

УДК 631.331

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ С ПОДПРУЖИНЕННЫМ ВЫТАЛКИВАТЕЛЕМ СЕМЯН**

**О. Кухарев**, д-р тех. наук, **И. Сёмов**, канд. тех. наук,  
**ФГБОУ ВПО ПГСХА, г. Пенза, Российская Федерация**

*В статье приведены теоретические исследования экспериментального высевающего аппарата для семян сахарной свеклы с подпружиненным выталкивателем семян.*

**Ключевые слова:** *высевающий аппарат, семена сахарной свеклы, подпружиненный выталкиватель.*

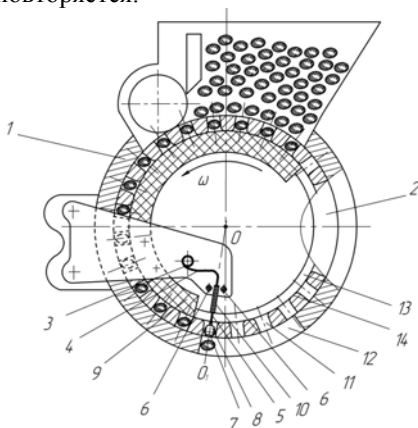
В настоящее время для посева семян сахарной свеклы применяются сеялки механического и пневматического типов. Особенно распространены механические вертикально-дисковые аппараты, которые из-за простоты конструкции; отсутствия громоздких приспособлений типа ворошилок, ускорителей выброса т.п., достаточного качества поштучного отбора семян и их укладки несут основную нагрузку на посеве. При всех их достоинствах у вертикально-дисковых аппаратов есть и недостатки. Это в первую очередь недостаточные показатели равномерности распределения семян и растений в рядках и высокий процент дробления посевного материала. Особенно это проявляется у сеялок типа ССТ-12 различных модификаций при посеве калиброванных инкрустированных семян [1,2].

Поэтому целью решения данной проблемы ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА» был разработан, изготовлен и теоретически обоснован высевающий аппарат с подпружиненным выталкивателем семян (рис. 1) [3].

Высевающий аппарат работает следующим образом. При вращении вертикально установленного в корпусе 1 высевающего диска 2 семена западают в ячейки 11 и транспортируются к высевному окну 12, при этом сектор-вставка 9, установленный в передней части кольцевой проточки 13 предотвращает выпадение семян. На сферическую поверхность шарика 7, действует передняя стенка ячейки, за счет чего шарик 7 подпружиненного выталкивателя 3 перекачивается по передней стенке ячейки в направлении к центру высевающего диска. После чего корпус шарового гнезда 8 выходит по скруглению на поверхность перемычки 14 между ячейками.

Гаситель колебаний 6 ограничивает в пределах угла  $2\alpha$  колебания рабочей части 5 подпружиненного выталкивателя. При подходе ячейки к семенем, поверхность шарика перекачивается по перемычке между ячейками и за счет деформации нерабочей части 4 подпружиненного выталкивателя

корпус шарового гнезда заходит в ячейку и оказывает давление на семя. В момент когда передняя стенка ячейки совпадет с началом высевного окна шарик воздействует на семя с силой направленной по оси  $OO_1$  ячейки. В результате этого семя перемещается в сторону открытой посевной бороздки и укладывается на ее дно, при этом ограничитель хода 10 не позволяет поверхности шарика выйти за окружность высевающего диска. После чего процесс высева семян повторяется.



1 - корпус высевающего аппарата; 2-высевающий диск;  
 3 - подпружиненный выталкиватель; 4 - нерабочая часть подпружиненного выталкивателя; 5 - рабочая часть подпружиненного выталкивателя;  
 6 - гаситель колебаний; 7 - шарик; 8 - шаровое гнездо;  
 9 - сектор-вставка; 10 - ограничитель хода; 11 - ячейка; 12 - высевное окно; 13 - кольцевая проточка; 14 - перемычка  
 Рисунок 1 – Схема высевающего аппарата

При теоретическом обосновании конструктивно-режимных параметров высевающего аппарата с подпружиненным выталкивателем семян рассматривалась работа высевающего аппарата в трех положениях шарика относительно ячейки высевающего диска: шарик выходит из ячейки; шарик движется по перемычке между ячейками; шарик заходит в ячейку [4].

Наибольшее влияние на процесс травмирования семян будет оказывать момент когда шарик заходит в ячейку и соприкасается с семенем. Движение шарика в процессе работы высевающего аппарата будем рассматривать как движение точки М координаты его центра.

Движение точки М рассматривается как сложное. Движение вдоль оси  $y$  – относительное, вращательное движение вместе с диском – переносное.

