

На правах рукописи

КОЗЛОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ  
КОМБИНИРОВАННОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА  
ВИБРАЦИОННОГО ТИПА**

Специальность 05.20.01. – Технологии и средства  
механизации сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Красноярск – 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»

<b>Научный руководитель</b>	доктор технических наук, доцент <b>Вишняков Андрей Анатольевич</b>
<b>Официальные оппоненты:</b>	доктор технических наук, профессор <b>Докин Борис Дмитриевич</b>  кандидат технических наук, доцент <b>Семенов Александр Викторович</b>
<b>Ведущая организация</b>	<b>ФГБОУ ВПО «РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева»</b>

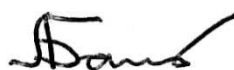
Защита состоится 17 февраля 2012 г. в 11<sup>30</sup> часов на заседании объединенного диссертационного совета ДМ 220.037.01 при ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90.

Тел/Факс: 8(391)227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет».

Автореферат разослан «16» января 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Бастрон А.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Для полного удовлетворения потребностей населения в продуктах питания, а отрасли животноводства – кормами, необходимо довести среднегодовое производство зерновых культур в стране до 1,0 тонны на человека.

Решение этой проблемы во многом определяется урожайностью возделываемых культур, которая зависит от качества посева зерна с одновременным внесением дозы минеральных удобрений.

Отечественные и зарубежные посевные машины для одновременного дозирования семян и минеральных удобрений (туков) оснащаются отдельными высевальными устройствами. Это значительно усложняет конструкцию сеялок, что в конечном счете увеличивает затраты на единицу производимой продукции.

В связи с этим, важной народнохозяйственной задачей является разработка универсального высевального аппарата, обеспечивающего совместный высева семян и туков

Работа выполнялась в соответствии с планом НИР Красноярского государственного агроуниверситета и включена в межведомственный координационный план СО РАСХН на период 2006–2010 гг. по заданию IX. 01.02.01 «Обосновать и разработать комплексы конкурентоспособных технических средств нового поколения для машинных технологий производства зерновых культур, выращивания овощей в открытом грунте и улучшения лугопастбищных угодий».

**Цель работы:** обоснование параметров и режимов работы комбинированного вибрационного высевального аппарата для повышения урожайности и снижения материальных и энергетических затрат.

### **Задачи исследований:**

1. Разработать технологический процесс совместного посева семян и туков многоструйным вибрационным высевальным аппаратом сеялки.
2. Разработать математические модели процесса посева семян и туков многоструйным вибрационным высевальным аппаратом, определяющие диапазоны изменения основных конструктивно-технологических параметров и факторов, влияющих на эффективность рабочего процесса.
3. Обосновать методику оценки количественных и качественных показателей работы комбинированного вибрационного высевального аппарата.

4. Провести исследования и обосновать рациональные параметры и режимы работы комбинированного вибрационного высевающего аппарата.

5. Изготовить опытный образец зерновой сеялки, оборудованной комбинированными вибрационными высевающими аппаратами и провести сравнительные полевые испытания с сеялкой СЗ-3,6А, установив технико-экономический эффект от ее применения.

**Объектом исследований** является процесс совместного высева семян зерновых культур и удобрений комбинированным вибрационным высевающим аппаратом.

**Предметом исследований** являются закономерности, определяющие рабочие процессы комбинированного вибрационного аппарата при совмещенном высеве семян зерновых культур и минеральных удобрений.

**Научную новизну составляют:**

- способ совместного дозирования частиц с разными физико-механическими свойствами при помощи вибрации;
- математические модели, описывающие состояние колеблющегося слоя семян и туков в вибрационном высевающем устройстве;
- экспериментальные зависимости, устанавливающие влияние параметров и режимов работы комбинированного вибрационного высевающего аппарата на его оценочные показатели.

**Практическую значимость составляют:** конструктивные параметры и эффективные режимы работы комбинированного вибрационного высевающего аппарата зерновой сеялки; номограмма для настройки сеялки на заданную норму высева семян и внесения удобрений; использование результатов исследований в научном и учебном процессе при подготовке специалистов сельскохозяйственного производства.

**На защиту выносятся:**

- способ совместного высева семян и туков, обладающих различными физико-механическими свойствами;
- математические модели оптимизации процесса совместного высева семян и минеральных удобрений;
- результаты экспериментальных исследований по обоснованию эффективных режимов работы комбинированного вибрационного высевающего аппарата при совместном высеве семян зерновых культур и туков;
- результаты производственной проверки опытной сеялки с комбинированными высевающими аппаратами.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на международных, всероссийских и региональных

научных конференциях, проводимых в Красноярском ГАУ (2004–2008 гг.), Новосибирском ГАУ (2005 г.), Омском ГАУ (2007 г.), МГАУ им. В.П. Горячкина (2007, 2009 гг.), Орловском ГАУ (2010 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; получен 1 патент на изобретение

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов по работе, списка литературы, шести приложений. Работа изложена на 131 странице машинописного текста, содержит 40 рисунков, 10 таблиц. Список литературы включает 128 наименований, в том числе 3 на иностранном языке.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, ее практическая значимость, новизна, сформулирована цель исследований.

