

Винтовой конвейер с вращающимся цилиндрическим кожухом

Андрей Дячун, Роман Грудовой, Иван Гевко, Мирослав Гевко

Screw conveyor with rotating cylindrical casing: *The new construction of screw conveyor with rotating cylindrical casing which reduces the starting torque of auger is presented. Equation to determine the minimum frequency of rotation of casing of screw conveyor is defined.*

Key words: *screw conveyor, auger, casing.*

ВСТУПЛЕНИЕ

Повышенные требования к конструктивным и технологическим параметрам, качеству, надежности и долговечности, расширения функциональных возможностей винтовых транспортно-технологических систем нуждаются в глубоком анализе существующих конструкций и технологий их изготовления, разработки на этой основе научно обоснованных теоретических и экспериментальных разработок, их успешного внедрения в производство. Для запуска винтового рабочего органа после вынужденной остановки винтового конвейера, в котором находится сыпучий материал, необходимо приложить пусковой момент, который превышает момент при нормальных условиях работы, что приводит к необходимости использования более мощного двигателя и усиленного винтового рабочего органа, что не всегда экономически оправдано. Поэтому поиск новых конструкторских решений есть актуальной задачей. Вопросом исследования нагрузки на винтовых рабочих органах транспортно-технологических механизмов посвященные научные труды Григорьева А.В. [1], Германа Х. [2], Гевка Б.М. [3], Рогатинского Р.М. [4] и других.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Винтовой конвейер с вращающимся кожухом (рис.1) выполнено в виде рамы 1, на которой жестко установлен механизм регулирования угла наклона конвейера 2 известной конструкции, что есть во взаимодействии с основой 3 конвейера. Основа 3 выполнена в виде плиты, сверху которой жестко установленная плита 4, к которой жестко закреплен неподвижный цилиндрический кожух 5, в верхней части которого из двух концов жестко установлены подшипники 6, в которые установлен вращающийся цилиндрический кожух 7 с возможностью движения вращения.

Снизу вращающегося цилиндрического кожуха 7 на внешнем диаметре жестко установлена шестерня 8, которая есть во взаимодействии с приводной шестерней 9, которая жестко закреплена на приводном валу 10. На втором конце этого вала 10 жестко закреплена шестерня 11, которая есть во взаимодействии с шестерней 12, которая жестко закреплена на валу 13 винтового рабочего органа 14.

Причем приводной вал 10 вращающегося цилиндрического кожуха 7 жестко установлено на подшипниках, которые жестко закреплены из нижней стороны опорной плиты 4 цилиндрического кожуха 5. Привод конвейера осуществляется от электродвигателя 15 через предохранительную муфту 16. Для загрузки конвейера используют бункер 17 с заслонкой.

Работа винтового конвейера осуществляется следующим образом. Сыпучий материал 18 засыпают в бункер 17, включают конвейер, открывают заслонку и осуществляется транспортировка материала.

В случаях когда конвейер останавливается, сыпучий материал находится в цилиндрическом кожухе. Если при следующем пуске конвейера крутящий момент пуска конвейера превышает допустимый крутящий момент электродвигателя 15, срабатывает предохранительная муфта 16, которая передает вращающее движение от вала 13 через шестерни 12, 11, 9, 8 на вращающийся цилиндрический кожух 7 с сыпучим материалом, что приводит к уменьшению сил внутреннего трения сыпучего матери-

ала и, как следствие, к уменьшению крутного момента пуска конвейера. Когда крутной момент пуска конвейера достигает значения ниже чем допустимый крутной момент электродвигателя 15, предохранительная муфта 16 одновременно выключает передачу крутного момента на шестерни 12, 11, 9, 8 и вращающийся цилиндрический кожух 7 и включает передачу крутного момента на вал 13 с винтовым рабочим органом 14. К преимуществам конвейера относится снижение момента пуска конвейера нагруженного сыпучим материалом.

