

На правах рукописи

ТАВТИЛОВ Ильфат Шайдуллович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ
ПНЕВМОСЕПАРАТОРА ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПОДАЧИ
ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ В ВОЗДУШНЫЙ ПОТОК**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск-2008

Работа выполнена на кафедре «Машины и аппараты химических и пищевых производств» государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет».

Научный руководитель: заслуженный деятель науки и техники РФ,
доктор технических наук, профессор
Ковриков Иван Тимофеевич

Официальные
оппоненты: доктор технических наук, профессор
Лапшин Петр Николаевич

кандидат технических наук, доцент
Шубин Юрий Павлович

Ведущая организация: **Государственное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследователь-
ский институт мясного скотоводства»**

Защита диссертации состоится «5» марта 2008 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.069.01 при ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 75.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского государственного агроинженерного университета.

Автореферат разослан «4» февраля 2008 г. и размещен на официальном сайте ФГОУ ВПО «ЧГАУ» <http://www.csau.ru>.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

- *Е.М.* - Басарыгина Е.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Зерновая смесь, полученная после уборки урожая, состоит из семян различных культурных и сорных растений, содержит примеси минерального и органического происхождения. Выделение семян основной культуры в чистом виде является одной из важнейших и трудоемких технологических операций в процессах приема, хранения и переработки зерна. При подготовке посевного материала степень очистки зерна значительно влияет на урожайность и стабильность качества зерна при хранении.

Качество очистки продовольственного зерна оказывает влияние на измельчение и шелушение, разделение промежуточных продуктов этих процессов, определяет эффективность работы последующих машин технологической линии зерноперерабатывающего предприятия.

Современное оборудование для сепарирования зерновой смеси по своим эксплуатационным качествам неполностью отвечает возрастающим требованиям промышленности. Разработка новой технологии сепарирования зерновой смеси и более совершенной техники для ее осуществления затруднена в связи с многообразием сепарируемых материалов и способов сепарирования; сложностью и разнообразием взаимодействия частиц сепарируемых материалов с воздушным потоком и рабочими органами машины; недостаточным развитием теоретических основ сепарирования и методов обоснования параметров машин и режимов их функционирования.

Неупорядоченный ввод зерновой смеси обуславливает неравномерность зерновоздушного потока по площади поперечного сечения пневмоканала. В связи с этим возникает необходимость совершенствования конструкций и технологических процессов питающих устройств пневмосепараторов.

Работа выполнена в рамках темы «Совершенствование биотехнических систем пищевых производств и кормоприготовления», которая включена в тематику НИР Оренбургского государственного университета на 1996-2008 гг., номер государственной регистрации 01.960.005780.

Цель работы. Повышение эффективности процесса сепарирования путем рациональной подачи зерновой смеси в воздушный поток.

Задачи исследования

1 Исследовать влияние равномерности подачи и распределения зерновой смеси по площади поперечного сечения

пневмосепарирующего канала на эффективность процесса сепарирования.

2 Раскрыть взаимосвязи между выходными показателями процесса пневмосепарирования и конструктивно-эксплуатационными параметрами пневмосепаратора и разработать математическую модель процесса пневмосепарирования, достоверно описывающую эту закономерность.

3 Усовершенствовать конструкцию и обосновать основные параметры и режимы работы воздушного сепаратора с питающим устройством, обеспечивающим улучшение равномерности подачи и распределения зерновой смеси по площади поперечного сечения пневмосепарирующего канала.

Объект исследования. Процесс очистки зернового материала в вертикальном воздушном потоке пневмосепаратора.

Предмет исследования. Взаимосвязь основных параметров процесса воздушного сепарирования зерновой смеси.

Научная новизна основных положений, выносимых на защиту:

- раскрыты взаимосвязи между выходными показателями процесса пневмосепарирования и конструктивно-эксплуатационными параметрами пневмосепаратора зерновых смесей и характеристик очищаемой культуры;

- разработана математическая модель функционирования пневмосепаратора, позволяющей описать поверхность распределителя зерновой смеси по ширине питателя и закономерности распределения ее по площади поперечного сечения пневмоканала сепаратора.