**В первой главе** «Анализ технических средств для высева семян и внесения удобрений» установлено, что одной из важнейших операций при возделывании с.-х. культур является посев, выполняемый зерновыми сеялками и комбинированными почвообрабатывающими и посевными агрегатами, а основным рабочим органом сеялки, определяющим качество посева, является высевающий аппарат. В связи с этим, рассмотрены основные способы посева и агротехнические требования, предъявляемые к этой операции. Исследованиями высевающих аппаратов занимались В.П. Горячкин, А.Н. Карпенко, М.Н. Летошнев, А.Н. Семенов, Н.И. Любушко, В.Н. Зволинский, В.П. Чичкин, П.Я. Лобачевский, А.Н. Репетов и многие другие авторы. В работах этих ученых отмечаются достоинства и недостатки высевающих аппаратов, и высказывается необходимость как в совершенствовании существующих, так и изыскании новых принципов их работы.

Важность внесения удобрений рассмотрена в работах А.С. Бойко, Г.Н. Лысевского, А.О. Петросяна, В.Ф. Салынского, Б.А. Нефедова, Н.С. Авдонины и др. При локальном внутрипочвенном внесении стартовой дозы удобрения равная прибавка урожая, в сравнении с разбросным способом, достигается при сокращении дозы на 25–30 %.

Внесение минеральных удобрений при посеве осуществляется комбинированными сеялками. Дозирование туков в них осуществляется отдельными туковысевающими аппаратами.

Анализ рабочих процессов высевающих аппаратов, осуществляющих одновременный высев семян и туков, показывает, что их дозирование

обеспечивается двумя различными по конструкции аппаратами с собственными приводами и настройками на требуемый режим работы. Обеспечить дозирование семян и туков одним аппаратом, работающим на существующих принципах высева, не представляется возможным.

Исследованиями И.И. Блехмана, Г.Е. Листопада, Н.В. Антонова, И.В. Сегеды, И.В. Кудрявцева, Н.Н. Троянова, Р.Г. Кузнецовой, А.С. Вишнякова, В.С. Красовских, А.И. Клишина, А.А. Бричагиной и других авторов доказана возможность использования нового принципа дозирования сыпучего материала за счет вибрации. В качестве сыпучего материала ими использовались только семена различных сельскохозяйственных культур, и не рассматривалась возможность совместного внесения удобрений.

Особенностью представленных исследований является обоснование возможности совместного высева семян и туков лотковым высевающим устройством вибрационного аппарата, разделенного на зерновые и туковые емкости.

**Во второй главе** «Математическое моделирование рабочего процесса комбинированного вибрационного высевающего аппарата» определены диапазоны возможного изменения основных факторов и конструктивных параметров, влияющих на процесс совместного дозирования семян и туков.

Семена и туки в колеблющемся лотке вибрационного высевающего аппарата за счет снижения сил трения между отдельными частицами приобретают новые свойства, характерные для вязкой жидкости. Это позволяет рассматривать их движение в рамках модели несжимаемой жидкости. Гарантией равномерного высева семян и туков высевающими отверстиями лоткового высевающего устройства будет отсутствие значительных возмущений свободной их поверхности при колебаниях.

На рисунке 1  $Oxy$  – неподвижная система координат. С колеблющимся по закону  $OO' = s(t)$  лотком связана подвижная систему координат  $O'x'y'$ . Лоток имеет длину  $L$ , высоту  $v$  и уровень в нем семян  $h$ .

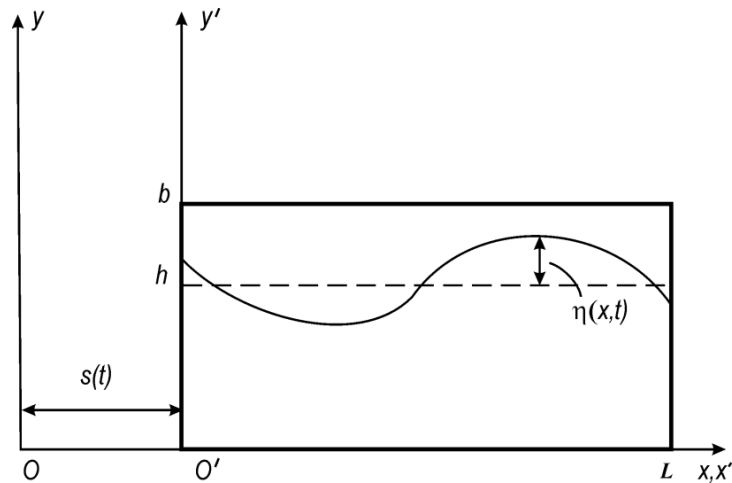


Рисунок 1 – Схема движения свободной поверхности верхнего слоя семян

Для анализа состояния верхней свободной поверхности слоя семян необходимо отыскать гармоническую по  $x$  и  $y$  функцию  $\varphi(x,y,t)$ :

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

удовлетворяющую на дне и торцевых стенках колеблющегося лотка условиям “непротекания”:

$$\left. \frac{\partial\varphi}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial\varphi}{\partial x} \right|_{x=L} = 0, \quad \left. \frac{\partial\varphi}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad (2)$$

а на поверхности условию:

$$\left. \left\{ \frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} + \mu \frac{\partial\varphi}{\partial t} + g \frac{\partial\varphi}{\partial y} \right\} \right|_{y=h} = \ddot{c}x + \mu cx, \quad (3)$$

где  $c(t)$  – переносная скорость движения частиц верхнего слоя;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\mu$  – Релеевский коэффициент диссипативной вязкости.

