

На правах рукописи



**Яковец Александр Викторович**

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ  
ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР  
ПНЕВМОВАКУУМНЫМ ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства (по техническим наукам)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Зерноград – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (ФГБОУ ВПО АЧГАА)

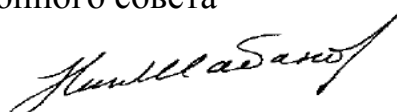
- Научный руководитель:** кандидат технических наук, доцент  
**Несмиян Андрей Юрьевич**
- Официальные оппоненты:** **Богомягих Владимир Алексеевич**  
доктор технических наук, профессор  
(ФГБОУ ВПО АЧГАА, профессор кафедры)
- Данилов Михаил Владимирович**  
кандидат технических наук, доцент  
(ФГБОУ ВПО СтГАУ, зав. кафедрой)
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказская зональная машиноиспытательная станция»  
(ФГБУ «Северо-Кавказская МИС»,  
г. Зерноград)

Защита состоится «26» декабря 2012 г. в 11 ч 30 мин на заседании диссертационного совета ДМ 220.001.01, созданного при ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (ФГБОУ ВПО АЧГАА), по адресу: 347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Ленина, 21 (зал заседаний диссертационного совета).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО АЧГАА.

Автореферат разослан «24» ноября 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук,  
профессор



Н.И. Шабанов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Пропашным культурам, таким как подсолнечник, кукуруза, сахарная свекла и др., для нормального роста и развития требуются определенные площади питания. Поэтому при их посеве значительное внимание уделяется равномерности распределения семян по длине рядков, которая во многом определяется точностью их дозирования высевальными аппаратами сеялок точного посева. Так, например, по данным исследований, за счет равномерности распределения семян пропашных культур можно поднять их урожайность на 20%.

Высевающие аппараты пропашных сеялок, выпускаемые отечественными производителями, осуществляют качественный посев семян при усредненных режимах работы. Однако при увеличении скорости посева существенно возрастает наличие нулевых и двойных подач семян дозирующими элементами высевающего диска, что отрицательно влияет на качество посева.

В связи с этим исследование процесса подачи семян дозирующими элементами пневмовакуумными высевальными аппаратами с целью определения его рациональных параметров, позволяющих исключить дополнительное появление нулевых подач и снизить двойные подачи, является актуальным направлением научной работы, имеющим народнохозяйственное значение.

**Научная гипотеза.** Повышение качества функционирования пневмовакуумных высевальных аппаратов пропашных сеялок может быть достигнуто за счет оптимизации удаления «лишних» семян от дозирующих элементов высевающего диска с учетом изменчивости линейных размеров семян пропашных культур и их фрикционных свойств.

**Рабочая гипотеза.** Повышения точности дозирования семян пневмовакуумными высевальными аппаратами можно добиться путем снижения ударного воздействия сбрасывателя на семена и совершенствования геометрии рабочей поверхности выступов сбрасывателя «лишних» семян, что позволит исключить дополнительное появление нулевых подач.

**Цель исследования:** повышение точности дозирования семян пропашных культур пневмовакуумными высевальными аппаратами путём оптимизации процесса отделения «лишних» семян от дозирующих элементов высевающего диска.

**Объект исследования.** Процесс односемянного дозирования посевного материала пневмовакуумным высевальным аппаратом пропашной сеялкой.

**Предмет исследования.** Закономерности процесса формирования односемянной подачи семян пропашных культур пневмовакуумным высевальным аппаратом.

**Методы исследования.** Теоретические исследования выполнялись с использованием методов прикладной механики и математического анализа. Экспериментальные исследования осуществлялись с использованием многофакторного планирования и математической статистики. Обработка данных исследования выполнялась на ПК.

**Научная новизна** заключается в выявлении теоретических закономерностей работы сбрасывателя «лишних» семян и эмпирическом определении конструктивных параметров сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевального аппарата.

**Практическая значимость.** Проведенные исследования позволили модернизировать конструкцию сбрасывателя «лишних» семян, который обеспечивает качественное удаление «лишних» семян от дозирующих элементов, без образования нулевых подач. Полученные аналитические результаты могут быть использованы при проектировании пневмовакуумных высевальных аппаратов.

**Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту:**

- теоретические зависимости процесса дозирования семян пропашных культур с обоснованием конструктивных параметров сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевального аппарата;
- экспериментальные зависимости односемянной подачи пропашных культур от параметров дозирующей системы пневмовакуумного высевального аппарата;
- регрессионная модель качества дозирования семян пропашных культур модернизированным пневмовакуумным высевальным аппаратом сеялки точного посева;
- рациональные значения конструктивных параметров пневмовакуумного высевального аппарата.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационного исследования доложены и одобрены на научно-технических конференциях ФГБОУ ВПО АЧГАА (2010 – 2012 гг.), на научном конкурсе студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновационное развитие АПК» (2012 г.), внедрены в условиях учебно-опытного фермерского хозяйства ФГБОУ ВПО АЧГАА и ООО «Сальсксельхозхимия».

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 12 научных работах, все в изданиях, рекомендованных ВАК. Получен патент на изобретение РФ. Общий объём опубликованных работ составляет 4,46 п.л., из которых 2,28 п.л. принадлежит автору.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 144 наименований и приложений. Основное содержание работы изложено на 149 страницах компьютерного текста, включая 23 таблицы, 61 рисунок.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** содержится обоснование актуальности темы, основные научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту.

**В первой главе** «*Современное состояние дозирующих систем сеялок точного высева*» выполнен анализ схмотехнических решений дозирующих систем пропашных сеялок, представленных на российском рынке сельхозтехники, из которого следует, что из рассмотренных 79 моделей сеялок точного высева, оснащены высевающими аппаратами с пневмовакуумной системой дозирования семян 77%, с механической системой – около 16,5% и с системой избыточного давления – около 6,5%. При высеве семян пропашных культур пневмовакуумными высевающими аппаратами дозирующие элементы (ячей) диска из семенной камеры кроме основных семян захватывают «лишние», которые присасываются к отверстиям, образованным поверхностью основного семени и кромкой ячеей. Поэтому для формирования односемянной подачи аппаратом необходимо удаление «лишних» семян. Соответственно, на качество работы пневмовакуумного аппарата значительное влияние оказывает конструкция сбрасывателя «лишних» семян, а также параметры его настройки.

В последнее время на большинстве пневмовакуумных высевающих аппаратов применяются механические сбрасыватели пассивного действия, имеющие форму плоской пилообразной или ступенчатой пластины, оказывающей воздействие на семена путем их смещения относительно центра дозирующих ячеей. При этом плоские узкогранные сбрасыватели меньше защемляют посевной материал в ячейках высевающего диска, а плоские широкогранные – более эффективно удаляют «лишние» семена.

