

УДК 631.331.533.6

Экспериментальное обоснование оптимального диаметра присасывающего отверстия

А.С. Миронов, Е.В. Золотовская

*Днепропетровский аграрно-экономический университет
(г. Днепропетровск, Украина)*

В статье представлены экспериментальные исследования параметров высевяющего отверстия. Для проведения исследований процесса высева и зависимости между основными параметрами высевяющего аппарата разработан и оборудован стенд. Стенд состоит из электронного счетчика семян, тахометра, секции высевяющего аппарата, вакуумпроводов, ресивера, манометра, крана (обеспечивающего регулировку давления), вакуумнасоса. Определены оптимальные их значения. Построена математическая модель процесса высева семян для стационарной области изменения параметров и определено оптимальное значение присасывающего отверстия. Построенные математические модели процесса высева семян овощных культур позволяют в зависимости от поставленных задач определить оптимальную частоту оборотов ротора высевяющего аппарата при заданной норме высева, культуре семян, диаметре присасывающего отверстия и величине давления

Ключевые слова: *высевяющий аппарат, вакуум, семя, высев, высевяющее отверстие, стенд, овощные культуры, норма высева.*

Постановка проблемы. В последнее время, 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.

Анализ последних исследований и публикаций. 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, 2, 4, 8] процесс высева пневматическим высевяющими аппаратами приведены результаты экспериментов, аналитические зависимости для определения необходимого разрежения в вакуумных камерах, обеспечивающего надежный захват семян.

Однако следует отметить, что многие авторы указанных работ, рассматривая процесс вы-

сева, 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. Нами поставлена задача создания высевяющего 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 высевяющего аппарата и обеспечить высокую готовность машины к работе без переналадок.

Цель работы – определить оптимальный диаметр присасывающего отверстия высевяющего аппарата.

Для проведения исследований процесса высева и зависимости между основными параметрами высевяющего аппарата разработан и оборудован стенд (рис.1). Стенд состоит из электронного счетчика семян, тахометра, секции высевяющего аппарата, вакуумпроводов, ресивера, манометра, крана (обеспечивающего регулировку давления), вакуумнасоса. Дополнительно для замера массы семян использова-

лись электронные весы. Для установки времени счета семян электронным счетчиком в схеме применен секундомер. Для контроля отверстий применены калибры.

Счетчик семян состоит из корпуса, регулятора времени замера, кнопки начала отсчета, цифрового индикатора, окна для прохода семян,

блока питания, регулятора чувствительности (рис. 2). Блок схема электронного счетчика семян состоит из датчика счета семян, усилителя – формирователя прямоугольных импульсов, трехразрядного двоично-десятичного счетчика, индикатора счета, блока формирователя интервала времени и блока питания (рис. 3).

