

Лозовая С. Ю., д-р техн. наук, проф.,
Саблин В. С., аспирант,
Ткачева О. В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОМОГЕНИЗАЦИИ В СТАТИЧЕСКОМ СМЕСИТЕЛЕ

lozwa@mail.ru

В стройиндустрии смешение вязких материалов основано на принципе механического перемешивания. Все они обладают определенными недостатками, такими как расслоение потока на компоненты, образование застойных зон, отсутствие возможности легкой замены в автоматизированных технологических линиях, в связи с чем необходим поиск нового смесительного оборудования. Предложен статический смеситель, в котором гомогенизация осуществляется без участия подвижных элементов конструкции, исключая вышеуказанные недостатки. Разработана экспериментальная установка статического смесителя с комплектом смесительных вставок, с помощью которых подбираются рациональные режимы смешивания для различных материалов с учетом их физико-механических и физико-химических свойств.

Ключевые слова: застойная зона, гомогенизация, смесительная вставка, расслоение потока, гетерогенные компоненты, статический смеситель.

Повышение качества и расширение ассортимента выпускаемой продукции являются наиболее важными требованиями для современной экономики. Это вызывает необходимость внедрения новых, прогрессивных технологий и более совершенного оборудования. Более того, в настоящее время остро стоит вопрос обеспечения технического перевооружения и интенсификации уже действующих технологических производств.

С целью повышения эффективности технологических процессов возникает необходимость в перемешивании компонентов для получения различных смесей с высокой степенью однородности [1]. Несмотря на многообразие смесителей, актуально осуществлять поиски более совершенных конструкций, которые обеспечивают наибольшую производительность процесса и высокое качество готового продукта при сравнительно малых затратах энергии. Кроме того, возникает необходимость в таком оборудовании, которое бы легко встраивалось в уже существующие автоматизированные линии.

Одним из актуальных направлений, которое позволяет существенно повысить эффективность и качество получаемых смесей, является разработка статических смесителей [2, 3], в которых возможно смешивание гомогенных и гетерогенных компонентов.

Статические смесители могут применяться в качестве устройств как для получения однородных жидких смесей, так и для получения эмульсий и суспензий.

Предложен статический смеситель (рис.1, а) [3], который исключает вышеупомянутые недостатки. Принцип его работы заключается в следующем. Компоненты смеси подаются из бункеров 1, 2 блоками 3, 4 со шнеками в камеру 5, с

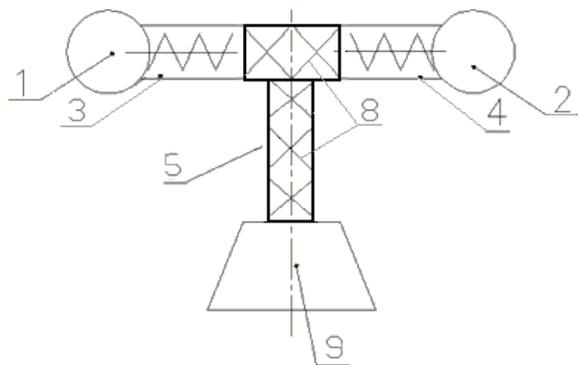
установленной в ней смесительной вставкой 8. Материал, продвигаясь через элементы 5 вставки 8, интенсивно смешивается и поступает в бункер 9. Таким образом, гомогенизация компонентов осуществляется без участия подвижных элементов конструкции, а скорость смешивания регламентируется скоростью их подвода к зоне перемешивания. Подача компонентов может осуществляться под различными углами по отношению друг к другу от 90° до 180° .

При этом нужно отметить, что основным элементом устройства является смесительная вставка 8, которую можно помещать вовнутрь патрубка объединяющего пакет питателей или дозаторов. Посредством вставки, в патрубке происходит процесс гомогенизации, так же ее можно помещать вовнутрь трубопровода, для устранения застойных зон и расслоения потока при транспортировке и подаче на участок формовки или в агрегат технологического передела.

