

# МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.,  
Горшков П.С., инженер,  
Несмеянов Н.П., канд. техн. наук, проф.,  
Бражник Ю.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ СТЕПЕНИ ОДНОРОДНОСТИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С ЦЕЛЬЮ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ИХ КАЧЕСТВА

v.s\_bogdanov@mail.ru

В статье описывается разработка усовершенствованной конструкции лопастного смесителя с быстровращающимся ротором.

**Ключевые слова:** вертикальный смеситель, сухие строительные смеси, конвекционные потоки, циркуляция.

Основными процессами технологической цепочки производства сухих строительных смесей (ССС), оказывающих существенное влияние на их эксплуатационные характеристики, являются: подготовка сырьевых компонентов, их дозировка и последующее смешивание, распределение малых химических добавок и премиксов в основной массе продуктов. Однородность получаемого материала является основой требуемого качества современных строительных смесей. Поэтому смесительный узел по праву считается наиболее ответственным участком завода по производству ССС, а стабильная работа смесительного оборудования является важнейшим шагом на пути получения высококачественного продукта.

Одним из возможных путей совершенствования смесителей с высокоскоростным режимом работы для производства ССС является создание внутри смесительной камеры интенсивной циркуляции компонентов сухой смеси из застойных зон.

В разработанной конструкции роторного спирально-лопастного смесителя [1,2] возможна идея создания конвективных потоков перемешиваемого материала, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Создание этих потоков обеспечивается за счет установленных спиралей на внутренней поверхности смесительного барабана (рис.1).

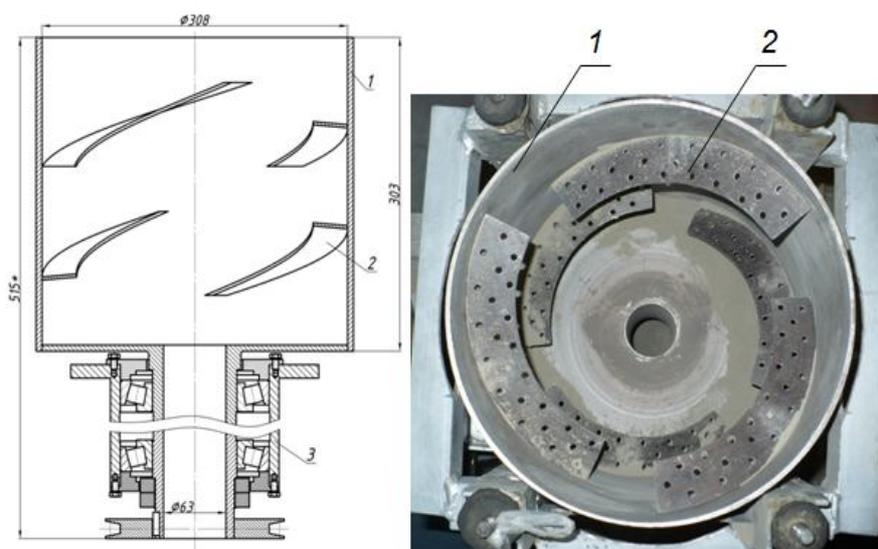


Рис. 1. Смесительный барабан роторного спирально-лопастного смесителя:  
1 – корпус, 2 – перо трехзаходной винтовой спирали, 3 – подшипниковый узел

Внутри корпуса смесителя (рис.1) расположен ротор (рис. 2), который вращается в проти-

воположную сторону вращения барабана. При этом лопасти (рис.2) расположены на валу таким

образом, чтобы создавалась возможность поднимать смесительные компоненты и набрасывать их на винтовую спираль 2 (рис.1), закрепленную на внутренней стенке барабана 1 (рис.1).

Угол подъема шнека зависит от свойств смешиваемых компонентов. Шнек имеет разрывы в плоскостях вращения лопастей ротора, которые создают турбулентные потоки смеси.