Новизна технических решений подтверждена патентами РФ.

Практическую ценность и реализация ее результатов.

Усовершенствована конструкция пневмосепаратора для исследования процесса сепарирования, разработаны новые конструкции воздушных сепараторов.

Предложен прибор для оценки качества распределения зернового сырья по площади поперечного сечения канала.

В ОАО «Орстан» г. Оренбурга переданы разработанные по результатам исследований материалы конструкторской документации на пневмосепаратор зерновых смесей.

На предприятии «Южный Урал» (Оренбургская область) внедрен данный сепаратор для очистки и сортирования зерновой смеси. Пневмосепаратор включен в технологическую линию мельницы вальцовой агрегатной АВМ-3М.

Результаты исследований используются в учебном процессе в ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» и ФГОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были изложены на научных конференциях: Региональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Оренбургской области (Оренбург, 2002-2007 гг.), Всероссийской научно-практической конференции «Оптимизация сложных биотехнологических систем» (Оренбург, 2003 г.), в трудах Оренбургского регионального симпозиума отделения Российской инженерной академии «Союз науки с производством – основа длительного успеха в рыночных условиях» (Оренбург, 2003 г.), Сборнике статей молодых ученых «Перспектива» (Оренбург, 2003 г.), Общероссийской конференции молодых ученых «Пищевые технологии» (Казань, 2006 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 14 научных статей и тезисов докладов на научных конференциях, получено два патента на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 46 рисунков, 9 таблиц и 8 приложений. Список литературы включает в себя 167 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, показаны ее научная и практическая значимость, дана общая характеристика выполненных исследований, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследований» рассмотрены существующие методы и теории сепарирования, представлены классификации машин для сепарирования различных материалов, в том числе зернопродуктов. На основании обзора сделан вывод, что основными сепараторами зерна при переработке зернового материала являются воздушные сепараторы.

Большой вклад в изучение процесса сепарирования зерновых смесей внесли В.И. Анискин, П.М. Василенко, В.Ф. Веденьев, В.В. Гортинский, В.П. Горячкин, А.Б. Демский, В.Л. Злочевский, Н.И. Косилов, В.А. Кубышев, П.Н. Лапшин, М.Н. Летошнев, А.А. Лопан, А.Я. Малис, Е.А. Непомнящих, Г.Д. Терсков и другие ученые.

Рассмотрены основные научные положения исследований процесса сепарирования с позиций различных теорий. Установлено, что процесс подачи исходного материала и влияние равномерности распределения сепарируемой смеси по площади поперечного сечения воздушного канала на качество сепарирования и производительность изучены недостаточно полно.

Анализ работ по сепарированию зерновых смесей показал следующее:

- сепарирование зерна в воздушных каналах зерноочистительных машин не обеспечивает достаточно высокое качество, что обусловлено кратковременным воздействием потока воздуха на частицы обрабатываемого материала, **резким снижением скорости воздуха в околостенном пространстве;**

- качество семян наиболее полно характеризуется их абсолютной массой. В посевном материале зерновых культур содержится до 30% легких малоценных в биологическом отношении семян, значительную часть которых можно выделить воздушным потоком. Посев качественно отсортированными воздушным потоком семенами может дать прибавку урожайности до 20%;

- конструкция питающего устройства пневматического сепаратора должна обеспечивать равномерное распределение зерновой смеси по ширине, глубине и по времени в пневмосепарирующем канале, при минимальном травмировании зерна и расходе энергии.

В связи с этим была выдвинута гипотеза: повышение эффективности процесса сепарирования возможно увеличением степени равномерности распределения зерновой смеси по площади поперечного сечения пневмоканала путем введения в конструкцию питателя специальных скатных лотков и распределительных устройств.

Вторая глава «Теория процесса пневмосепарирования зерновых смесей в вертикальном воздушном потоке» посвящена аналитическому исследованию процесса взаимодействия воздушного потока в пневмоканале сепаратора с продуктом и разработке математической модели процесса воздушного сепарирования.