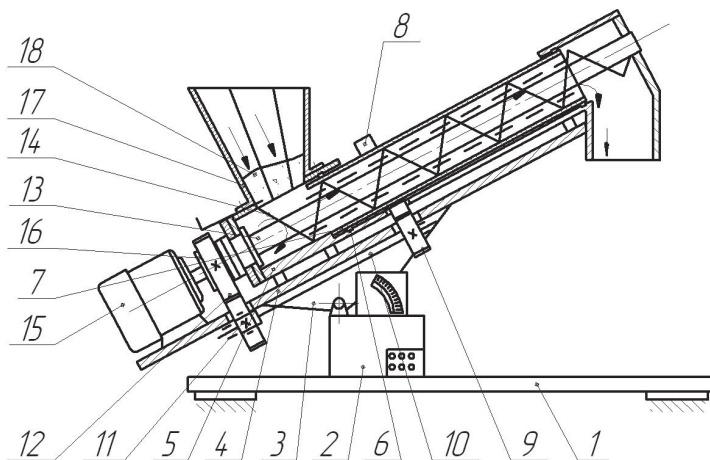


Рис.1. Винтовой конвейер с вращающимся цилиндрическим кожухом

Определим минимальную частоту вращения цилиндрического кожуха 7, при которой единичная частица, лежащая на поверхности кожуха и винтового рабочего органа начинает движение после срабатывания предохранительной муфты и остановки винтового рабочего органа. Для этого рассмотрим схему для расчета представленную на рис.2.

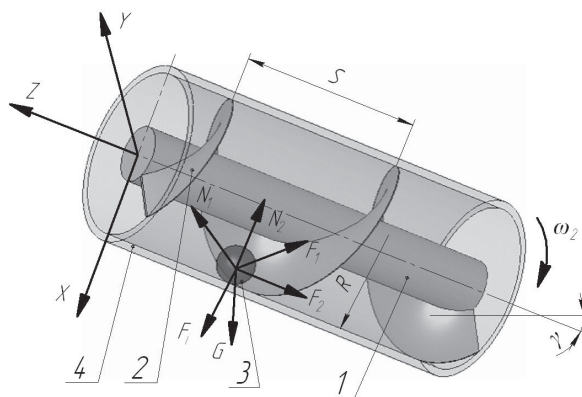


Рис.2. Схема для расчета минимальной частоты вращения цилиндрического кожуха винтового конвейера: 1 - вал; 2 – винтовой рабочий орган; 3 - единичная частица; 4 - вращающийся цилиндрический кожух

Единичная частица материала, опирающаяся на винтовую поверхность и прижатая к стенке кожуха для общего случая наклонного расположения оси винтового конвейера имеет движение, описываемое уравнениями равновесия:

$$\begin{cases} \sum X = N_{1x} + N_{2x} + F_{1x} + F_{2x} + G_x + F_{ix} = 0; \\ \sum Y = N_{1y} + N_{2y} + F_{1y} + F_{2y} + G_y = 0; \\ \sum Z = N_{1z} + N_{2z} + F_{1z} + F_{2z} + G_z = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где N_{1x} , N_{1y} , N_{1z} – проекции нормальной реакции от поверхности винтового рабочего органа соответственно на оси x , y , z , Н;

N_{2x} , N_{2y} , N_{2z} – проекции нормальной реакции от поверхности вращения кожуха соответственно на оси x , y , z , Н;

F_{1x} , F_{1y} , F_{1z} – проекции силы трения между частицей и поверхностью винтового рабочего органа соответственно на оси x , y , z , Н;

F_{2x} , F_{2y} , F_{2z} – проекции силы трения между частицей и поверхностью кожуха соответственно на оси x , y , z , Н;

m – масса частицы, кг;

G_x , G_y , G_z , – проекции силы веса соответственно на оси x , y , z , Н.

F_{ix} – проекция центробежной силы на ось x , Н.

Проекция нормальной реакции на оси координат находим за формулами:

$$\begin{cases} N_{1x} = -N_1 \cdot \sin \alpha; \\ N_{1y} = -N_1 \cdot \sin \alpha; \\ N_{1z} = N_1 \cdot \cos \alpha; \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} N_{2x} = -N_2; \\ N_{2y} = 0; \\ N_{2z} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где α – угол подъема винтовой линии винтового рабочего органа, рад;

N_1 , N_2 – нормальные реакции соответственно от поверхности винтового рабочего органа и поверхности вращения кожуха, Н.

Проекция силы веса на оси координат находим за формулами:

$$\begin{cases} G_x = mg \cdot \cos \gamma; \\ G_y = 0; \\ G_z = -mg \cdot \sin \gamma. \end{cases} \quad (4)$$

где γ – угол наклона оси винтового рабочего органа к горизонтали, рад;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Проекция центробежной силы находим из формулы:

$$F_{ix} = mR\omega_2^2, \quad (5)$$

где R – радиус внутренней поверхности кожуха, м;

ω_2 – окружная скорость вращения кожуха, c^{-1} .