При найденной функции  $\varphi$  возмущение верхней свободной поверхности  $\eta(x,t)$  семян в лотке определяется уравнением:

$$\eta(x,t) = \frac{1}{g} \left( \frac{\partial\varphi}{\partial t} + \mu\varphi \right) \Big|_{y=h} - \frac{c}{g}x - \frac{\mu c}{g}x. \quad (4)$$

Численный эксперимент показал, что если входящие в задачу параметры будут находиться в следующих пределах:  $L = 490 \dots 530$  мм,  $h = 50 \dots 90$  мм,  $f = 6 \dots 11$  Гц,  $A = 5 \dots 7$  мм, то это обеспечит максимальную локализацию возмущения свободной поверхности у торцевых стенок лотка. В средней части, составляющей  $\approx 80\%$  поверхности, амплитуды колебаний не превышает  $5\%$  от уровня равновесия.

Полученный в рамках гидродинамической модели результат нельзя признать достаточно полным решением поставленной задачи, что приводит к необходимости построения дискретной модели сыпучей среды, описывающей взаимодействие отдельных частиц между собой, со стенками и дном высевающего устройства и т.д. В работе предлагается имитационный подход к моделированию сыпучих сред, при которых отслеживаются параметры движения отдельных частиц, их упругое взаимодействие друг с другом и со стенками высевающего устройства и выполняется визуализация процесса.

Запишем закон Ньютона для  $i$ -того элемента в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} \dot{x}_i = u_i \\ \dot{u}_i = F_x - \mu u_i \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \dot{y}_i = V_i \\ \dot{V}_i = F_y - \mu V_i \end{cases} \quad (6)$$

Здесь  $F_x$  и  $F_y$  – действующие на  $i$ -й элемент суммарные силы в направлениях  $x$  и  $y$ ;  $u_i$ ,  $V_i$  – компоненты скорости центра масс в направлениях  $x$  и  $y$  соответственно, а диссипативные (вязкие) члены  $\mu u_i$  и  $\mu V_i$ , где  $\mu > 0$  – коэффициент вязкости, введены искусственным образом для повышения устойчивости решения. При численном эксперименте значение вязкости  $\mu$  выбирается эмпирически, чтобы обеспечивалась устойчивость процесса, но при этом величина  $\mu$  по возможности должна быть минимальной.

Решение приведенных систем уравнений позволяет определить значения скоростей и перемещений каждой частицы и является основой создания имитационной модели процесса работы высевающего устройства в среде Delphi. На рисунке 2 приведен результат применения имитационной модели.

При создании модели было принято, что на экране компьютера в верхнем лотке находится сыпучий материал, подобный по физико-механическим свойствам семенам пшеницы, а в нижнем – с гранулами суперфосфата простого. С помощью установленных у каждого отверстия счетчиков можно отследить выпавшее количество семян и удобрений. Оптимизация необходимого при высеве количества семян и удобрений проводится на основе необходимой серии расчетов при вычислительном эксперименте. Таким образом оптимизируется процесс одновременного дозирования семян и удобрений комбинированным вибрационным высевающим аппаратом.



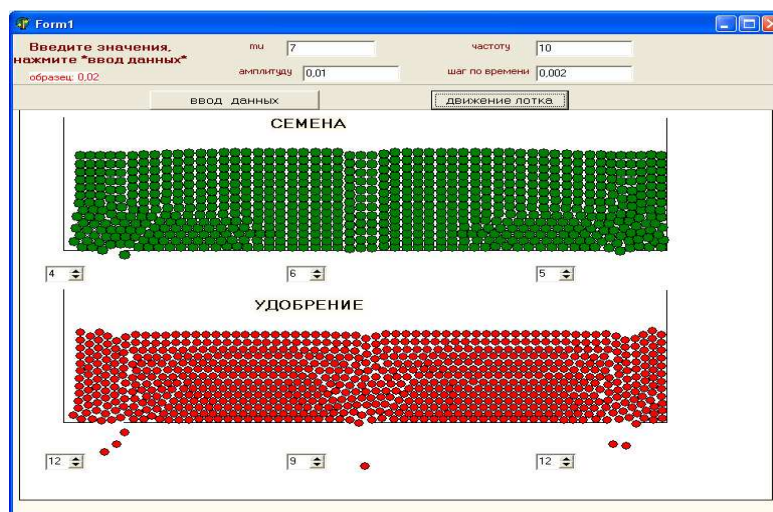


Рисунок 2 – Графическое изображение модели процесса работы комбинированного высевающего устройства

По результатам математического моделирования и графического изображения процесса высева подтверждены значения параметров комбинированного высевающего устройства и определены пределы изменения основных факторов:  $f = 6...11$  Гц,  $A = 5...7$  мм,  $h = 50...90$  мм, влияющих на одновременный высев семян и туков.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» определены методы оценки рабочего процесса комбинированного аппарата (патент РФ № 2310311, рисунок 3) с использованием многофакторного и серии однофакторных экспериментов, уточняющих выводы, полученные при теоретических исследованиях.

