



Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

### **Овчинников Владимир Анатольевич**

*кандидат технических наук, доцент, кафедра мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва», г. Саранск*

*ovchinnikovv81@rambler.ru*

УДК 631.331.54

## **ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ**

*Предложена конструкция высевающего аппарата для высева семян мелкосеменных культур, обеспечивающая повышение равномерности распределения семенного материала по площади питания. Представлены результаты экспериментальных исследований.*

*Ключевые слова: высевающий аппарат, норма высева, равномерность распределения, целевая функция, эксперимент*

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства представляется нецелесообразным разрабатывать и выпускать однооперационные или специальные машины и орудия [1, 2, 3].

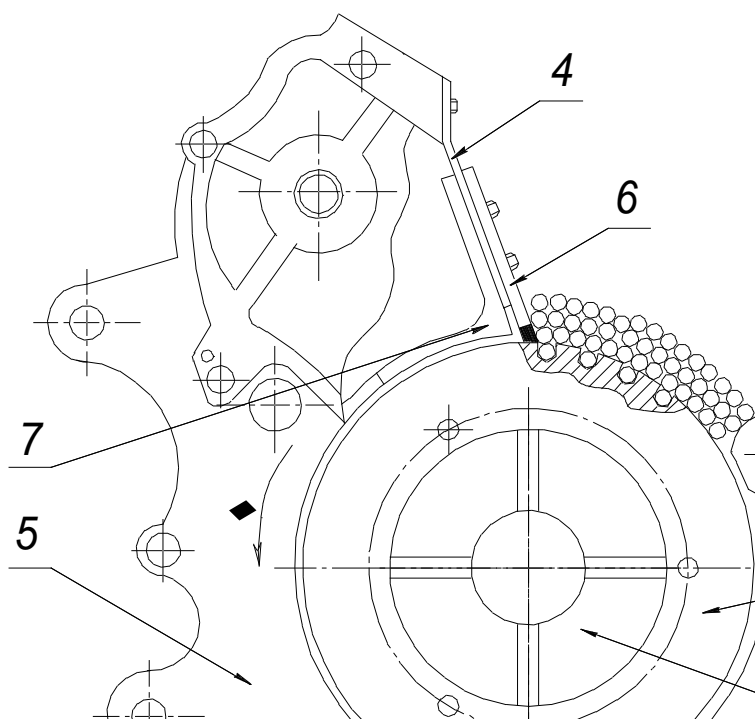
В связи с этим для расширения возможностей использования специальной сеялки СМН-12, на посеве семян мелкосеменных культур, на кафедре МЭС и СХМ им. профессора А. И. Лещанкина Мордовского государственного университета разработан высевающий аппарат (рис. 1) [4, 5, 6].



Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016



1 – высевающий диск; 2 – ячейки; 3 – зубчатка; 4 – планка;  
5 – корпус; 6 – отражатель; 7 – вставка

Рис. 1. Высевающий аппарат

Высевающий аппарат включает корпус 5, в котором на оси установлена зубчатка 3 с закрепленным на ней высевающим диском 1 с ячейками 2. К верхней части корпуса 5 жестко присоединена планка 4 с отражателем 6, регулирующий высев семян. Отражатель выполнен из эластичного материала.

Процесс работы высевающего аппарата протекает следующим образом. Семена в бункере, самотеком поступают в зону загрузки и заполняют ячейки 2 высевающего диска 1. Отражатель 6 регулирует процесс высева, удаляя лишние семена из ячеек. В процессе транспортировки семян отсутствует их движение в виде активного слоя. Данное явление препятствует их повреждению. В зоне выгрузки семена под тяжестью собственного веса падают на дно борозды, сформированной сошником.

Исследования процесса высева семян разработанным высевающим аппаратом проводились на экспериментальной установке (рис. 2). Установка состоит из ленточного транспортера, имитирующего движение посевного агрегата и установленного над ним экспериментального высевающего аппарата. Привод высевающего аппарата и движение ленточного транспортера осуществляется от электродвигателя переменного тока. Частота вращения

