

8. Манжосов В.К. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах [Текст] / В.К. Манжосов, В.Э. Еремьянц. – М.: Наука, 1985. – 358 с.
9. Николас Т. Поведение материалов при высоких скоростях деформации [Текст] / Т. Николас // Динамика удара. М.: Мир. – 1985. – 257 с.
10. Писаренко Г.С. Опір матеріалів [Текст] / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.
11. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара [Текст] / Я.Г. Пановко. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
12. Тюдель Н.В. Исследование процесса питания початкоотделяющих аппаратов. Земледельческая механика [Текст] / Н.В. Тюдель // Сборник трудов под редакцией академика ВАСХНИЛ В.А. Желиговского. – Том 7. – М., Машиностроение, 1967. – С. 300-305.
13. Сагомоян А.Я. Волны напряжения в силовых средах. Учебное пособие [Текст] / А.Я. Сагомоян. – М.: Изд.-во Моск. ун-та, 1985. – 416 с.
14. Шатилов К.В. Кукурузоуборочные машины [Текст] / К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

Konstantin Dumenko, DSc., assistant professor, Alexander Bondarenko, PhD tech. sci., assistant professor, Genadiy Filimonihin, prof., DSc., Yuriy Kuleshkov, prof., DSc.

Kirovohrad National Technical University, Kirovohrad, Ukraine

Mathematical justification of technological process work of corn picker multifactor action

The aim is to study work pick plate separation machine heads by developing a mathematical model of the process separation heads at complex combination of several forces

In the work study the basic methods of separating the cobs from the stalks. Developed a mathematical model the process of separating the cobs with a combination of many forces, which gives you the opportunity to establish patterns of changes in the basic kinematic parameters of the picking machine multifactorial action. Based on these equations are defined ways further development of corn-harvesting technical new generation.

As a result of the research means separation of ears basic mathematical model separation machine heads the combination of many forces, which makes it possible to change the basic patterns of kinematic parameters separation machine heads multi-unit action.

stretch rollers, pick plate, separation machine heads

Одержано 08.11.15

УДК 631.331.533.6

Е.В. Золотовская, доц., канд. техн. наук, А.С. Миронов, доц., канд. техн. наук

Днепропетровский аграрно-экономический университет, г. Днепропетровск, Украина, alona197@mail.ru

Моделирование параметров высевающего аппарата овощной сеялки

В статье представлены исследования на экспериментальном стенде определения параметров высевающего аппарата. Определены пределы параметров и оптимальные их значения. Для стационарной области изменения параметров высевающего аппарата построена математическая модель процесса высева семян и определен оптимальный параметр присасывающего отверстия. Построенные математические модели процесса семян овощных культур позволяют в зависимости от поставленных задач определить оптимальную частоту оборотов ротора высевающего аппарата при заданной норме высева, культуре семян, диаметре присасывающего отверстия и величине давления

точный высев овощных семян, высевающий аппарат, диаметр присасывающего отверстия, давление, математическая модель

© Е.В. Золотовская, А.С. Миронов, 2015

О.В. Золотовська, доц., канд. техн. наук, О.С. Миронов, доц., канд. техн. наук
Дніпропетровський аграрно-економічний університет, м.Дніпропетровськ, Україна
Моделирование параметров висівного аппарата овощевої сівалки

У статті представлені дослідження на стенді параметрів висівного апарата. Визначено межі параметрів і оптимальні їх значення. Для стаціонарної області зміни параметрів висівного апарата побудована математична модель процесу висіву насіння та визначено оптимальний параметр присмоктуючого отвору. Побудовані математичні моделі процесу висіву насіння овочевих культур залежно від поставлених завдань визначити оптимальну частоту оборотів ротора висівного апарату при заданій нормі висіву, культурі насіння, діаметрі присмоктуючого отвору і величині тиску
точный висів овощевого насіння, висіваючий апарат, діаметр присмоктуючого отвору, тиск, математична модель

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] исследован процесс высева пневматическими высевальными аппаратами, приведены результаты экспериментов и аналитические зависимости для определения необходимого разрежения в вакуумных камерах, обеспечивающего надежный захват семян.

