

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

Миронов А.С. к.т.н., доцент, Е.В. Золотовская, к.т.н., доцент

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

В статье приводится расчет оптимальных параметров диаметра присасывающего отверстия и давления выноса семян пневматическим высевающим аппаратом. Определена теоретическая зависимость при работе высевающего аппарата между диаметром присасывающего отверстия, давлением, скоростью воздушного потока, скоростью передвижения присоски, расположенной независимо на диске или барабане, глубиной выноса семян, физико-механическими свойствами семян. Очевидно, что при установке одного диаметра присасывающего отверстия, для высева семян капусты, для глубины выноса до 0,015 м и скорости до 0,5 м/с, давление должно быть в пределах 0,1-30 кПа.

Постановка проблемы. В последнее время, темпы прироста площадей теплиц обеспечены мощностью заводов, производящих несущие конструкции и технологическое оборудование. Это обеспечивает возможность создания специализированных комплексов, в которых рассада производится по промышленной технологии и становится товаром с определенными стандартами. Концентрация производства рассады в комплексах имеет большое экономическое и народнохозяйственное значение. В связи с этим, разработка и создание специальных технических средств для комплексной механизации технологических процессов производства рассады приобретает особую важность.

Основными задачами при переходе к промышленной технологии производства рассады является механизация посева и точная выкладка семян на единицу площади. За прошедшие годы, пневматические сеялки точного высева, за счет повышенной универсальности и простоте конструкции, получили широкое распространение в овощных сеялках.

Присасывание семян к отверстию высасывающего диска (барабана) происходит в непосредственной близости всасывающего потока воздуха. Как показывают исследования К. Веллера и Г.А. Кошевникова по пневматическим аппаратам хлопкоуборочных машин, характеристика всасывающего воздушного потока имеет особенность: по мере удаления от сопла резко падает скорость воздуха. Этим объясняется требование максимального приближения объекта присасывания к отверстию.

В научной литературе [1-5] процесс высева пневматическим высевающими аппаратами приведены аналитические зависимости для определения необходимого разрежения в вакуумных камерах, обеспечивающего надежный захват семян, и результаты экспериментов.

Однако следует отметить, что многие авторы указанных работ, рассматривая процесс высева, делали некоторые допущения, например, расчет вакуума проводили для семян, находящихся на поверхности, затем на основании экспериментальных данных вводили коэффициенты 100-200, не учитывая сложного движения в момент захвата, выноса, удержания семян присасывающими отверстиями, в результате чего получали приближенные зависимости. Кроме того, некоторые из этих работ носят частный характер, что также ограничивает область применения их результатов.

Вынос семян из семенного бункера в пневматических высевающих аппаратах осуществляется присоской. В существующих пневматических высевающих аппаратах диаметр присасывающего отверстия от 0,8 до 4 мм. Это приводит к тому, что на пневматических сеялках для высева семян разных культур прикладываются несколько комплектов сменных дисков (барабанов) с определенным диаметром присасывающего отверстия и их количеством, устанавливаются сбрасыватели лишних семян.

Нами поставлена задача создания высевающего аппарата с таким диаметром присасывающего отверстия и давления выноса семян, который мог бы обеспечить высев мелких овощных семян (перец, капуста, томаты, баклажаны, салат, редис, петрушка и др.), возделываемых в теплицах и открытом грунте. Такое решение позволит упростить конструкцию высевающего аппарата, обеспечить высокую готовность машины к работе без переналадок.

Цель работы – определить оптимальные параметры диаметра присасывающего отверстия и давления выноса семян.

Результаты исследований. Технологический процесс высева семян пневматическими высевающими аппаратами состоит из 4 этапов. Первый этап характеризуется созданием семенного потока (бурление, рыхлое состояние) в бункере, обеспечивающего надежное присасывание семян. Второй этап – это присасывание семян к отверстию. Третий этап относится к выносу и транспортировке семян присоской к месту сбрасывания и четвертый – само сбрасывание, очистка присасывающего отверстия. Из приведенной схемы процесса высева видно, что все его этапы тесно взаимосвязаны и в конечном итоге определяют количественную и качественную равномерность подачи семян в раскрытую сошником борозду.

В рассматриваемом высевающем аппарате присасывающее отверстие, расположенное на диске, барабане или роторе, перемещается с определенной скоростью, обеспечивая при этом вынос семян из вороха.