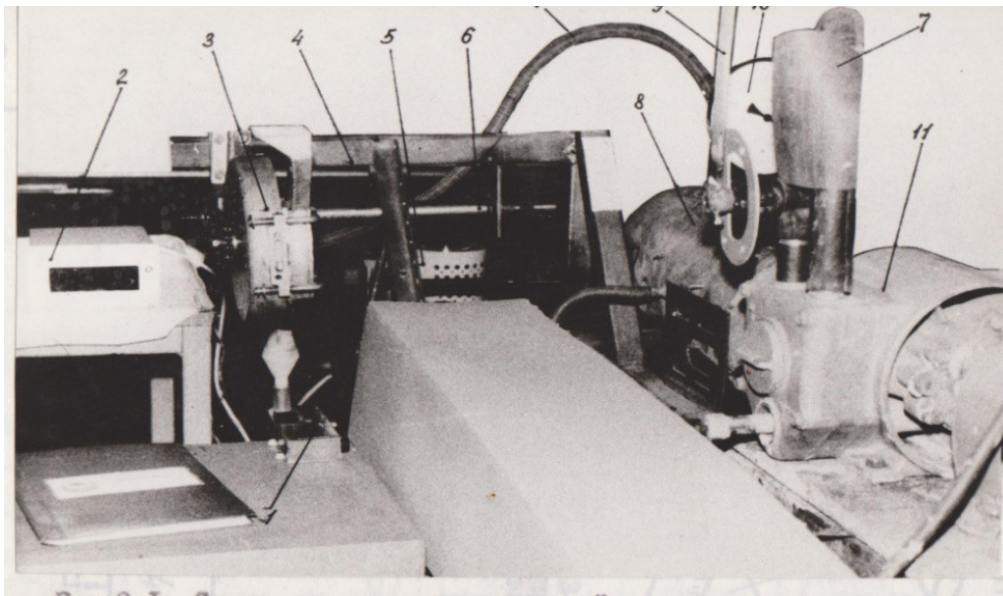


Рис. 1. Стенд для экспериментальной проверки параметров высевающего аппарата
 1 – счетчик семян; 2 – тахометр; 3 – высевающий аппарат; 4 – рама; 5 – реостат; 6 – привод высевающего аппарата; 7 – вакуумпровод; 8 – ресивер; 9 – манометр; 10 – кран регулировки давления; 11 – вакуумнасос

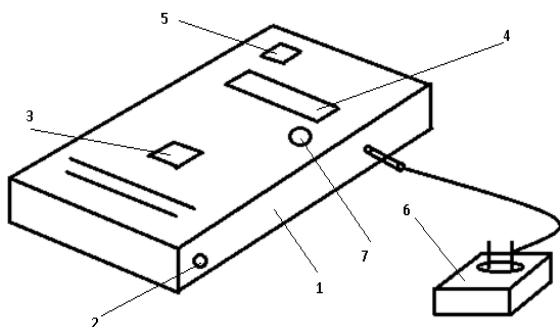


Рис. 2. Электронный счетчик семян:
 1 – корпус; 2 – регулятор времени замера;
 3 – кнопка начала отсчета; 4 – цифровое табло;
 5 – окно для прохода семян; 6 – блок питания;
 7 – регулятор чувствительности

Стенд работает следующим образом: пускателем производится запуск электродвигателя привода высевающего аппарата. С помощью реостата 5 рис. 1 плавно устанавливается требуемая частота оборотов ротора высевающего аппарата 3 в пределах от 1 до 59 мин⁻¹. Контроль за частотой оборотов ротора осуществля-

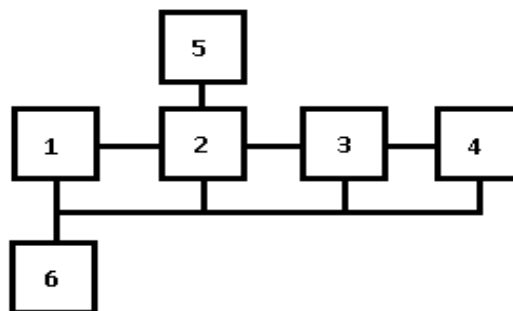


Рис. 3. Блок-схема электронного счетчика семян:
 1 – датчик счета семян; 2 – усилитель формователя прямоугольных импульсов; 3 – трехразрядный двоично-десятичный счетчик; 4 – индикаторы счета; 5 – блок формирования интервала времени; 6 – блок питания

ется электронным тахометром 2, который снимает показания с вала электродвигателя, вводя коэффициент передаточного числа от двигателя к ротору высевающего аппарата определяются фактические обороты ротора.

Затем запускается в работу вакуумнасос, при помощи крана регулировки давления 10 и

манометра 9 устанавливается разрежение в пределах от 0,1 до 70 кПа. Стабильность величины давления обеспечивается ресивером 8.

Семена взвешиваются на весах и засыпаются в бункер высевающего аппарата.

После набора режима работы, визуального контроля факта выноса семян высевающим аппаратом, производится замер количества высеванных семян за период времени при помощи электронного счетчика нажатием кнопки начала отсчета. Период времени счета электронного счетчика устанавливается регулятором времени замера и контролируется секундомером.

После запуска в работу стэнда ротору высевающего аппарата по электронному тахометру устанавливается поочередно (факторы) частота оборотов $n_1 = 10 \text{ мин}^{-1}$, $n_2 = 20 \text{ мин}^{-1}$, $n_3 = 30 \text{ мин}^{-1}$. Величина вакуума при помощи регулятора давления и манометра устанавливается поочередно. Давление – от 9,8 кПа до 39,2 кПа (от 0,1 до 0,4 кгс/см²) с интервалом 4,9 кПа (0,05 кгс/см²). Высевающий диск с присасывающимися отверстиями диаметром 0,4; 0,5; 0,6 мм устанавливается на стэнд поочередно. Семена взвешиваются, затем засыпаются в бункер, поочередно капуста 4,0 г/1000, томаты 2,77 г/1000, перец 5,23 г/1000.

