

УДК 621.929.6

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Багринцев И. И., Ревенко С. А., Табунщиков В. Г., Карпюк Л. В., Галабурда Н. И.

## OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF THE MIXER FOR THE PREPARATION OF POLYMER COMPOSITIONS

Bagrintsev I. I., Revenko S. A., Tabunschikov V. G., Karpyuk L. V., Galaburda N. I.

*Изменение конструкции смесительной камеры центробежного смесителя и использование многолопастной мешалки позволили снизить частоту вращения рабочего органа смесителя при сохранении эффективности смешивания. Исследования, проведенные на модернизированном смесителе, позволили получать полимерные композиции при затратах энергии в 3-5 раз меньше по сравнению с аналогичными затратами в смесителях существующей конструкции.*

**Ключевые слова:** центробежный смеситель, лопастная мешалка, смесительная камера, привод, мощность, однородность смеси, полимерная композиция.

Введение. Пластические массы, из которых изготавливают различные изделия, практически никогда не состоят из одного компонента. Для изготовления изделий в полимеры, как правило, вводят стабилизаторы, красители, вспенивающие вещества и другие компоненты. После определения состава полимерной композиции производят смешивание выбранных компонентов. Под смешиванием понимают принудительно осуществляемый процесс перехода системы из состояния, характеризующегося сосуществованием областей, состоящих из одного компонента, в состояние со статически случайным распределением ингредиентов.

**Изложение основного материала.** Для приготовления вышеуказанных композиций широко используют центробежные смесители. С их помощью можно за короткое время приготовить высококачественную смесь, эти смесители технологичны в изготовлении и удобны в эксплуатации [1, 2]. Однако, наряду с этим, центробежные смесители имеют и существенный недостаток – большие затраты энергии на перемешивание. Вследствие чего ёмкость смесительной камеры не превышает 400 литров.

В связи с этим возникла необходимость совершенствования конструктивных решений центробежного смесителя. Предпосылкой такого

совершенствования явился опыт промышленной эксплуатации таких смесителей, а также анализ зависимости мощности приводов от конструктивных параметров смесительной камеры машины. Анализ полученных данных показал, что мощность на перемешивание сыпучих компонентов может быть снижена за счет снижения частоты вращения рабочего органа смесителя, но при этом конструкция рабочего органа и форма смесительной камеры должны способствовать повышению эффективности перемешивания.

Для выполнения данной задачи была создана лабораторная модель центробежного смесителя (рис. 1), который состоит из вертикального цилиндрического корпуса с эллиптическим днищем.

Для организации движения сыпучего материала от периферии к оси смесительной камеры в нее поочередно вставляли конические вставки с различным углом конусности. У днища на валу был установлен рабочий орган, выполненный в виде многолопастной мешалки (рис. 2). Такая конструкция рабочего органа позволяет создать интенсивные восходящие потоки перемешиваемого материала.

Вращение рабочего органа осуществлялось от электродвигателя постоянного тока, что позволило изменять его частоту вращения в широких пределах.

Контролируемые входные параметры смесителя: мощность, потребляемая на перемешивание, и однородность приготовляемой смеси. Мощность  $N_B$ , потребляемую смесителем на перемешивание, определяем по формуле:

$$N_B = N - N_{xx}, \quad (1)$$

где  $N$  - мощность, потребляемая двигателем при загруженном смесителе (измеренная ваттметром Д-522, класс точности 0,2), Вт;

$N_{xx}$  - мощность, потребляемая смесителем при холостом ходе, Вт.

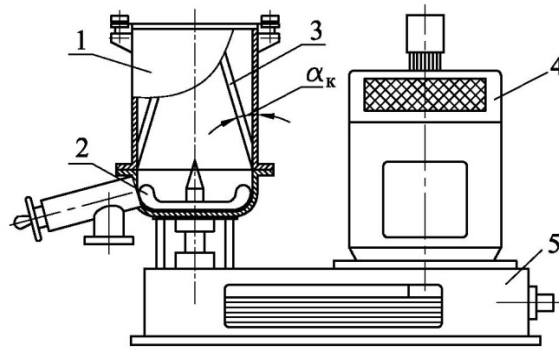


Рис. 1. Лабораторный центробежный смеситель:

1 – корпус; 2 – лопастная мешалка; 3 – коническая вставка; 4 – электродвигатель постоянного тока; 5 – станина

