

Несмиян А. Ю., канд. техн. наук, доц.,  
 Должиков В. В., аспирант,  
 Яковец А. В., аспирант  
 Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия

## ТЕОРИЯ РАБОТЫ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ ВАКУУМНОГО ТИПА

vv7713vv@bk.ru

Рассмотрены элементы теории дозирования семян пневматическими высевальными аппаратами пропашной сеялки вакуумного типа. Представлены результаты экспериментальных исследований, целью которых было определение угла укладки семян в работающем высевальном аппарате. Материалы могут быть использованы при описании поведения сыпучих сред в движении, а также при проектировании пропашных сеялок.

**Ключевые слова:** вакуумный высевальный аппарат, пропашная сеялка, семенной материал, угол укладки, пористость.

В силу биологических особенностей пропашных культур большое внимание уделяется точности их посева с точки зрения равномерности распределения семян по площади питания. Точность распределения семян во многом определяется качеством поштучного дозирования их высевальными аппаратами.

В настоящее время наибольшее распространение получили пневматические сеялки вакуумного типа с дисковыми высевальными аппаратами, такими, например, как аппараты сеялки СПБ-8К (рис. 1).

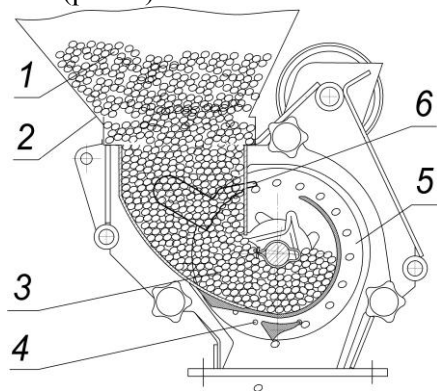


Рис. 1. Высевальный аппарат сеялки СПБ-8К

Аппарат работает следующим образом. Семена 1 из бункера 2 поступают в семенную камеру 3, где под действием разрежения в вакуумной камере присасываются к отверстиям 4 высевального диска 5, расположенного между вакуумной и семенной камерой.

По мере вращения высевального диска семена, присосавшиеся к отверстиям, выносятся из семенной камеры и поступают в зону, где с помощью плоского сбрасывателя 6 происходит удаление лишних семян. Оставшиеся семена транспортируются в зону отсечки вакуума и сбрасываются в сошник для заделки в борозду.

Согласно математической модели процесса высева на семя в высевальном аппарате действуют силы, представленные на рисунке 2.

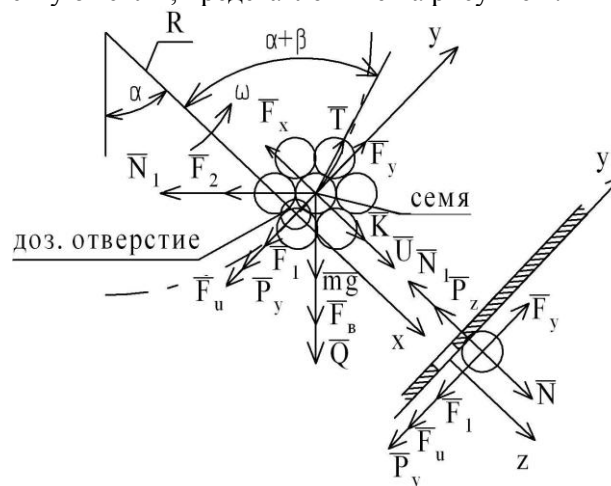


Рис. 2. Схема сил, действующих на семя в высевальном аппарате при дозировании  
 $\overline{mg}$  – сила тяжести семени, Н;  $\overline{U}$  – центробежная сила, Н;  $\overline{T}$  – сила давления ворошилки на семя через промежуточные семена, Н;  $\overline{Q}$  – сила давления вышележащего слоя семян на семя, Н;  $\overline{N}_1$  – сила бокового давления семян на семя, Н;  $\overline{N}$  – реакция со стороны диска на семя, Н;  $\overline{F}$ ,  $\overline{F}_x$ ,  $\overline{F}_y$  – соответственно сила трения семени о диск и ее составляющие по осям  $x$  и  $y$ , Н;  $\overline{F}_1$  – сила трения второго (от диска) слоя семян о семя, Н;  $\overline{F}_2$  – горизонтальная сила трения первого слоя семян о семя, Н;  $\overline{F}_3$  – вертикальная сила трения первого слоя семян о семя, Н;  $\overline{K}$  – сила Кориолиса, Н;  $\overline{P}$ ,  $\overline{P}_y$ ,  $\overline{P}_z$  – соответственно сила присасывания и ее составляющие по осям  $y$  и  $z$ , Н;  $\overline{F}_u$  – тангенциальная сила инерции, Н.

