

УДК 621.867.4

МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШНЕКА СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Черкасов Р.И.

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ, Шахты,
e-mail: Cherkasov.r.i@gmail.com*

В данной статье изложена последовательность расчета параметров вертикального шнека, который является рабочим органом смесителя сыпучих материалов. Получены формулы для определения таких параметров шнека, как наружный диаметр шнека, диаметр его вала, шаг наливки и ширина спирали, внутренний диаметр кожуха шнека, причем эти формулы выведены из условия получения нужного качества смеси заданного объема в требуемый промежуток времени. Приведены графические зависимости основного параметра шнека, его наружного диаметра, от числа циклов смешивания и продолжительности процесса смешивания. Предложенный алгоритм поясняет порядок расчета параметров шнека. Этот алгоритм может быть реализован в виде компьютерной программы, что обеспечит возможность расчета параметров шнека для любых заданных условий смешивания сыпучих материалов.

Ключевые слова: шнековый конвейер, смеситель, сыпучие материалы, диаметр, шаг наливки, алгоритм

TECHNIQUE AND ALGORITHM OF CALCULATION OF PARAMETERS OF THE VERTICAL SCREW OF THE MIXER OF BULKS

Cherkasov R.I.

*Institute of services industry and businesses (branch) of DGTU, Shakhty,
e-mail: Cherkasov.r.i@gmail.com*

In this article the sequence of calculation of parameters of the vertical screw which is working body of the mixer of bulks is stated. Are received formulas for determination of such parameters of the screw as the outer diameter of the screw, diameter of its shaft, a step of a navivka and width of a spiral, internal diameter of a casing of the screw, and these formulas are brought out of a condition of obtaining the necessary quality of mix of the set volume in the demanded period. Graphic dependences of key parameter of the screw, its outer diameter, on number of cycles of mixing and duration of process of mixing are given. The offered algorithm explains a procedure of payments of parameters of the screw. This algorithm can be realized in the form of the computer program that will provide possibility of calculation of parameters of the screw for any set conditions of mixing of bulks.

Keywords: shnekovy conveyor, mixer, bulks, diameter, navivka step, algorithm

Поскольку основным элементом шнекового смесителя является вертикальный шнек, находящийся внутри кожуха цилиндрической формы [1], необходимо определить такие параметры шнека, как наружный диаметр, диаметр вала, шаг наливки и ширина спирали, удовлетворяющие условиям получения требуемого качества смеси в заданный промежуток времени.

Один из вариантов шнекового смесителя показан на рис. 1 [2].

Работает смеситель следующим образом: сначала смешиваемые материалы через загрузочный приемник 7 загружаются в бункер 1. Затем включается привод шнека 2 (на рис. 1 не показан), и мешалка 4 производит перемешивание материалов, а шнек 2 захватывает смесь и перемещает ее по кожуху 3 к верхнему торцу, где она попадает на конический рассеиватель переменного радиуса 6 и оттуда осыпается вниз, а затем снова захватывается шнеком и перемещается вверх, за счет чего происходит активное циркуляционное смешивание материалов. Ребра 5 препятствуют осыпанию материалов внутри кожуха 3.

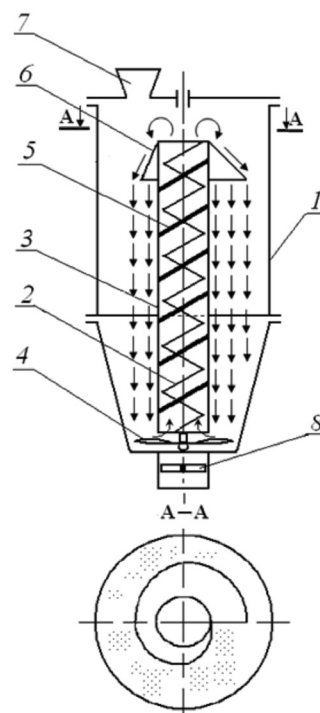


Рис. 1. Шнековый смеситель

Наружный диаметр шнека можно определить через объем смешиваемых материалов и число их циркуляций внутри смесителя. В этом случае производительность шнека должна быть [3]

$$Q \geq n_{\text{ц}} \cdot V, \quad (1)$$

где $n_{\text{ц}}$ – число циркуляций смешиваемых материалов; V – объем смешиваемых материалов в смесителе.