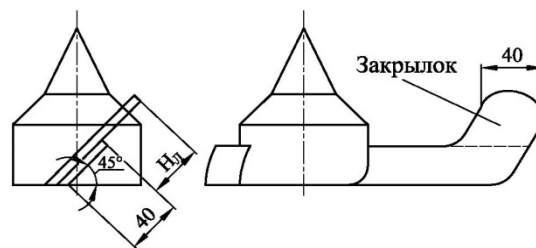


Рис. 2 Схема лопастной мешалки

В качестве варьируемых параметров были приняты:

$n$  – частота вращения рабочего органа;

$\alpha_K$  – угол наклона образующей конической вставки к вертикали, град.;

$H_n$  – изменяемый размер закрылок лопастной мешалки, мм.

Однородность приготовляемой смеси, оценивается коэффициентом неоднородности  $V_C$  [3].

Исследование влияния на эффективность работы смесителя параметров  $n$ ,  $H_n$ , и  $\alpha_K$  осуществляли на пяти уровнях (при  $n = 250, 300, 350, 400$  и  $450$  об/мин;  $\alpha_K = 30, 45$  и  $60^\circ$ ;  $H_n = 0, 20, 40, 60$  и  $80$  мм). С целью сокращения числа экспериментов была использована методика рационального планирования [4], позволяющая получать достоверные результаты при сравнительно небольшом числе экспериментальных данных.

**Результаты исследований.** Обработка результатов исследований в соответствии с указанной выше методикой позволила получить экспериментальную зависимость мощности, потребляемой смесителем, от исследуемых факторов:

$$N_n = n^{1,5} (250 + 2,5H_n)^{1,5} (13 + 5tg\alpha_K) \cdot 10^{-5} \quad (2)$$

а также уравнение для определения качества смеси, оцениваемого коэффициентом неоднородности

$$V_C = \frac{10}{n \cdot \cos^2(\alpha_K - 32)} \left[ \frac{23 + (0,1H_n)^2}{1 + (0,1H_n)^2} + 5 \right] \quad (3)$$

Анализ этих уравнений показал, что при  $n = 300-350$  об/мин,  $\alpha_K = 30-45^\circ$ ,  $H_n = 20-40$  мм и ширине лопасти, равной 40 мм, обеспечивается получение качественной смеси при рациональной величине потребляемой мощности. Эти данные были положены в основу создания лабораторного лопастного смесителя-деагрегатора вместимостью 40 л (рис. 3).

Смеситель состоит из вертикального корпуса, выполненного в виде усеченного конуса. В нижней части корпуса расположен рабочий орган, представляющий собой трехлопастную мешалку. Окружная скорость мешалки составляет 5 м/с, что в 3-5 раз меньше по сравнению со скоростью мешалки серийных центробежных смесителей.

В центробежных смесителях готовят также полимерные композиции с добавлением жидких компонентов. Причем их содержание принимают таким, что в конечном итоге смесь остается сыпучей. Но в начальной стадии их введения в смеси образуются агломераты (комки). Для их разрушения и восстановления интенсивности силового воздействия со стороны рабочего органа на перемешиваемый материал внутри смесительной камеры установлена, в непосредственной близости от мешалки, горизонтальная деагрегирующая головка, которая приводится во вращение непосредственно от электродвигателя мощностью 0,8 кВт ( $n = 1370$  об/мин).

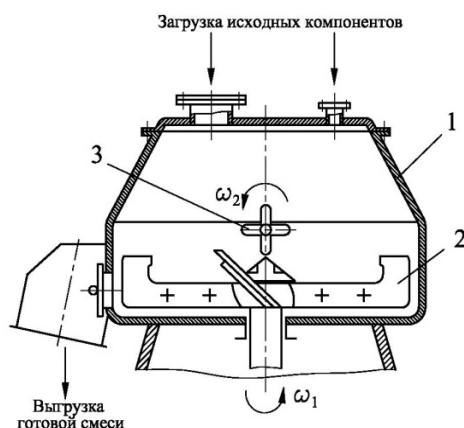


Рис. 3. Лопастной смеситель-дезагрегатор:  
1 – корпус; 2 – лопастная мешалка; 3 – дезагрегирующая головка

**Выводы.** Испытания смесителя показали, что он за 15-30 секунд обеспечивает приготовление смеси с коэффициентом неоднородности 3-4% при однопроцентном содержании ключевого компонента. Установлено также, что в смесителе можно приготовить смеси с большей адгезионной способностью, чем в серийных центробежных смесителях. При этом мощность, необходимая для приготовления смесей в новом смесителе, в 3-5 раз меньше, чем в смесителях типа ЦЛ, а диапазон его применения соответствует области использования центробежных лопастных и плунжерных смесителей [1].