После поочередной установки конкретных параметров частоты оборотов ротора, величины вакуума, диаметра присосок и засыпки в бункер конкретных овощных культур семян производится замер количества высеванных семян электронным счетчиком. Время счета электронного счетчика при помощи секундомера устанавливается за 1 опыт – 30 секунд. Опыт повторяется три раза.

В качестве критерия оптимизации приняли количество высеванных семян Y . Среди факторов, влияющих на Y приняты: x_1 – частота оборотов ротора; высевающего аппарата; x_2 – диаметр присасывающегося отверстия; x_3 – величина давления в камере; x_4 – масса высеваемых семян (табл. 1).

Для оценки оптимального диаметра присасывающегося отверстия способом описания стационарной области изменения факторов была получена математическая модель процесса высева для всех видов семян:

$$Y = 201 + 135x_1 + 10,3x_2 + 7,5x_3 + 29,7x_4 - 5,5x_1x_2 - 7,2x_1x_3 + 19,8x_1x_4 - 11,9x_2x_3 + 5,5x_2x_4 - 12,6x_3x_4 + 10,1x_1^2 + 5,8x_2^2 + 10,56x_3^2 - 38,2x_4^2.$$

Адекватность математической модели оценивали по критерию Фишера $F_{расч} = 85,5 > F_{табл}$

= 2,1. Так как наблюдаемое критерия Фишера значение оказалось больше табличного, то гипотеза $b_i = 0$; $b_{ij} = 0$ должны быть отвергнуты с надежностью 0,95. Это свидетельствует о значимом влиянии факторов и их взаимодействии на процесс высева.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Фактор	Код	Уровень варьирования			Δ
		-1	0	+1	
Частота оборотов ротора, мин	x_1	10	20	30	10
Диаметр присоски, мм	x_2	0,4	0,5	0,6	0,1
Давление, кПа	x_3	14,7	24,5	34,3	9,8
Масса семян, г/1000	x_4	2,77	4	5,23	1,23

Для определения значения факторов, обеспечивающих оптимальный высев, продифференцируем полученную математическую модель и составим систему уравнений.

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = 135 - 5,5x_2 + 19,8x_4 + 20,2x_1 - 7,2x_3 = 0; \\ \frac{dy}{dx_2} = 10,3 - 5,5x_1 - 11,9x_3 + 5,5x_4 + 11,6x_2 = 0; \\ \frac{dy}{dx_3} = 7,5 - 7,2x_1 - 11,9x_2 - 12,6x_4 + 21x_3 = 0; \\ \frac{dy}{dx_4} = 29,7 + 19,8x_1 - 5,5x_2 - 12,6x_3 - 76,6x_4 = 0. \end{cases}$$

Из полученной системы вычисляем оптимальное значение x_2 – диаметр присасывающегося отверстия. Вычислять значения x_1 , x_3 , x_4 не имеет смысла, так как эти параметры меняются в процессе работы в широких пределах. Систему уравнений решим с помощью определителей [3].

После раскодирования $x_2 = 0,447$ натуральное значение диаметра $d_{пр} = 0,5447$ мм. Полученный результат согласуется с теоретическими выводами [5, 7]. Для обеспечения нормы при высеве семян перца величину давления необходимо брать по верхнему пределу, а при высеве семян томата и капусты – по нижнему, то диаметр присоски можно принять 0,5 мм с плюсовым допуском до 0,03 мм.

Выводы

По данным экспериментов определена стационарная область изменения параметров высеваемого аппарата (диаметр присасывающегося отверстия, частота оборотов ротора, величина давления при высеве капусты, перца и томатов).

Для стационарной области изменения параметров высевающего аппарата построена математическая модель процесса высева семян и определен оптимальный диаметр присасывающего отверстия равный 0,00054447 м.

Построенная математическая модель процесса высева семян позволяет в зависимости от поставленных задач определить оптимальную частоту оборотов ротора высевающего аппарата при заданной норме высева, культуре семян, диаметре присасывающего отверстия и величине давления.