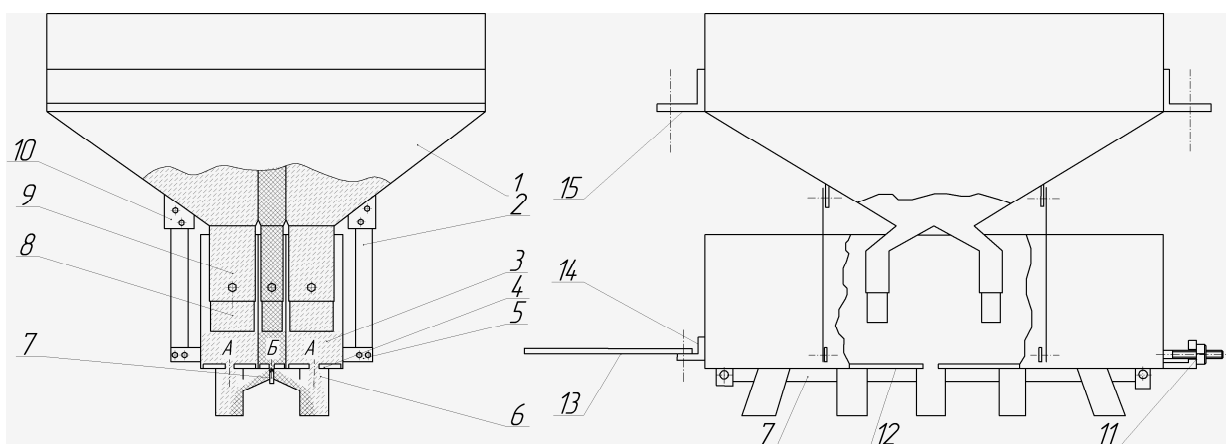


Рисунок 3 – Комбинированный вибрационный высевающий аппарат: 1 – бункер; 2 – подвеска; 3 – высевающее устройство; 4 – регулировочная пластина; 5 – нижний кронштейн; 6 – наконечник семяпровода; 7 – делительная пластина; 8 – дозатор; 9 – горловина бункера; 10 – пластина подвески; 11 – регулировочное устройство; 12 – дно высевающего устройства; 13 – шатун; 14 – кронштейн шатуна; 15 – уголок; А – полости для семян; Б – полость для удобрений

Для проведения исследований предлагаемого аппарата была разработана экспериментальная установка, позволяющая изменять режим его работы, характеризуемый частотой и амплитудой колебаний лоткового высевающего устройства и уровнем в нем семян и туков.

Рабочий процесс любого высевающего аппарата с количественной стороны оценивается коэффициентами средней неравномерности высева  $H$ , % и неустойчивости высева  $H_{np}$ , %. Согласно агротребованиям их величины при высеве зерновых культур не должны превышать соответственно 6 и 2,8 %.

Качественные показатели рабочего процесса аппарата оцениваются коэффициентом вариации  $V$  и среднеквадратическим отклонением  $\sigma$  расстояний между семенами в рядке.

При планировании многофакторного эксперимента в качестве параметров оптимизации выступали коэффициенты  $H$ ,  $H_{np}$  и средний расход семян и удобрений через высевное отверстие аппарата  $\bar{X}$ . Факторами оптимизации выступали частота колебаний лотка высевающего устройства  $f$ , его амплитуда  $A$  и уровень слоя семян и удобрений  $Y$ . По результатам теоретических исследований диапазон изменения факторов был принят: для частоты колебаний высевающего устройства  $f$  от 7 до 11 Гц; амплитуды колебаний  $A$  от 5 до 7 мм; уровня семенного материала  $Y$  от 50 до 90 мм. Обработка результатов экспериментальных исследований осуществлялась по общепринятой методике, предусматривающей аналитическое описание функций в виде уравнений регрессии, построение плана ПФЭ, расчет коэффициентов регрессии, анализ уравнений регрессии. Гипотеза об однородности опытов определялась при помощи критерия Кохрена, значимость коэффициентов регрессии находилась по  $t$ -критерию Стьюдента, проверка адекватности уравнений регрессии осуществлялась по критерию Фишера.

**В четвертой главе** «Результаты экспериментальных исследований» определены зависимости среднего расхода семян и туков  $\bar{X}$ , коэффициента средней неравномерности высева  $H$  и коэффициента неустойчивости общего высева  $H_{np}$  от основных параметров и режимов работы вибрационного высевающего аппарата.

По результатам математической обработки данных, при реализации плана эксперимента (по схеме Бокса-Бенкина) получены соответствующие регрессионные модели и поверхности отклика (рисунок 4):

$$H=99,4 -12\cdot f - 10128,75\cdot A - 340,31\cdot Y + 287,5\cdot f\cdot A + 8,12\cdot f\cdot Y + 4375\cdot A\cdot Y + 0,53\cdot f^2 + 631250\cdot A^2 +1703,12\cdot Y^2; \quad (7)$$

$$H_{np} = 35,9 - 2,86 \cdot f - 3093,75 \cdot A - 335,31 \cdot Y - 62,5 \cdot f \cdot A + 8,13 \cdot f \cdot Y - 3125 \cdot A \cdot Y + 0,13 \cdot f^2 + 331250 \cdot A^2 + 1953,12 \cdot Y^2; \quad (8)$$

$$\bar{X} = 1228,57 - 114,77 \cdot f - 164300 \cdot A - 1053,75 \cdot Y - 5500 \cdot f \cdot A + 37,5 \cdot f \cdot Y + 350 \cdot A \cdot Y + 8,88 \cdot f^2 + 16875000 \cdot A^2 + 14062,5 \cdot Y^2; \quad (9)$$

Проведенный регрессионный анализ показал, что все коэффициенты в полученных уравнениях статистически значимы. Расчет критерия Фишера подтвердил адекватность моделей.

Анализ поверхностей отклика позволил установить оптимальный режим, характеризуемый наименьшими оценочными показателями: частота колебаний  $f = 9$  Гц, амплитуда колебаний  $A = 6$  мм, уровень семян и туков  $Y = 70$  мм.