Основные неизвестные параметры, входящие в математическую модель, были определены на разработанном пневмосепараторе по патенту №2240873.

В реальных условиях зерновки распределяются неравномерно, наблюдается несоответствие между входящими и выходящими элементами системы, поэтому было предложено такое направление совершенствования питателей пневмосепараторов, при котором равные элементарные площади подачи зерновок s_i (рисунок 1) соответствуют

равным площадям поперечного сечения пневмоканала b_i . Это условие выполняется, если каждый сектор подачи S_i подает смесь по направлениям множества лучей $a_i b_i$, делящих ширину пневмоканала на равные участки: $b_1 b_2 = b_2 b_3 = b_3 b_4$ и так далее. По уравнению множества лучей $a_i b_i$ была описана ортогональная кривая AmB , определяющая форму контура горизонтального сечения распределителя, обеспечивающего равномерное распределение зерновой смеси. Условие равномерного распределения зерновой смеси описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{dy}{dx} = - \frac{x - \gamma \left[\frac{1}{2} R x + \frac{1}{2} R^2 \arcsin \frac{x}{R} \right]}{(R + a) - \sqrt{R^2 - x^2}}, \quad (1)$$

где R – радиус выпускного отверстия бункера, м;

a – координата задней точки сечения выпускного отверстия бункера, м;

x – абсцисса координаты элемента зерновой смеси, м;

γ – коэффициент пропорциональности, $\frac{1}{m}$,

которое определяет положение нормалей к семейству лучей.

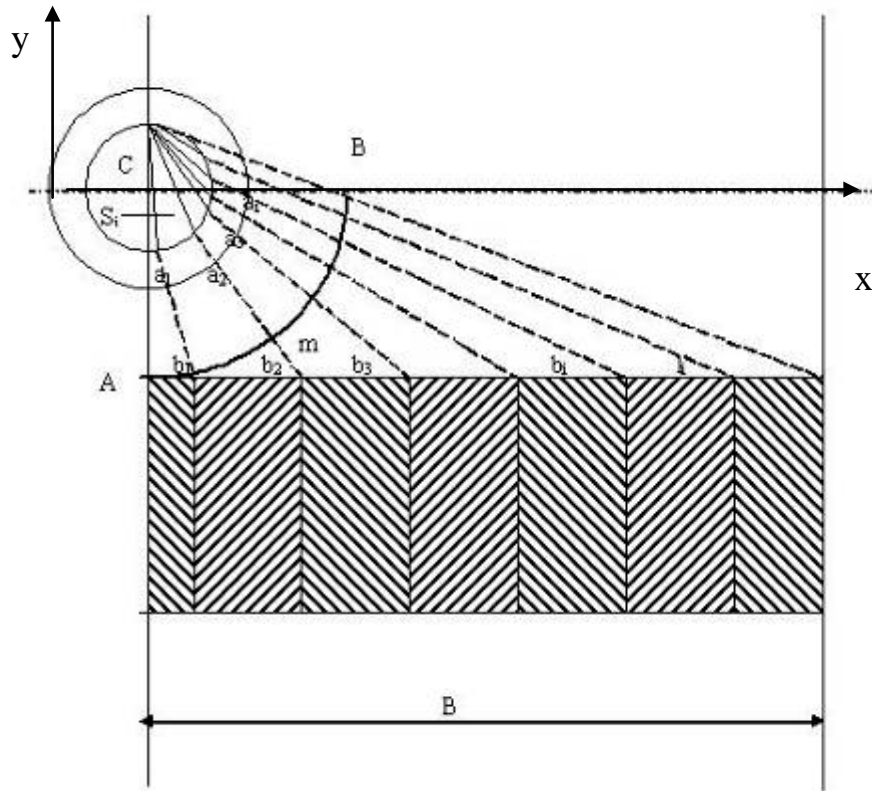


Рисунок 1 – К обоснованию параметров и формы распределителя:
 b_i - ширина вертикальной части подающего лотка