Из анализа исследования теории процесса дозирования семян выявлено, что на качество дозирования семян пропашных культур значительное влияние оказывают физико-механические свойства семян, режимы работы аппарата (разрежение в вакуумной камере, диаметр и расположение дози-

рующих элементов высевающего диска, частота вращения диска), а также конструкция и параметры сбрасывателя «лишних» семян.

Из результатов выполненного анализа и в соответствии с поставленной целью исследования были определены следующие задачи исследования:

1. Обосновать конструктивно-технологические параметры сбрасывателя «лишних» семян и режимы работы пневмовакuumного высевающего аппарата сеялки точного высева.

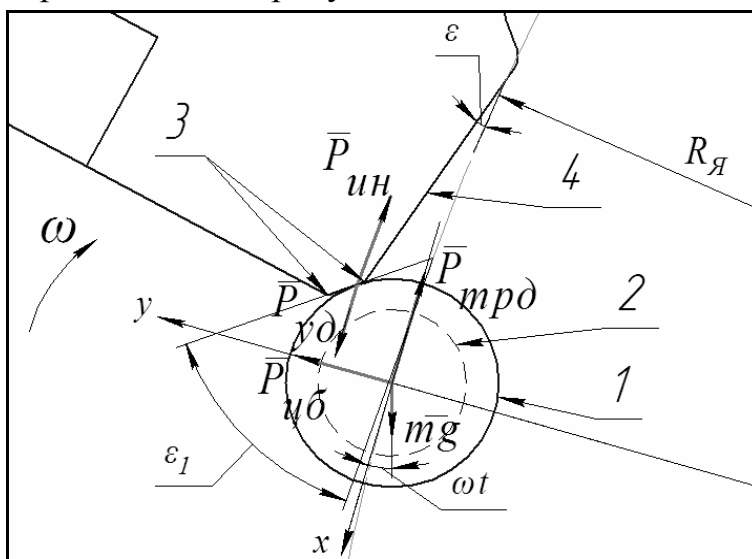
2. Разработать математическую модель процесса дозирования семян пашных культур.

3. Экспериментально определить рациональные параметры сбрасывателя «лишних» семян пневмовакuumного высевающего аппарата сеялки точного высева.

4. Определить качественные показатели работоспособности предложенной конструкции высевающего аппарата и технико-экономическую эффективность разработки.

**Во второй главе «Анализ процесса дозирования семян пневмовакuumным высевающим аппаратом»** приведены исходные положения, предпосылки и допущения к рассмотрению процесса дозирования семян, закономерности работы пневмовакuumного высевающего аппарата, анализ взаимодействия сбрасывателя с семенами у дозирующих элементов высевающего диска и обоснование критического угла установки выступов рабочей поверхности сбрасывателя «лишних» семян.

В пневмовакuumном высевающим аппарате взаимодействие между семенем, захваченным ячейей, и сбрасывателем состоит из двух этапов. Первый этап представлен на рисунке 1.



- 1 – семя, захваченное дозирующей ячейей;
- 2 – ячейя;
- 3 – входная кромка;
- 4 – рабочая поверхность выступов сбрасывателя «лишних» семян

Рисунок 1 – Схема взаимодействия семени с входной кромкой рабочей поверхности выступов сбрасывателя «лишних» семян

Из схемы взаимодействия сбрасывателя и семени (рисунок 1) следует, что для удержания семени у дозирующего элемента необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$P_{mp\partial} > P_{y\partial} + m \cdot g \cdot \cos \omega t, \quad (1)$$

где  $P_{mp\partial}$  – сила трения семян о поверхность высевающего диска, Н;

$P_{y\partial}$  – мгновенная сила удара семени о входную кромку рабочей поверхности выступов сбрасывателя, Н;

$\omega t$  – угол поворота высевающего диска за время  $t$ , рад;

$m$  – масса семени, кг;

$g$  – ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/с.

Сила трения семян о высевающий диск равна

$$P_{mp\partial} = P_{np} \cdot f_{\partial}, \quad (2)$$

где  $P_{np}$  – присасывающая сила, действующая на семя, Н;

$f_{\partial}$  – коэффициент трения движения семени о диск.

Присасывающую силу, действующую на семя, принято определять в предположении, что разрежение в вакуумной камере – величина постоянная. Однако анализ конструкции рассматриваемого высевающего аппарата пропашной сеялки МС-8 позволяет сделать вывод, что за счет несоответствия радиуса расположения центров дозирующих ячеек  $R_{я}$  и геометрических параметров вакуумной камеры высевающего аппарата снижение разрежения в вакуумной камере может достигать 7%, что следует учитывать в расчетах.

Мгновенная сила удара семени о входную кромку рабочей поверхности выступов сбрасывателя находится из выражения

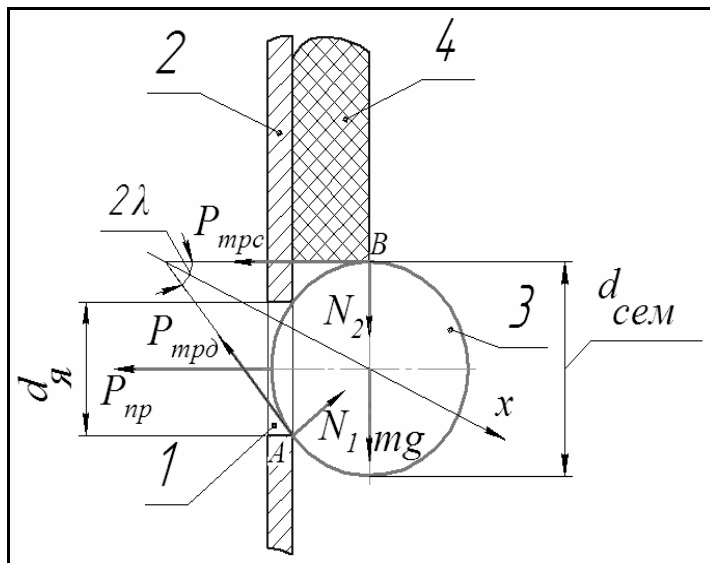
$$P_{y\partial} = m \cdot R_{я} \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sqrt{1 + tg^2 \varepsilon_1}, \quad (3)$$

где  $\omega$  – угловая скорость высевающего диска, с<sup>-1</sup>.

Решив неравенство (1), получаем, что оно выполняется при значениях угловой скорости высевающего диска ниже критического, равного 3,87 рад/с, что соответствует частоте вращения диска 37 об/мин.