Смесительная вставка состоит (рис. 2) из элементов одного или нескольких диаметров, выполненных по типу мальтийского креста или в виде шайб с отверстиями, закрепленных на стержне перпендикулярно оси корпуса смесителя таким образом, чтобы стенки последующего элемента перекрывали отверстия предыдущего.

Таким образом, преимуществами статического смесителя является отсутствие движущихся элементов, компактность, что позволяет встраивать в существующие технологические линии, простота монтажа, высокая надежность, низкая металлоёмкость, снижение трудозатрат на обслуживание и ремонт по сравнению с традиционным смесительным оборудованием. Все это обуславливает высокую экономическую эффективность предлагаемого смесителя.

а)



б)

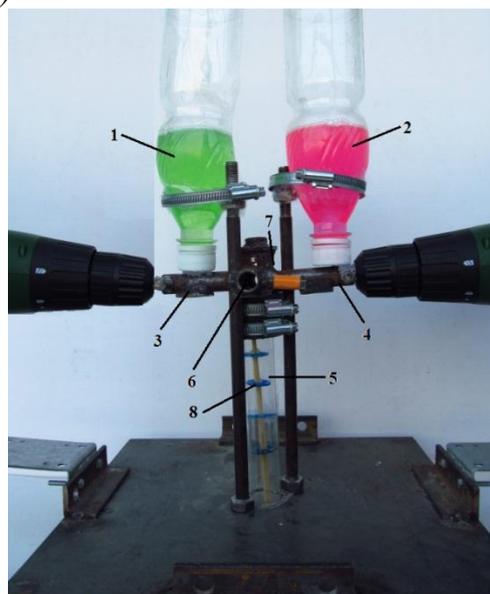
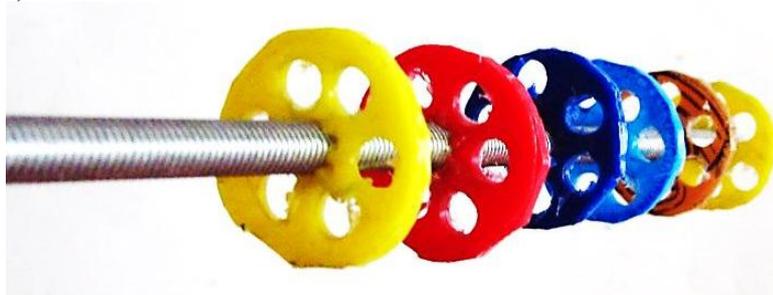


Рис.1. Статический смеситель,
а) схема; б) фото лабораторной установки:
1, 2 – бункеры; 3, 4, 6, 7 – подающий блок; 5 – смесительная камера;
8 – смесительная вставка; 9 – бункер

а)



б)



Рис. 2. Смесительная вставка с элементами, имеющими шесть отверстий:
а) в сборе б) отдельный элемент

Для исследования работы смесителя был произведен анализ факторов, которые влияют на процесс смешения. К ним относятся: угол подачи материала (180°); диаметр смесительной камеры (20 мм); диаметры отверстий смесительных элементов (5 мм); расстояние между смесительными элементами (15-25 мм); количество смесительных элементов (5-9 шт.); давление подачи жидкостей (1 атм.); вязкость смешиваемых жидкостей (120 Ст.) и форма элемента вставки (перфорированная шайба), а так же количество отверстий смесительного элемента (6 шт.) [3, 4].

Были проведены исследования влияния на процесс смешения конструктивного исполнения смесительной вставки с элементами, имеющими шесть отверстий (рис. 2).

Функцией отклика является коэффициент однородности [4] смеси, который определялся по методике Слезкина Н.А. После установившегося режима смешивания под струю смеси на некоторое время подставляется гладкая поверхность, затем производится фотографирование

полученного пятна (рис. 3, 4). На фотографии выбирается квадрат, который разбивается на сегменты. Тот сегмент, который окрашен исходным цветом, обозначается как 0, а сегменты, которые окрашены смешанным цветом, принимаются за 1. В сегментах, где одновременно присутствуют исходные цвета и перемешанные, определяется площадь смешанного цвета и принимаются значения 0,25, 0,5 или 0,75. Затем находится соотношение площади поверхности смешанных сегментов ко всей площади поверхности. Полученный результат есть коэффициент однородности.