Определим теоретическую зависимость при работе высевающего аппарата между диаметром присасывающего отверстия, давлением, скоростью воздушного потока, скоростью передвижения присоски, расположенной независимо на диске или барабане, глубиной выноса семян, физико-механическими свойствами семян.

На рис. 1 изображено присасывающее отверстие, с одной стороны которого вакуум P_r , и с другой – атмосферное давление P_a . В зоне воздушного потока, образованного разностью давлений, помещен шар.

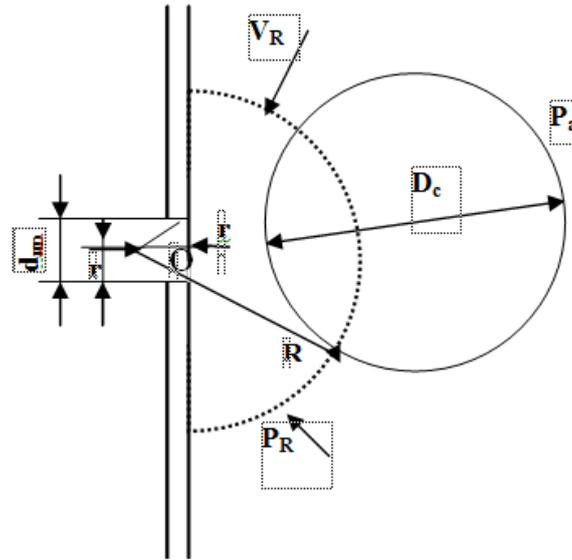


Рис. 1 – Схема присасывания к отверстию одного семени

Считаем, что эпицентр пониженного давления P_r находится на расстоянии $\frac{d_{np}}{2} = r$ от наружной плоскости присасывающего отверстия.

Для определения давления P_R и скорости V_R воздушного потока в точке, находящейся на расстоянии R от эпицентра, воспользуемся уравнением Бернулли и уравнением неразрывности:

$$\frac{\rho_R V_R^2}{2} + P_R = \frac{\rho_r V_r^2}{2} + P_r, \quad (1)$$

$$\rho_R V_R S_R = \rho_r V_r S_r, \quad (2)$$

где ρ – плотность воздуха на расстояниях R и r ;

V_R – скорость воздуха на расстоянии R ;

P_R – давление на расстоянии R ;

V_r – скорость воздуха в точке 0 ;

P_r – давление в точке 0 ;

S_R, S_r – площадь половины сферической поверхности на расстоянии R и r .

Заметим, что скорость воздуха в бесконечно удаленной точке $R = \infty$ равна нулю $V_{(\infty)} = 0$, а давление равно атмосферному $P_{(\infty)} = P_a$.

Тогда уравнение (1) запишется в виде:

$$P_R = P_a = \frac{\rho_r V_r^2}{2} + P_r,$$

Откуда находим:

$$V_r = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_r}}; \quad (3)$$

$$\text{где} \quad \Delta P = P_a - P_r, \quad (4)$$

ΔP – разность давлений.

Поскольку воздушный поток перед присасывающим отверстием проходит через половину сферической поверхности, то

$$S_R = 2\pi R^2; \quad (5)$$

$$S_r = 2\pi r^2,$$

где R – расстояние от наружной плоскости присасывающего отверстия до нормального, приближенного к атмосферному давлению;

r – расстояние от наружной плоскости присасывающего отверстия до эпицентра пониженного давления.

Подставив формулы (3) и (5) в (2), находим значение скорости воздушного потока на расстоянии R :

$$V_R = \frac{\rho_r S_r}{\rho_R S_R} V_r = \frac{\rho_r}{\rho_R} \left(\frac{r}{R} \right)^2 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_r}}. \quad (6)$$

Определим давление в точке R , подставив формулы (3) и (6) в (1):

$$P_R = P_r - \Delta P \left(\frac{\rho_r r^4}{\rho_R R^4} - 1 \right). \quad (7)$$

Одним из условий нормальной работы высевающего аппарата является то, что к отверстию должно присасываться по одному семени. В тоже время, подсасывающее поле воздушного потока, образованное за счет неприлегания семян к отверстию, не должно присасывать другие семена (рис. 2). В связи с этим, нам необходимо определить оптимальный диаметр присасывающего отверстия, который позволит выполнять поставленные условия.