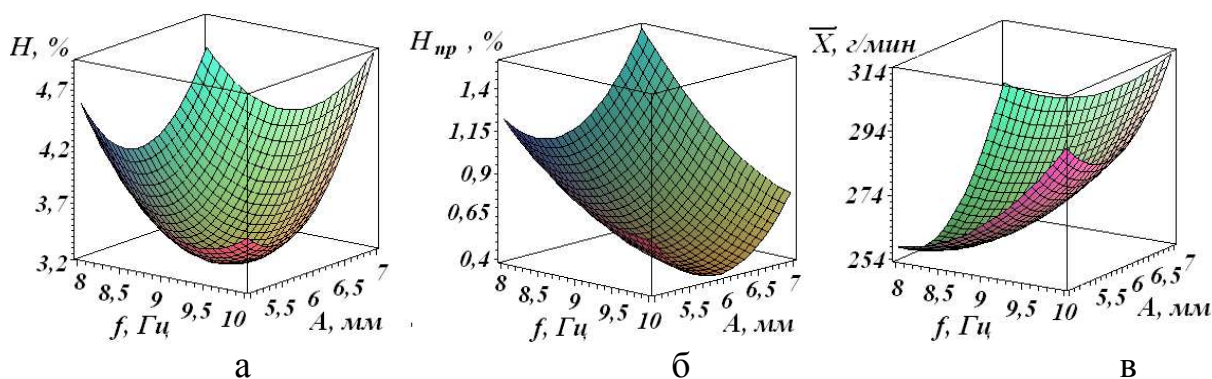


Рисунок 4 – Поверхности отклика при  $Y = 0$  (дозируемый материал – пшеница): а – коэффициент неравномерности  $H$ , %; б – коэффициент неустойчивости  $H_{np}$ , %; в – средний расход семян и туков через отверстие  $\bar{X}$ , г/мин

С целью проверки полученных математических моделей, дополнения результатов исследований и уточнения влияния каждого из факторов был проведен ряд однофакторных экспериментов. На рисунке 5 минимальное значение коэффициента  $H$  соответствует частоте колебаний  $f = 9$  гц, амплитуде  $A = 6$  мм и уровню семян  $Y = 70$  мм, что обеспечивает его снижение до 3 %.

Минимальное значение коэффициента  $H_{np}$  0,6 % достигается при частоте колебаний  $f = 9$  гц, амплитуде  $A = 6$  мм и уровне семян  $Y = 70$  мм. Этот режим работы многоструйного комбинированного вибрационного высевающего аппарата является эффективным.

С целью подтверждения влияния конструктивно-технологических параметров на качественные и количественные показатели работы аппарата были проведены исследования, результаты которых представлены на рисунке 6.

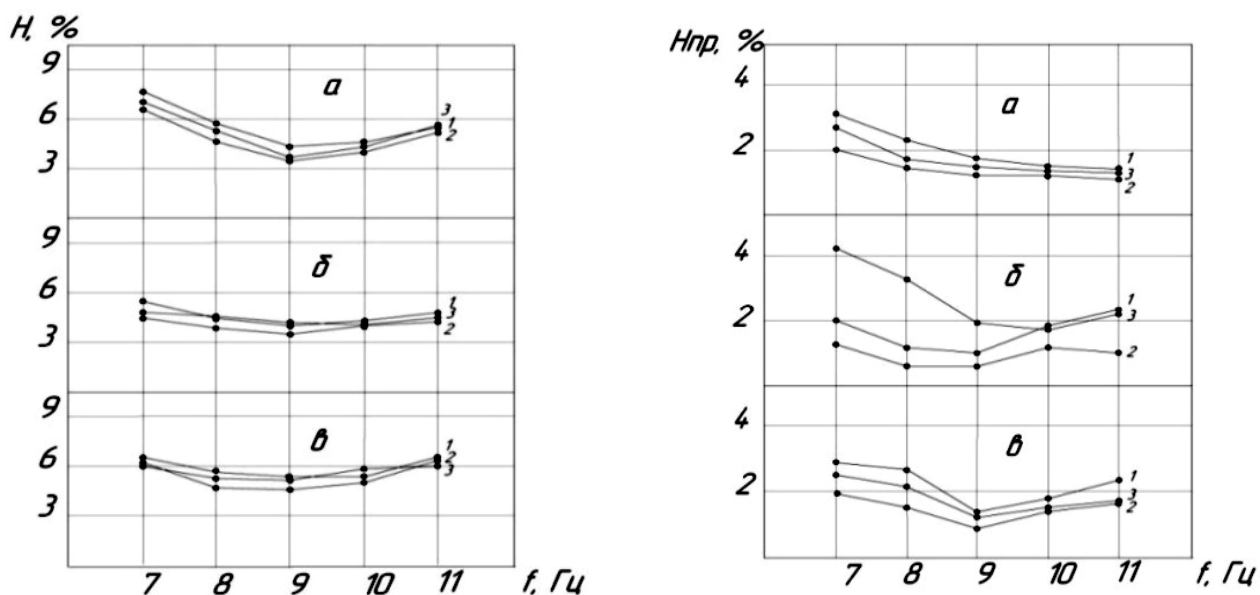


Рисунок 5 – Зависимости коэффициентов средней неравномерности  $H$  и неустойчивости высева семян пшеницы  $H_{np}$  от частоты колебаний высевающего аппарата  $f$  при различных значениях амплитуды его колебаний и уровня в нем семян: а – амплитуда колебаний 5 мм; б – 6 мм; в – 7 мм; 1 – уровень семян в высевающем устройстве 50 мм; 2 – 70 мм; 3 – 90 мм