При разработке высевающего аппарата с присасывающими отверстиями установка сбрасывателей лишних семян не обязательна, для обеспечения нормы высева конкретной культуры семян достаточно подобрать оптимальные параметры присасывающего отверстия, частоты оборотов ротора (барабана, диска), величину давления и поступательную скорость агрегата.

Литература

1. Белодонцев В.А. Исследование западания зерна в ячейки однозерновых высевающих аппаратов / В.А. Белодонцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – №6. – С. 44 - 46.
2. Бейкер С.Дж. Технология и посев / С.Дж. Бейкер, К.Е. Сакстон, В.Р. Ритчи. – Синтез, 2002. – 263 с.

3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – М.: Наука, 1982. – 398 с.

4. Зволинский В.Н. Использование отечественного опыта при создании посевной техники / В.Н. Зволинский, Н.И. Любушко // Тракторы и с.-х. машины. – 1998. – № 11. – С. 22 - 25.

5. Золотовская Е.В. Теоретические исследования параметров высевающего аппарата / Золотовская Е.В. / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин // Вісник ХНТУ. – 2013. – № 43. – С. 268 - 275.

6. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1980. – 256 с.

7. Миронов А.С. Определение конструктивных параметров высевающего аппарата / А.С. Миронов, Е.В. Золотовская / Механізація сільськогосподарського виробництва // Вісник ХНТУ. – 2015. – №156. – С. 43 - 50.

8. Сысолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины / П.В. Сысолин, Л.В. Погорелый. – К: Феникс, 2005. – 264 с.

9. Улексин В.О. Обгрунтування параметрів висівного апарату для мостового землеробства / В.О. Улексин // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрний форум-2006». – Суми: СНАУ, 2006. – 264 с.

Анотація

Експериментальне обгрунтування оптимального діаметра всмоктуючого отвору

О.С. Миронов, О.В. Золотовська

У статті представлені експериментальні дослідження параметрів висівного отвори. Для проведення досліджень процесу висіву та залежності між основними параметрами висівного апарату розроблений і обладнаний стенд. Стенд складається з електронного лічильника насіння, тахометра, секції висівного апарату, вакуумпроводів, ресивера, манометра, крана, вакуумнасоса. Визначено оптимальні їх значення. Побудована математична модель процесу висіву насіння для стаціонарної області зміни параметрів та визначено оптимальне значення отвори для присмоктування насіння. Побудовані математичні моделі процесу висіву насіння овочевих культур дозволяють в залежності від поставлених завдань визначити оптимальну частоту обертів ротора висівного апарату при заданій нормі висіву, культурі насіння, діаметрі отворів для присмоктування насіння і величиною тиску.

Ключові слова: висівний апарат, вакуум, насіння, висів, висівний отвір, стенд, овочеві культури, норма висіву.

Abstract

Experimental substantiation of optimal diameter the suction hole

A.S. Mironov, E.V. Zolotovskaya

We have the task of creating a sowing machine with a diameter of attracting holes and press the removal of seeds, which could provide the seeding of small vegetable seeds (peppers, cabbage, tomatoes,

eggplant, lettuce, radishes, parsley, etc.), Cultivated in greenhouses and outdoors. This solution will simplify the design of the sowing and ensure high availability of the machine to work without changeovers.

The paper presents the research on the experimental determination of the parameters stand sowing apparatus. The limits of the optimal parameters and their values. For a fixed range of parameters sowing apparatus constructed a mathematical model of the seed and determine the optimal parameters of the suction opening. Construction of mathematical models of vegetable seeds allow depending on the tasks to determine the optimal frequency of the rotor speed sowing apparatus for a given seeding rate, seed culture, the diameter of the suction hole and the amount of pressure.

For a fixed range of parameters sowing apparatus constructed a mathematical model of the process of seeding and determined the optimum diameter of the suction hole equal to 0,00054447 m. This result is consistent with the theoretical conclusions. To ensure standards when seeding pepper the pressure should be taken at the upper limit, while sowing the seeds of tomato and cabbage – on the bottom, the diameter of the suction cup you can take 0,5 mm to the positive tolerance of up to 0,03 mm.

Keywords: *sowing machine, vacuum, seed, crop, sown in the hole, stand, vegetables, seed rate.*

Представлено від редакції: М.В. Бакум / Presented on editorial: I.V. Morozov

Рецензент: І.В. Морозов / Reviewer: M.V. Bakum

Подано до редакції/ Received: 14.04.2015