По известным формулам разность давлений на расстоянии с учетом движения присоски и массы семени определится по формуле:

$$\Delta P_R = \Delta P_m - \Delta P_n,$$

где ΔP_m – разность давлений для одного семени;

ΔP_n – разность давлений встречного потока воздуха.

На расстоянии R сила присасывающего воздушного потока ΔP_m не должна быть больше половины массы одного семени:

$$\Delta P_m = \frac{2mg}{\pi d_{np}^2},$$

где m – масса одного семени;

d_{np} – диаметр присасывающего отверстия.

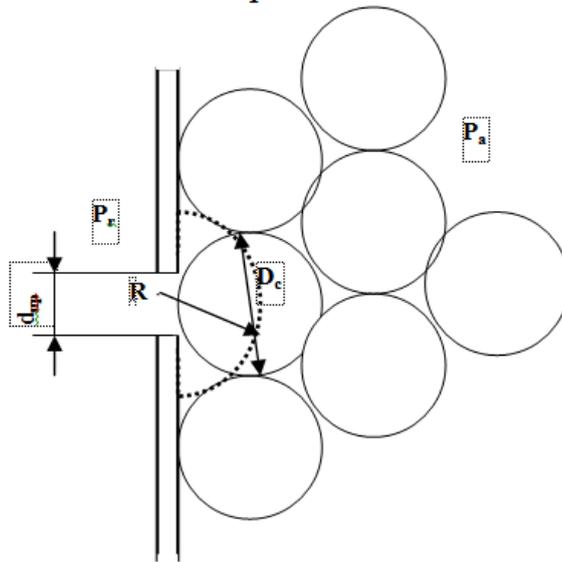


Рис. 2 – Схема присасывания к отверстию нескольких семян

При движении присасывающего отверстия вне вороха семян на присосанные семена на расстоянии R будет действовать встречный поток воздуха, силу которого определим по формуле:

$$F_n = CS_c \rho V_l^2,$$

где S_c – площадь присосанного семени;

C – коэффициент, зависящий от формы тела;

V_l – линейная скорость присоски.

С учетом присасывающей площади разность давлений:

$$\Delta P_n = C \rho V_l^2 \frac{D_c^2}{d_{np}^2}.$$

Тогда разность давлений на расстоянии:

$$\Delta P_R = \frac{1}{d_{np}^2} \left(\frac{2mg}{\pi} - CD_c^2 \rho V_l^2 \right). \quad (8)$$

Преобразуем формулу (8):

$$P_a - \Delta P_R = (P_a - \Delta P) - \Delta P \left(\frac{r^4 \rho_r}{R^4 \rho_R} - 1 \right);$$

$$P_a - \Delta P_R = P_a - \Delta P \frac{r^4 \rho_r}{R^4 \rho_R};$$

$$\Delta P_R = \Delta P \frac{r^4 \rho_r}{R^4 \rho_R}. \quad (9)$$

Из (9) определим диаметр присасывающего отверстия:

$$d_{np} = 2r = 2^4 \sqrt{\frac{\Delta P_R R^4 \rho_R}{\Delta P \rho_r}}; \quad (10)$$

$$\rho_r = P_a - \Delta P;$$

$$\rho_R = P_a - \Delta P_R.$$

Разность давлений в присасывающем отверстии:

$$\Delta P = \frac{4F_p}{\pi d_{np}^2}, \quad (11)$$

$$F_p = \frac{1}{1+f_1} \left(\frac{1}{6} f \pi g \rho_{oc} H^3 \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + \frac{1}{4} C \pi \varphi_{oc} (2V_l)^2 D_c^2 \right) \quad (12)$$

Подставив в (11) выражение силы для выноса семян с глубины F_p (12), получим:

$$\Delta P = \frac{\frac{2}{3} \pi g f \rho_{oc} H^3 \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + C \pi \varphi_{oc} (2V_l)^2 D_c^2}{\pi d_{np}^2 (1+f_1)}. \quad (13)$$

Значение (9) и (13) подставим в формулу (10) и определим оптимальный диаметр присасывающего отверстия:

$$d_{np} = 2^4 \sqrt{\frac{\left(\frac{2mg}{\pi} - CD_c^2 \rho V_l^2 \right) (1+f_1) R^4}{\rho_{oc} \left[\frac{2}{3} f g H^3 \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + C (2V_l)^2 D_c^2 \right]}}, \quad (14)$$

где ρ_{oc} – плотность вещества;

f – коэффициент внутреннего трения семян;

H – глубина нахождения выносимого семени;

φ_2 – угол трения покоя;

f_1 – статический коэффициент трения о неокрашенное железо.