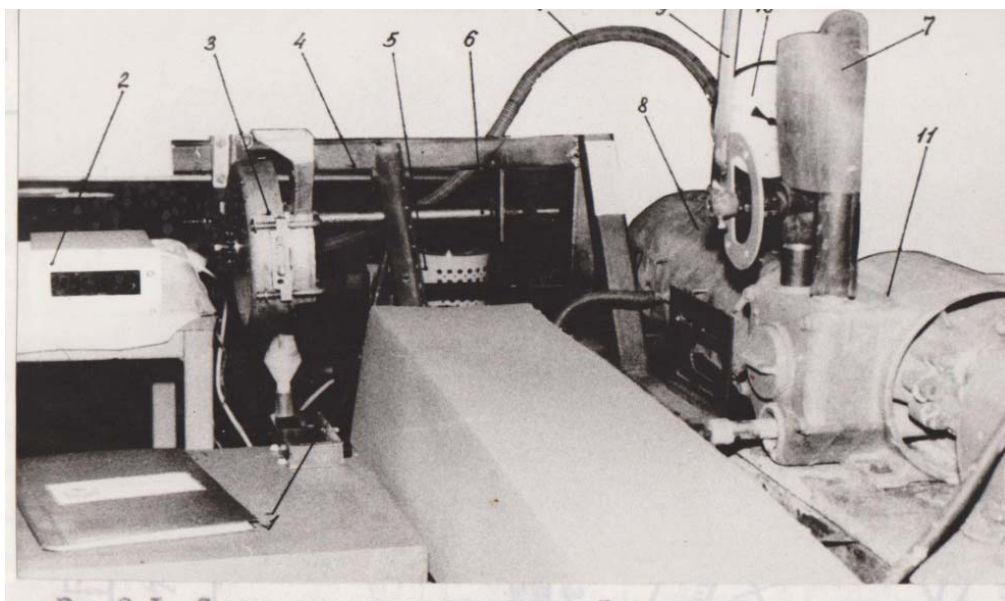
Однако, следует отметить, что многие авторы указанных работ, рассматривая процесс высева, делали некоторые допущения, например, расчет вакуума проводили для семян, находящихся на поверхности, затем на основании экспериментальных данных вводили коэффициенты 100-200, не учитывая сложного движения в момент 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. Нами поставлена задача создания высевального 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 высевального аппарата и обеспечить высокую готовность машины к работе без переналадок.

Постановка задания – определить оптимальные параметры высевального аппарата.

Исследование основного материала. Для проведения исследований процесса высева и зависимости между основными параметрами высевального аппарата разработан и оборудован стенд (рис.1). Стенд состоит из электронного счетчика семян, тахометра, секции высевального аппарата, вакуумпроводов, ресивера, манометра, крана (обеспечивающего регулировку давления), вакуумнасоса. Дополнительно для замера массы семян использовались электронные весы. Для установки времени счета семян

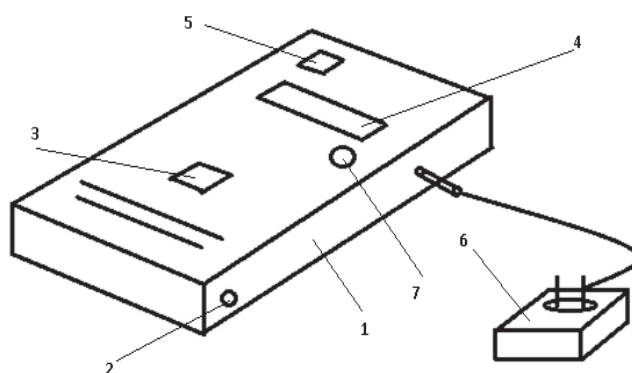
электронным счетчиком в схеме применен секундомер. Для контроля отверстий применены калибры.

