

Но при этом необходимо учитывать условия существования отраженной волны в зависимости от высоты стенки канала:

$$I_1 \leq H_b, \frac{x_U z_p}{(x_U + x_p)} \geq H_b, \quad (9)$$

где H_b – высота отражающей стенки.

$$r_2 = \sqrt{\frac{(b-x_U)^2 + (b-x_U)^2 z_p^2}{(2b-x_U-x_p)^2}} + \sqrt{\frac{(b-x_U)^2 + (b-x_U)^2 z_p^2}{(2b-x_U-x_p)^2}}, \quad (10)$$

условие существования: $(b-x_U)^2 \frac{z_p^2}{2b-x_U-x_p} \leq H_b$,
где b – ширина излучателя.

На основании полученных выражений можно определить звуковое давление на приемнике:

$$P(t) = \frac{\rho \omega}{2\pi} \left[\cos \omega t \int_{L_1} \int_{L_1} U(x) \left[\frac{\sin kl}{l} + \frac{\sin kr_1}{r_1} + \frac{\sin kr_2}{r_2} \right] dL_1 - \sin \omega t \int_{L_1} \int_{L_1} U(x) \left[\frac{\cos kl}{l} + \frac{\cos kr_1}{r_1} + \frac{\cos kr_2}{r_2} \right] dL_1 \right] \quad (11)$$

Полученные выражения позволяют оптимизировать размеры элементов конструкции ультразвукового датчика при заданных ограничениях. Перспективным является подбор наиболее эффективной формы приемника для повышения точности работы преобразователя. Ряд технических решений положен в основу действующих образцов акустических датчиков для контроля неоднородных волокнистых образцов.

Библиографический список

1. А.с. 1585743 СССР МКИ G01N29/02. Устройство для ультразвукового контроля линейной плотности волокнистой ленты / В.М. Иливанов, В.А. Цымбалист; Заявитель

Из аналогичных рассуждений можно найти выражения для вклада волн, отраженных от второй стенки, в суммарное звуковое давление на поверхности приемника. Путь, пройденный отраженной волной, будет равен

и патентообладатель Алт. сельскохозяйственный институт. №4361809/25-28; заявл. 11.01.88; опубл. 15.08.90, бюл. № 30. 3 с.

2. А.с. 1659542 СССР МКИ D01H13/32. Датчик для контроля линейной плотности волокнистого продукта / В.М. Иливанов, В.А. Цымбалист; заявитель и патентообладатель Алт. сельскохозяйственный институт. №4472311/12; заявл. 30.06.88; опубл. 30.06.91, бюл. № 24.4 с.

3. Иливанов В.М. Физическая акустика: монография. 2-е изд., доп. / В.М. Иливанов, Ю.В. Кандрин, В.А. Цымбалист. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004 – 158 с.

4. Кикучи Е.Д. Ультразвуковые преобразователи / Е.Д. Кикучи. – М.: МИР, 1972. – 424 с.



УДК 631.22.01

Ю.М. Исаев,
Н.М. Семашкин,
В.А. Злобин

ПРОЦЕСС ВЫГРУЗКИ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА СПИРАЛЬНО-ВИНТОВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Ключевые слова: спиральный винт, транспортировка, скорость, бункер, сыпучий материал, теоретические исследования, активный слой.

В бункерах для хранения зерна при разгрузке применяются спирально-винтовые транспортеры в кожухах, а также без кожухов. Для уменьшения мощности привода над спиралью могут устанавли-

ваться стабилизирующие пластины или рассекатели на различной высоте от спирали [1].

Зерно самотеком поступает в межвитковое пространство вращающейся спирали и перемешивается в осевом направлении до выгрузного отверстия. Скорость движения слоев зерна не одинакова, и в результате движения зернового потока образуется активный слой, причиной возникновения которого является сила внутреннего трения [2]. Рассмотрим движение зерна в бункере с распределением скоростей потока в поперечном сечении канала желоба (рис. 1). Спиральный винт внешнего радиуса r_3 и внутреннего r_2 вращается с угловой скоростью ω в цилиндрической кожухе, внутренний радиус которого равен r_4 , в случае транспортировки без кожуха радиус r_4 определяет границу активного слоя, создаваемого увлекаемым зерном за счет внутреннего трения.

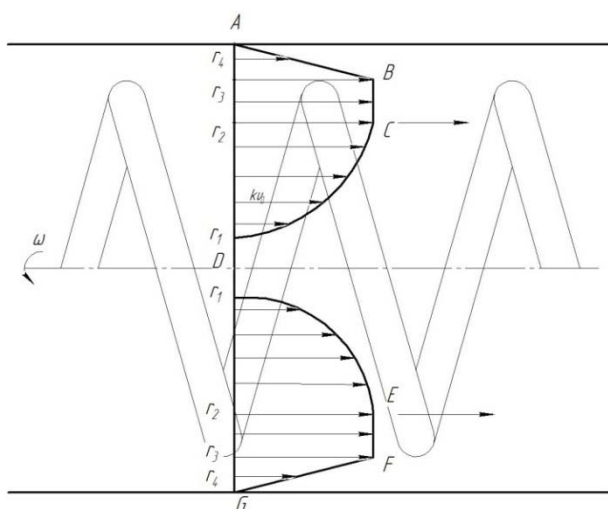


Рис. 1. Распределение скоростей движения зерна в бункере спирально-винтовым транспортером

На участке « r_1 - r_2 » найдем изменение скорости по радиусу. Выберем цилиндрические координаты с осью x по оси цилиндра. Скорость v направлена вдоль оси x и зависит только от r :

$$v = v(r)$$

Для v получаем уравнение [3]:

$$\Delta v = \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dv}{dr} \right) = 0 \quad (1)$$

общее решение которого запишется:

$$r \frac{dv}{dr} = C_1; \\ v = C_1 \ln r + C_2.$$

Используя граничные условия:

$$v(r_1) = 0; \quad v(r_2) = u,$$

находим выражения констант C_1 и C_2 :

$$C_1 = u_0 / \ln(r_2 / r_1),$$

а

$$C_2 = -C_1 \ln r_1 = -u \ln r_1 / \ln(r_2 / r_1).$$

Окончательно на участке « r_1 - r_2 » изменение скорости по радиусу запишется:

$$v = u \ln(r / r_1) / \ln(r_2 / r_1).$$

На участке « r_2 - r_3 » скорость $v = u = const$.