Продолжительность одного цикла смешивания можно определить как отношение объема смешиваемых материалов к производительности шнека:

$$t_{\text{ц}} = V/Q. \quad (2)$$

На выполнение $n_{\text{ц}}$ смешивания затраты времени составят:

$$t_p = n_{\text{ц}} \cdot t_{\text{ц}}. \quad (3)$$

Из (1) с учетом (2) и (3) имеем

$$Q \geq n_{\text{ц}} \cdot V/t_p. \quad (4)$$

Производительность шнека можно определить из выражения [1]:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) h \cdot n_{\text{ш}} \cdot k_3, \quad (5)$$

где D , d – наружный диаметр шнека и диаметр его вала; h – шаг навивки спирали; $n_{\text{ш}}$ – частота вращения шнека; k_3 – коэффициент загрузки шнека.

Для вертикальных шнеков диаметр вала d и шаг навивки спирали h принимают в зависимости от наружного диаметра D . Обозначим:

$$k_1 = d/D, \quad (6)$$

$$k_2 = h/D. \quad (7)$$

После подстановки (6) и (7) в (5), получим

$$Q = \frac{\pi}{4} D^3 (1 - k_1^2) k_2 \cdot n_{\text{ш}} \cdot k_3. \quad (8)$$

Численные значения коэффициента k_1 для вертикальных шнеков рекомендуется принимать в диапазоне $k_1 = 0,3 - 0,5$, а так как длина шнека у шнекового смесителя незначительна, можно принять $k_1 = 0,3$. Величину коэффициента k_2 рекомендуется принимать в диапазоне $k_2 = 0,7 - 1,0$ [1]. В работе [4] показано, что при $k_2 = 1,2 - 1,4$ вертикальный шнек успешно транспортирует сыпучие материалы.

Из условия равенства (4) и (8) получим

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{4 \cdot n_{\text{ц}} \cdot V}{\pi (1 - k_1^2) k_2 \cdot t_p \cdot n_{\text{ш}} \cdot k_3}}. \quad (9)$$

Исследование этой формулы (рис. 2) показало, что она пригодна для определения наружного диаметра шнека. Так, при $V = 2 \text{ м}^3$, $n_{\text{ц}} = 5$, $k_1 = 0,3$, $k_2 = 1,0$, $t_p = 5 \text{ мин}$, $n_{\text{ш}} = 150 \text{ мин}^{-1}$, $k_3 = 0,8$ требуемый диаметр шнека оказался равным 0,28 м, что можно считать приемлемым результатом.

Зная наружный диаметр шнека, можно определить диаметр вала и шаг навивки спирали по зависимостям:

$$d = k_1 \cdot D, \quad (10)$$

$$h = k_2 \cdot D. \quad (11)$$

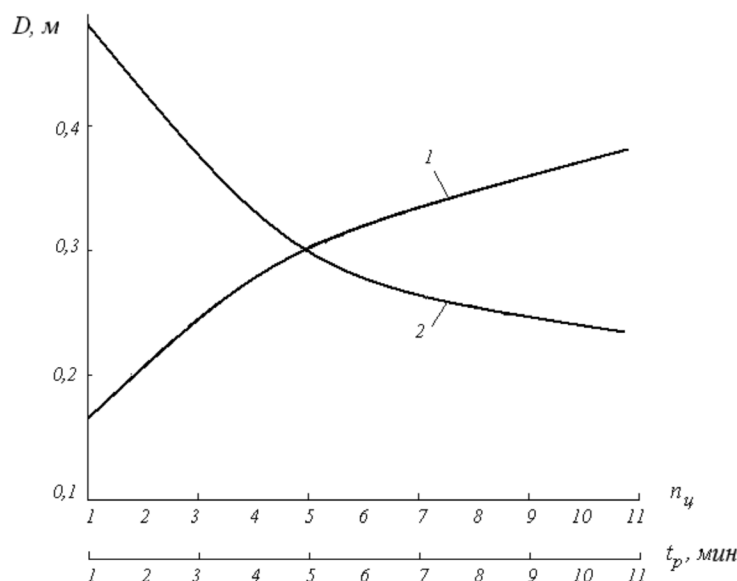


Рис. 2. Зависимости диаметра шнека от числа циклов смешивания при $t_p = 5 \text{ мин}$ (1) и от производительности смешивания при $n_{\text{ц}} = 5$ (2)



Рис. 3. Алгоритм расчета параметров вертикального шнека смесителя сыпучих материалов

Ширина спирали рассчитывается из выражения

$$b_{\text{сп}} = (D - d)/2. \quad (12)$$

Для транспортирования материалов шнеком нужно, чтобы выполнялось условие

$$b_{\text{сп}} > b_{\text{ч}}, \quad (13)$$

где $b_{\text{ч}}$ – наибольший размер частицы материала.