Согласно рис. 2, радиус поля воздушного потока, который не должен присасывать другие семена, в теоретических исследованиях принимаем равным $R = 0,5 D_c; 0,75 D_c; 1 D_c$. Линейную скорость в расчетах принимаем $V_l = 0,1$ м/с; 0,3 м/с; 0,5 м/с. Результаты расчетов приведены на рис. 3.

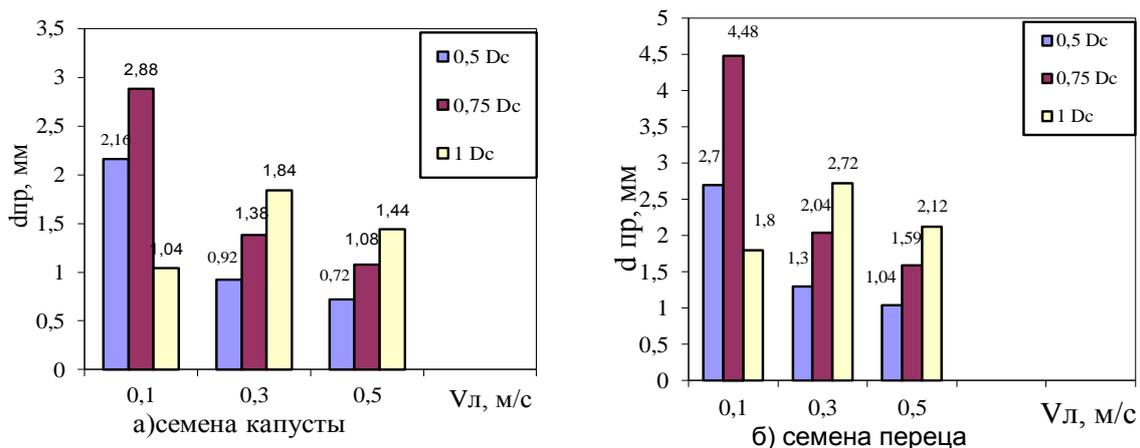


Рис. 3 – Результаты расчетов оптимального диаметра присасывающего отверстия с глубиной нахождения выносимого семени 0,005 м

Анализируя расчеты, очевидно, что выводы, сделанные В.П. Чичкиным [6], о том, что диаметр присасывающего отверстия должен рассчитываться по формуле (15):

$$d_{пр} = (0,6...0,8)D_c, \quad (15)$$

не подтверждаются. Фактически диаметр должен быть в несколько раз меньше. При расчетах не была учтена глубина выноса семян, и не исключалось присасывание по два и более семени одним отверстием.

В данной работе определен оптимальный диаметр присасывающего отверстия для конкретных условий, в тоже время, нами поставлена задача, высевать в отдельности группу семян капусты, томатов и перца одним отверстием.

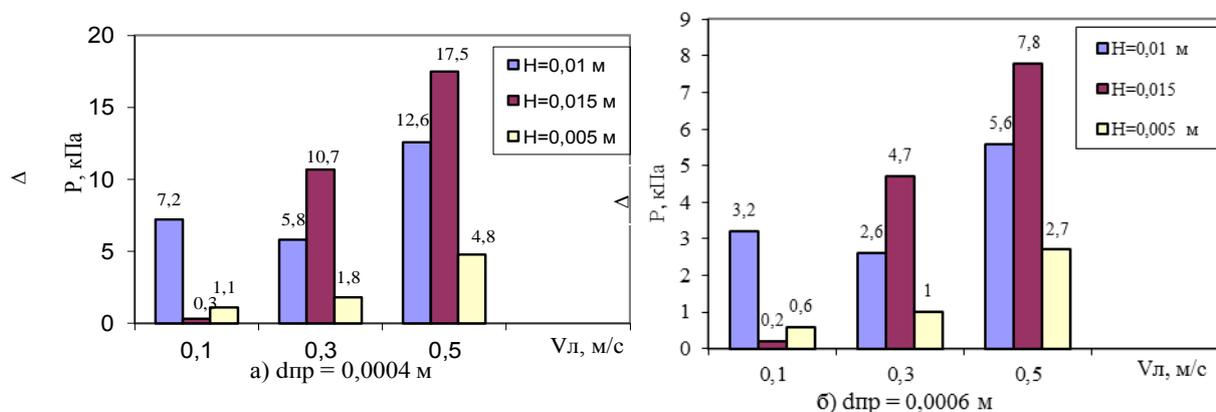


Рис. 4 – Результаты расчетов давления для выноса семян капусты при различных диаметрах присасывающего отверстия.