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).



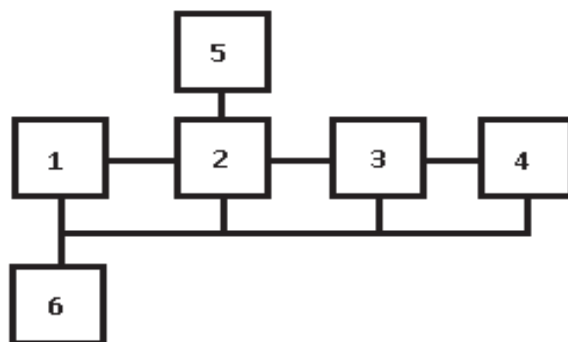
1 – счетчик семян; 2 – тахометр; 3 – высеваящий аппарат; 4 – рама; 5 – реостат; 6 – привод высеваящего аппарата; 7 – вакуумпровод; 8 – ресивер; 9 – манометр; 10 – кран регулировки давления; 11 – вакуумнасос

Рисунок 1 – Стенд для экспериментальной проверки параметров высеваящего аппарата



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

Рисунок 2 – Электронный счетчик семян



1 – датчик счета семян; 2 – усилитель формователь прямоугольных импульсов; 3 – трехразрядный двоично-десятичный счетчик; 4 – индикаторы счета; 5 – блок формирования интервала времени; 6 – блок питания

Рисунок 3 – Блок-схема электронного счетчика семян

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 осуществляется электронным тахометром 2, который снимает показания с вала электродвигателя, вводя коэффициент передаточного числа от двигателя к ротору высевающего аппарата и определяя 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 рессивером 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 высеянных 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 стенда, 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 диаметром присасывающегося отверстия 0,4; 0,5; 0,6 мм устанавливается на стенд поочередно. Семена взвешиваются, затем засыпаются в бункер, поочередно капуста 4,0 г/1000, томаты 2,77 г/1000, перец 7,77 г/1000.

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

С целью описания почти стационарной области изменения факторов составим уравнение регрессии второго порядка процесса высева семян овощных культур высевающим аппаратом:

$$Y = b_a + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2,$$

где x_1 – частота оборотов ротора высевающего аппарата;

x_2 – диаметр присасывающегося отверстия;

x_3 – величина давления в камере;

x_4 – масса высеваемых семян.

На основании полученных данных составим матрицу планирования и проведем кодирование факторов, осуществляя линейное преобразование факторного пространства с переносом начала координат в центр эксперимента и введением новых единиц по осям (табл.1).

Таблица1 – Матрица при центральном композиционном рототабельном плане

Обозначение	Частота оборотов ротора, мин ⁻¹		Диаметр присоски, мм		Давление, кПа		Масса семян, г/1000		Критерий оптимизации, кол-во высеянных семян, шт/30с
	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		Y
	натур	код	натур	код	натур	код	натур	код	
Верхний ур.	30	+1	0,6	+1	34,3	+1	7,77	+1,5	
Основной ур.	20	0	0,5	0	24,5	0	4,0	0	
Нижний ур.	10	-1	0,4	-1	14,7	-1	2,77	-0,5	
Опыт	1	+1		+1		+1		+1,5	220
	2	+1		+1		+1		-0,5	469
	3	+1		+1		-1		+1,5	176
	4	+1		+1		-1		-0,5	377
	5	+1		-1		+1		+1,5	169
	6	+1		-1		+1		-0,5	307
	7	+1		-1		-1		+1,5	108
	8	+1		-1		-1		-0,5	314
	9	-1		+1		+1		+1,5	75
	10	-1		+1		+1		-0,5	163
	11	-1		+1		-1		+1,5	62
	12	-1		+1		-1		-0,5	95
	13	-1		-1		+1		+1,5	60
	14	-1		-1		+1		-0,5	82
	15	-1		-1		-1		+1,5	44
	16	-1		-1		-1		-0,5	81
	17	-1		+1		0		0	75
	18	-1		0		+1		+1,5	79
	19	0		+1		+1		0	231
	20	+1		0		+1		0	406
	21	0		-1		0		-0,5	203
	22	+1		-1		+1		0	360
	23	+1		0		-1		+1,5	175
	24	0		0		-1		+1,5	121
	25	0		+1		0		+1,5	259
	26	+1		+1		-1		0	378
	27	+1		-1		0		0	340
	28	+1		0		-1		0	341
	29	-1		-1		0		-0,5	93
	30	0		-1		-1		0	170