Так как пропашные культуры крайне чувствительны к площади питания, то расположение семян в высевальных аппаратах имеет важное значение на процесс дозирования семян.

В теории, описывающей поведение сыпучих материалов принято заменять исследуемый материал некоторой идеальной моделью [1]. Посевной материал, согласно этим моделям, будет считаться состоящим из однородных шаровых частиц, абсолютно твердых и недеформируемых, обладающих сухим внутренним и внешним трением, уложенных геометрически правильными рядами с постоянным углом укладки  $\beta$ .

При этом наиболее вероятный угол укладки  $\beta$  шаровых частиц является, по существу, характеристикой эквивалентности принятой модели рассматриваемому сыпучему материалу. Угол укладки  $\beta$  определяется углом, образованным вертикальной осью и общей нормалью к шаровым частицам в точке их контакта (рис. 3).

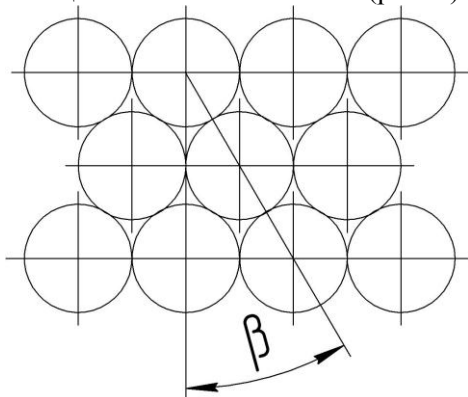


Рис. 3. Угол укладки семян

У различных авторов нет единого мнения о значениях показателя  $\beta$ . При проведении теоретических расчетов для различных сыпучих сред угол  $\beta$  может приниматься  $35^{\circ}15'$  (как для наиболее вероятной тетрагонально-сфероидальной укладки) или  $22^{\circ}12'$  (как среднее возможное значение для предельных плотных упаковок),  $29^{\circ}$  (как наиболее вероятный среди плотных упаковок частиц), некоторые авторы путем вычислений получали теоретический угол укладки для семян различных культур  $45...55^{\circ}$  и т.д. [2]. Однако все эти значения не учитывают реальных технологических свойств частиц.

Укладку частиц сыпучего тела определяет пористость – совокупная мера размеров и количества пор в материале.

Для количественной характеристики пористости используется коэффициент пористости:

$$m = \frac{V_{\text{ПОР}}}{V_{\text{СЕМ}}}, \quad (1)$$

где  $m$  – коэффициент пористости;  $V_{\text{пор}}$  – объем пустот в навеске семян, мл;  $V_{\text{сем}}$  – объем навески семян, мл.

Значения пористости сыпучих материалов, характерные для основных типов упаковок приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1.

**Типы плотных упаковок сыпучих материалов**

Типы упаковок	Координационное число	Расстояние между слоями шаров, ед. дл.	Пористость, %	Угол укладки, $\beta$ , рад
Простая кубическая	6	2,00	47,64	0
Кубическо-тетраэдральная	8	2,00	39,54	0
Тетрагонально-сфероидальная	10	1,73	30,19	$\frac{\pi}{6}$
Тетраэдральная	12	1,62	25,95	$\frac{\pi}{5}$
Пирамидальная	12	1,41	25,95	$\frac{\pi}{4}$

При работе высевального аппарата, в результате работы ворошителя, происходит нарушение плотности укладки посевного материала в семенной камере. Это приводит к увеличению пористости между семенами.

