

## INGINERIE AGRARĂ ȘI TRANSPORT AUTO

УДК 633.63.631

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН ПО СЕМЯПРОВОДУ

**В. СЕРБИН, Б. НАЗАР**

*Государственный аграрный университет Молдовы*

**Abstract.** The article describes the parameters characteristics that make the seeds moving through the pipe. There were used the calculation formula of the famous scientists Taylor and Bernoulli in order to determine the optimum pressure within the chamber of distribution device as well as the speed of seeds movement in the stream of air from the pipe.

**Key words:** Destruction of seeds energy, Distribution device, Parameters of air losses, Speed of a seed, Taylor, The pressure within the chamber.

#### ВВЕДЕНИЕ

Скорость движущегося семени по семяпроводу зависит в основном от скорости потока воздуха. В свою очередь, скорость воздушного потока функционально связана с общим напором, который в гидромеханике интерпретируется энергией, заключенной в единице массы воздуха. В исследуемом процессе часть этой энергии преобразуется в энергию движения семени.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В общем виде кинетическая энергия семени на выходе из семяпровода выражается формулой:

$$E = \frac{m\dot{x}_k^2}{2} \quad (1)$$

где:  $m$  - масса семени,  $\dot{x}_k$  - скорость семени на выходе из семяпровода.

В принципе существует опасность того, что большая кинетическая энергия семени может вызывать его разрушение при столкновении с препятствием на выходе из семяпровода, каковым является, например, заделывающий орган сеялки. Поэтому конечная скорость не должна быть для семени разрушающей.

Так как задача о скорости семени в напорном семяпроводе, не имеет точного решения, воспользуемся приближенными методами. Перемещение семени с достаточным уровнем достоверности описывается разложенной в ряд Тейлора функцией:

$$x = f(t) = f(t_0) + \frac{f'(t_0)}{1!}(t-t_0) + \frac{f''(t_0)}{2!}(t-t_0)^2 + \frac{f'''(t_0)}{3!}(t-t_0)^3 + \dots + \frac{f^n(t_0)}{n!}(t-t_0)^n \quad (2)$$

Искомая скорость семени определяется ее производной по времени.

Дифференцируя указанную функцию по углу поворота, получаем:

$$dx = \frac{x_0''}{2!} \left( \frac{\varphi - \varphi_0}{\omega} \right) \frac{d\varphi}{\omega} + \frac{x_0'''}{3!} \left( \frac{\varphi - \varphi_0}{\omega} \right)^2 \frac{d\varphi}{\omega} + \frac{x_0''''}{4!} \left( \frac{\varphi - \varphi_0}{\omega} \right)^3 \frac{d\varphi}{\omega} \quad (3)$$

При дифференцировании учитывалось, что первые два члена исходной функции по условиям задачи равны нулю.

В связи с тем, что:  $\varphi = \omega t$ ;  $d\varphi = \omega dt$

для скорости семени получим следующее уравнение:

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = \frac{x_0''}{1!} \left( \frac{\varphi - \varphi_0}{\omega} \right) + \frac{x_0'''}{2!} \left( \frac{\varphi - \varphi_0}{\omega} \right)^2 + \frac{x_0''''}{3!} \left( \frac{\varphi - \varphi_0}{\omega} \right)^3 \quad (4)$$

В данном уравнении коэффициенты его членов  $x_0''$ ,  $x_0'''$ ,  $x_0''''$ , определяются из начальных условий формулами:  $x'' = f''\left(\frac{\varphi_0}{\omega}\right) = k_n u^2 + \omega^2 x_0 + g \sin \varphi_0 - fg \cos \varphi_0$

$$x_0''' = f'''\left(\frac{\varphi_0}{\omega}\right) = -2k_n u x_0'' + g \omega \cos \varphi_0 - f' - g \omega \sin \varphi_0 - 2\omega x_0''$$

$$x_0'''' = f''''\left(\frac{\varphi_0}{\omega}\right) = 2k_n ((x_0'')^2 - u x_0''') + \omega^2 x_0'' - g \omega^2 \sin \varphi_0 - f'' - g \omega^2 \cos \varphi_0 - 2\omega x_0'''$$

Уравнение (4) дает возможность в зависимости от угла поворота семяпровода рассчитать скорость семени в любой по длине точке семяпровода.