Внедрение смесителя-дезагрегатора в промышленность позволит в 3-5 раз уменьшить энергоёмкость центробежных смесителей, создать такие смесители вместимостью до 1000 л и более, а также сократить число типов серийно выпускаемых смесителей.

#### Литература

1. Смесители для сыпучих и пастообразных материалов: каталог / – М.: ЦИНТИХимнефтемаш, 1991.
2. Модестов В. Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов: монография. – Луганск: СПД Резников В. С., 2011. – 352 с.
3. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Макаров Ю. И. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
4. Протодьяконов М. М., Методика рационального планирования экспериментов / М. М. Протодьяконов Р. И. Тедер. – М.: Наука, 1970. – 76 с.

#### References

1. Smesiteli dlja sypuhij i pastooobraznyh materialov: katalog / – М.: CINTIHimneftemash, 1991.
2. Modestov V. B. Smesiteli sypuhij i pastooobraznyh materialov: monografija. – Lugansk: SPD Reznikov V. S., 2011. – 352 s.
3. Makarov Ju. I. Apparaty dlja smeshenija sypuhij materialov / Makarov Ju. I. - М.: Mashinostroenie, 1973. – 216 s.
4. Protod'jakonov M. M., Metodika racional'nogo planirovanija jeksperimentov / M. M. Protod'jakonov, R. I. Teder. – М.: Nauka, 1970. – 76 s.

**Багрінцев І. І., Ревенко С. А., Табуншіков В. Г., Карпюк Л. В., Галабурда Н. І. Оптимізація конструкції змішувача для готування полімерних композицій.**

*Дослідження, що були проведені на модернізованому відцентровому змішувачі, дозволили отримувати якісну полімерну композицію при витратах енергії у 3-5 разів менших за витрати на аналогічних змішувачах старої конструкції.*

*Зміна конструкції камери відцентрового змішувача і використання трьохлопасної мішалки дозволили знизити частоту обертання робочого органу змішувача при збереженні ефективності змішування. Для руйнування агломератів, які утворюються в початковій стадії приготування композиції, в змішувальній камері встановлена поблизу від мішалки дезагрегуюча голівка з горизонтальною віссю обертання, яка приводиться в рух від індивідуального електродвигуна потужністю 0,8 кВт ( $n=1370$  об/хв). Це дозволило отримувати якісні полімерні композиції при витратах енергії у 3-5 разів менших, ніж в аналогічних змішувачах старої конструкції.*

**Ключові слова:** відцентровий змішувач, лопастева мішалка, змішувальна камера, привід, потужність, однорідність суміші, полімерна композиція.

**Bagrintsev I. I., Revenko S. A., Tabunschikov V. G., Karpyuk L. V., Galaburda N. I. Optimization of the design of the mixer for the preparation of polymer compositions.**

*Research conducted at the modernized centrifugal mixers, allowed to receive high-quality polymer composition at a cost of energy is 3-5 times less than costs of similar mixers old design.*

*Changing the constructions the camera and use a centrifugal the mixer helped to reduce the frequency of rotation of the mixer organ while maintaining the efficiency of mixing. For disperse agglomerates which are formed in the chief stage of preparing of the composition, the mixing chamber is installed near the mixer head with a horizontal axis set in motion from individual 0.8 kW electric motor ( $n=1370$  rpm / per Minute). This allowed the to receive quality polymer compositions with energy costs 3-5 times smaller than similar mixers of old design.*

**Key words:** centrifugal mixer, impeller, mixing chamber, actuator, power, homogeneity of the mixture, polymeric composition.

**Багрінцев Іван Іванович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

**Ревенко Станіслав Антонович Антонович** - к.т.н, с.н.с., доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

**Табунціков Володимир Георгійович** - старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського

національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

**Карпюк Людмила Вікторівна** – старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

**Галабурда Наталя Іллівна** - старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)

*Рецензент: Суворін О. В.* - д.т.н., доцент.

Статья подана 07.10.2014