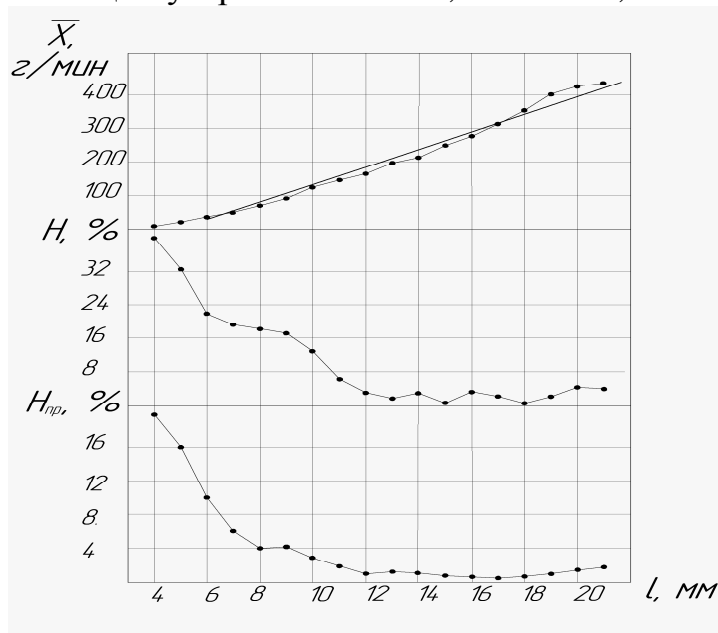


Рисунок 6 – Изменение расхода семян  $\bar{X}$  пшеницы, коэффициента средней неравномерности высева  $H$  и коэффициента неустойчивости общего высева  $H_{np}$ , в зависимости от длины высевных отверстий  $l_{омв}$ .

Анализ графиков показывает, что зависимость расхода семян от длины отверстий близка к линейной, а коэффициенты  $H$  и  $H_{np}$  при применяемых нормах высева не превышают агротехнических требований.

Результаты сравнительных испытаний высева с катушечным аппаратом зерновой сеялки СЗ–3,6А на липкую ленту с нормой 135 кг/га показали

(рисунок 7 а), что среднее количество семян, высеянных на учетных участках, для обоих аппаратов практически равны и составляют для катушечного аппарата 3,04, а вибрационного – 3,06 штуки. Однако количество участков со средним числом зерен для катушечного аппарата равно 12 %, для вибрационного аппарата эта величина достигает 47 %.

Для катушечного аппарата характерно наличие участков, содержащих от 0 до 7 штук, а для вибрационного лишь от 2 до 4 семян, причем участки с 2-мя зернами для катушечного аппарата составляют 16 %, 3-мя – 12 % и 4-мя – 14 %, что в сумме составляет 42 %, а у вибрационного эти величины соответственно равны 22 %, 50 % 28 % и эта сумма равна 100 %. Следовательно, вибрационный аппарат равномернее распределяет семена в рядах.

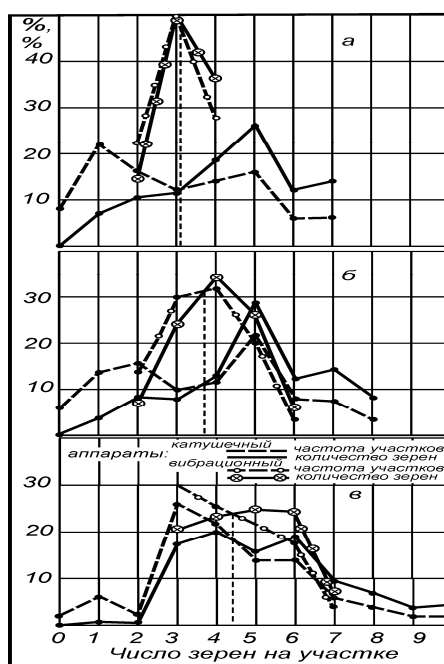


Рисунок 7 – Распределение зерен пшеницы на 5-ти сантиметровых участках ряда: а – норма высева катушечного аппарата 135 кг/га; вибрационного – 136 кг/га; б – соответственно 164 кг/га и 163,6 кг/га; в – 196,7 кг/га и 196 кг/га

Такая же закономерность наблюдается для средней 164 кг/га и большей 197 кг/га норм высева (рисунок 7 б, в).

Кроме подсчета количества зерен на 5-ти сантиметровых участках проводились замеры расстояний между соседними зернами, расположенными вдоль высеянного ряда. Анализируя результаты этих замеров можно отметить, что вибрационный высевательный аппарат обеспечивает более равномерное распределение семян в рядах при различных нормах высева. Этот вывод подтверждается тем, что у этого

аппарата коэффициент вариации интервалов между отдельными семенами в среднем в 1,65 раза меньше, чем у катушечного.

Для подтверждения универсальности комбинированного вибрационного аппарата после его испытаний на семенах пшеницы, были проведены исследования при высеве семян овса. Характер всех полученных кривых аналогичен кривым, полученным при высеве семян пшеницы.

По результатам исследований совместного высева семян зерновых культур и минеральных удобрений (туков) были определены соответствующие зависимости (рисунок 8), которые позволили определить возможность одновременного дозирования семян и удобрений, различающихся по физико-механическим свойствам. В качестве испытываемого материала применялся суперфосфат простой.

