

позволит ежегодно экономить более 30 тыс. тонн жидкого топлива, уменьшить потери зерна не менее чем на 500 тыс. тонн, затрат электроэнергии – до 190...195 тыс. кВт, сэкономить затраты труда до 55...60 тыс. чел.-ч. и получить годовой экономический эффект около 160 - 170 млрд. руб.

Выводы

1. Основным направлением технического обеспечения послеуборочной обработки зерна в республике является строительство современных зерноочистительно-сушильных комплексов с системой металлических силосных хранилищ.

2. Перспективной современной технологической схемой зерносушилок является схема, при которой агент сушки перемещается внутри них в слое зерна под действием разрежения.

Литература

1. Дашков, В.Н. Перспективы создания и освоения современных зерносушилок высокой производительности и сравнительная экономическая оценка эффективности их использования. / В.Н. Дашков, В.П. Чеботарев, А.С. Сайганов, П.Н. Дроздов // Агроэкономика. – Минск, 2005. – № 10. – С. 45-54
2. Дашков, В.Н. Концепции развития парка зерноочистительного и сушильного оборудования в Республике Беларусь / В.Н. Дашков, В.П. Чеботарев, А.С. Тимошек, А.А. Князев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. – Мн. – 2004. – Вып. 38. – С.98-101

УДК 631.3

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЗОЧНОЙ ЧАСТИ ШНЕКОВОГО ПОДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Голдыбан В.В. (НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)

В статье рассмотрены теоретические предпосылки к обоснованию оптимальной ширины выреза в кожухе шнекового подающего устройства.

Введение

Теоретические исследования двух совершенно разных процессов: загрузки и транспортирования материала [1, 2, 3] шнековыми подающими устройствами (ШПУ) показали, что размеры загрузочной части подающего устройства должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивалась необходимая подача материала на шнек. В своих исследованиях Ю.И. Волков и П.И. Павлов [4] отмечают, что до 50% всей энергии, затраченной на привод шнека, расходуется на забор материала, а подача шнековыми устройствами определяется в основном заборной способностью винта в загрузочной части. Установлено, что среди факторов, влияющих на забор материала винтом транспортёра, наибольшее влияние оказывает длина винта в загрузочной части ШПУ. Увеличение длины сверх необходимой приведет к неоправданному расходу мощности в загрузочной части. Это же может привести и к увеличению потребной мощности транспортирующей части ШПУ, так как материал, сжатый в загрузочной части ШПУ давлением вышележащего слоя материала, упруго деформируется. Поступив в таком состоянии в транспортирующую часть ШПУ, материал за счет упругих сил оказывает дополнительное давление на кожух.

Основная часть

В предложенной нами конструкции подающего устройства [5] загрузочная часть представлена так называемой заборной камерой, образованной пересечением двух синусоид y_1 и y_2 на участке длиной $h/2$ (рисунок 1).

$$y_1 = R_k \sin \frac{2\pi x}{h} \quad (1)$$

$$y_2 = R_k \sin \left(\frac{2\pi x}{h} \pm \Delta\varphi \right) \quad (2)$$

где R_k – наружный радиус кожуха, м;

$\Delta\varphi$ – центральный угол, на который смещены синусоиды y_1 и y_2 друг относительно друга (рисунок 1), град;

$$\Delta\varphi = \arccos\left(1 - \frac{B^2}{2R_k^2}\right), \quad (3)$$

где B – ширина ленточного выреза, м.

Знак « $\pm$ » в выражении (2) зависит от направления откладывания угла $\Delta\varphi$: « $+$ » – по часовой стрелке, « $-$ » – против часовой стрелки.