На участке « r_3 - r_4 », соответственно, скорость изменения по радиусу находится из решения уравнения (1).

Используя граничные условия:

$$v(r_3) = u; \quad v(r_4) = 0,$$

находим выражения для определения констант C_1 и C_2 :

$$C_1 = u / \ln(r_3 / r_4),$$

а

$$C_2 = -C_1 \ln r_4 = -u \ln r_4 / \ln(r_3 / r_4).$$

Окончательно на участке « r_3 - r_4 » изменение скорости по радиусу запишется:

$$v = u \ln(r / r_4) / \ln(r_3 / r_4).$$

Подача спирально-винтовым устройством найдется после интегрирования по всем трем участкам по формуле:

$$Q = 2\pi \int_a^b v(r) r dr$$

На участке 1-2 подача определяется по формуле:

$$Q_1 = 2\pi u \int_{r_1}^{r_2} \frac{\ln(r / r_1)}{\ln(r_2 / r_1)} r dr = \\ \pi u \left[r_2^2 - \frac{r_2^2 - r_1^2}{2 \ln(r_2 / r_1)} \right]$$

На участке 2-3 подача определяется по формуле:

$$Q_2 = 2\pi u \int_{r_2}^{r_3} r dr = \pi u r^2 \Big|_{r_2}^{r_3} = \pi u (r_3^2 - r_2^2)$$

На участке 3-4 подача определяется по формуле:

$$Q_3 = 2\pi u \int_{r_3}^{r_4} \frac{\ln(r/r_4)}{\ln(r_3/r_4)} r dr = \pi u \left[-r_3^2 - \frac{r_4^2 - r_3^2}{2 \ln(r_3/r_4)} \right]$$

Суммируя значения подач на каждом участке, получим окончательно величину подачи спирально-винтового транспортера:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \pi u \left[r_2^2 - \frac{r_2^2 - r_1^2}{2 \ln(r_2/r_1)} + r_3^2 - r_2^2 - r_3^2 - \frac{r_4^2 - r_3^2}{2 \ln(r_3/r_4)} \right]$$

$$Q = \pi u \left[\frac{r_4^2 - r_3^2}{2 \ln(r_4/r_3)} - \frac{r_2^2 - r_1^2}{2 \ln(r_2/r_1)} \right]$$

или

(2)

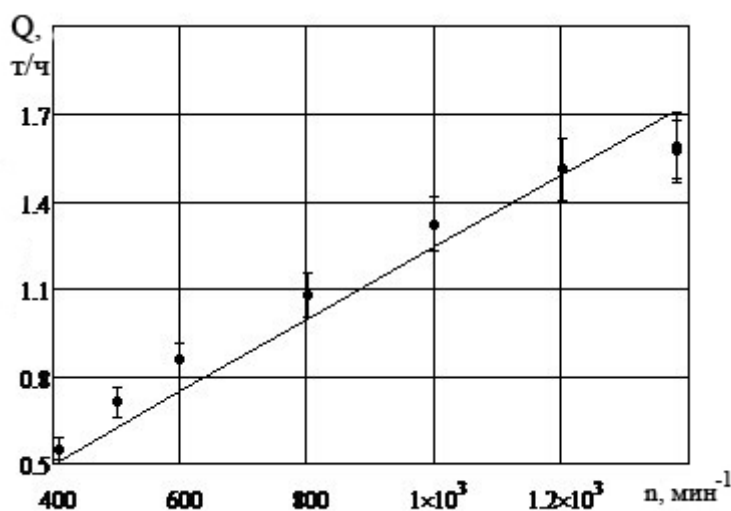


Рис. 2. Зависимость подачи спирально-винтового транспортера Q , (т/ч) от частоты вращения n , мин.⁻¹

Таким образом, подача спирально-винтового транспортирующего устройства при выгрузке зерна из бункера без кожуха по сравнению с бункером с кожухом увеличивается за счет активного слоя почти в 2 раза при одних и тех же параметрах пружины и угловых скоростях ее вращения.

На спирально-винтовом транспортере с диаметром кожуха 38 мм, диаметром спирального винта 32 мм, диаметром проволоки 3 мм, шагом винта $S = 50$ мм проведены исследования по определению подачи пшеницы плотностью $\rho = 740$ кг/м³. Результаты экспериментальных исследований, представленных на рисунке 2 точками, согласуются с теоретической зависимостью, рассчитанной по формуле (2) (сплошная линия).

Полученные результаты подтверждают механизм перемещения сыпучего материала в сложных условиях вращения спирального винта.

Библиографический список

1. Зенков Р.Л. Бункерные устройства / Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневиц, В.С. Исаев. – М.: Машиностроение, 1977.
2. Исаев Ю.М. Длинномерные спирально-винтовые транспортирующие устройства: монография / Ю.М. Исаев. – ФГОУ ВПО УГСХА. – Ульяновск, 2006. – 433 с.
3. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: учебное пособие; в 10 т. Т. VI Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – 4-е изд., стер. – М.: Наука, 1988.