Для наглядности произведем расчет скорости семени на выходе из семяпровода, определив условия конкретными данными. Предположим, что угловая скорость семяпровода  $\omega = 5$  рад/с, скорость потока воздуха  $u = 30$  м/с, коэффициент парусности семян  $K_p = 0,05$  1/м. Сделаем так, чтобы семя выбрасывалось из семяпровода при его повороте на угол  $\varphi = 80^\circ$ , подобрав для этого соответствующую длину семяпровода. Используя значения расчетных коэффициентов членов ряда согласно уравнению (4) получим:

$$\dot{x}_{\varphi=80^\circ} = 92,2 \left( \frac{80-30}{5} \right) - \frac{1050}{2} \left( \frac{80-30}{5} \right)^2 + \frac{9438}{6} \left( \frac{80-30}{5} \right)^3;$$

$$\dot{x}_{\varphi=80^\circ} = 8,47 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

Различные сочетания параметров, обуславливающих движение семян, предопределяют их скорость, которая, естественно, может быть большей или меньшей по сравнению с рассчитанной. Представление о скоростях семян в семяпроводе, вычисленных для некоторого ограниченного факторного пространства, дают данные таблицы 1.

Таблица 1

Скорости семян в семяпроводе, м/с

Угловая скорость $\omega$ , рад/с	Скорость воздуха $u$ , м/с	Угол поворота семяпровода $\varphi^\circ$					
		40	50	60	70	80	90
5	20	1.26	2.21	2.98	3.15	4.61	5.73
	30	2.63	4.41	5.70	6.92	8.47	10.72
8	20	0.02	1.93	2.05	2.62	3.28	4.16
	30	1.74	3.00	4.00	5.08	6.29	8.05
	40	2.94	4.94	6.47	8.01	10.08	13.13

При их сопоставлении обнаруживается заметное влияние скорости воздуха на скорость семени. Так, при скорости воздуха 30 и 40 м/с и угловой скорости 8 рад/с разность между соответствующими скоростями семян в фазе угла поворота  $\varphi = \pi/2$  составляет около 4 м/с. Приращение скорости семени с приращением угла поворота при одной и той же скорости воздуха неравномерно и не подчиняется какой-либо закономерности. Скорости семян 10,72...13,13 м/с, полученные в расчетах, являются наибольшими в исследуемой области факторного пространства. По-видимому, при определенных условиях, связанных с направленностью удара семени о препятствие и упругостью соударяющихся тел, они могут быть разрушительными.

Однако для опережающей подачи семян угол поворота, соответствующий их выбросу, необходимо уменьшить до  $70...75^\circ$ . Тогда скорости семян на выходе из семяпровода при тех же скоростях воздуха снижаются до 5...8 м/с. При этом, например, кинетическая энергия семени кукурузы массой 0,290 г составит

$$E = \frac{m \dot{x}_k^2}{2} \Rightarrow \frac{0,290 \cdot 8^2}{2} = 0,00928 \text{ Дж}$$

Эта энергия по величине одного порядка с энергией удара, испытываемого семенами при

обмолоте стандартными бичевыми барабанами (В. Войцехович, 1969). При окружной скорости бичей 8...10 м/с наблюдаются случаи повреждения отдельных семян. В связи с этим вполне допустимо предположение, что максимальная скорость семян на выходе из семяпровода, при которой исключалось бы увеличение скорости семени, также не должна быть больше 8...10 м/с. В значительной степени эта скорость зависит от исходного давления воздуха в напорной камере высевающего аппарата. Исходное давление в аппарате с некоторой долей вероятности поддается прогнозированию аналитическими методами. Идеализируя процесс истечения воздуха из напорной камеры через семяпровод, представим высевающий аппарат в виде сосуда с насадкой в плоскости (рис. 1).

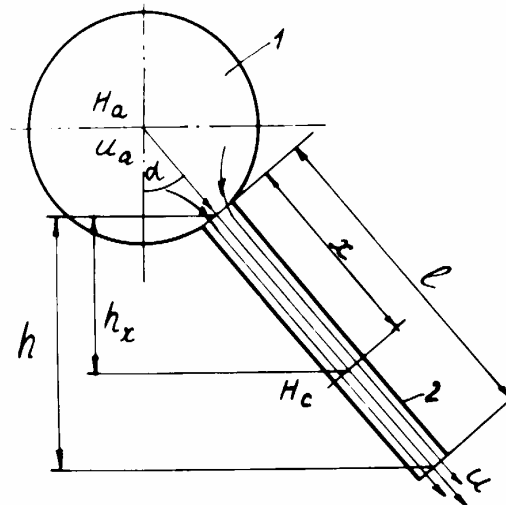


Рисунок 1. Модель движения воздуха по семяпроводу

1- напорная камера аппарата; 2- семяпровод;  $a$  - угол наклона семяпровода;  $l$  - длина семяпровода;  $H_a$  - давление воздуха в камере;  $H_c$  - статическое давление в семяпроводе.

Внутри сосуда поддерживается стабильное давление. При этом условия истечения газа таковы, что его можно рассматривать практически несжимаемым. Л. Прандтль (1989), в частности, показал, что при движении газа со скоростью 48 м/с изменение его плотности не превышает 1%.