Запишем дифференциальные уравнения относительного движения точки М в проекциях на оси координат:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -\bar{\Phi}_e \sin \alpha - \bar{\Phi}_k + N + F \sin \alpha \\ m\ddot{y} = -G - F \cos \alpha - F_{mp} - \bar{\Phi}_e \cos \alpha \end{cases}$$

где  $\bar{\Phi}_e = -m \cdot \bar{a}_{en}$ ;  $\bar{\Phi}_k = -m \cdot \bar{a}_k$ ;  $\bar{G}$  – вес шарика, Н;  $\bar{F}$  – сила упругости пружины, Н;  $\bar{N}$  – реакция нормального давления, Н;  $\bar{F}_{тр}$  – сила трения скольжения, Н;  $\bar{\Phi}_e$  – сила инерции переносного движения, Н;  $\bar{\Phi}_k$  – сила инерции Кориолиса, Н.

После преобразования уравнение (1) примет вид

$$\ddot{y} + 2\varpi \cdot f \dot{y} + (1 - f\alpha)\left(\frac{c}{m} - \varpi^2\right)y = -g + \varpi^2 R(1 - f\alpha),$$

где  $R$  – радиус высевающего диска, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $c$  – жесткость подпружиненного выталкивателя семян, Н/м;  $f$  – коэффициент трения;  $\alpha$  – угол между рабочей частью подпружиненного выталкивателя семян и осью ячейки, град.

После некоторых преобразований получим окончательное уравнение движения точки М:

$$y = \frac{\varpi \cdot R}{k} e^{-f\varpi t_1} \sin kt_1 + B. \quad (2)$$

Используя уравнение (2) находим

$$(h - B)e^{f\varpi t_1} = \frac{\varpi \cdot R}{k} \sin kt_1, \quad (3)$$

где  $h$  – высота ячейки, м.

Из уравнения (3) определяем время ( $t_1$ ) и скорость ( $V_1$ ) выхода шарика на перемычку:

$$t_1 = \frac{f \cdot \varpi - \ln\left(\frac{-\varpi \cdot R}{k(B - h)}\right)k}{k},$$

$$V_1 = \dot{y}(t_1) = -\frac{\varpi \cdot R}{k} f \varpi e^{-f\varpi t_1} \sin kt_1 + \varpi \cdot R e^{-f\varpi t_1} \cos kt_1.$$

Определяем скорость ( $V_2$ ) движения точки М по перемычке (рис. 2).

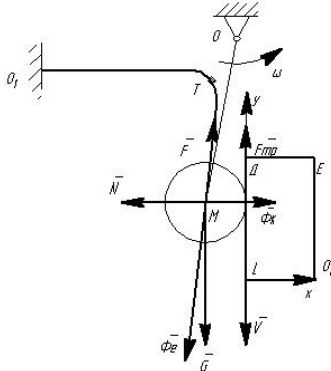


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на подпружиненный выталкиватель семян на участке схода шарика с перемычки в ячейку

Дифференциальное уравнение относительного движения точки М на перемычке в проекциях на ось Х после преобразований примет вид

$$\ddot{x} + 2f\varpi \dot{x} = -f \left[ g + \frac{c}{m}h + \varpi^2(R-h) \right]. \tag{4}$$

Уравнение движения примет вид

$$x = \frac{V_1 - M}{2f\varpi} (-1 + e^{-2f\varpi t_2}) + M \cdot t_2. \tag{5}$$

Решая равенство (5), получим

$$h_2 - Mt_2 = \frac{V_1 - M}{2f\varpi} (-1 + e^{-2f\varpi t_2}). \tag{6}$$

где 
$$M = - \frac{f \left[ g + \frac{c}{m}h + \varpi^2(R-h) \right]}{2f\varpi}.$$

Из уравнения (6) определяем время ( $t_2$ ) и скорость ( $V_2$ ) выхода шарика на перемычку

$$t_2 = \frac{(M \cdot V_1 \left( \frac{1}{2} \cdot (-V_1 + M) \cdot \frac{\exp(-h \cdot f \cdot \frac{\varpi}{M})}{M} \right) + h \cdot f \cdot \varpi}{M \cdot f \cdot \varpi},$$

$$V_2 = V(t_2) = (M - V_1) \cdot e^{-2f\varpi \cdot t_2} + M.$$

Исследуем движение шарика на участке схода шарика с перемычки в ячейку (рис. 2)

После преобразования дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки М:

$$\ddot{y} - 2f\varpi \dot{y} + (1 + f\alpha)\left(\frac{c}{m} - \varpi^2\right)y = -g + (1 + f\alpha)\left(\frac{c}{m}h - \varpi^2 R\right).$$