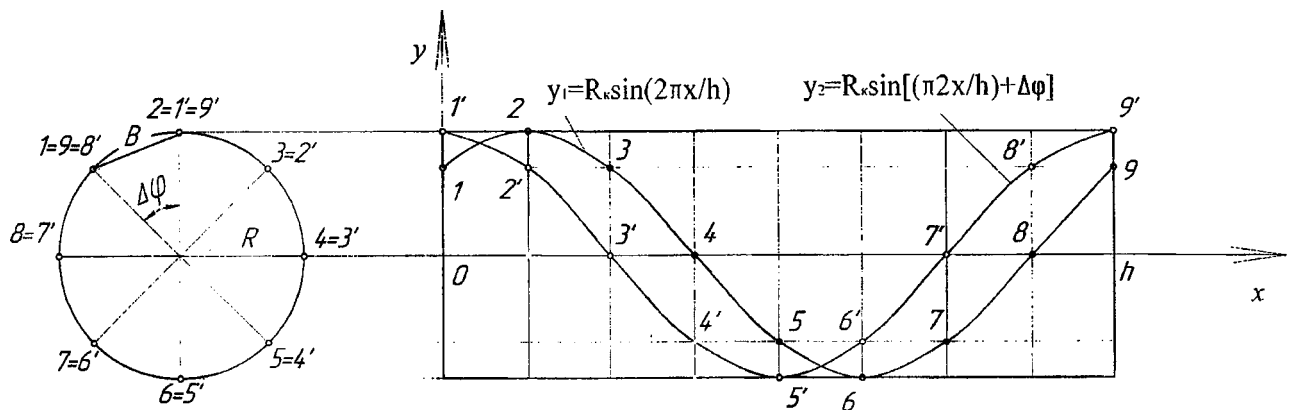


Рисунок 1.

Для того чтобы в заборной камере не создавался избыток удобрений, а, следовательно, была бы исключена возможность забивания, необходимо, чтобы количество удобрений, поступающее в заборную камеру в единицу времени, не превышало пропускной способности шнека $W_{ш}$ [6]. С другой стороны, если в заборную камеру в секунду поступает удобрений меньше величины $W_{ш}$, то шнек работает с недогрузкой, что приводит к повышению неравномерности внесения.

Оптимальные условия работы шнека обеспечиваются при одинаковом количестве материала, поступающего на шнек и транспортируемого им к выгрузному отверстию:

$$W_{зк} = W_{ш} \quad (4)$$

Пропускная способность заборной камеры:

$$W_{зк} = F_{зк} v_u \gamma, \quad (5)$$

где $F_{зк}$ – площадь заборной камеры, м²;

v_u – скорость истечения удобрений, м/с;

γ – насыпная плотность материала, кг/м³;

$W_{ш}$ – весовая производительность горизонтального шнека, кг/с.

$$v_u = \left(\frac{gR_{зк}}{f_0} \right)^{0,5}, \quad (6)$$

где $R_{зк} = F_{зк} / P_{зк}$ – гидравлический радиус заборной камеры, м;

f_0 – коэффициент внутреннего трения материала;

$P_{зк}$ – периметр заборной камеры, м.

Площадь заборной камеры

$$F_{зк} = \int_0^{h/2} (y_1 - y_2) dx. \quad (7)$$

С учетом (1) и (2) выражение (7) запишется

$$\begin{aligned} F_{зк} &= \int_0^{h/2} \left(R_k \sin \frac{2\pi x}{h} - R_k \sin \left(\frac{2\pi x}{h} + \Delta\varphi \right) \right) dx = \int_0^{h/2} 2R_k \cos \left(\frac{2\pi x}{h} - \frac{\Delta\varphi}{2} \right) \sin \frac{\Delta\varphi}{2} dx = \\ &= 2R_k \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \times \int_0^{h/2} \cos \left(\frac{2\pi x}{h} - \frac{\Delta\varphi}{2} \right) dx = 2R_k \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \int_0^{h/2} \left(\cos \frac{2\pi x}{h} \cos \frac{\Delta\varphi}{2} + \sin \frac{2\pi x}{h} \times \right. \\ &\times \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \left. \right) dx = R_k \sin \Delta\varphi \times \int_0^{h/2} \cos \frac{2\pi x}{h} dx + 2R_k \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2} \int_0^{h/2} \sin \frac{2\pi x}{h} dx = \frac{2R_k h}{\pi} \times \\ &\times \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}. \end{aligned} \quad (8)$$