После некоторых преобразований получена математическая модель распределителя, обеспечивающего равномерное распределение зерновой смеси:

$$y = \left(\frac{B}{2\pi R} - 1\right) \left[(\sqrt{R^2 - x^2}) + (R + a) \ln \left| R + a - \sqrt{R^2 - x^2} \right| \right] + \\ + \frac{B}{2\pi} \left[-\frac{1}{2} \arcsin^2 \frac{x}{R} + \frac{3(R + a)}{\sqrt{9R^2 + 6Ra}} \cdot \ln \left(\frac{\arcsin^2 \frac{x}{R} + 2\sqrt{\frac{9R + 6a}{R} - 6}}{\arcsin^2 \frac{x}{R} - 2\sqrt{\frac{9R + 6a}{R} - 6}} \right) \right] + C. \quad (2)$$

Постоянная интегрирования C определяется из начальных условий.

Следуя теории равномерности распределения Коврикова И.Т., в общем виде целевую функцию можно представить в виде:

$$\mathfrak{E} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n U_{ij} K_{ij} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где U_{ij} – дополнительный эффект от улучшения равномерности распределения значений дальности полета элементов зерновой смеси, подаваемых i -м элементом подающего рабочего органа на j -м участке;

K_{ij} – коэффициент эффективности влияния каждого i -го элемента на каждом j -м участке сечения канала.

Дифференциальные уравнения движения запишем в виде (рисунок 2)

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = 0; m \frac{d^2y}{dt^2} = -mg, \quad (4)$$

где m – масса элемента зерновой смеси.

После двойного интегрирования дифференциальных уравнений движения при начальных условиях движения, принимая во внимание силу, с которой воздушная среда действует на частицу, получили уравнение траектории элемента зерновой смеси после схода с подающего устройства (питателя):

$$z_{\text{тр2}} = (x_j - x_0) \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{g(x_j - x_0)^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha_0} - \frac{k_c S_M w^2}{g\rho^2} + z_0, \quad (5)$$

где v_0 – начальная скорость движения элементов смеси после схода со скатного лотка, м/с;

α_0 – угол подачи зерновой смеси, градусы;

z_0 – расстояние по высоте между сходящей кромкой и точкой касания с вертикальной стенкой канала, м;

x_0 – радиус основания распределителя в месте схода с него зерновки, м;

$k_c > 0$ - коэффициент аэродинамического сопротивления;

S_M - площадь миделевого сечения зерновки, м^2 ;

w - относительная скорость зерновки, м/с ;

ρ - параметр удлинения зерновки, м .

Абсцисса точки пересечения траектории полета с плоскостью рассматриваемого сечения канала (рисунок 2) представляет собой дальность полета элемента зерновой смеси в пределах воздушного канала, которое определяется из (5), при $z_0=0$:

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{2g} + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0 + 2gz_0}{g} - \frac{k_c S_M w^2}{g\rho^2} + x_0. \quad (6)$$