Решая данное уравнение получим уравнение движения точки М:

$$y = A_1 e^{f\varpi t_3} \sin(k_1 t_3 + \beta_1) + B_1. \quad (7)$$

где  $A_1$ ;  $\beta_1$ ,  $B_1$  и  $k_1$ :

$$A_1 = \sqrt{y_0^2 + \frac{(\dot{y}_0 + f\varpi \cdot y_0)^2}{k_1^2}} = \sqrt{h^2 + \frac{(V_2 + f\varpi h)^2}{k_1^2}},$$

$$\beta_1 = \arctg \frac{h_0 k_1}{V_2 + f\varpi \cdot h},$$

$$k_1 = \sqrt{(1 + f\alpha)^2 \left(\frac{c}{m} - \varpi^2\right)^2 - f^2 \varpi^2}.$$

$$B_1 = \frac{-g + (1 + f\alpha)\left(\frac{c}{m}h - \varpi^2 R\right)}{(1 + f\alpha)\left(\frac{c}{m} - \varpi^2\right)}.$$

Решая равенство (7), получим:

$$h - B_1 = A_1 e^{f\varpi t_3} \sin(k_1 t_3 + \beta_1). \quad (8)$$

Из уравнения (8) определяем время ( $t_3$ ) и скорость ( $V_3$ ) выхода шарика на перемичку:

$$t_3 = \frac{\ln\left(\frac{h + B_1}{A_1}\right)}{f \cdot \varpi},$$

$$V_3 = \dot{y}(t_3) = A_1 e^{f\varpi t_3} [f\varpi \sin(k_1 t_3 + \beta_1) + k_1 \cos(k_1 t_3 + \beta_1)].$$

В момент, когда выталкиватель приобретает скорость  $V_3$ , происходит неупругий удар его по семени. В результате того, что выталкивающая сила, действующая на семя, направлена вниз по оси ячейки высевашего диска, не происходит дробления и защемления семян. Мгновенный импульс неупругого удара определится из уравнения

$$S = \frac{m \cdot m_c (V_3 - V_c)}{m + m_c} = \frac{m \cdot m_c}{m + m_c} V_3.$$

Тогда из выражения  $S = \int_0^{\tau} F dt$  определится сила  $\bar{F}$ , действующая на семя при выталкивании, которая непосредственно влияет на процесс высева семян.

Лабораторно-полевые и производственные исследования сеялки с экспериментальными высевальными аппаратами семян сахарной свеклы подтвердили целесообразность применения высевального аппарата с подпружиненным выталкивателем семян, а также достоверность теоретических и лабораторных исследований. Применение сеялки с разработанными высевальными аппаратами обеспечивает прибавку урожайности сахарной свеклы сорта «РМС 60» на 6% за счет повышения равномерности посева семян сахарной свеклы и снижения их травмируемости при посеве.

Экономические расчеты подтверждают, что применение сеялки с подпружиненным выталкивателем семян для посева сахарной свеклы экономически целесообразно. Годовой экономический эффект при нормативной годовой загрузке 40 ч составил 177,4 тыс. рублей на одну сеялку при сроке окупаемости 0,63 года.

### **Литература**

1. Сёмов, И.Н. Некоторые результаты исследования дискового высевального аппарата /И.Н. Сёмов // Ульяновские чтения 2005: Сб. материалов международной науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора А. Ф. Ульянова.- Саратов, 2005. - С. 56-58.
2. Ларюшин, Н.П. Обоснование выбора конструкции высевального аппарата для посева сахарной свеклы /Н. П. Ларюшин, И.Н. Сёмов // Межвуз. сб. науч. трудов 16 региональной науч.-практ. конф. вузов Поволжья и Предуралья. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – с. 231-232.
3. Пат. 55532 РФ, МКИ<sup>5</sup> А 01 С 7/04. Высевальный аппарат / Н.П. Ларюшин, И.Н. Сёмов. (РФ). - №2006115369; Заявлено 04.05.2006; Опубл. 27.08.2006, Бюл. № 24.
4. Ларюшин, Н.П. Теоретические и экспериментальные исследования высевального аппарата с подпружиненным выталкивателем семян сахарной свеклы /Н. П. Ларюшин, И.Н. Сёмов // Пенза: 2007. - 50 с.

### **Анотація**

*У статті наведено теоретичні дослідження експериментального висівного апарата для висіву насіння цукрових буряків з підпружиненим виштовхувачем насіння.*

### **Summary**

*The article presents theoretical study of experimental sowing device for sugar beet seeds sowing with spring-loaded seeds ejector.*