

УДК 621.867.4

## ПРИМЕНЕНИЕ ШНЕКОВОГО КОНВЕЙЕРА С ОРЕБРЕННЫМ КОЖУХОМ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Петренко С. С., Черненко Г. В., Адигамов К. А.

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВПО ДГТУ, г. Шахты, Россия (346500, Шахты, ул. Шевченко, 147), e-mail: Petrenkoasp@mail.ru*

---

Показано, что в качестве рабочего органа смесителя сыпучих материалов может быть использован шнековый конвейер, укомплектованный либо оребренным кожухом, либо кожухом с гладкой внутренней поверхностью. Экспериментально установлено, что при первом варианте комплектации шнековый конвейер обеспечивает получение смеси требуемого качества в значительно более короткие сроки. Аналитически доказано, что при оребрении внутренней поверхности кожуха увеличивается движущая сила материала по спирали шнека, вследствие чего повышается скорость перемещения материала по шнеку и сокращается продолжительность смешивания компонентов смеси. Установлено, что применение шнекового конвейера с оребренным кожухом в качестве рабочего органа смесителя сыпучих материалов позволит существенно сократить затраты времени на изготовление смеси нужного качества. На основании полученных результатов можно считать установленным, что для смешивания сыпучих материалов более предпочтительной является комплектация шнекового смесителя оребренным кожухом.

---

Ключевые слова: шнековый конвейер, оребренный кожух, смеситель, сыпучие материалы, качество смеси.

## THE USE OF A SCREW CONVEYOR WITH A FINNED COVER AS A WORKING BODY OF THE MIXER BULK MATERIALS

Петренко С. С., Черненко Г. В., Адигамов К. А.

*Institute of the service sector and entrepreneurship (branch) FGBOU VPO DGTY, Mine, Russia (346500, Mine, Shevchenko street, 147), e-mail: Petrenkoasp@mail.ru*

---

It is shown that as working body of the mixer of bulks the screw conveyor completed either an casing with edges, or a casing with a smooth internal surface can be used. It is experimentally established that at the first option of a complete set the screw conveyor provides receiving a mix of demanded quality in much shorter terms. It is analytically proved if the internal surface of a casing has edges, the driving force of a material on a screw spiral owing to what the speed of movement of a material on the screw increases increases and duration of mixing of components of a mix is reduced. It is established that use of the screw conveyor with a casing with edges as working body of the mixer of bulks will allow to reduce significantly costs of time of production of a mix of the necessary quality. On the basis of the received results it is possible to consider established that for mixing of bulks the complete set of the screw mixer a casing with edges is more preferable.

---

Keywords: screw conveyor, casing with edges, the mixer, bulks, quality of a mix.

В работе [1] показано, что применение в шнековом конвейере оребренного кожуха вместо кожуха с гладкой внутренней поверхностью повышает производительность транспортирования сыпучих материалов в 1,50 – 2,71 раза при частоте вращения шнека в диапазоне 150–300 мин<sup>-1</sup>. Объясняется это тем, что при применении оребренного кожуха увеличивается скорость перемещения материала относительно шнека. Так, при применении оребренного кожуха с углом подъема ребра 70 °, осевая скорость материала оказалась больше в 1,66–2,38 раза по сравнению с вариантом, когда применялся гладкий кожух. Наивысшую производительность показал шнековый конвейер, кожух которого имел двухзаходное ребро. Если его производительность принять за единицу, производительность

конвейера с однозаходным ребром составляет 0,79–0,84 от первого, а производительность конвейера с кожухом с трехзаходным ребром равна 0,67 по всему диапазону частоты вращения шнека.

Анализ схемы взаимодействия частицы транспортируемого материала со спиралью шнека и ребром кожуха (рис. 1) показал, что наличие ребер на внутренней поверхности кожуха увеличивает движущую силу частицы по спирали.

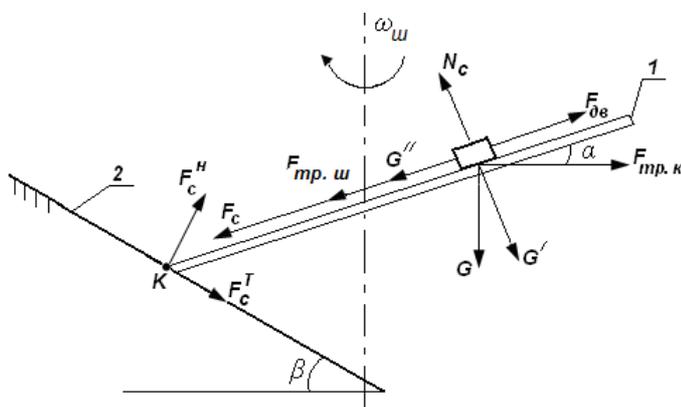


Рисунок 1. Схема сил, действующих на частицу материала при работе шнекового конвейера с оребренным кожухом

При вращении шнека возникает движущая сила  $F_{дв}$ , которая перемещает частицу материала вверх по спирали. При применении гладкого кожуха величину этой силы можно определить из выражения:

$$F_{дв} = F_{тр.к} \cdot \cos \alpha - F_c, \quad (1)$$

где  $F_{тр.к}$  – сила трения частицы материала о кожух шнекового конвейера;  $F_c$  – сила сопротивления перемещению частицы материала по спирали;  $\alpha$  – угол подъема спирали.