Для этого определим оптимальное давление для выноса семян по формуле(13), подставив в нее расчетный оптимальный диаметр отверстия с учетом отклонений 0,0004-0,0008 м.

Результаты расчетов представлены на рис. 4.

Очевидно, что при установке одного диаметра присасывающего отверстия, для высева семян капусты, для глубины выноса до 0,015 м и скорости до 0,5 м/с, давление должно быть регулируемое в пределах 0,1-30 кПа.

Для предотвращения защемления семян в отверстии присоски при сбрасывании, согласно диаграмме пределов изменения размеров семян овощных культур, считаем рациональным выполнение диаметра отверстия в пределах 0,0004-0,0006 м (рис.4).

В связи с тем, что расчетами предусматривается исключение присоса двойников, при разработке высевающего аппарата сбрасыватель не устанавливается.

Вывод.

Определена теоретическая зависимость для нахождения оптимального диаметра присасывающего отверстия и давления для выноса семян из вороха.

Диаметр присасывающего отверстия высевающего аппарата прямо пропорционален массе семени, радиусу силы подсасывающего воздушного потока и обратно пропорционален плотности, коэффициенту трения покоя семян, глубине и скорости их выноса.

Для выноса семян капусты, томатов, перца роторным высевающим аппаратом из глубины не менее 0,015 м со скоростью до 0,5 м/с, при полном исключении присоса двойников и оптимальном давлении, необходимо иметь диаметр присасывающего отверстия в пределах 0,0006-0,001 м.

При высеве, с целью исключения защемления семян в отверстии присоски, диаметр отверстия рационально выполнять по нижнему пределу 0,0006 м.

Список литературы

1. Белодонцев В.А. Исследование западания зерна в ячейки однозерновых высевающих аппаратов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – №6. – С. 44–46.
2. Зволинский В.Н. Использование отечественного опыта при создании посевной техники / Зволинский В.Н., Любушко Н.И. // Тракторы и с.-х. машины. – 1998. – № 11. – С. 22–25.
3. Сысолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины / Сысолин П.В., Погорелый Л.В. – К: Феникс, 2005. – 264 с.
4. Бейкер С.Дж. Технология и посев / Бейкер С.Дж., Сакстон К.Е., Ритчи В.Р. – СИНТРЕ, 2002. – 263 с.
5. Улексін В. О. Обґрунтування параметрів висівного апарата для мостового землеробства / Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрний форум-2006». Суми: СНАУ, 2006. – С. 264

6. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 163 с.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ

Миронов А.С., Золотовская Е.В.

У статті наводиться розрахунок оптимальних параметрів діаметра присмоктуються отвори і тиску виносу насіння пневматичним висівних апаратів. Визначена теоретична залежність при роботі висівного апарату між діаметром присмоктуються отвори, тиском, швидкістю повітряного потоку, швидкістю пересування присоски, розташованої незалежно на диску або барабані, глибиною виносу насіння, фізико-механічними властивостями насіння. Очевидно, що при установці одного діаметра присмоктуються отвори, для висіву насіння капусти, для глибини виносу до 0,015 м і швидкості до 0,5 м / с, тиск повинен бути в межах 0,1-30 кПа.

Abstract

THEORETICAL RESEARCHES OF PARAMETERS OF THE SOWING DEVICE

A. Mironov, E. Zolotovskaya

In article calculation of optimum parameters of diameter of a prisasyvayushchy opening and pressure of carrying out of seeds pneumatic sowing the device. Theoretical dependence is defined during the operation of the sowing device between diameter of a prisasyvayushchy opening, pressure, speed of an air stream, speed of movement of the sucker located independently on a disk or a drum, depth of carrying out of seeds, physicomachanical properties of seeds. It is obvious that at installation of one diameter of a prisasyvayushchy opening, for seeding of seeds of cabbage, for carrying out depth to 0,015 m and speed to 0,5 m/s, pressure has to be within 0,1-30 kPas.