С учётом выражения (3) формула (8) примет вид

$$F_{зк} = \frac{2R_k h}{\pi} \sin^2 \left(\arccos \left(1 - \frac{B^2}{2R^2} \right) \right). \quad (9)$$

Периметр заборной камеры определится как

$$P_{зк} = l_{y_1} + l_{y_2} = 2l_{y_1}, \quad (10)$$

где l_{y_1}, l_{y_2} – длины образующих заборной камеры, м.

$$l_{y_1} = \int_0^{h/2} \sqrt{1 + (y_1')^2} dx = \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi R_k}{h} \cos \frac{2\pi x}{h} \right)^2} dx = \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R_k)^2}{h^2} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx. \quad (11)$$

Интеграл в выражении (11) не берется, т.к. первообразная функции, находящейся в подинтегральном выражении, не может быть выражена как комбинация элементарных функций, связанных знаками арифметических действий и знаками композиций. Поставленная задача с успехом решается при помощи пакетов прикладных математических программ: *Mathematica*, *MathCad* и др.

Таким образом,

$$P_{зк} = 2 \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R_k)^2}{h^2} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx, \quad (12)$$

$$R_{зк} = \frac{R_k h \sin^2 \left(\arccos \left(1 - \frac{B^2}{2R_k^2} \right) \right)}{\pi \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R_k)^2}{h^2} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx}, \quad (13)$$

$$v_{\text{ист}} = \frac{R_k g h \sin^2 \left(\arccos \left(1 - \frac{B^2}{2R_k^2} \right) \right)}{\sqrt{\pi f_0 \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R_k)^2}{h} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx}}. \quad (14)$$

С учетом (9) и (14) выражение для определения пропускной способности заборной камеры примет вид

$$W_{\text{зк}} = \frac{2R_k h}{\pi} \gamma \sin^3 \Delta \varphi \sqrt{\frac{R_k g h}{\pi f_0 \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R_k)^2}{h} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx}}. \quad (15)$$

В общем случае заборную производительность шнекового подающего устройства (кг/с) определим по выражению [7, с. 97]:

$$W_{\text{ш}} = 13,1(D^2 - d^2) S n \psi \gamma, \quad (16)$$

где D – диаметр наружной кромки винта, м;
 d – диаметр внутренней кромки винта, м;
 S – шаг витков шнека, м;
 n – число оборотов шнека, с⁻¹;
 ψ – коэффициент заполнения.

Приравняв правые части выражений (15) и (16), получим

$$\sin^3 \Delta \varphi = 6,5(D^2 - d^2) S n \psi \pi / \sqrt{\frac{R^3 g h^3}{\pi f_0 \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R)^2}{h} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx}}, \quad (17)$$

$$\Delta \varphi = \arcsin \sqrt[3]{6,5(D^2 - d^2) S n \psi \pi / \sqrt{\frac{R^3 g h^3}{\pi f_0 \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R)^2}{h} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx}}}. \quad (18)$$

С учётом (3) и (18) выражение для определения ширины ленточного выреза в кожухе примет вид

$$B = 2R_k \sin \left(0,5 \arcsin \sqrt[3]{6,5(D^2 - d^2) S n \psi \pi / \sqrt{\frac{R_k^3 g h^3}{\pi f_0 \int_0^{h/2} \sqrt{1 + \frac{4(\pi R_k)^2}{h} \cos^2 \frac{2\pi x}{h}} dx}} \right). \quad (19)$$

Так, для ШПУ с соотношением $S = D$, $\psi = 1$ (рисунок 2) при частоте вращения винта $n = 1 \text{ с}^{-1}$ (60 мин⁻¹), $B = 0,066$ м создаются оптимальные условия для поступления материала в кожух ШПУ и его дальнейшего перемещения к распределяющим рабочим органам. Для установленной ширины выреза B увеличение частоты вращения винта выше оптимальной приводит к снижению коэффициента забора материала, ухудшаются условия проникновения материала в кожух ШПУ. При этом уменьшается производительность ШПУ и возрастает энергоёмкость перемещения материала. Кроме этого, увеличение $B \geq 2R_k$ не целесообразно, т.к. при этом ухудшается надёжность и прочность ШПУ.