Выражение для определения силы трения частицы материала о кожух с учетом силы Кориолиса имеет вид:

$$F_{тр.к} = (F_{ц} + F_k) f_k = (m \cdot \omega_{ш}^2 \cdot R + 2m \cdot \omega_{ш} \cdot R) \cdot f_k = m \cdot \omega_{ш} \cdot R (\omega_{ш} + 2) f_k, \quad (2)$$

где  $F_{ц}, F_k$  – центробежная и Кориолисова силы, возникающие при вращении шнека и прижимающие частицу материала к кожуху;  
 $m$  – масса частицы материала;  
 $\omega_{ш}, R$  – угловая скорость и радиус шнека;  
 $f_k$  – коэффициент трения частицы материала по внутренней поверхности кожуха.

Сила сопротивления перемещению частицы материала по спирали:

$$F_c = F_{mp.uu} + G \sin \alpha, \quad (3)$$

где  $F_{mp.uu}$  – сила трения частицы материала о шнек;

$G$  – вес частицы материала.

$$F_{mp.uu} = G \cos \alpha \cdot f_{uu}, \quad (4)$$

где  $f_{uu}$  – коэффициент трения частицы материала по шнеку.

При применении оребренного кожуха под воздействием спирали 1 вращающегося шнека частица материала вступает в контакт в точке  $K$  с неподвижным ребром 2, которое установлено внутри кожуха под углом  $\beta$ . При этом сила  $F_c$ , направленная вдоль спирали вниз, вызывает в точке контакта реакцию ребра на действие этой силы в виде нормальной

$F_c^H$  и тангенциальной  $F_c^T$  составляющих.

Нормальная составляющая  $F_c^H$  отталкивает частицу материала от ребра кожуха, т.е. оказывает положительное воздействие на ее перемещение по спирали вверх, а тангенциальная составляющая  $F_c^T$  прижимает частицу материала к спирали и, тем самым, тормозит ее. Следовательно, необходимо,

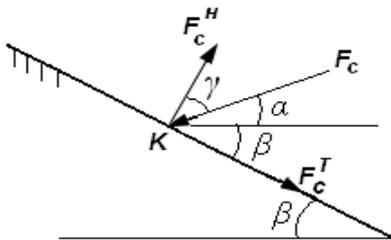


Рисунок 2. Схема к определению угла установки ребра кожуха  $\beta$

чтобы  $F_c^H$  имела максимальное значение, а  $F_c^T$  – минимальное.

Это условие выполняется, если нормальная составляющая реакции ребра кожуха  $F_c^H$  направлена вдоль спирали вверх, что возможно в том случае, когда ребро кожуха установлено перпендикулярно спирали шнека.

Из схемы на рис. 2 следует:

$$F_c^H = F_c \cdot \cos \gamma, \quad F_c^T = F_c \cdot \sin \gamma, \quad (5)$$

где  $\gamma$  – угол между силой  $F_c$  и нормальной составляющей реакции ребра  $F_c^H$ .

Зависимости (5) показывают, что, если угол  $\gamma$  уменьшается, то  $F_c^H$  становится больше, а  $F_c^T$  – меньше. При  $\gamma=0$

$$F_c^H = F_c, \quad F_c^T = 0. \quad (6)$$

Так как  $\gamma = 90^\circ - (\alpha + \beta)$ , (7)

то при известном угле подъема спирали шнека  $\alpha$  из выражения (7) можно определить такое значение угла подъема ребра кожуха  $\beta$ , при котором  $\gamma = 0$ :

$$\beta = 90^\circ - \alpha. \quad (8)$$

Для варианта с гладким кожухом, уравнение (1) имеет вид:

$$F_{об} = [m \cdot \omega_{uu} \cdot R \cdot (\omega_{uu} + 2) \cdot f_{\kappa}] \cos \alpha - G (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot f_{uu}). \quad (9)$$

Заменив в этом выражении вес частицы ее массой, получим:

$$F_{\text{дв}} = m\{\omega_{\text{ш}} \cdot R \cdot (\omega_{\text{ш}} + 2) \cdot f_{\kappa}\} \cos \alpha - g(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot f_{\text{ш}}) \quad (10)$$

Выражение для определения движущей силы в шнековом конвейере с оребренным кожухом имеет вид:

$$F_{\text{дв}} = m\{\omega_{\text{ш}} \cdot R \cdot (\omega_{\text{ш}} + 2) \cdot f_{\kappa}\} \cos \alpha + g(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot f_{\text{ш}}), \quad (11)$$

Выражение (11) отличается от выражения (10) тем, что его правая часть суммируется, а не вычитается. Это означает, что оребрение кожуха создает дополнительное движущее воздействие на частицу материала, табл. 1.