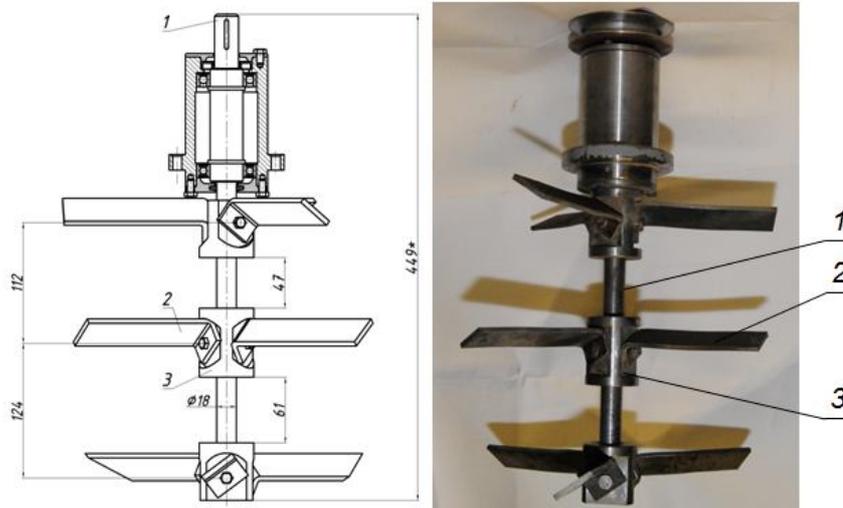


Рис. 2. Ротор спирально-лопастного смесителя:

1 – вертикальный вал, 2 – лопасть месильная, 3 – втулка

Перемещаясь по поверхностям шнека, смесь попадает на второй ряд лопастей, и переместившись как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, попадает на среднюю часть спирали и продвигается вверх. Таким образом смесь достигает верхней части барабана смесителя и направляется вниз навстречу основному потоку материала.

Рассмотрим движение частиц материала по спиральной поверхности пера шнека, закрепленной внутри смесительного барабана. Поверхность пера шнека аппроксимируем согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 6, наклонной плоскостью, длиной  $l_0$ . Наклонная плоскость образует с горизонтом угол  $\delta_0$ . Таким образом, необходимо рассмотреть движение частиц материала массой  $\Delta m$  на наклонной плоскости.

Если в начале пера шнека масса частиц материала обладает кинетической энергией:

$$T_1 = \frac{\Delta m \cdot w^2}{2}, \quad (1)$$

а в конце пути, длиной  $l_0$ , кинетическая энергия выделенной массы имеет энергию:

$$T_2 = \frac{\Delta m \cdot v_{1z}^2}{2}, \quad (2)$$

тогда на основе закона о сохранении кинетической энергии можно записать следующее выражение:

$$T_1 - T_2 = U_1 + A_T, \quad (3)$$

где  $U_1$  - потенциальная энергия, которую необходимо сообщить выделенной массе материала, для подъема на высоту  $h_2$ . Выражение для данного значения энергии равно:

$$U_1 = \Delta m \cdot g \cdot h_2, \quad (4)$$

$A_T$  - работа по преодолению сил трения массы материала при движении по наклонной плоскости. Выражение для данной работы определяется:

$$A_T = \Delta m \cdot g \cdot l_0 \cdot f \cdot \cos \delta_0, \quad (5)$$

здесь  $f$  - коэффициент трения частиц смеси по перу шнека.

Согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 6, находим что:

$$h_2 = l_0 \cdot \sin \delta_0. \quad (6)$$

Подстановка (1), (2), (4) - (6) в выражение (7) позволит получить следующее выражение:

$$\frac{w^2 - v_{1z}^2}{2} = g \cdot l_0 \cdot (\sin \delta_0 + f \cdot \cos \delta_0), \quad (7)$$

Исходя из соотношения (7) можно найти выражение, определяющее значение скорости подъема частиц материала в конце пера шнека:

$$v_{1z} = \sqrt{w^2 - 2 \cdot g \cdot l_0 \cdot (\sin \delta_0 + f \cdot \cos \delta_0)} \quad (8)$$

Преобразовав полученное выражение, получим:

$$v_{1z} = \sqrt{w^2 - 2 \cdot \sqrt{1+f^2} \cdot g \cdot l_0 \cdot \sin(\delta_0 + \varphi_0)}. \quad (9)$$