Таким образом, можно сделать вывод, что за счет взаимодействия семян с входной кромкой сбрасывателя количество нулевых подач, сформированных самим сбрасывателем, будет значительно возрастать при увеличении частоты вращения высевающего диска более 37 об/мин, что особенно характерно при высеве семян со значительными линейными размерами. Кроме того, при использовании широкогранных сбрасывателей существует вероятность защемления семени между рабочей поверхностью сбрасывателя и дозирующим элементом.

На рисунке 2 представлена схема взаимодействия семени, захваченного дозирующим элементом высевающего диска, с серийным широкогранным сбрасывателем.



- 1 – дозирующий элемент
- 2 – высевающий диск;
- 3 – семя;
- 4 – широкогранный сбрасыватель «лишних» семян

Рисунок 2 – Схема сил, действующих на семя, захваченное ячейей, при взаимодействии с широкогранным сбрасывателем

Воспользовавшись рисунком 2, запишем условие, при котором отсутствует защемление семян между дозирующим элементом (ячейей) высевающего диска и широкогранным сбрасывателем «лишних» семян, с учетом допущения, что семя не заваливается в ячейю:

$$(N_1 + N_2) \cdot \sin \lambda > (P_{np} + P_{mpd} + P_{mpc}) \cdot \cos \lambda, \quad (4)$$

где  $N_1, N_2$  – нормальные реакции ячейи высевающего диска и широкогранного сбрасывателя на семя соответственно, Н;

$\lambda$  – половина угла створа защемляющей пары: дозирующий элемент и сбрасыватель «лишних» семян, рад;

$P_{mpc}$  – сила трения семени о поверхность сбрасывателя, Н.

При этом силой тяжести семени пренебрегаем, т.к. она составляет около 2...3% от величины присасывающей силы.

После определения реакций действия сил в точках контакта семени с высевающим диском и широкогранным сбрасывателем, выражение (4) примет вид:

$$\frac{\operatorname{tg} \lambda - f_o}{\sin 2\lambda - f_o \cdot (1 + \cos 2\lambda)} + \frac{\cos 2\lambda \cdot (\operatorname{tg} \lambda - f_c)}{\sin 2\lambda - f_c \cdot (1 + \cos 2\lambda)} - 1 > 0, \quad (5)$$

где  $f_c$  – коэффициент трения движения семян по поверхности сбрасывателя.

Как показали расчеты, проведенные с использованием редактора MathCad 14.0, при любом реальном соотношении  $d_я/d_{сем}$  условие (5)



не соблюдается, т.е. существует значительная вероятность защемления семени между ячейей высевающего диска и широкогранным сбрасывателем.

Вероятность защемления семян между дозирующим элементом и сбрасывателем можно уменьшить путем снижения степени перекрытия им ячеей, однако это приведет к увеличению вероятности появления двойных подач семян. Поэтому с целью снижения вероятности защемления семян (рисунок 3, I) и обеспечения более мягкого их взаимодействия со сбрасывателем предлагается изменить конструкцию широкогранного сбрасывателя «лишних» семян таким образом, чтобы угол  $\alpha$  между его рабочей гранью (поверхностью) и гранью, примыкающей к высевающему диску (рисунок 3, I) в начале выступа № 1 (рисунок 3, II), был острым.

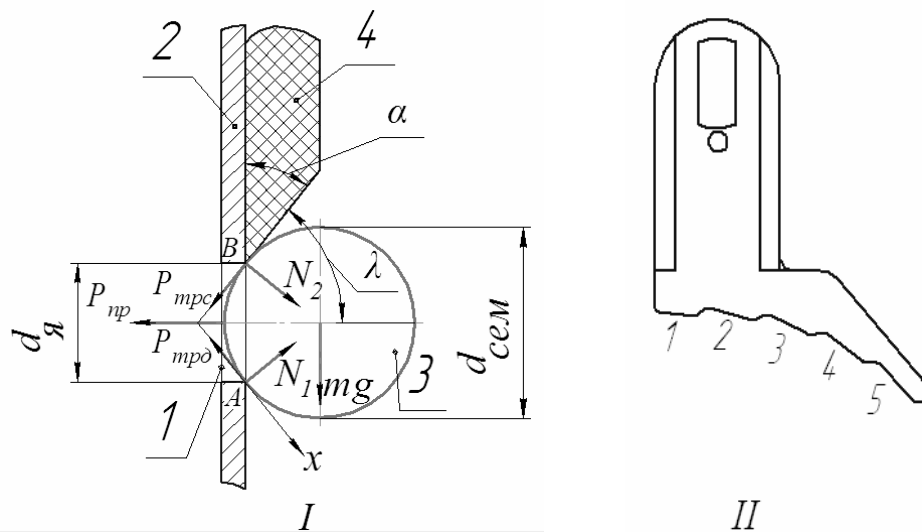


Рисунок 3 – Схема сил (I), действующих на захваченное ячейей семя, при взаимодействии с модернизированным сбрасывателем (II)

Для исключения защемления семян угол  $\alpha$  должен быть как можно меньше, однако, для предотвращения «наползания» семян на сбрасыватель начальное значение угла  $\alpha$  должно быть больше угла трения семян по поверхности сбрасывателя  $\varphi_{тр}$ . С учетом исследований фрикционных свойств семян по материалу, из которого выполнен сбрасыватель, определенных по известной методике, предлагается принимать угол  $\alpha$  близким к  $30^\circ$ .

Условие, при котором отсутствует защемление семян между дозирующим элементом высевающего диска и модернизированным сбрасывателем (рисунок 3, I) имеет вид:

$$N_2 \cdot (\cos(\lambda - \alpha) - f_c \cdot \cos 2\lambda) - N_1 \cdot f_d - P_{np} \cdot \cos \lambda > 0. \quad (6)$$

После определения реакций действия сил в точках контакта семени с высевающим диском и модернизированным сбрасывателем (см. рисунок 3), исходя из условий равновесия и упрощения, уравнение (6) примет вид:

$$\frac{\sin 2\lambda - f_c \cdot \cos 2\lambda}{2 \cdot (\sin \lambda - f_c \cdot \cos \lambda)} - \frac{f_o}{2 \cdot (\sin \lambda - f_o \cdot \cos \lambda)} - \cos \lambda > 0. \quad (7)$$

Подобно анализу выражения (5) был произведен расчет значений половины угла створа заземляющей пары: дозирующий элемент и сбрасыватель «лишних» семян, при которых неравенство (7) соблюдается. Из которого следует, что данное условие выполняется при условии  $\frac{d_{я}}{d_{сем}} < 0,909$ , а поскольку из исследований ученых  $d_{я} = 0,6 \dots 0,7 d_{сем}$ , следовательно, заклинивание семени между модернизированным сбрасывателем и дозирующей ячейей высевающего диска исключается.