Для проверки теоретических предположений об угле укладки, был проведен эксперимент на определения пористости семян в работающем высевальном аппарате. Исследования проводились с использованием высевального аппарата сеялки СПК-8 (рис. 4) при дозировании семян подсолнечника сорта «Лакомка» и кукурузы «РИК340МВ». Для обеспечения статистически достоверных опытных данных каждый опыт проводился в трех повторностях, по результатам которых было определено среднее значение пористости семян.

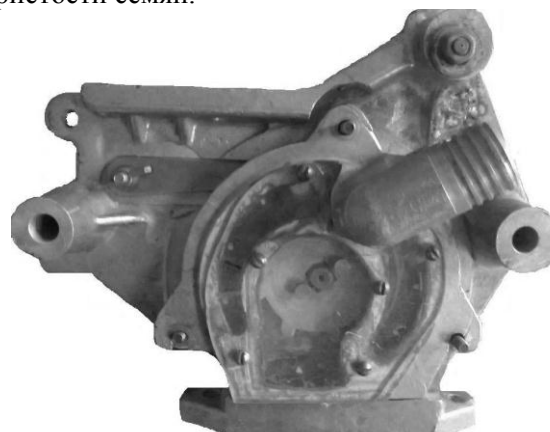


Рис. 4. Экспериментальный высевальный аппарат

Для определения пористости используют различные методы (прямые, косвенные, метод

Преображенского и т.д.), однако все они затратны и требуют специального оборудования. Поэтому в эксперименте для определения пористости использовалась мензурка с водой.

Для определения объема семян в семенной камере во время работы высевающего аппарата крышка и высевающий диск последнего были заменены на аналогичные, выполненные из прозрачного материала. Во время дозирования визуально определялась верхняя граница перемешиваемых ворошителем семян. Высевающий аппарат останавливался, одновременно с этим перекрывалось окно поступления семян из бункера в семенную камеру, откуда после извлекался весь семенной материал и при помощи мензурки с водой определялся объем семян ( $V_{\text{сем}}$ , мл). Объем, занимаемый семенами в семенной камере заполнялся аморфным материалом, объем которого ( $V_{\text{ам}}$ , мл) также определялся при помощи мензурки.

Объем пустот в навеске семян определялся по формуле:

$$V_{\text{ПОР}} = V_{\text{ам}} - V_{\text{сем}}. \quad (2)$$

По зависимости (1) определялся коэффициент пористости  $m$ .

Затем проводилось сравнение полученных коэффициентов  $m$  с теоретической зависимостью, представленной на рисунке 5.

Экспериментально было установлено, что коэффициент пористости для кукурузы при работе высевающего аппарата составил  $\Pi_{\text{кук}}=56\%$ , а для подсолнечника  $\Pi_{\text{подс}}=39\%$ .

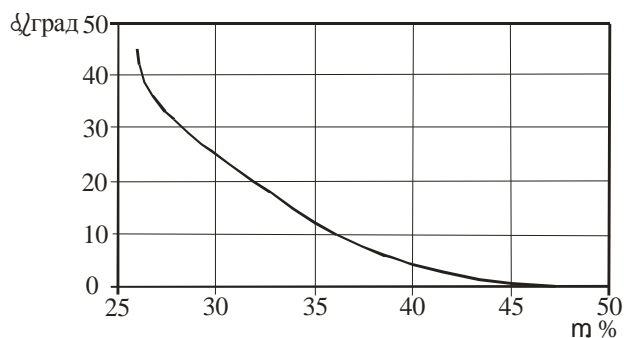


Рис. 5. Пористость укладок сыпучих материалов

Таким образом, используя зависимость, представленную на рисунке 4 можно определить, что угол укладки семян в семенной камере стремится к нулю, т.е. горизонтальные составляющие давления вышележащих слоев семян в принятой математической модели рабочего процесса дискового высевающего аппарата в расчетах можно не учитывать.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гячев, Л.В. Основы теории бункеров / Л. В. Гячев // – Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1992. – 311 с.
2. Несмиян А.Ю. Определение угла укладки частиц сыпучих материалов / А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, Д.Е. Шаповалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – №7. – С. 19-20.
3. Богомягких В.А. Теория и расчет бункеров для зернистых материалов / В.А. Богомягких // – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1973. – 148 с.