

К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННО-ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Черницкий С.Н., Родионов М.А., Таршис М.Ю.

Ярославский государственный технический университет, г.Ярославль

Ключевые слова: смеситель, сыпучие материалы, расчет, конструктивные параметры, технологические параметры, исследование, смесь, физико-механические свойства, коэффициент неоднородности.

Аннотация. Излагается методика расчета основных конструктивных и технологических параметров нового барабанно-лопастного смесителя сыпучих материалов. В основу расчета положены результаты теоретических и экспериментальных исследований проведенные в конкретном устройстве (модели), а также подобие механизмов процессов движения и смешивания сыпучих материалов в модели и в проектируемом устройстве.

TO THE CALCULATION OF THE DRUM-BLADE BULK MATERIALS MIXER PARAMETERS

Cherpitskiy S.N., Rodionov M.A., Tarshis M.Yu.

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl

Keywords: mixer, bulk materials, the calculation, design parameters, process parameters, the study, a mixture of physical and mechanical properties, nonuniformity ratio.

Abstract. A methodology for calculating the basic structural and technological parameters of a new drum-blade mixer of bulk materials is described. The calculation is based on the results of theoretical and experimental studies carried out in a specific device (model), as well as the similarity of the mechanisms of the processes of movement and mixing of bulk materials in the model and in the designed device.

Смесители сыпучих материалов широко применяются во многих отраслях химической промышленности, металлургии, строительном производстве и целом ряде других для приготовления однородных по составу смесей.

Для обеспечения эффективности проектируемого смесительного устройства необходимо решить ряд задач, среди которых – совершенствование технологического процесса, выбор рациональных параметров процесса и устройства, продление его срока службы (ресурса) и ряд других. Кроме перечисленных методов повышения эффективности, при разработке барабанно-лопастного смесителя [1] в его конструкции использованы изделия (автомобильные покрышки), отработавшие ресурс.

Смеситель (рис. 1) содержит горизонтальный корпус, выполненный в виде эластичных камер – покрышек 1 и 2, размещенных внутри трубы 3, установленной на роликах 4, связанных с приводом. Борта камер надрезаны, элементы бортов отогнуты поочередно в противоположных направлениях и образуют лопасти 5, соединенные с механизмом 6 - 10 регулировки углов их наклона. Камеры сообщаются с патрубками 11 - загрузки компонентов и 12 - выгрузки смеси. При работе привода труба 3 вместе с камерами 1 и 2 вращается, а компоненты, поступающие в камеру 1, движутся в режиме переката.

Перемешивание материала происходит преимущественно в потоке его обрушения, а также при воздействии на смесь лопастей 5.

При разработке методики расчета смесителя использованы результаты его исследований [2, 3], а также рекомендации, описанные в работе [4]. Методика включает расчет технологических и конструктивных параметров. Технологические параметры: производительность и время пребывания частиц материала в устройстве. Конструктивные параметры показаны на рис. 1.

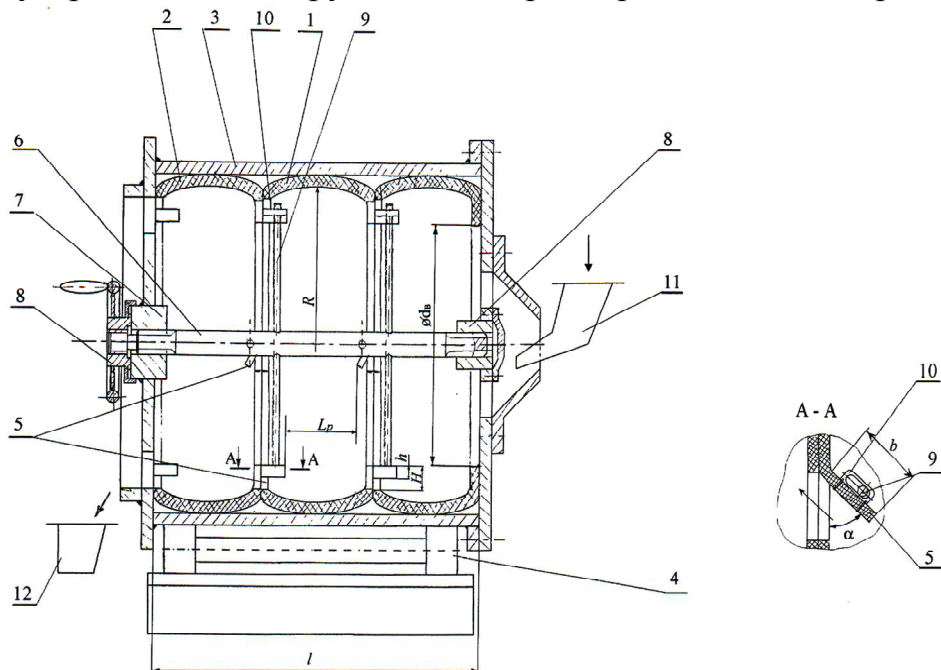


Рис. 1. Схема барабанно-лопастного смесителя сыпучих материалов [1]

Исходными данными являются:

1) данные о физико-механических свойствах смешиваемых компонентов смеси и её составе: средние диаметры частиц компонентов d_1, d_2 ; их насыпные плотности ρ_1, ρ_2 кг/м³; углы обрушения $\chi_{1,2}$ сыпучих фракций, град; средняя объемная концентрация ключевого компонента c_0 ;

2) рекомендуемый коэффициент загрузки барабана K_z (по результатам исследований [2]);

3) коэффициент неоднородности V_c , определяющий качество смеси;

4) производительность смесителя Π , м³/час (кг/час).