В качестве основных факторов были выбраны количество смесительных элементов l и расстояние между ними n (табл. 1). Кодирование факторов [4, 5] производилось по следующим формулам:

$$x_1 = \frac{l-20}{3}; x_2 = \frac{n-7}{1}. \quad (1)$$

Таблица 1

Уровни варьирования основных факторов

Основные факторы		Расстояние между смесительными элементами	Количество смесительных элементов
Обозначение		x_1 (l, мм)	x_2 (n, шт)
Уровни варьирования	Основной уровень (0)	20	7
	Верхний уровень (+1)	23	8
	Нижний уровень (-1)	17	6
	Звездные точки: верхняя (+1,68) нижняя (-1,68)	25 15	9 5

Уравнение регрессии имеет вид:

$$y_2 = 19,8 - 1,6x_1 - 1,9x_2 - 0,4x_1x_2 + 9,2x_1^2 + 18,2x_2^2. \tag{2}$$

Декодированное уравнение:

$$K_2 = 1326 - 40l - 254n - 0,13ln + 1,02l^2 + 18,2n^2. \tag{3}$$

Значимость факторов равна: $l = 44\%$, $n = 56\%$.

Результаты некоторых экспериментов представлены на рисунках 3 и 4.

Были построены трехмерные поверхности отклика (рис. 5), показывающие зависимость коэффициента однородности от основных факторов.

Поверхность отклика носит параболический характер[5]. Анализ графика показывает, что при количестве смесительных элементов 7 штук, коэффициент однородности может принимать

максимальное значение в 52% (при расстоянии между смесительными вставками 15 мм). Однако, при изменении количества смесительных вставок для любого расстояния, коэффициент однородности увеличивается, и при использовании 5 и 9 штук достигает 100% при расстоянии в промежутках от 15 до 17 и от 24 до 25 мм. Наименьшее значение коэффициента однородности смеси (21,4%) получается при количестве 7 элементов, расположенных на расстоянии 20 мм.