Внутренний диаметр кожуха шнека равен:

$$D_{\text{вн}} = D + 2\Delta, \quad (14)$$

где Δ – величина зазора между наружным диаметром шнека и внутренним диаметром кожуха.

Таким образом, используя полученные зависимости (9) – (14), а также рекомендации по выбору численных значений коэффициентов k_1 и k_2 , можно обоснованно рассчитать основные параметры шнека, причем наружный диаметр шнека принимают из численного ряда по ГОСТ 2037-82.

Одним из необходимых условий транспортирования материала шнеком является

то, чтобы центробежная сила была способна переместить материал к периферии спирали, где он контактирует с внутренней стенкой кожуха. Если центробежная сила незначительна, шнек работает малоэффективно. Данное условие можно записать в виде

$$F_{\text{ц}} \geq F_{\text{тр.ш.}} \quad (15)$$

Центробежная сила, действующая на частицу материала:

$$F_{\text{ц}} = m \cdot \omega^2 \cdot R,$$

где m – масса частицы материала; ω , R – угловая скорость и радиус шнека.

Сила трения материала по шнеку

$$F_{\text{тр.ш.}} = G \cdot \sin \alpha \cdot f_{\text{ш}} = m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot f_{\text{ш}}, \quad (16)$$

где g – ускорение свободного падения; α – угол подъема спирали шнека; $f_{\text{ш}}$ – коэффициент трения материала по шнеку.

Минимальная частота вращения шнека по условию создания необходимой центробежной силы равна [5]:

$$n_{\text{ш}}^{\text{н}} \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \cdot f_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha}{R}}. \quad (17)$$

Перемещение материала вверх по спирали шнека происходит успешно, если его частота вращения больше критической [1]:

$$n_{\text{ш}} \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \cdot (\sin \alpha + f_{\text{ш}} \cdot \cos \alpha)}{R \cdot f_{\text{к}} (\cos \alpha - f_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha)}}, \quad (18)$$

где $f_{\text{к}}$ – коэффициент трения материала по кожуху.

Алгоритм расчета параметров вертикального шнека смесителя сыпучих материалов представлен ниже (рис. 3).

Данный алгоритм может быть реализован в виде компьютерной программы, что обеспечит возможность расчета параметров шнека для любых заданных условий смешивания материалов.

Список литературы

1. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
2. Патент РФ № 2012145481/05, 25.10.2012 г. Адигамов К.А., Петренко С.С., Черненко Г.В., Байбара С.Н. Шнековый смеситель сыпучих материалов // Патент России № 126624. 2013 г. Бюл. № 10.
3. Петренко С.С. Определение конструктивных параметров шнекового смесителя сыпучих материалов. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2013. – № 1.
4. Черненко Г.В. Обоснование оптимального шага навивки спирали и частоты вращения вертикального шнекового конвейера / Г.В. Черненко, С.Н. Байбара, К.А. Адигамов. – Фундаментальные и прикладные проблемы техники

и технологии. Научно-технический журнал. – 2010. – № 2/2 (280). – С. 9–11.

5. Ritann U. Исследование вертикального шнекового транспортера, применяемого для уборки зерновых (перевод с немецкого) // Zau Landtechnische. – 1961. – № 6. – С. 57–72.

References

1. Grigorev A.M. Vintovye konveyery / A.M. Grigorev. M.: Mashinostroyeniye, 1972. 184 p.
2. Patent RF no. 2012145481/05, 25.10.2012 g. Adigamov K.A., Petrenko S.S., Chernenko G.V., Bajbara S.N. Shnekovyy smesitel sypruchih materialov // Patent Rossii no. 126624. 2013 g. Bjul. no. 10.
3. Petrenko S.S. Opredelenie konstruktivnyh parametrov shnekovogo smesitelja sypruchih materialov. Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Inzhenernyj vestnik Dona». 2013. no. 1.
4. Chernenko G.V. Obosnovanie optimalnogo shaga navivki spirali i chastoty vrashheniya vertikalnogo shnekovogo konveyera / G.V. Chernenko, S.N. Bajbara, K.A. Adigamov. Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii. Nauchno-tehnicheskij zhurnal. 2010. no. 2/2 (280). pp. 9–11.
5. Ritann U. Issledovanie vertikalnogo shnekovogo transportera, primenjaemogo dlja uborki zernovyh (perevod s nemetskogo) // Zau Landtechnische. 1961. no. 6. pp. 57–72.

Рецензенты:

Евстратов В.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Машины и оборудование предприятий стройиндустрии», ШИ (ф) ФГБОУ ВПО ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, г. Шахты;

Першин В.А., д.т.н., профессор кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг», ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Шахты.