Таким образом, предлагаемая модернизация сбрасывателя «лишних» семян позволяет исключить защемление высеваемых семян, что уменьшает частоту сброса единичных семян от дозирующих элементов. Однако она снижает степень воздействия сбрасывателя на семена, что может привести к возрастанию частоты двойных (иногда и тройных) подач. В связи с этим, предлагается угол  $\alpha$  между рабочей гранью сбрасывателя и гранью, примыкающей к высевающему диску 2 (рисунок 3, I), постепенно увеличивать от выступа № 1 (рисунок 3, II) в направлении вращения высевающего диска так, чтобы в средней части выступа № 3 (рисунок 4, III) он принимал значение  $90^\circ$ . При этом, в результате действия выступов сбрасывателя № 1 и № 2 на семя 3 (рисунок 4, I, II), оно предварительно «выкатывается» из дозирующего элемента 1, за счет чего впоследствии исключается дальнейшее его защемление между дозирующей ячейей 1 диска 2 и сбрасывателем «лишних» семян 4.

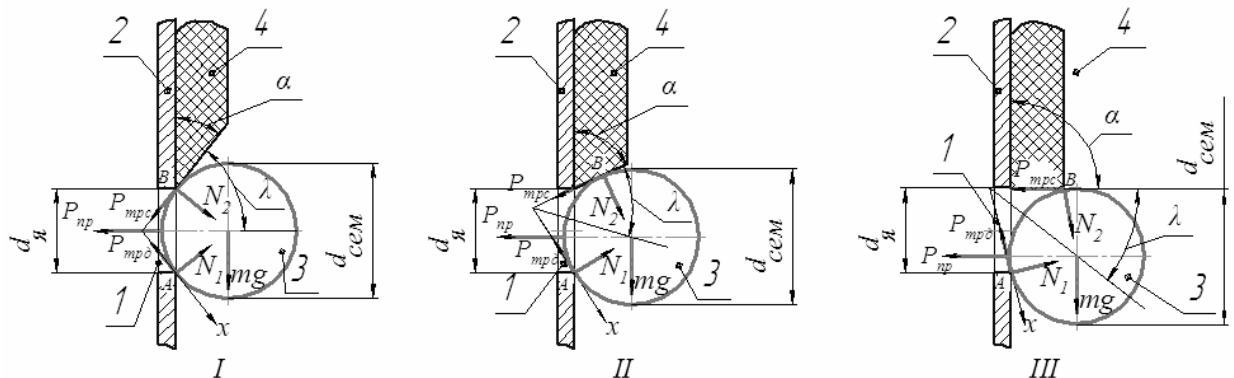


Рисунок 4 – Стадии перемещения захваченного ячейей семени выступами модернизированного сбрасывателя

При этом предложенная модернизация позволит исключить взаимодействие семени с входной кромкой рабочей поверхности выступов сбрасывателя, поскольку взаимодействие сбрасывателя с семенем будет начинаться в плоскости высевающего диска, на окружности, диаметр которой равен диаметру дозирующего элемента.

На следующем этапе семя последовательно взаимодействует с рабочими поверхностями выступов сбрасывателя «лишних» семян в плоскости высевающего диска. Одновременно с этим происходит частичное перекрытие диаметра дозирующей ячейки выступом сбрасывателя и уменьшение таким образом площади присасывания (рисунок 5).

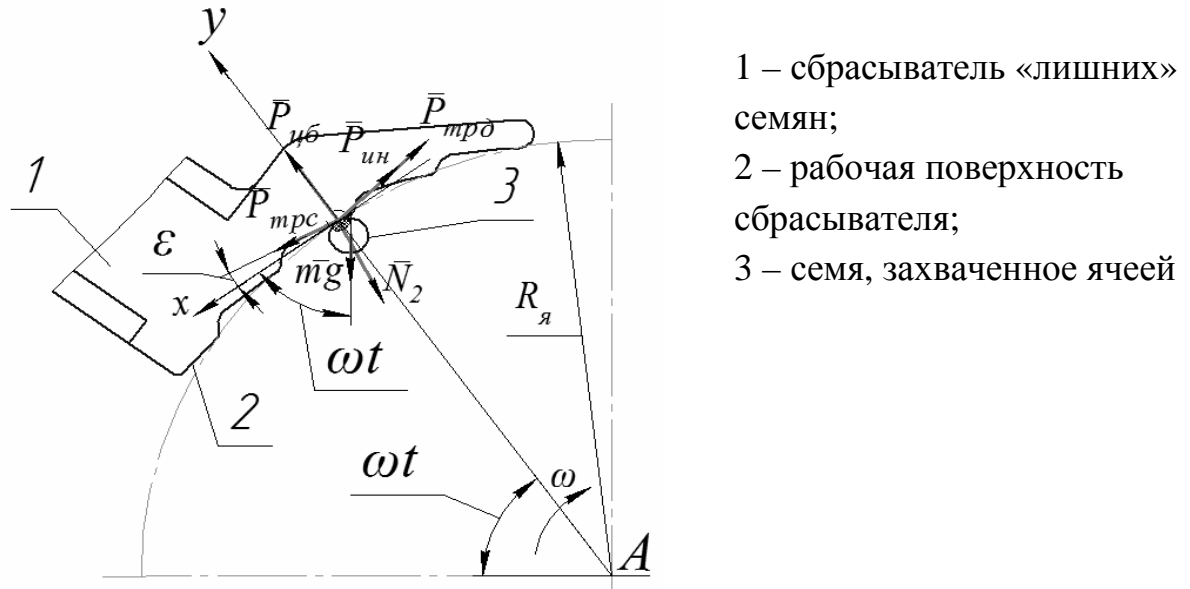


Рисунок 5 – Схема сил, действующих на семя, при взаимодействии с рабочей поверхностью выступа модернизированного сбрасывателя

Анализ схемы сил, представленной на рисунке 5, показывает, что для эффективного удаления «лишних» семян и сохранения основных, необходимо, чтобы сила трения высевающего диска о семя была несколько выше равнодействующей сил сопротивления:

$$P_{трд} \geq R_C, \quad (8)$$

где  $R_C$  – равнодействующая сил сопротивления, Н.

Сила трения семян о высевающий диск определяется по формуле

$$P_{трд} = f_{\partial} \cdot P_{аэр}, \text{ Н}, \quad (9)$$

где  $P_{аэр}$  – аэродинамическая сила присасывания, действующая на семя, Н;

$\gamma$  – угол действия аэродинамической силы, вызванной смещением семени, град.