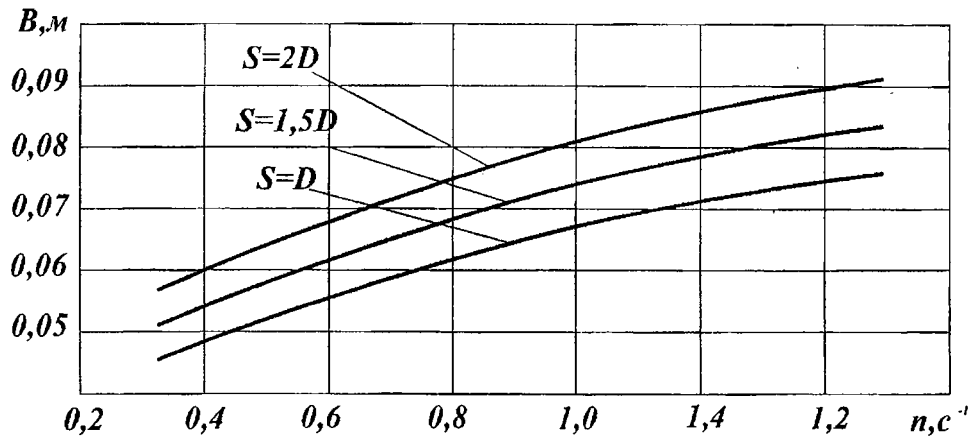


Рисунок 2.

Заключение

Полученное выражение (19), учитывающее конструктивные и скоростные параметры кожуха и винта, геометрию заборной камеры, а также свойства транспортируемого материала, позволяет определить оптимальную ширину ленточного выреза в кожухе и обеспечить устойчивую работу и необходимую пропускную способность ШПУ.

Эксперименты подтвердили правомерность теоретических исследований.

Литература

1. Иванов, В.Г. Исследование скоростных шнеков / В.Г. Иванов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1962. – № 5. – С. 27-29.
2. Обёртышев, А.И. Влияние длины загрузочного окна шнекового транспортера на потребляемую мощность / А.И. Обёртышев // Механиз. и электр. соц. с.-х. – 1966. – №9. – С. 12-13.
3. Zhong, Z. The effect of the shape of the feed opening on the performance of a horizontal screw conveyor / Z. Zhong, J.R. O'Callagan // J. agr. enng. Res.. – 1990. – Т. 46, N2. – p. 125-128.
4. Волков, Ю.И. Результаты экспериментальных исследований заборной способности винтовых рабочих органов / Ю.И. Волков, П.И. Павлов / Механизация животноводства. – Саратов, 1994. – С. 26-31.
5. Разбрасыватель минеральных удобрений: пат. 4143 Респ. Беларусь, МПК6 А 01 С15/00 / Л.Я. Степук, В.В. Голдыбан, С.А. Казаченок, П.И. Нитиевский; заявитель Респуб. унитар. предпр. «НПЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз». – №20070502; заявл. 07.09.2007; опубл. 10.15.2007.
6. Колеснев, Г.Ф. Исследование процесса транспортирования грубых кормов шнековым питателем и обоснование его параметров: дис. ... канд. технич. наук: 05.20.01 / Г.Ф. Колеснев. – Минск, 1980. – 140 с.
7. Борисов, А.М. Сельскохозяйственные погрузочно-разгрузочные машины / А. М. Борисов. – М.: Машиностроение, 1973. – 160 с.