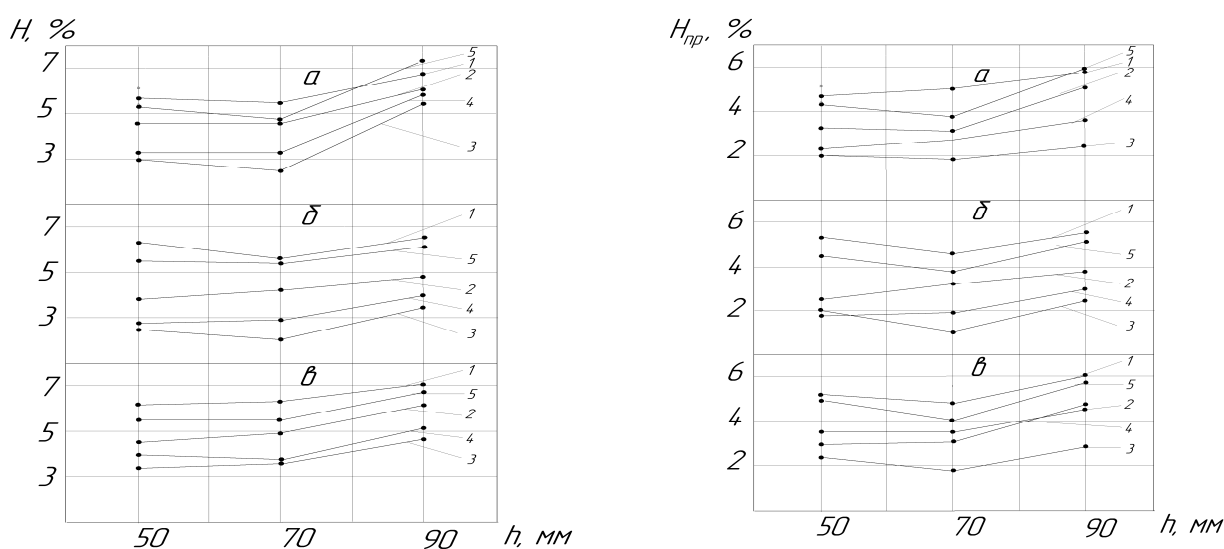


Рисунок 8 – Влияние уровня удобрений в высевальном устройстве на коэффициенты неравномерности  $H$  и неустойчивости  $H_{np}$  их высева: а – амплитуда колебаний 5 мм; б – 6 мм; в – 7 мм; 1 – частота колебаний 7 Гц; 2 – 8 Гц; 3 – 9 Гц; 4 – 10 Гц; 5 – 11 Гц

Анализ зависимостей позволяет заключить, что оптимальным является уровень удобрений в высевальном устройстве, равный 70 мм, так как при нем коэффициенты неравномерности и неустойчивости высева минимальны и равны соответственно 2,5 % и 1,8 %, что значительно ниже агротехнических требований.

В результате математического моделирования и проведенных экспериментальных исследований удалось обосновать эффективный режим работы и конструктивно-технологические параметры комбинированного вибрационного высевального аппарата.

**В пятой главе** «Агрооценка экспериментальной сеялки и расчет технико-экономических показателей» приведены материалы производственных испытаний

комбинированной сеялки с вибрационными высевальными аппаратами и технико-экономические расчеты по эффективности ее использования.

Полевые испытания выполнялись в соответствии с методикой проведения агротехнических оценок экспериментальных образцов сеялок. Контролем при этом служила сеялка СЗ–3,6А. Проведенные испытания подтвердили ранее сделанные выводы о более равномерном распределении семян и туков в рядках, высеванных комбинированным вибрационным аппаратом, что явилось результатом более равномерного распределения растений. Коэффициент вариации интервалов между растениями для экспериментальной сеялки составил 88,6 %, а контрольной – 121,5 %. Лучшие показатели по равномерности распределения гранул удобрений и растений в рядках обеспечили повышение урожайности до 12,1 %. Той же урожайности, что и у катушечного аппарата, комбинированный вибрационный аппарат достигает при меньшей норме высева, что позволяет экономить посевной материал.

Проведенные расчеты позволили определить годовой экономический эффект от внедрения комбинированной сеялки с вибрационными аппаратами в сумме 45219 рублей.

### **Общие выводы**

1. На основании системного анализа конструкций посевных машин установлено, что существующие сеялки оборудуются дополнительными высевальными устройствами для внесения удобрений, что усложняет их конструкцию и приводит к значительным затратам. Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является использование комбинированного многоструйного вибрационного аппарата, позволяющего одновременно формировать независимые потоки семян и удобрений.

2. На основании математического моделирования установлены пределы изменения основных факторов и конструктивных параметров, влияющих на процесс одновременного дозирования семян и туков, которые составили:

– частота колебаний 7...11 Гц, амплитуда 5...7 мм, уровень высеваемого материала 50...90 мм;

– длина лотка 490...530 мм, ширина 230...270 мм,

3. Разработанная методика оценки основных качественных и количественных показателей высева семян зерновых культур с одновременным внесением удобрений позволила методом активного планирования эксперимента установить влияние основных факторов на рабочий процесс исследуемого аппарата.

4. Проведенные экспериментальные исследования комбинированного вибрационного высевающего аппарата позволили обосновать его эффективные конструктивно-технологические параметры и режимы работы:

– при трехрядном размещении 10 высевных отверстий для семян и 5 – для туков длина высевающего устройства  $L$  – 510 мм, ширина  $b$  – 250 мм и высота  $h_{в.у.}$  – 200 мм, а расстояние между центрами отверстий в ряду  $l_{отв}$  90 мм;

– ширина высевного отверстия  $B$  составляет для пшеницы 10 мм, для овса – 14 мм, а для туков – 8 мм. При высеве зерновых культур и удобрений высевные отверстия должны быть продолговатые, с регулируемой длиной до 25 мм;

– уровень семенного материала  $У$  в высевающем устройстве должен составлять для пшеницы, овса и туков 70 мм;

– значение амплитуды колебаний высевающего аппарата – 6 мм, а частоты колебаний – 9 Гц;

– коэффициенты неравномерности и неустойчивости при высеве семян пшеницы составили 3 и 0,6 %, при высеве семян овса – 2,9 и 0,9 %, а при внесении удобрений – 2,5 и 1,8 % соответственно, что значительно ниже величин, установленных агротребованиями.