При определении аэродинамической силы присасывания принимаются допущения, что действие силы перпендикулярно плоскости высевающего диска, а площадь присасывания равна незакрытой выступами сбрасывателя площади ячейки ( $Sn_{я}$ ), определяемой по формуле:

$$Sn_{я} = \pi \cdot r_{я}^2 - \int_0^{c_{я}} 2 \cdot \sqrt{2 \cdot r_{я} \cdot c_{я} - c_{я}^2} dc_{я}, \text{ мм}, \quad (10)$$

где  $r_{я}$  – радиус дозирующей ячейки, мм;

$c_{я}$  – степень перекрытия ячеек, мм.

Равнодействующая сил сопротивления равна

$$R_C = \sqrt{R_X^2 + R_Y^2}, \text{ Н}, \quad (11)$$

где  $R_X, R_Y$  – проекции равнодействующей сил сопротивления  $R_C$  на оси  $x$  и  $y$  соответственно, Н.

Из данных рисунка 5 следует:

$$R_X = P_{mpc} \cdot \cos \varepsilon + m \cdot g \cdot \cos \omega t + N_2 \cdot \sin \varepsilon - P_{ин} \cdot \cos \varepsilon, \text{ Н}, \quad (12)$$

$$R_Y = P_{цб} + P_{ин} \cdot \sin \varepsilon + P_{mpc} \cdot \sin \varepsilon - N_2 \cdot \cos \varepsilon - m \cdot g \cdot \sin \omega t, \text{ Н}, \quad (13)$$

$$N_2 = P_{цб} \cdot \cos \varepsilon + P_{mpd} \cdot \sin 2\varepsilon + P_{ин} \cdot \sin 2\varepsilon - m \cdot g \cdot \sin(\varepsilon + \omega t), \text{ Н}, \quad (14)$$

где  $\varepsilon$  – средний угол установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян, рад.

Сила инерции семени определяется по формуле:

$$P_{ин} = m \cdot R_{я} \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sqrt{1 + tg^2 \varepsilon}, \text{ Н}. \quad (15)$$

По результатам произведенного расчета сил, оказывающих влияние на семя при взаимодействии со сбрасывателем, выполненного при помощи программы MathCad 14.0 на примере кукурузы, построен график теоретической зависимости сил (рисунок 6), входящих в неравенство (8).

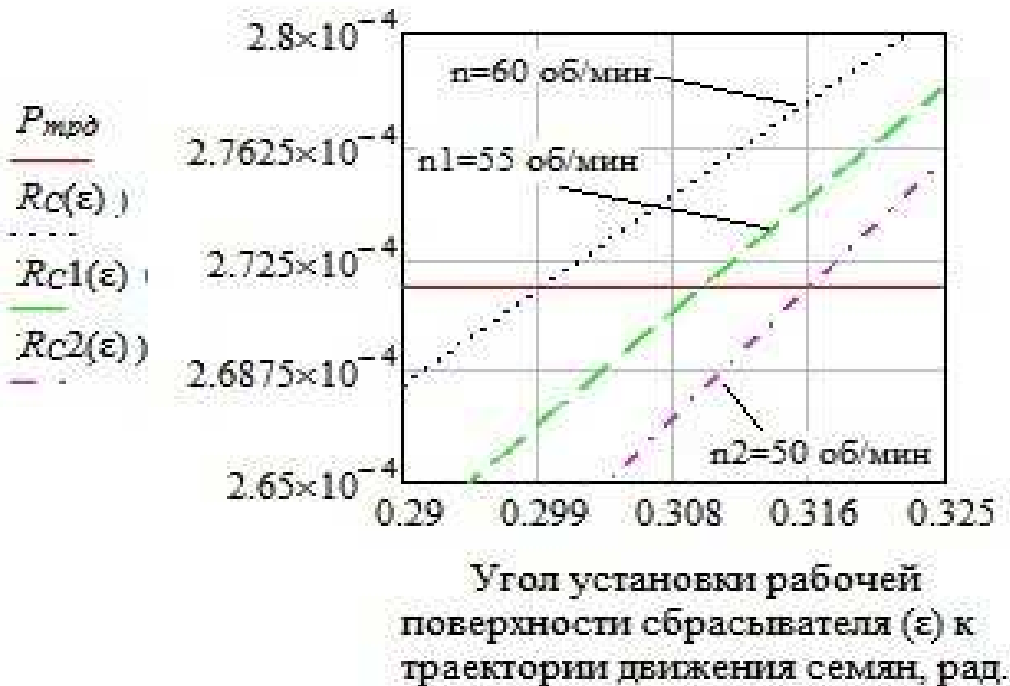


Рисунок 6 – График теоретической зависимости силы трения о диск ( $P_{mpd}$ ) и равнодействующих сил сопротивления ( $R_C$ ) от угла установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя ( $\varepsilon$ ) к траектории движения семян при различных частотах вращения высеваящего диска ( $n$ )

Анализ выражения (8) и данных рисунка 6 показывает, что критический угол установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян кукурузы при частоте вращения диска  $n=60$  об/мин составляет  $\varepsilon_{кр}=0,299$  рад= $17,13^\circ$ , при  $n=55$  об/мин –  $\varepsilon_{кр}=0,310$  рад= $17,76^\circ$  и при  $n=50$  об/мин –  $\varepsilon_{кр}=0,316$  рад= $18,10^\circ$ . Подобный анализ был выполнен для подсолнечника. Таким образом, точность дозирования семян пропашных культур обеспечивается при значении угла установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян близким, но несколько ниже значения критического угла  $\varepsilon_{кр}$ .

**В третьей главе «Программа и методика экспериментального исследования»** описывается программа опытного исследования и методика определения физико-механических свойств семян пропашных культур, методика экспериментального исследования параметров и режимов работы пневмовакуумного высевающего аппарата, методика проведения полевого эксперимента.

Опыты выполнялись на некалиброванных семенах кукурузы гибрида Зерноградский 282 МВ и подсолнечника сорта Лакомка на высевающем аппарате пропашной сеялки МС-8 (ранее известной как сеялка СПБ-8К), одной из самых распространенных на территории Ростовской области, производимой фирмой ОАО «Миллеровосельмаш».

В экспериментальном исследовании в качестве критерия оптимизации, как наиболее обобщенный показатель, рассматривался коэффициент вариации подачи семян ячеями  $V$ , величина которого зависит от точности дозирования семян ячеями высевающего диска.