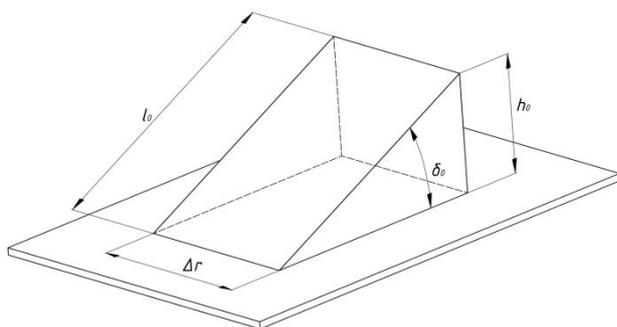


Рис. 3. Расчетная схема для описания движения материала по наклонной поверхности

Если в (9) положить значение величины  $v_{1z} = 0$ , тогда можно найти предельно-допустимую связь между параметрами, характеризующими движение частиц материала и конструктивными параметрами пера шнека спирально-лопастного смесителя. На основании сказанного с учетом выражения (9) находим, что:

$$w^2 = 2 \cdot \sqrt{1+f^2} \cdot g \cdot l_0 \cdot \sin(\delta_0 + \varphi_0). \quad (10)$$

На основании (13) частота вращения частиц материала в смесителе должна удовлетворять соотношению:

$$w \leq \frac{4 \cdot \sqrt{2 \cdot \sqrt{1+f^2} \cdot g \cdot l_0}}{(\sqrt{1+\lambda^2} - \lambda) \cdot (R-l)}. \quad (14)$$

С другой стороны для перехода сыпучего материала в псевдооживленное состояние необходимо выполнение условия  $w \geq w_0$  или:

$$w \geq \frac{2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0}}{(\sqrt{1+\lambda^2} - \lambda) \cdot (R-l)}. \quad (15)$$

Легко убедиться, что совместное рассмотрение неравенств (14) и (15) приведет к следующему соотношению:

$$H_0 \leq 4 \cdot \sqrt{1+f^2} \cdot l_0. \quad (16)$$

Полученное неравенство (16) устанавливает связь между конструктивным параметром  $l_0$  - длиной плоскости пера шнека и уровнем начальной загрузки материала  $H_0$ . При нарушении соотношения (16) могут появляться застойные зоны вблизи корпуса смесителя, что в свою

Полученное соотношение (10) можно рассматривать как тригонометрическое уравнение относительно неизвестной величины  $\delta_0$ . Поэтому решение уравнения (10) представим в следующем виде:

$$\delta_0 = -\varphi_0 + \arcsin \frac{w^2}{2 \cdot \sqrt{1+f^2} \cdot g \cdot l_0}. \quad (11)$$

$$\delta_0 = -\arctg f + \arcsin \frac{(\sqrt{1+\lambda^2} - \lambda)^2 \cdot w^2 \cdot (R-l)^2}{32 \cdot \sqrt{1+f^2} \cdot g \cdot l_0}. \quad (12)$$

Таким образом, движение частиц сыпучего материала по поверхности пера шнека будет происходить при углах установки определяющих соотношением  $\delta \leq \delta_0$ , а при угле установки пера шнека с  $\delta > \delta_0$  движение частиц материала по поверхности пера шнека не будет происходить, что приведет к образованию “застойных” зон и к ухудшению процесса смешения вблизи корпуса смесителя.

Для оценки длины  $l_0$  пера шнека воспользуемся следующими результатами исследования.

С одной стороны согласно соотношению (12) должно выполняться следующее неравенство:

$$(\sqrt{1+\lambda^2} - \lambda)^2 \cdot w^2 \cdot (R-l)^2 \leq 32 \cdot \sqrt{1+f^2} \cdot g \cdot l_0. \quad (13)$$

очередь приведет к ухудшению процесса смешения в спирально-лопастном смесителе.

Таким образом, предложенная конструкция смесительного узла лопастного смесителя с быстровращающимся ротором позволяет увеличить степень однородности готового продукта и сократить время циркуляции исходных компонентов смеси из застойных зон как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях внутри барабана смесителя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Спирально-лопастной противоточный смеситель для производства сухих строительных смесей / В.П. Воронов, Н.П. Несмеянов, П.С. Горшков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2012. №1. С. 66-69.
2. Патент РФ №2011122970/05, 07.06.2011. Богданов В.С., Несмеянов Н.П., Горшков П.С. Смеситель для перемешивания сыпучих материалов // Патент России №112643.2012. Бюл. №2