смешивания сыпучих материалов в барабанных смесителях непрерывного действия (смешивание в барабанном смесителе) / Селиванов Ю. Т., Першин В. Ф., Орлов А. В. – № 2002611772 ; заявл. 03.10.2002 ; зарегистрировано 03.12.2002.

5. Селиванов, Ю. Т. Оптимизация процесса смешивания сыпучих материалов в смесителях непрерывного действия / Ю. Т. Селиванов, Б. Е. Поляков // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27 : сб. тр. XXVII Междунар. науч. конф. / под. общ. ред. А. А. Большакова. – Тамбов, 2014. – Т. 1. – С. 66 – 69.

6. Селиванов, Ю. Т. Некоторые аспекты практического использования циркуляционных смесителей сыпучих материалов / Ю. Т. Селиванов, В. Ф. Першин // Хим. промышленность сегодня. – 2011. – № 2. – С. 51 – 56.

7. Селиванов, Ю. Т. Формирование регламента загрузки ключевых компонентов в циркуляционные смесители / Ю. Т. Селиванов, Б. Е. Поляков // Хим. и нефтегазовое машиностроение. – 2014. – № 6. – С. 16 – 20.

8. А. с. 1599073 СССР, В01F 9/02. Барабанный смеситель сыпучих материалов / Першин В. Ф., Селиванов Ю. Т., Ткачев А. Г., Токарев В. И., Суворов А. В. ; заявитель Тамб. ин-т хим. машиностроения. – № 4434980 ; заявл. 26.06.1988 ; опубли. 1990, Бюл. № 38. – 7 с.

---

## Optimization of Preparation of Multicomponent Mixtures in Circulating Mixers

Yu. T. Selivanov, B. E. Polyakov

*Department “Technical Mechanics and Machine Parts”, TSTU;  
soprmm@nnn.tstu.ru*

**Keywords:** bulk; circulating mixer; key component; mathematical model; mix; mixing.

**Abstract:** The design of the circulating mixer with the ordered loading of components is presented. It is noted that preparation of mixture using the given design allows, but doesn't guarantee positive results without providing certain operation modes. The optimization method of preparation of multicomponent mixtures by purposeful change of the loading mode of key components is offered. The basic principles allowing purposeful correction of loading mode of the key components most inclined to segregation are considered. It is noted that at uniform and continuous loading of the key components the structure of their distribution on underlayers will be uneven. The dependences allowing calculation of the intensity of loading of any key component when splitting the loading period into unequal parts are considered. It is concluded that in case of splitting the loading period into at least three unequal parts, the uniformity of mixture improves at least by 20 %. The proposed method of optimization of preparation of multicomponent mixtures by purposeful change of the loading mode of key components is universal and can be used for modernization of the existing equipment and development of new mixing equipment.



## References

1. Selivanov Yu.T., Pershin V.F., Orlov A.V., Tambov State Technical University, *Sposob nepreryvnogo prigotovleniya mnogokomponentnykh smesei i ustroystvo dlya ego realizatsii* (A way of continuous preparation of multicomponent mixes and the device for his realization), Russian Federation, 2003, Pat. 2207900.
2. Selivanov Yu.T., Pershin V.F., Durnev A.S., Tambov State Technical University, *Sposob nepreryvnogo prigotovleniya mnogokomponentnykh smesei i ustroystvo dlya ego realizatsii* (A way of continuous preparation of multicomponent mixes and the device for his realization), Russian Federation, 2013, Pat. 2478420.
3. Pershin V.F. Selivanov Yu.T. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2003, vol. 37, no. 6, pp. 590-595.
4. Selivanov Yu.T., Pershin V.F., Orlov A.V. *Optimizatsiya protsessa smeshivaniya sypuchikh materialov v barabannykh smesitelyakh nepreryvnogo deistviya (smeshivanie v barabannom smesitele)* (Optimization of process of mixing of bulks in drum mixers of continuous action (mixing in the drum mixer)), Russian Federation, 2002, Certificate on official registration of the computer program 2002612031.
5. Selivanov Yu.T., Polyakov B.E. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh – MMTT-27* (Mathematical methods in equipment and technologies – MMTT-27), Proceedings of the XXVII International Conference, Tambov, 2014, vol. 1, pp. 66-69.
6. Selivanov Yu.T., Pershin V.F. *Khimicheskaya promyshlennost' segodnya'*, 2011, no. 2, pp. 51-56.
7. Selivanov Yu.T., Polyakov B.E. *Chemical and Petroleum Engineering*, 2014, vol. 50, issue 5-6, pp. 366-371.
8. Pershin V.F., Selivanov Yu.T., Tkachev A.G., Tokarev V.I., Suvorov A.V., Tambov Institute of Chemical Engineering, *Barabannyi smesitel' sypuchikh materialov* (Drum mixer of loose materials), Russian Federation, 1990, Certificate of Authorship 1599073.

---

### Optimierung des Prozesses der Vorbereitung der Mehrelementenmischungen in den Umlaufmischern

**Zusammenfassung:** Es ist die Konstruktion des Umlaufmischers mit der geregelten Auslastung der Komponenten dargelegt. Es ist die Methode der Optimierung des Prozesses der Vorbereitung der Mehrelementenmischungen auf Rechnung von der zielgerichteten Veränderung des Charakters der Auslastung der Schlüsselkomponenten vorgeschlagen. Es sind die Hauptprinzipien, die die zielgerichteten Korrektur des Charakters der Organisation der Auslastung der zur Segregation der am meisten geeigneten Schlüsselkomponente zu erzeugen erlauben, betrachtet. Es sind die Abhängigkeiten, die die Intensität der Auslastung einer beliebigen Schlüsselkomponente bei der Zerlegung der Periode der Auslastung auf die ungleichen Grundstücke zu berechnen zulassen, dargelegt. Es ist die Schlussfolgerung darüber gezogen, dass sich für den Fall der Zerlegung der Periode der Auslastung nicht weniger als auf drei ungleiche Grundstücke die Gleichartigkeit der Mischung wie mindestens auf 20 % verbessert wird. Die angebotene Methode ist universell und kann sowie bei der Modernisierung der existierenden als auch bei der Entwicklung der neuen Mischerausrüstung verwendet sein.

## Optimisation du processus de la préparation des mélanges multicomposants dans les mélangeurs de circulation

**Résumé:** Est présentée la construction du mélangeur de circulation avec un chargement mis en ordre des composants. Est proposée la méthode de l'optimisation du processus de la préparation des mélanges multicomposants compte tenu du changement du caractère du chargement des composants. Sont examinés les principes essentiels permettant de produire la correction du caractère de l'organisation du chargement. Sont présentées les dépendances permettant de calculer l'intensité du chargement de n'importe quel composant-clé. Est faite la conclusion que dans le cas de la division de la période du chargement pas moins que sur trois secteurs inégaux l'homogénéité du mélange s'améliore à 20 % au maximum. La méthode proposée est universelle et peut être utilisée lors de la modernisation de l'équipement.

---

**Авторы:** *Селиванов Юрий Тимофеевич* – доктор технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и детали машин»; *Поляков Борис Евгеньевич* – аспирант кафедры «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Червяков Виктор Михайлович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

---