Лабораторные исследования выполнялись для определения влияния длины рабочей части поверхности хвостовика сбрасывателя «лишних» семян, угла  $\varepsilon$  установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян, количества дозирующих элементов высевающего диска на точность дозирования семян пропашных культур пневмовакуумным высевающим аппаратом.

С учетом результатов проведенного теоретического анализа работы пневмовакуумного высевающего аппарата в качестве основных факторов, оказывающих наиболее значимое влияние на точность дозирования семян пропашных культур, были определены: условный диаметр семени  $d_y$ , частота вращения высевающего диска  $n$ , степень перекрытия диаметра дозирующего элемента по последнему выступу сбрасывателя  $c_y$ .

В процессе экспериментального полевого исследования был выполнен посев семян подсолнечника сорта Лакомка на полях ООО «Сальсксельхоз-

химия» (г. Сальск Ростовской области) пропашной сеялкой СПБ-8К с серийными и экспериментальными высевальными аппаратами. Посев выполнялся пунктирным способом с заданной нормой высева 4,6 шт./м, на глубину 5...7 см, при скорости движения трактора 11...12 км/ч.

**В четвертой главе «Результаты экспериментального исследования и их анализ»** представлены данные исследования физико-механических свойств семян рассматриваемых пропашных культур, результаты экспериментального исследования пневмовакуумного высевального аппарата и проведения полевого эксперимента.

Усредненные значения физико-механических свойств семян рассматриваемых пропашных культур (подсолнечника, кукурузы и клещевины) следующие: минимальная длина, ширина и толщина семян соответственно 9,59 мм, 6,09 мм и 3,83 мм; максимальная длина, ширина и толщина семян соответственно 13,98 мм, 9,00 мм, 6,61 мм; масса 1000 семян составляет 164,5 г; объемная масса – 0,56 кг/л; угол естественного откоса – 34,9°; коэффициент внутреннего трения равен 0,70; скорость витания исследуемых семян – 8,7 м/с; коэффициент парусности равен 0,183 м<sup>-1</sup>; коэффициент трения покоя и трения движения по стали неокрашенной, алюминию и полиамиду составляет соответственно 0,41 и 0,32.

Определение влияния длины рабочей части поверхности хвостовика сбрасывателя при высева пневмовакуумным высевальным аппаратом семян подсолнечника и кукурузы показало, что длина рабочей части хвостовика сбрасывателя должна быть максимально возможной, однако, для повышения качества работы пневмовакуумного высевального аппарата ближайший к семенной камере выступ сбрасывателя «лишних» семян необходимо удалить.

На основе исследования влияния угла  $\varepsilon$  установки рабочей поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к траектории их движения на качество работы пневмовакуумного высевального аппарата при высева семян подсолнечника и кукурузы можно сделать вывод, что средний угол установки  $\varepsilon$  рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян должен быть для подсолнечника равен  $\varepsilon=19,25^\circ$  и для кукурузы –  $\varepsilon=12,77^\circ$ . Дальнейший анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что для повышения точности дозирования семян пропашных культур пневмовакуумным высевальным аппаратом, необходимо, чтобы средний угол установки  $\varepsilon$  рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян был близким к углу трения движения семян о поверхность сбрасывателя и меньше критического угла  $\varepsilon_{кр}$  установки рабочей

поверхности выступа сбрасывателя «лишних» семян к траектории их движения.

Для определения рациональных режимов работы экспериментального пневмовакуумного высевающего аппарата, снабженного сбрасывателем «лишних» семян модернизированной конструкции с восемью выступами на рабочей поверхности, в научно-исследовательской лаборатории был проведен трехфакторный эксперимент по некомпозиционному плану второго порядка с варьированием факторов на трех уровнях.

Уравнение регрессии в кодированном виде с учетом коэффициентов уравнения:

$$y = 0,136 + 0,130 \cdot X_1 + 0,096 \cdot X_2 - 0,112 \cdot X_3 + 0,116 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,215 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,103 \cdot X_1^2 + 0,158 \cdot X_3^2. \quad (15)$$

Уравнение (15) в натуральном обозначении переменных имеет вид:

$$V = 0,136 + 0,130 \cdot d_y + 0,096 \cdot n - 0,112 \cdot c_{я} + 0,116 \cdot d_y \cdot n - 0,215 \cdot d_y \cdot c_{я} + 0,103 \cdot (d_y)^2 + 0,158 \cdot (c_{я})^2. \quad (16)$$

Из уравнения (16) следует, что наиболее важным фактором является условный диаметр семени  $d_y$ , чем больше его величина, тем больше значение коэффициента вариации подачи семян дозирующими ячейми  $V$ . Наименее значимым фактором является частота вращения высевающего диска  $n$ . Степень перекрытия диаметра  $c_{я}$  дозирующих ячеей в уравнении (16) оказывает обратное воздействие на значение коэффициента вариации подачи семян ячейми  $V$ , ее увеличение приводит к уменьшению последнего за счет снижения частоты двойных подач семян пропашных культур пневмовакуумным высевающим аппаратом.

Анализ графиков уравнения регрессии в натуральном виде осуществлялся построением линий равного уровня (рисунки 7 – 9).

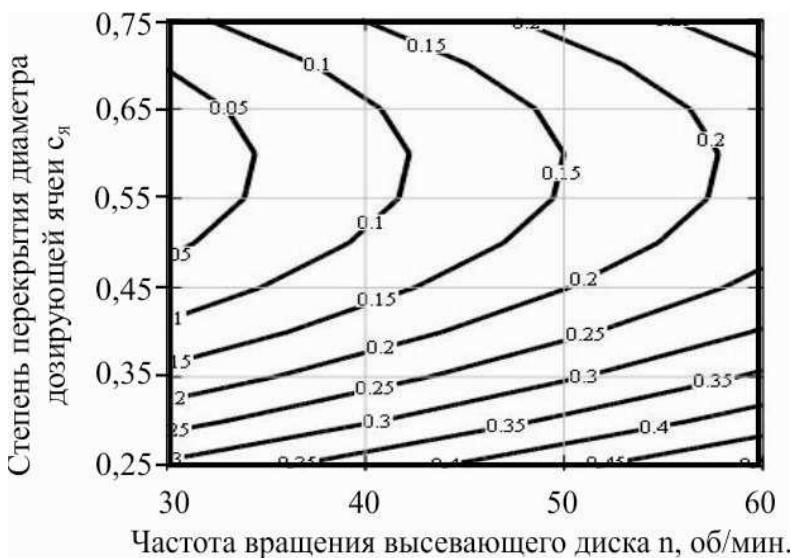


Рисунок 7 – Изолинии коэффициента вариации подачи семян ячейми при  $d_y=7,15$  мм