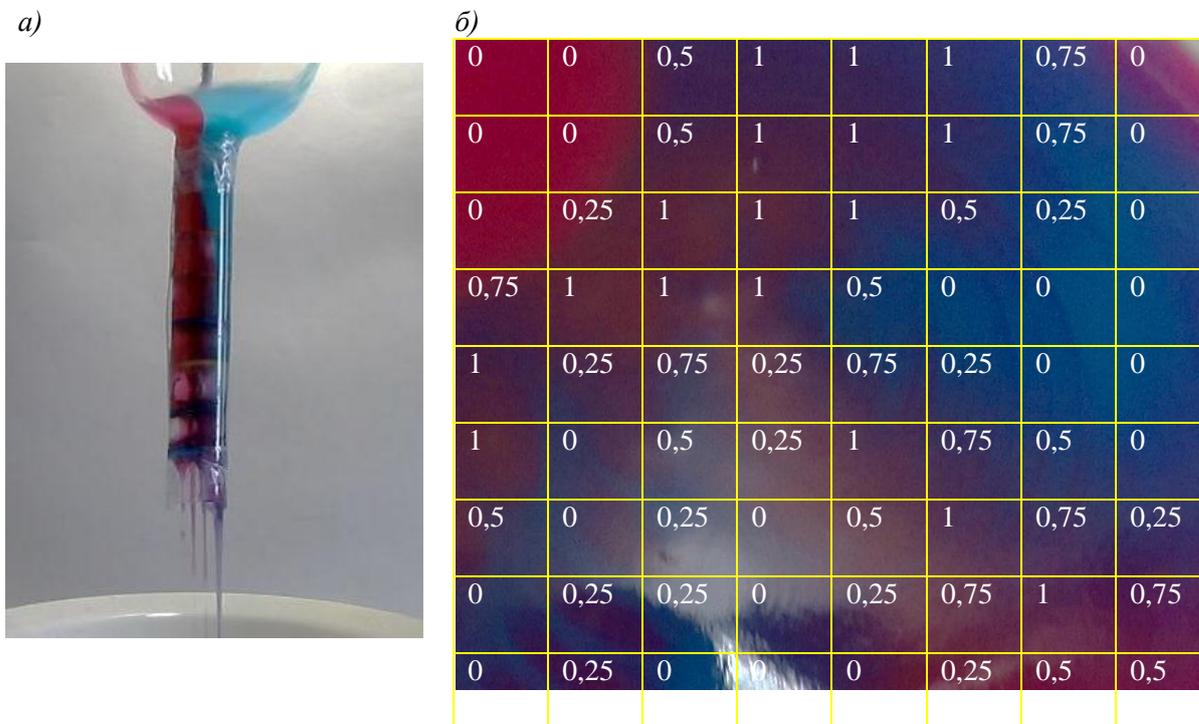


Рис. 3. Эксперимент со вставкой со смесительными элементами, расположенными на расстоянии 17 мм в количестве 6 шт.:

а) процесс б) расчеты результатов

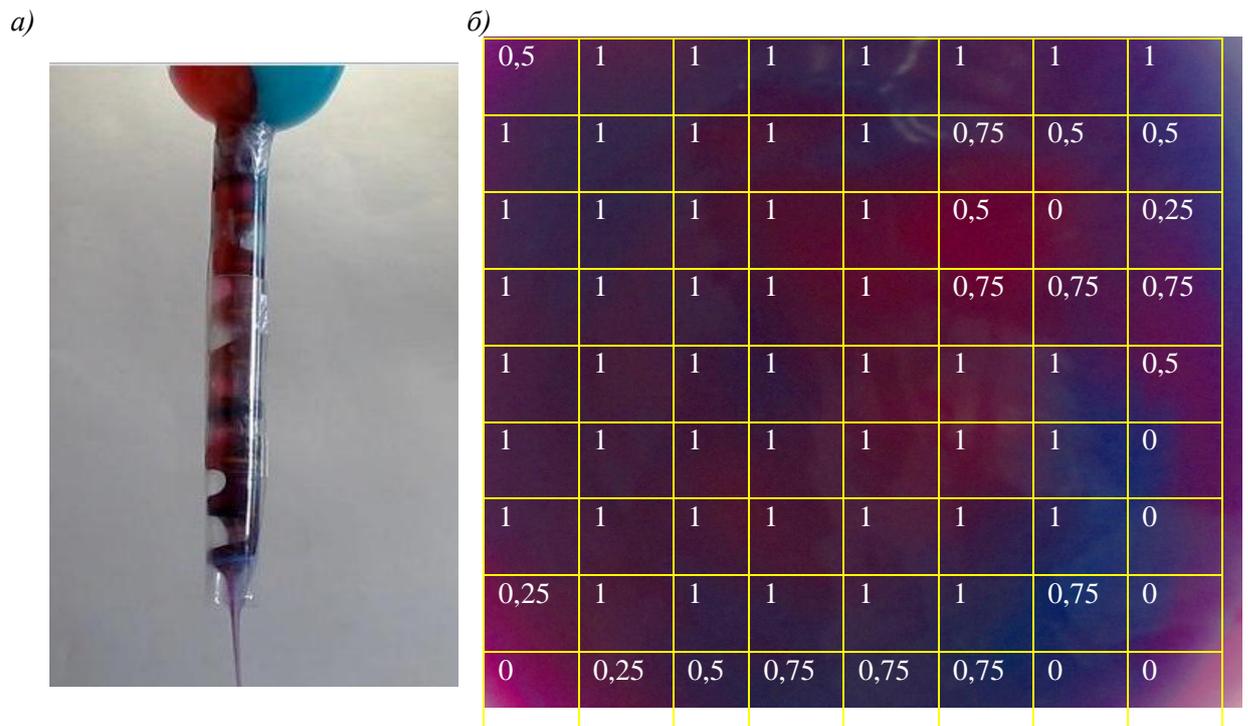


Рис. 4. Эксперимент со вставкой со смешительными элементами, расположенными на расстоянии 20 мм в количестве 9 шт.:

а) процесс б) расчеты результатов

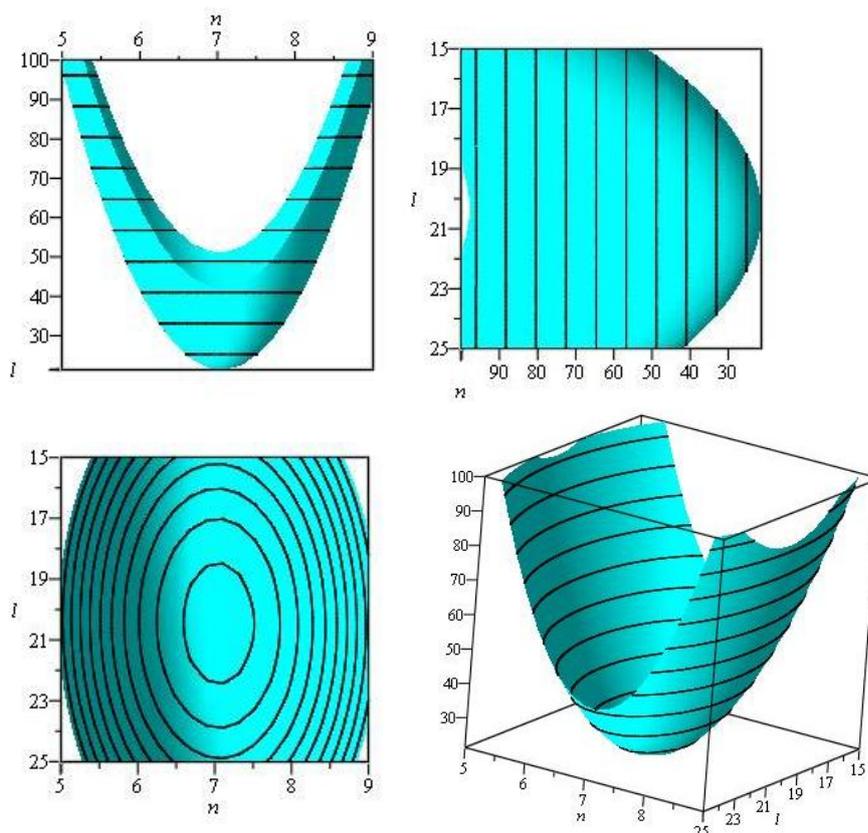


Рис. 5. Значения коэффициента однородности при варьировании факторов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Создание однородных эмульсий в трубчатых турбулентных аппаратах диффузор конфузорной конструкции / В.П. Захаров, А.Г. Мухаметзянова, Р.Г. Тахавутдинов, Г.С. Дьяконов, К.С. Минскер. // Журн.прикл.химии. 2002. Т.75. №9. С. 1462-1465.

2. Лозовая С.Ю., Саблин В.С., Ткачева О.В. Интенсификация процесса гомогенизации стро-

ительных смесей в статических смесителях // *Фундаментальные исследования*. 2013. №8. С. 1326-1321.

3. Патент на полезную модель RU №126622 U1, заявка №2012133606 от 06.08.2012; зарегистрировано 10.04.2013 / С.Ю. Лозовая, В.С. Саблин, О.В. Ткачева. Статический смеситель

4. Таушер В.Н. Технология статического смешения // *Химическое и нефтяное машиностроение*. 1996. № 3. С. 26-32.

5. Турбулентное смешение в малогабаритных трубчатых аппаратах химической технологии / Р.Г. Тахавутдинов, Г.С. Дьяконов, Р.Я. Дебердеев, Минскер К.С. // *Химическая промышленность*. 2000. № 5. С. 41-49.

6. Горшков П. С., Воронов В. П., Несмянов Н. П. Методика расчета продольной скорости циркуляции сыпучего материала в спирально-лопастном смесителе // *Вестник Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*. 2012. №4. С. 97-102.