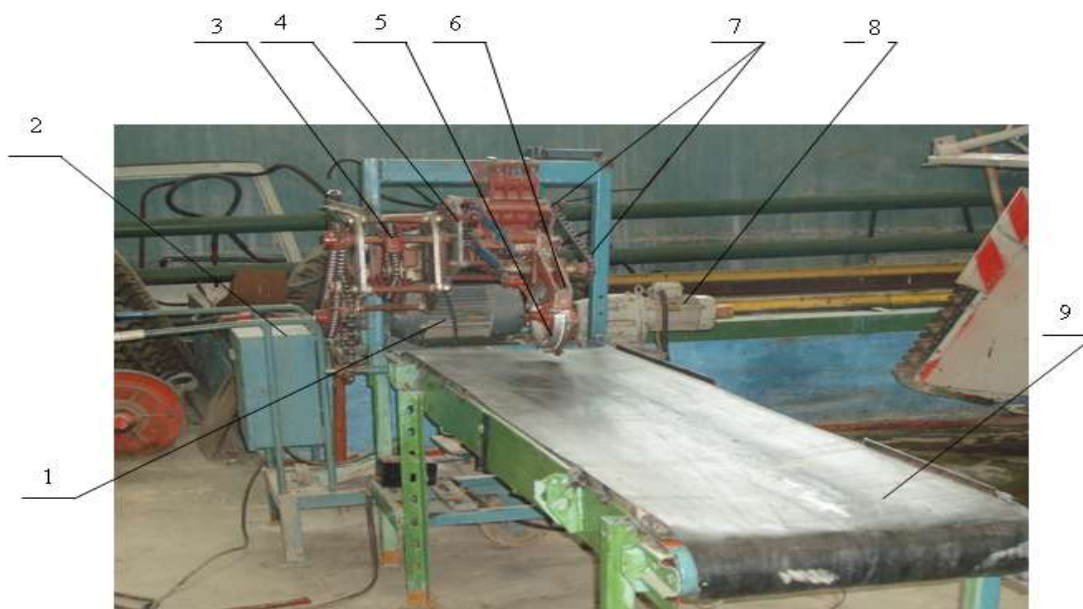


Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

высевающего диска и скорость ленты изменяется многоступенчатым редуктором и при помощи сменных звездочек.



- 1 – электродвигатель привода ленточного транспортера; 2 – пульт управления;  
3, 4 – многоступенчатый редуктор; 5 – высевающий диск; 6 – высевающий аппарат;  
7 – привод высевающего аппарата со сменными звездочками;  
8 – электродвигатель; 9 – ленточный транспортер

Рис. 2. Экспериментальная установка

Целью экспериментальных исследований является построение математической модели технологического процесса высева семян мелкосеменных культур, определение основных конструктивных параметров и режимов работы высевающего аппарата.

Процесс работы высевающего аппарата находится в сложной зависимости от ряда факторов.

На основании поисковых исследований было выбрано пять основных факторов ( $x_1$  – окружная скорость диска;  $x_2$  – скорость МТА;  $x_3$  – глубина ячеек;  $x_4$  – диаметр ячеек;  $x_5$  – количество ячеек на высевающем диске) и диапазоны их варьирования табл. 1. Остальными малозначимыми факторами можно было пренебречь.



Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Таблица 1. Интервалы и уровни варьирования факторов

Независимые переменные	Уровни варьирования		
	-1	0	+1
$x_1$ , м/с	0,12	0,185	0,25
$x_2$ , км/ч	3,4	5,45	7,5
$x_3$ , мм	1	1,5	2
$x_4$ , мм	2,5	3,75	5
$x_5$ , шт.	60	70	80

При исследованиях процесса работы экспериментального высевающего аппарата проводились замеры:

1. Частоты вращения высевающего диска;
2. Равномерности распределения семян вдоль рядка;
3. Равномерности распределения семян поперек рядка;
4. Количества гнезд на погонном метре;
5. Числа зерен в гнезде;
6. Скорости движения ленточного транспортера.

В качестве целевой функции принимаем норму высева, определяемую по формуле:

$$Q = \frac{N}{lBn}, \quad (1)$$

где  $N$  – количество семян на погонный метр, шт;

$l$  – среднее расстояние между соседними гнездами, м;

$B$  – ширина междурядья,  $B=0,45$  м;

$n$  – количество гнезд на погонный метр, шт.

Для оценки целевой функции введем качественные критерии процесса высева. В качестве критерия принимаем:

- неравномерность средней длины между гнездами %:

$$v(l) = \frac{\Delta l}{l} 100, \quad (2)$$

где  $\Delta l$  – разница между максимальной и минимальной длиной между гнездами в погонном метре;

$l$  – среднее расстояние между гнездами в погонном метре.



Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

- неравномерность числа семян в одном гнезде %:

$$v(N) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{N_i - \bar{N}}{n-1} \right)^2}}{\bar{N}} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $N_i$  – число семян в  $i^{\text{ом}}$  гнезде;

$\bar{N}$  – среднее число семян;

$n$  – количество гнезд.

В соответствии с СТО АИСТ 10 5.6-2003 неравномерность высева мелкосеменных культур должна составлять не более 9 %.

Для описания процесса высева мелкосеменных культур используем дробно-факторный эксперимент [7]. В таблице 2 представлен план эксперимента  $N=2^{k-1}$  и подсчитаны значения критерий.