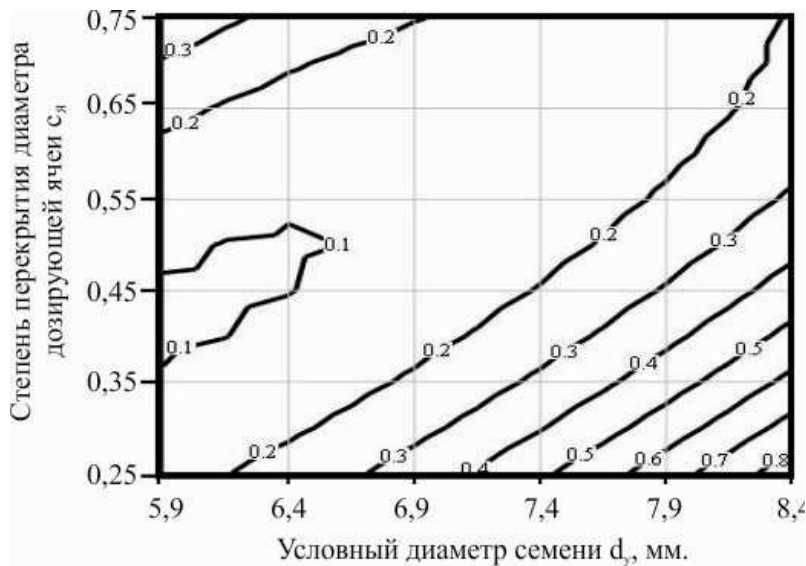


Рисунок 8 – Изолинии коэффициента вариации подачи семян ячейками при  $n=45$  об/мин

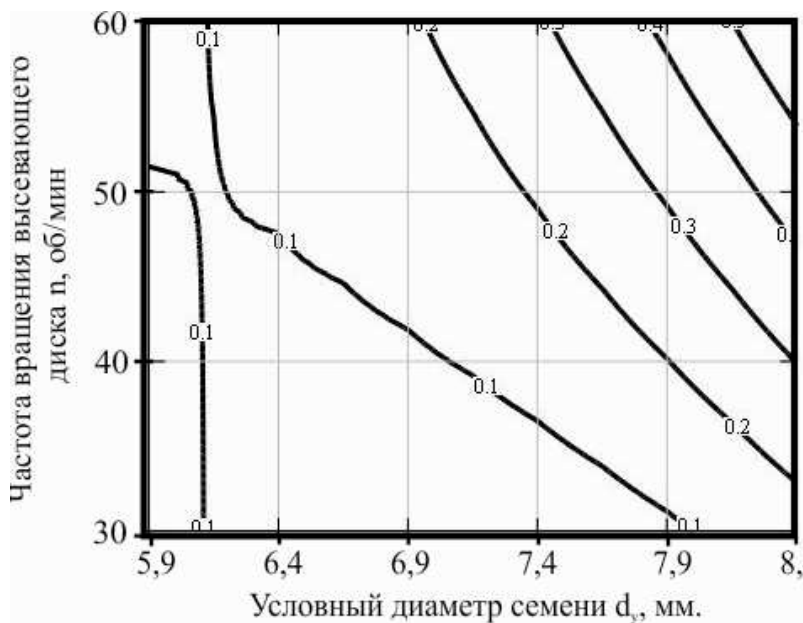


Рисунок 9 – Изолинии коэффициента вариации подачи семян ячейками при  $c_{я}=0,5 d_{я}$

Анализ данных рисунков 7 – 9 позволяет сделать вывод, что точность дозирования семян пропашных культур пневмовакuumным высевальным аппаратом обеспечивается при значениях условного диаметра семени  $d_y$  от 6,0 до 6,8 мм, степени перекрытия диаметра дозирующей ячейки  $c_{я}$  на 50%  $d_{я}$  и частоте вращения высевального диска  $n$  до 45 об/мин.

Определение качества подачи семян подсолнечника и кукурузы пневмовакuumным высевальным аппаратом с измененным высевальным диском (радиус расположения центров дозирующих элементов которого 76,4 мм) с количеством ячеек 20 шт. и сбрасывателем «лишних» семян модернизированной конструкции с 8 выступами на рабочей поверхности показало, что высевальный аппарат позволяет снизить частоту нулевых и двойных подач посевного материала и обеспечить увеличение равномерности подачи семян



рассматриваемых культур более чем в 1,25 раза по сравнению с серийным аппаратом (рисунок 10).

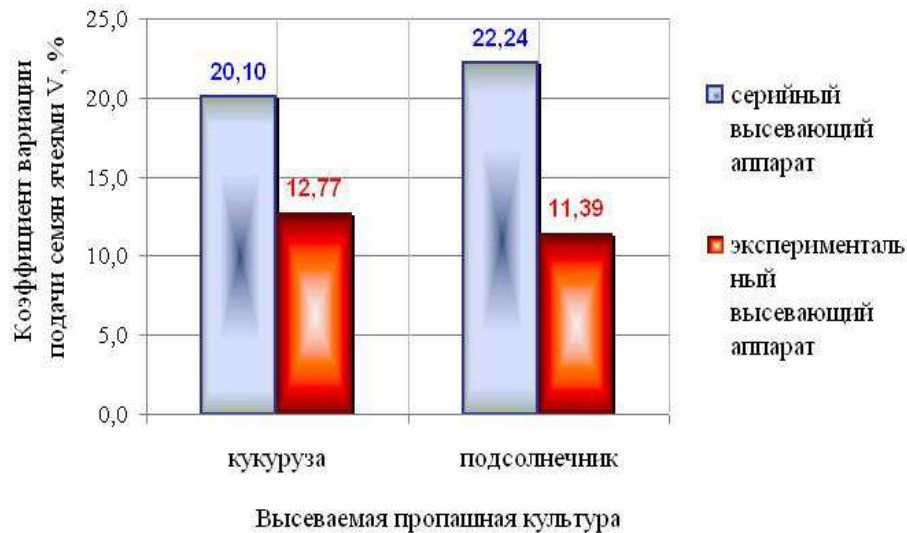


Рисунок 10 – Значения коэффициента вариации подачи семян ячеями кукурузы и подсолнечника серийным и экспериментальными высевальными аппаратами

По результатам полевого экспериментального исследования можно сделать вывод, что среднее значение коэффициента вариации распределения семян в рядке по измеренным участкам на 44% ниже у засеянных экспериментальными высевальными аппаратами по сравнению рядками, засеянными серийными аппаратами.