Расчет был выполнен по следующей методике:

- по результатам значений критерия оптимизации (количество высеянных семян в единицу времени) в параллельных опытах Y_1, Y_2, Y_3 определено среднее значение и суммирование $\sum Y$;

- определена дисперсия, характеризующая ошибки опытов в матрице плана, по формуле:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^m (Y_i - Y)^2}{N(m-1)},$$

где m – число повторений одного опыта (одной строки матрицы плана);

Y – значение критерия оптимизации в параллельных опытах;

- произведено умножение и суммирование Y ;

- при центральном композиционном ротатабельном плане коэффициенты регрессии рассчитаны согласно рекомендациям [6] для четырех факторов;

$$b_0 = 0,1428 \sum_{u=1}^N Y - 0,0357 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_i^2 Y;$$

$$b_i = 0,0417 \sum_{u=1}^N x_i Y,$$

$$b_{ij} = 0,0625 \sum_{u=1}^N x_i x_j Y \quad i \neq j \quad i, j = 1; 2 \dots k;$$

$$b_{ij} = 0,0312 \sum_{u=1}^N x_i^2 Y + 0,0037 \sum_{i=1}^k x_i^2 Y - 0,0357 Y;$$

- определены значения отклика Y на основании полученных коэффициентов и значений факторов x_1, x_2, x_3, x_4 ;

- для проверки адекватности вычислен критерий Фишера:

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_y^2},$$

где S_{LF}^2 – сумма квадратов, определяющая неадекватность результатов эксперимента,

$$S_{LF}^2 = \frac{m \sum_{u=1}^N (y - y_u)^2}{N - (k+1)};$$

$$S_{LF}^2 = \frac{m \left(\sum_{u=1}^N y^{-2} - N \sum_{u=1}^N b_i^2 \right)}{N - (k+1)}.$$

После проведения расчетов получена математическая модель процесса высева высевающим аппаратом 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 гипотезы $b_i=0$; $b_{ij}=0$ должны быть отвергнуты с надежностью 0,95. Это свидетельствует о значимом влиянии факторов и их взаимодействии на процесс высева.

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 нам необходимо вычислить оптимальное значение x_2 – диаметр присасывающего отверстия. Вычислять значения x_1, x_4 не имеет смысла, так как эти параметры меняются в процессе работы в широких пределах.

Систему уравнений решим с помощью определителей [3].

$$x_2 = \frac{\begin{vmatrix} -20,2 & +135 & +7,2 & -19,8 \\ +5,5 & +10,3 & +11,9 & -5,5 \\ +7,2 & +7,5 & -21 & +12,6 \\ -19,8 & +29,8 & +12,6 & +76,6 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -20,2 & +5,5 & +7,3 & -19,8 \\ +5,5 & -11,6 & +11,9 & -5,5 \\ +5,5 & -11,6 & -21 & +12,6 \\ +7,2 & +11,9 & +12,6 & +76,6 \end{vmatrix}} = 0,447$$

После раскодирования $x_2=0,447$ натуральное значение диаметра $d_{np}=0,5447$ мм. Полученный результат согласуется с теоретическими выводами [5,7]. Для обеспечения нормы при высева семян перца величину давления необходимо брать по верхнему пределу, а при высева 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, с помощью статистического анализа с использованием средней квадратической ошибки, средней арифметической и характеристики нормального распределения вероятностей для оценки интервала значений количества высеванных семян определена стационарная область изменения параметров высевающего аппарата (диаметр присасывающего отверстия, частота оборотов ротора, величина давления при высеве капусты, перца и томатов).