Таблица 2. План дробнофакторного эксперимента

Номер опыта	Независимые факторы					Значения критериев оптимизации		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$v(N)$	$v(l)$	$Q$
1	-1	1	-1	-1	-1	9,3	9,2	8,4
2	1	1	1	-1	-1	15,1	4,7	27,4
3	-1	1	-1	1	1	13,9	13,8	25,1
4	1	1	-1	-1	1	6,5	9,2	18,7
5	1	1	1	1	1	2,0	14,6	157,4
6	1	1	-1	1	-1	13,7	7,0	32,5
7	1	-1	-1	-1	-1	2,8	4,4	22,6
8	-1	-1	-1	-1	1	14,8	6,3	17,3
9	-1	-1	1	1	1	7,9	3,8	111,7
10	1	-1	-1	1	1	2,8	3,9	67
11	-1	-1	-1	1	-1	4,4	16,4	28,2
12	-1	1	1	-1	1	2,8	6,2	79
13	1	-1	1	1	-1	1,8	4,2	200,7
14	-1	-1	1	-1	-1	4,1	5,0	25,2
15	1	-1	1	-1	1	4,3	13,2	58,5
16	-1	1	1	1	-1	2,7	2,5	56,4

Для реализации плана проведено 3 серии опытов в 5-и кратной повторности. Порядок проведения опытов рандомизирован. Полученные значения дисперсий суммировали и находили максимальное значение по всем опытам. Проверку однородности дисперсии проводили по критерию Кохрена.



Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Для определения табличного значения критерия  $G_{кр}$  задавались уровнем значимости  $g=5\%$ , числом степеней свободы.

Наблюдаемое значение критерия определяется по формуле:

$$G_H = \frac{S_{i_{max}}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2}, \quad (4)$$

где  $S_{i_{max}}^2$  – максимально наблюдаемая дисперсия;

$\sum_{i=1}^n S_i^2$  – сумма дисперсии по всем опытам.

В результате сравнения наблюдаемых значений критерия с критическими гипотеза об однородности была принята, т.к.  $G_H < G_{кр}$ .

Коэффициенты регрессии определялись по следующим формулам:

$$b_i = \frac{\sum_{k=1}^N x_{ik} Y_k}{\sum_{k=1}^N x_{ik}^2}; \quad b_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N (x_i x_j)_k Y_k}{\sum_{k=1}^N (x_i x_j)_k^2}; \quad b_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k. \quad (5)$$

Значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента. При определении критического значения t-критерия задавались уровнем значимости  $g=5\%$  и степенью свободы  $mN$  t-критерий для каждого коэффициента определяли по формуле:

$$t_i = \frac{|b|}{S(b_i)}. \quad (6)$$

Коэффициенты, у которых расчетное значение t-критерия оказалось меньше критического  $t_{кр}$ , признавались незначимыми.

После расчета и исключения незначимых коэффициентов получены уравнения регрессии:

Норма высева:

$$Q = 58,5 + 14,6x_1 - 7,9x_2 + 31x_3 + 26,4x_4 + 8,3x_5 + 14,9x_1x_4 - 9,1x_2x_4 + 11,1x_2x_5 + 15,6x_3x_4. \quad (7)$$

Неравномерность зерен в гнезде:

$$v(N) = 10,8 + 3,7x_1 - 5,7x_3 + 2,7x_4 + 4,4x_5 - 2,5x_1x_2 - 3x_1x_3 + 3,9x_1x_4 + 3,8x_2x_3 - 3,5x_2x_4 - 5x_2x_5 - 5,5x_3x_4 - 5,3x_3x_5 + x_4x_5; \quad (8)$$



Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Неравномерность длины между гнездами:

$$v(l)=7,8+0,63 x_2- x_3+1,1 x_5+2,5 x_1 x_3-0,73 x_1 x_4+1,47 x_1 x_5+1,45 x_2 x_5- x_3 x_4 +1,57 x_3 x_5. \quad (9)$$

Адекватность полученных моделей проверялась по критерию Фишера. Определялось табличное значение, при этом задаваемый уровень значимости  $g=5\%$  и степени свободы  $m$  (число параллельных опытов) и  $m_1(N-k-1)$  определяли дисперсию адекватности по выражению [2]:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{N(m-1)} \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2, \quad (10)$$

где  $m$  – количество повторов эксперимента;

$N$  – количество экспериментов.

Находим значение  $F$  – критерия Фишера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{\epsilon}^2}. \quad (11)$$

Расчетное значение критерия для всех функций отклика оказалось меньше критического, следовательно, уравнения регрессии принимаем адекватными.