**В пятой главе «Технико-экономическая эффективность разработки»** выполнен расчет технико-экономической эффективности применения экспериментальных пневмовакuumных высевальных аппаратов по сравнению с серийными аппаратами сеялки СПБ-8К при одинаковой норме посева. Экономическая эффективность разработки достигается благодаря снижению частоты нулевых и двойных подач семян пропашных культур экспериментальными аппаратами и повышению скорости посева на 3 км/ч. В результате применение экспериментального посевного агрегата дополнительно приносит экономию более 200 тысяч рублей, срок окупаемости которого составляет – 0,1 года.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На отечественном рынке сельскохозяйственной техники более 70% пропашных сеялок оснащены пневмовакuumными системами дозирования семян, качество работы которых в значительной степени определяется конструкцией и положением сбрасывателя «лишних» семян. При высоких

скоростях посева оно не отвечает агротребованиям (нулевых подач – не более 2%, двойных подач – не более 5%).

2. Получены теоретические зависимости работы сбрасывателя «лишних» семян, на основе которых предложена конструкция пневмовакуумного высевающего аппарата (патент РФ № 2420942) с переменным углом расположения рабочих граней сбрасывателя «лишних» семян по отношению к плоскости высевающего диска, позволяющего уменьшить ударное воздействие входной кромки сбрасывателя на семя, без снижения качества удаления «лишних» семян. Обоснованы углы расположения рабочих граней выступов сбрасывателя к плоскости диска  $\varphi_{\text{тр}} < \alpha < 90^\circ$  и к траектории движения семян  $\varepsilon = 16 \dots 20^\circ$ .

3. Рассмотрение полученной математической модели показало, что в исследуемом диапазоне точность дозирования семян пропашных культур обеспечивается при высеве семян с условным диаметром 6,0...6,5 мм, степени перекрытия диаметра дозирующего элемента сбрасывателем «лишних» семян около 50% и частоте вращения высевающего диска, не превышающей 45 об/мин, соответствующей скорости движения посевного агрегата 10,8 км/ч. При высеве семян с условным диаметром более 6,5 мм степень перекрытия дозирующих элементов необходимо увеличивать, а частоту вращения высевающего диска – снижать.

4. Анализ результатов экспериментального исследования показал, для повышения точности дозирования семян пропашных культур необходимо, чтобы высевающий диск содержал 20 дозирующих ячеек с рациональным радиусом расположения их центров на диске данного аппарата – 76,4 мм, средний угол расположения рабочей поверхности выступа сбрасывателя к траектории движения семян –  $\varepsilon = 16,70^\circ$ . Длина сбрасывателя семян должна быть максимально возможной в границах конструкции высевающего аппарата.

5. Сравнительные стендовые испытания показали, что пневмовакуумный высевающий аппарат предложенной конструкции позволяет снизить коэффициент вариации подачи семян почти на 25% по сравнению с серийным аппаратом. При этом частота нулевых подач снизилась почти в 9 раз, а частота двойных подач – в 2...3 раза. Применение экспериментальных высевающих аппаратов на посевах подсолнечника в условиях полей ООО «Сальсксельхозхимия» позволило увеличить урожайность по сравнению с контролем.

6. В результате определения технико-экономической эффективности разработки установлено, что экспериментальные пневмовакуумные высевающие аппараты позволяют, за счет снижения частоты нулевых и двойных

подачу посевного материала, увеличить урожайность подсолнечника на 3 ц/га и получить экономию эксплуатационных затрат 54080 руб., а общую годовую экономию – в размере 268080 руб.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

*– в изданиях, рекомендованных ВАК*

1. Яковец, А.В. Физико-механические свойства семян пропашных культур / А.В. Яковец, В.В. Шумаков // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2011. – № 3 (22). – С. 68 – 72.
2. Яковец, А.В. Усовершенствование сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевающего аппарата / А.В. Яковец // *Агро XXI*. – 2011. – № 4–6. – С. 40 – 41.
3. Яковец, А.В. Анализ дозирующих систем сеялок точного высева / А.В. Яковец // *Аграрная Россия*. – 2011. – № 3. – С. 60 – 63.
4. Яковец, А.В. Повышение скорости машинно-тракторного агрегата на посеве пропашных культур / А.Ю. Несмиян, В.В. Должиков, А.В. Яковец // *Вестник ОрелГАУ*. – 2011. – № 4 (31). – С. 61 – 63.
5. Яковец, А.В. Влияние изгибов пневмопровода на равномерность подачи семян / Д.Е. Шаповалов, П.Я. Лобачевский, А.Ю. Несмиян, А.В. Яковец // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2011. – № 5. – С. 33 – 34.
6. Яковец, А.В. Повышение качества дозирования семян подсолнечника пневматическим высевающим аппаратом / А.Ю. Несмиян, А.В. Яковец, В.В. Должиков, Д.Е. Шаповалов // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. – 2011. – № 4 (25). – С. 60 – 65.
7. Яковец, А.В. Обзор сбрасывателей «лишних» семян пневмовакуумных сеялок точного высева / А.В. Яковец // *Агро XXI*. – 2011. – № 10–12. – С. 44 – 46.
8. Яковец, А.В. Улучшение равномерности распределения семян пропашных культур / А.В. Яковец, В.В. Шумаков // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2012. – № 1 (26). – С. 46 – 50.
9. Яковец, А.В. Теория работы высевающего аппарата пропашной сеялки вакуумного типа / А.Ю. Несмиян, В.В. Должиков, А.В. Яковец // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2012. – № 2. – С. 72 – 74.
10. Яковец, А.В. Рациональные параметры рабочей поверхности плоского сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевающего аппарата

/ А.В. Яковец, А.Ю. Несмиян // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 6. – С. 146 – 152.

11. Яковец, А.В. Синтез рациональных параметров пневмовакуумного высевающего аппарата пропашной сеялки / А.Ю. Несмиян, А.В. Яковец, В.В. Шумаков // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2012. – № 22 (27). – С. 71 – 76.

12. Яковец, А.В. Обоснование рациональных параметров плоского сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевающего аппарата / А.В. Яковец, А.Ю. Несмиян // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 7. – С. 114 – 120.

*– патент на изобретение:*

13. Патент 2420942 Российская Федерация, МПК9 А01С7/04. Пневмовакуумный высевающий аппарат / П.Я. Лобачевский, А.В. Яковец, А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, В.В. Должиков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (ФГОУ ВПО АЧГАА). – № 2009143251/21 заявл. 23.11.2009; опубл. 20.06.2011. Бюл. № 17. – 8 с.: ил.

ЛР 65-13 от 15.02.99. Подписано в печать 23.11.2012.  
Формат 60×84/16. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 435.

© РИО ФГБОУ ВПО АЧГАА  
347740, Зерноград, Ростовской области, ул. Советская, 15