Таблица 1. Численные значения прироста движущей силы в зависимости от угловой скорости шнека при разных углах подъема спирали

Частота вращения шнека, $\text{мин}^{-1}$	Угловая скорость шнека, рад/с	Угол подъема спирали, град	Прирост движущей силы, %
150	15,7	10	21,6
200	20,9		11,1
250	26,2		7,6
300	31,4		5,3
150	15,7	15	27,4
200	20,9		15,4
250	26,2		9,7
300	31,4		6,7
150	15,7	20	34,7
200	20,9		18,8
250	26,2		11,8
300	31,4		8,2
150	15,7	25	41,4
200	20,9		22,1
250	26,2		13,8
300	31,4		9,5

Из данных, представленные в табл. 1, следует, что оребрение кожуха увеличивает движущую силу по сравнению с гладким кожухом при  $\alpha=10^\circ$  - в 1,05-1,22 раза, при  $\alpha=15^\circ$  - в 1,07-1,27 раза, при  $\alpha=20^\circ$  - в 1,08-1,35 раза, при  $\alpha=25^\circ$  - в 1,09-1,41 раза.

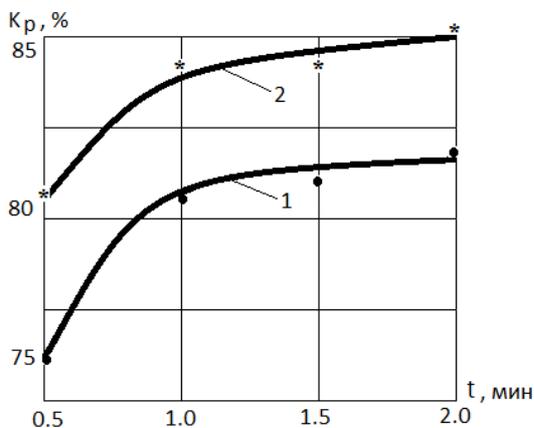


Рисунок 3. Зависимости качества смеси от продолжительности смешивания компонентов при применении гладкого (1) и оребренного (2) кожухов

Экспериментальная проверка влияния оребрения кожуха на качество смеси выполнялась на экспериментальном стенде при смешивании таких сыпучих материалов, как пшено и гречневая крупа в соотношении 1:1. Шнековый конвейер был укомплектован оребренным кожухом с углом подъема ребра  $70^\circ$ , так как применение такого кожуха обеспечивало наиболее высокую

производительность. Для сравнения проводились эксперименты с применением гладкого кожуха. Качество смеси оценивалось коэффициентом равномерности смешивания с помощью разработанной компьютерной программы [3].

Зависимости, представленные на рис. 3, показывают, что при применении оребренного кожуха качество смеси выше, что позволит сократить затраты времени на смешивание материалов. По результатам исследований разработана оригинальная конструкция шнекового конвейера [4].

Таким образом, можно считать обоснованным применение шнекового конвейера с оребренным кожухом в качестве рабочего органа смесителя сыпучих материалов.

### Список литературы

1. Адигамов, К. А. Способ повышения производительности вертикального шнекового конвейера [Текст] / К. А. Адигамов, Г. В. Черненко, В. М. Фетисов // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. техн. науки. – 2011. – №4. – С. 81-82.
2. Адигамов, К. А. Вертикальный шнековый конвейер с оребренным кожухом [Текст] / К. А. Адигамов, Г. В. Черненко, А. В. Зеленщиков // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. техн. науки. – 2010. – № 3. – С. 64-67.
3. Григорьев, А. М. Винтовые конвейеры [Текст] / А. М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
4. Патент РФ № 2413668 Вертикальный шнековый конвейер / К. А. Адигамов, Г. В. Черненко, А. В. Евстратова: Заявка № 2009911276 (026543); Заявл. 21.05.2009; Опубл. 10.03.201.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012619559 «Программное обеспечение для определения коэффициента равномерности набора», Заявитель ЮРГУЭС № 2012616455; заявл. 30.08.2012; опубл. 22.10.2012 г.

### Рецензенты:

Кожемяченко А. В., д-р техн. наук, профессор кафедры «Машины и оборудование бытового и коммунального назначения» ИСО и П (филиал) ДГТУ, г. Ростов-на-Дону.

Коханенко В. Н., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Механика, оборудование и процессы пищевых производств» ДонГАУ, г. Ростов-на-Дону.