В нашем случае такая скорость воздуха в семяпроводе является предельной. Поэтому для данных условий закон сохранения энергии движущегося по семяпроводу воздуха в произвольном сечении выражается следующим уравнением Бернулли:

$$\frac{H}{\rho} + \frac{u_a^2}{2} = \frac{H_c}{\rho} + \frac{u^2}{2} - gh_x - x^2 \omega^2 \quad (5)$$

Для концевое сечения семяпровода получим:

$$\frac{H}{\rho} + \frac{u_a^2}{2} = \frac{H_c}{\rho} + \frac{u^2}{2} - gh - l^2 \omega^2 \quad (6)$$

где:  $\rho$  - плотность воздуха,

$u_a$  - скорость воздуха в камере аппарата,

$u$  - скорость воздуха в семяпроводе,

$\omega$  - угловая скорость семяпровода.

Так как сечение напорной камеры неизмеримо больше сечения семяпровода, то скорость воздуха в аппарате можно считать предельно малой.

Поэтому:

$$H = H_c + \frac{\rho u^2}{2} - g\rho h - \rho l^2 \omega^2 \quad (7)$$

Анализируя это уравнение, необходимо отметить следующее. Геометрическая высота столба воздуха не может превышать длину семяпровода. К тому же семяпроводы большей длины для практических целей не требуются. Сравнительно малыми являются и угловые скорости семян. Поэтому последние два члена правой части уравнения дают расчетное давление, не превышающее 10 Па, что по сравнению с динамическим давлением составляет менее одного процента. В связи с этим уравнение (7) без существенной погрешности можно упростить:

$$H = H_c + \frac{\rho u^2}{2} \quad (8)$$

Показатель статического давления, в полученном уравнении выражает потерю энергии воздушного потока на трения воздуха о стенки каналов и в местах перехода этого потока от высевающего аппарата к семяпроводам. Обычно показатель потерь определяют соотношением.

$$K = \sqrt{\frac{H_g}{H_g + H_c}} \quad (9)$$

Отсюда:

$$H_c = \frac{1-K^2}{K^2} H_g \Rightarrow \frac{(1-K^2)\rho u^2}{2K^2} \quad (10)$$

После подстановки выражения (9) в (8) получим:

$$H = \frac{(1-K^2)\rho u^2}{2K^2} + \frac{\rho u^2}{2}$$

$$H = \frac{\rho u^2}{2K^2} \quad (11)$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатель потерь определяется экспериментальным путем. Поэтому по аналогии с известными воздушными системами этот показатель для сеялки можно ограничить предположительно следующими пределами:  $K = 0,45 \dots 0,65$

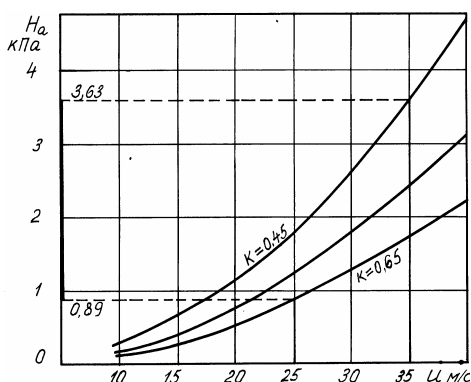


Рисунок 2. Графики давления воздуха в напорной камере аппарата

исходного давления в камере высевающего аппарата.

Графический аналог полученного уравнения (рис. 2) позволяет выделить область оптимизации давления в камере высевающего аппарата.

Если исходить из теоретически обоснованных предпосылок, согласно которым скорость воздушной струи 25...35 м/с достаточна для транспортировки семени в заданном скоростном режиме и в заданном времени, то согласно графику эта область на оси ординат располагается в интервале давлений 0,887...3,629 кПа.

При этом важно отметить весьма существенное обстоятельство: интервалы давлений при отборе семян дозирующими элементами и при транспортировке их по семяпроводам в основном совмещаются. Это, естественно, упрощает задачу организации рабочего процесса всей пневматической системы сеялки на основе выбора

## ВЫВОДЫ

1. Составлены и решены дифференциальные уравнения, описывающие движение семян совместно с потоком воздуха в семяпроводах.
2. Определены энергетические характеристики семян движущихся в потоке воздуха, позволившие обосновать величину скорости движения семян на выходе из семяпровода и выделить область оптимизации давления в камере высевающего аппарата.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Войцехович, В. В. *Исследование процесса обмолота кукурузы бильным молотильным аппаратом с роликовым подбарабаньем и определение рациональных его параметров*. Дис. ... канд. техн. наук. Кишинев, 1969, 218 с.
2. Прандтль, Л. *Гидромеханика*. - М.: ИЛ, 1989, 520 с.

Data prezentării articolului – 19.06.2009