Анализируя полученные уравнения регрессии, делаем вывод, что с увеличением окружной скорости, диаметра, глубины и числа ячеек норма высева возрастает. При увеличении же скорости агрегата норма высева уменьшается. Наибольшее влияние на норму высева оказывают диаметр и глубина ячеек.

На неравномерность зерен в гнезде наибольшее влияние оказывают глубина ячеек и взаимодействие факторов  $x_3x_4$  – глубина ячеек и диаметр. Причем с увеличением этих факторов неравномерность уменьшается за счет уменьшения времени опорожнения семян из ячеек.

С увеличением окружной скорости, глубины ячейки и числа ячеек неравномерность длины между гнездами увеличивается.

На основании вышеприведенных уравнений регрессии делаем вывод, что все целевые функции противоречивы друг другу. Следовательно, нахождение наилучших значений факторов реализуется методами оптимизации на основе нахождения компромиссного решения. В качестве такого метода целесообразно использовать метод ЛП-поиска, отличающийся наибольшей простотой и эффективностью.



Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

*Список использованных источников*

1. Фирсов А. С., Голубев В. В. Перспективы развития дисковых высевающих аппаратов // Агротехника и энергообеспечение. 2015. №1. С. 18–22.
2. Судакова М. С., Фирсов А. С. Анализ конструкций высевающих систем сеялок для посева мелкосеменных культур // Актуальные вопросы применения инженерной науки. Рязань : Изд-во Рязанского ГАУ, 2019. С. 94–97.
3. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев, В. В. Шумаев, [и др.]. М. : Росинформагротех, 2010. 292 с.
4. Высевающий аппарат : пат. 88497 Российская Федерация, МПК А01С7/16 / В. А. Овчинников, Д. А. Овчинников, М. Н. Чаткин, А. Н. Седашкин; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева». – № 2009128156/22; заявл. 21.07.2009; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.
5. Высевающий диск : пат. 124524 Российская Федерация, МПК А01С7/04 / В. А. Овчинников, О. А. Ягин, Н. В. Колесников; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева». – № 2012109016/13; заявл. 11.03.2012; опубл. 10.02.2013, Бюл. № 4.
6. Высевающий аппарат : пат. 49670 Российская Федерация, МПК А01С7/16 / В. А. Овчинников, М. Н. Чаткин, А. Н. Седашкин; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева». – № 2005120133/22; заявл. 28.06.2005; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34.
7. Адлер Ю. П., Маркова Е. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976. 279 с.





Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93

ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

### **Ovchinnikov Vladimir**

*PhD in Technical science, associate Professor, prof. A. I. Leshchankin department of mobile power tools and agricultural machines, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk*

### **SEED DISTRIBUTOR**

*The construction of the sowing unit for sowing of small-seed crops is proposed. It provides an increase in the uniformity of seed allocation over the feeding area. The results of experimental studies are presented.*

*Keywords: sowing apparatus, seeding rate, uniformity of distribution, objective function, experiment.*

© АНО СНОЛД «Партнёр», 2019

© Овчинников В. А., 2019

#### **Учредитель и издатель журнала:**

Автономная некоммерческая организация содействие научно-образовательной и литературной деятельности «Партнёр»  
ОГРН 1161300050130 ИНН/КПП 1328012707/132801001

#### **Адрес редакции:**

430027, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, д.22 Д, пом. 1  
тел./факс: (8342) 32-47-56; тел. общ.: +79271931888;  
E-mail: [redactor@anopartner.ru](mailto:redactor@anopartner.ru)



"ПАРТНЁР"  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

#### **О журнале**

- ✓ Журнал имеет государственную регистрацию СМИ и ему присвоен международный стандартный серийный номер ISSN.
- ✓ Материалы журнала включаются в библиографическую базу данных научных публикаций российских учёных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
- ✓ Журнал является официальным изданием. Ссылки на него учитываются так же, как и на печатный труд.



**Современные проблемы территориального развития. 2019. № 3. ID 93**

**ISSN: 2542-2103**

**Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016**

- ✓ Редакция осуществляет рецензирование всех поступающих материалов, соответствующих тематике издания, с целью их экспертной оценки.
- ✓ Журнал выходит на компакт-дисках. Обязательный экземпляр каждого выпуска проходит регистрацию в Научно-техническом центре «Информрегистр».
- ✓ Журнал находится в свободном доступе в сети Интернет по адресу: **www.terjournal.ru**. Пользователи могут бесплатно читать, загружать, копировать, распространять, использовать в образовательном процессе все статьи.

**Прием заявок на публикацию статей и текстов статей, оплата статей осуществляется через функционал Личного кабинета сайта издательства "Партнёр" ([www.anopartner.ru](http://www.anopartner.ru)) и не требует посещения офиса.**