Силы трения F_1 и F_2 от указанных реакций направлены противоположно вектору относительной скорости частицы, а их проекции определяем уравнениями:

$$\begin{cases} F_{1x} = -f_1 N_1 \cdot \cos \alpha; \\ F_{1y} = -f_1 N_1 \cdot \cos \alpha; \\ F_{1z} = -f_1 N_1 \cdot \sin \alpha; \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} F_{2x} = 0; \\ F_{2y} = f_2 N_2; \\ N_{2z} = 0, \end{cases} \quad (7)$$

где f_1 - коэффициент трения материала о поверхность винтового рабочего органа;

f_2 - коэффициент трения материала о поверхность кожуха.

Учитывая уравнение (2-7), система уравнений (1) приобретет вид:

$$\begin{cases} \sum X = -N_1 \sin \alpha - N_2 - f_1 N_1 \cos \alpha + mg \cos \gamma + mR\omega_2^2 = 0; \\ \sum Y = -N_1 \sin \alpha - f_1 N_1 \cos \alpha + f_2 N_2 = 0; \\ \sum Z = N_1 \cos \alpha - f_1 N_1 \sin \alpha - mg \sin \gamma = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Из третьего уравнения системы уравнений (8) находим:

$$N_1 = \frac{mg \sin \gamma}{\cos \alpha - f_1 \sin \alpha}. \quad (9)$$

Из второго уравнения системы уравнений (8) находим:

$$N_2 = \frac{N_1 (\sin \alpha + f_1 \cos \alpha)}{f_2}. \quad (10)$$

После подстановки уравнения (9) в уравнение (10) и преобразования находим:

$$N_2 = \frac{mg \sin \gamma}{f_2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1), \quad (11)$$

где φ_1 - угол трения материала о поверхность винтового рабочего органа,

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} f_1.$$

Подставляя уравнения (9) и (11) в первое уравнение системы уравнений (8), получим:

$$\frac{-mg \sin \gamma (\sin \alpha + f_1 \cos \alpha)}{\cos \alpha - f_1 \sin \alpha} - \frac{mg \sin \gamma}{f_2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + mg \cos \gamma + mR\omega_2^2 = 0. \quad (12)$$

После сокращений и преобразований:

$$-mg \left(\sin \gamma \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \left(1 + \frac{1}{f_2} \right) + \cos \gamma \right) + mR\omega_2^2 = 0, \quad (13)$$

откуда находим:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{g \left(\sin \gamma \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \left(1 + \frac{1}{f_2} \right) + \cos \gamma \right)}{R}}. \quad (14)$$

Учитывая, что $\omega_2 = \frac{\pi n_2}{30}$, $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S}{2\pi R}$ находим минимальную частоту вращения кожуха:

$$n_2 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \left(\sin \gamma \operatorname{tg} \left(\operatorname{arctg} \frac{S}{2\pi R} + \operatorname{arctg} f_1 \right) \left(1 + \frac{1}{f_2} \right) + \cos \gamma \right)}{R}}, \quad (15)$$

где S – шаг витков винтового рабочего органа по наружному радиусу.

При частоте вращения кожуха $n > n_2$ винтового рабочего органа частица движется вверх по винтовой поверхности, что способствует снижению необходимой момента пуска вращения винтового рабочего органа.

ВЫВОДЫ

Представлена новая конструкция винтового конвейера с вращающимся цилиндрическим кожухом. К его преимуществам относится снижение момента пуска конвейера загруженного сыпучим материалом.

Из выражения (15) видно, что для движения частицы материала вверх по оси винтового рабочего органа, частота вращения кожуха должна быть тем больше, чем больше шаг витков винтового рабочего органа, угол наклона оси винтового рабочего органа к горизонтали, коэффициент трения материала о поверхность винтового рабочего органа и чем меньше радиус внутренней поверхности кожуха и коэффициент трения материала о поверхность кожуха.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.

[2] Герман Х. Шнековые механизмы в технологии ФРГ; Х. Герман. [перев. с нем.]. – Л.: Химия, 1975. – 230 с.

[3] Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинский. – Львов: Выща школа, Изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 256 с.

[4] Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів із сировиною сільськогосподарського виробництва: дис. доктора техн. наук: 05.20.01, 05.05.05 / Рогатинський Роман Михайлович – К., 1997. – 502 с.

Контакты

К.т.н. Андрей Дячун, Кафедра “Технологии машиностроения и автомобилей”, Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, тел.: 8(0352)-251-686, e-mail: dyachun_andriy@ukr.net

Роман Грудовой, Кафедра “Процессы, машины и оборудование”, Житомирский национальный агроэкологический университет, тел.: 8(0412)-223-824, e-mail: roma-grudovij@yandex.ua

Рецензент: проф. д.т.н. Гевко Б.М.