Расчет смесителя осуществляется в следующем порядке [4].

1. По заданной производительности смесителя Π определяются производительности дозаторов (для условно двухкомпонентной смеси):

$$\Pi_{\partial 1} = c\Pi, \quad \Pi_{\partial 2} = (1 - c)\Pi, \quad (1), (2)$$

где $\Pi_{\partial 1}$ - производительность дозатора ключевого компонента,

$\Pi_{\partial 2}$ - производительность дозатора транспортирующего компонента.

2. При расчете параметров, обеспечивающих производительность проектируемого устройства, используется подобие механизмов процесса движения сыпучего материала [4] в лабораторной установке (модели) и в

конкретном смесителе [1]. Это подобие соблюдается при условии выполнения геометрического подобия и подобия производительностей [4]:

$$l_0/d_{\epsilon 0} = l/d_{\epsilon} = const, \quad \Pi_0/S_0 v_0 = \Pi/Sv = const, \quad (3), (4)$$

где l_0 , l - длина корпуса лабораторной установки (модели) и конкретного смесителя, $d_{\epsilon 0} = 0,228$ м - диаметр рабочей поверхности корпуса модели, $\Pi_0 = 7,5 \cdot 10^{-6}$ м³/с - производительность модели, $S_0 = 0,0119$ м² - площадь поперечного сечения сыпучего материала в модели, v_0 и v - окружные скорости в модели и смесителе, соответственно.

При расчетах учитывается, что

$$S = (2\delta - \sin 2\delta) R^2 / 2, \quad S_0 = (2\delta_0 - \sin 2\delta_0) R_0^2 / 2, \quad (5), (6)$$

где δ - величина центрального угла поперечного сечения материала.

Из совместного решения (3) - (6), с учетом $R_0/R = v_0/v$, получим выражение для радиуса рабочей поверхности корпуса смесителя:

$$R = R_0 \sqrt[3]{\Pi/\Pi_0} \quad (7)$$

Объем загрузки смесителя связан с площадью поперечного сечения сыпучего материала и длиной аппарата:

$$Q = Sl, \quad (8)$$

где l - длина корпуса смесителя, $S = k_3 \pi R^2$ - площадь поперечного сечения сыпучего материала.

Тогда

$$Q = k_3 \pi R^2 l. \quad (9)$$

По результатам исследований [2], рекомендуемый коэффициент загрузки: $k_3 = 0,21 - 0,3$.

3. Время пребывания материала в смесителе определяет его размеры и рассчитывается в соответствии с моделью процесса смешивания [4]. С другой стороны, время пребывания связано с заданной производительностью и загрузкой Q и, с учетом (9):

$$t_{np} = Q/\Pi = k_3 \pi R^2 l / \Pi, \quad (10)$$

Откуда, с учетом (8), определяется длина рабочей части корпуса:

$$l = t_{np} \Pi / S. \quad (11)$$

Расчет других конструктивных параметров осуществляется из геометрического подобия.

а) расчет расстояния L_p :

$$L_p = L_{p0} \sqrt[3]{\Pi/\Pi_0}, \quad (12)$$

б) расчет параметров лопастей:

$$h = h_0 \sqrt[3]{\Pi/\Pi_0}, \quad b = b_0 \sqrt[3]{\Pi/\Pi_0}, \quad (13) (14)$$

Углы наклона лопастей α (рис. 1), определяется по результатам экспериментальных исследований [2].

В заключение следует отметить, что неотъемлемой частью расчета параметров смесителя должен быть его оптимизационный расчет предпосылки

которого содержат результаты исследований [2], устанавливающие экстремальные влияния параметров устройства на качество получаемых составов.

Список литературы

1. Патент №2618065 РФ. Смеситель сыпучих материалов / М.Ю. Таршис, С.Н. Черпицкий, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. – Оpubл. 02.05.17, Бюл. № 13.
2. Таршис М.Ю. Экспериментальные исследования барабанно-лопастного смесителя сыпучих материалов/ М.Ю. Таршис, С.Н. Черпицкий, Л.В. Королев, А.Б. Капранова // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та. 2019. Т. 25, №4. С. 589-594.
3. Черпицкий С.Н. Исследование процесса смешивания сыпучих материалов в барабанно-лопастном смесителе / С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.Б. Капранова // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2020. №1. С. 3-10.
4. Гусев Ю.И. Конструирование и расчет машин химических производств / под ред. Э.Э. Кольмана-Иванова. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.

Сведения об авторах:

Черпицкий Сергей Николаевич – ассистент, ЯГТУ, г.Ярославль;

Родионов Максим Алексеевич, студент ЯГТУ, г.Ярославль;

Таршис Михаил Юльевич – д.т.н., доцент, профессор ЯГТУ, г.Ярославль.