5. Сравнительные испытания вибрационного и катушечного высевающих аппаратов при высеве семян пшеницы показали, что при одинаковой норме посева у экспериментальной сеялки меньший диапазон варьирования количества растений на 5-ти сантиметровых участках (от 2 до 8 шт.) по сравнению с контрольной (от 0 до 9 шт.) Среднее количество растений на 5-ти сантиметровых участках у сравниваемых сеялок равно 5 штукам. Однако, участков с количеством растений от 4 до 6 штук у экспериментальной сеялки в 1,65 раза больше, чем у контроля.

Коэффициент вариации интервалов между соседними растениями в рядке у комбинированного вибрационного аппарата в 1,37 раза меньше, чем у катушечного.

6. Производственная проверка экспериментального образца комбинированной сеялки с вибрационными высевающими аппаратами подтвердила более равномерное распределение семян и туков в рядке, на основе чего получено заключение о возможности использования таких аппаратов в производстве.

Лучшие показатели по равномерности распределения гранул удобрений и растений в рядках обеспечили повышение урожайности до 12,1 %. Той же урожайности, что и у катушечного аппарата, комбинированный вибрационный аппарат достигает при меньшей норме посева, что позволяет экономить посевной материал.



Годовой экономический эффект от эксплуатации универсальной машины в варианте комбинированной сеялки составляет 45219 руб. в год.

**Основные положения диссертации изложены в следующих работах:**

**а) в рекомендованных ВАК изданиях:**

1. **Козлов, В.А.** Комбинированный вибрационный высевальный аппарат зерновой сеялки / А.А. Вишняков, А.С. Вишняков, В.А. Козлов. //Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – №11. – С. 3 – 5.

2. **Козлов, В.А.** Исследование вибрационного высевального аппарата зерновой сеялки / А.А. Вишняков, А.С. Вишняков, В.А. Козлов. // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2009. – Вып. 1. – С. 124–130.

3. **Козлов, В.А.** Математическая модель работы комбинированного вибрационного высевального аппарата сеялки / А.С. Вишняков, В.А. Козлов, А.А. Вишняков, Ар.А. Вишняков. // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2011. – Вып. 6. – С. 155–158.

4. **Козлов, В.А.** Агротехническая оценка сеялки с комбинированными вибрационными высевальными аппаратами / А.С. Вишняков, В.А. Козлов, А.А. Вишняков, Ар.А. Вишняков. // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2011. – Вып.7. – С. 175–180.

5. **Патент №2310311** Россия, МКИ А 01 С 7/02. Высевальный аппарат сеялки /А.А. Вишняков, А.С. Вишняков, В.А. Козлов; опубл. 20.11.2007, Бюл. №15. – 13 с.

**б) в других изданиях:**

6. **Козлов, В.А.** Высев семян овса и туков комбинированным вибрационным высевальным аппаратом сеялки / В.А. Козлов, И.К. Астафьев, А.И. Клак // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: труды IV Междунар. науч. конф. молодых ученых, посвященной 40-летию СО Россельхозакадемии: Ч II. - Новосибирск, 2010. – С. 349–353.

7. **Козлов, В.А.** Агротехническая оценка сеялки с вибрационными высевальными аппаратами / А.А. Вишняков, А.С. Вишняков, Д.А. Каркавин, В.А. Козлов. // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей. В 3 кн. / II Международная научно-практическая конференция. Изд-во АГАУ. – Барнаул, 2007. – С. 233–235.

8. **Козлов, В.А.** Лабораторные исследования вибрационных высевальных аппаратов сеялки / Козлов В. А. // Достижения и перспективы студенческой науки: Материалы регион. науч-практ. студ. конф., посвящ. 70-летию Новосиб. гос. аграр. ун-та: Ч II. – Новосибирск, 2005. – С. 39–40.

9. **Козлов, В.А.** Вибрационный многоструйный высевающий аппарат рядовой сеялки / Козлов В. А., Каркавин Д. А., Муховиков Д. В. // Материалы 42-й студенческой научной конференции: Сб. науч. тр. студ. науч. конф. ФГОУ ВПО «Великолукская ГСХА». – Великие Луки, 2006. – С. 47–48.

10. **Козлов, В.А.** Вибрационный высевающий аппарат сеялки и его оценочные показатели / Козлов В. А., Каркавин Д. А., Муховиков Д. В. // Молодежь и наука – третье тысячелетие: Сб. материалов Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. ГОУ ВПО «ГУЦМиЗ», КРО НС «Интеграция», - Красноярск, 2005. – С. 572–575.

11. **Козлов, В.А.** Результаты лабораторных исследований вибрационного аппарата при высеве семян огурцов / А.А. Вишняков, А.С. Вишняков, В.А. Козлов. // Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: прил. к «Вестнику КрасГАУ»: Сб. науч. ст. Вып 3. Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – С. 59–62.

12. **Манасян, С.К.** Статистическое моделирование агротехнических параметров качества функционирования рядовых сеялок / С.К Манасян, А.С. Вишняков, А.А. Вишняков, В.А. Козлов, Г.С. Манасян // Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: прил. к «Вестнику КрасГАУ»: Сб. науч. ст. Вып. 6. Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – С. 54–59.