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

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

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

Список литературы

1. Белодонцев В.А. Исследование западания зерна в ячейки однозерновых высевающих аппаратов [Текст] / В.А. Белодонцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – №6. – С. 44–46.
2. Бейкер С.Дж. Технология и посів [Текст] / С.Дж.Бейкер, К.Е. Сакстон, В.Р. Ритчи – CINTRE, 2002. – 263 с.
3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике [Текст] / М.Я. Выгодский. – М.: Наука, 1982. – с. 398.
4. Зволинский В.Н. Использование отечественного опыта при создании посевной техники [Текст] / 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 [Текст] / 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 [Текст] / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1980. – 256 с.
7. Миронов А.С. Определение конструктивных параметров высевающего аппарата [Текст] / А.С. Миронов, Е.В. Золотовская / Механізація сільськогосподарського виробництва // Вісник ХНТУ. – 2015. – №156. – С. 43–50.
8. Сысолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины [Текст] / П.В. Сысолин, Л.В. Погорелый. – К: Феникс, 2005. – 264 с.
9. Улексін В. О. Обґрунтування параметрів висівного апарата для мостового землеробства [Текст] / В. О. Улексін // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрний форум-2006». Суми: СНАУ, 2006. – С. 264

Elena Zolotovskaya, Assos. Prof., PhD tech. sci., Olexandr Mironov, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Dnepropetrovsk state Agrj Economics University of Economics, Dnepropetrovsk

Simulation parameters of the sowing vegetable planter

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.

Одержано 06.11.15

УДК 631.374

В.Л. Куликівський, канд. техн. наук, В.К. Палійчук, доц., канд. техн. наук, В.М. Боровський, ст. викл.

*Житомирський національний агроекологічний університет, м.Житомир, Україна,
kylikovskiy@mail.ru*

Експериментальні дослідження процесу транспортування зернового матеріалу шнеком

Наведена методика та результати експериментальних досліджень ефективності роботи гвинтових робочих органів транспортерів. Представлені стенди для проведення досліджень зі встановленими на них необхідними пристроями, механізмами і приладами для зміни, регулювання та вимірювання конструктивно-кінематичних параметрів гвинтових транспортерів. Визначені критерії оптимізації, а також фактори, що впливають на них.

шнек, зерновий матеріал, методика, параметри, гвинтовий робочий орган, дослідження

В.Л. Куликовский, канд. техн. наук, В.К. Палийчук, доц., канд. техн. наук, В.Н. Боровский, ст. преп.
Житомирский национальный агроекологический университет, г.Житомир, Украина

Экспериментальные исследования процесса транспортировки зернового материала шнеком

Приведена методика и результаты экспериментальных исследований эффективности работы винтовых рабочих органов транспортеров. Представлены стенды для проведения исследований с установленными на них необходимыми устройствами, механизмами и приборами для изменения, регулирования и измерения конструктивно-кинематических параметров винтовых транспортеров. Определены критерии оптимизации, а также факторы, влияющие на них.

шнек, зерновой материал, методика, параметры, винтовой рабочий орган, исследования

Постановка проблеми. Ефективність роботи шнеків залежить від багатьох факторів, що характеризують умови їх використання. Також слід відмітити значний вплив конструктивних та кінематичних параметрів транспортерів, що впливають на процес переміщення зернового матеріалу. Тому, постає проблема у виборі оптимальних параметрів транспортерів, які забезпечать найбільшу продуктивність при найменшій потужності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для виконання експериментальних досліджень використовується комплекс обладнання, що складається із стендів та вимірювальної апаратури.