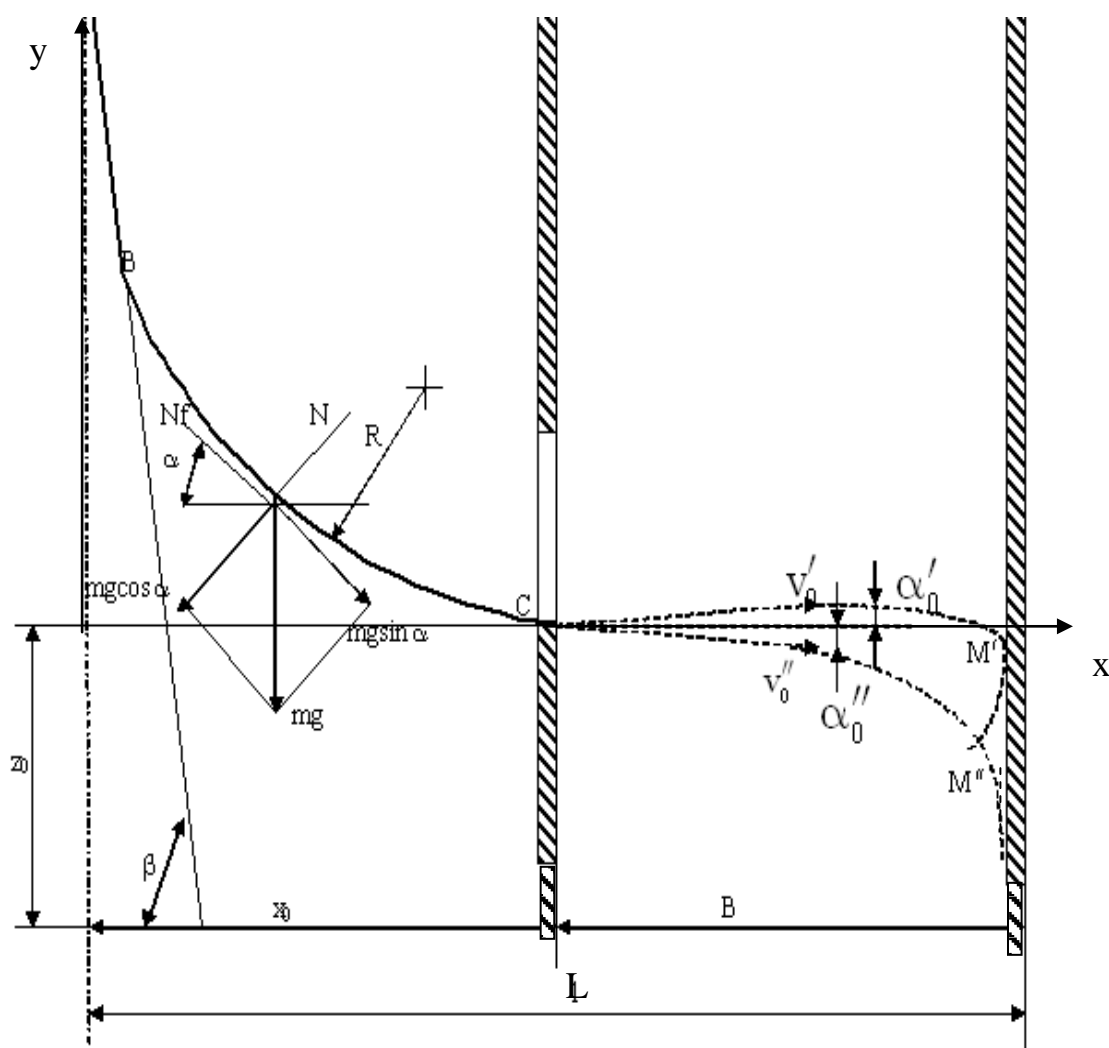


Рисунок 2 – Схема к обоснованию рациональной формы скатного лотка:
 ABCM' - траектория движения зерновки с ударением о противоположную стенку пневмоканала;
 ABCM'' - траектория движения зерновки без соударения о противоположную стенку пневмоканала

Следовательно, условие удовлетворительного распределения элементов зерновой смеси по площади рассматриваемого сечения воздушного канала сепаратора можно записать в виде

$$x_0 + \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{2g} + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0 + 2gz_0}{g} - \frac{k_c S_M w^2}{g\rho^2} \geq x_j, \quad (7)$$

где x_j – расстояние до элементарного j -го участка поперечного сечения воздушного канала, м.

Дальность полета достигнет максимального значения, если зерновки не будут ударяться о противоположную стенку пневмоканала или в случае косога удара без сообщения импульса сил.

Кроме того, для выполнения условия касания траектории полета зерна об условную границу j -го участка воздушного канала производная функция полета зерновок должна быть равна угловому коэффициенту прямой противоположной стенки.

Из этих условий определяются начальная скорость полета зерновок v_{0i} после схода с i -го скатного лотка и угол α_{0i} начальной скорости полета зерновок, необходимые для обеспечения заданной дальности полета и равномерного распределения зерновой смеси по поперечному сечению воздушного канала:

$$v_0 = \sqrt{\frac{g(x_j - x_0)}{\cos^2 \alpha_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha_0}}, \quad (8)$$

$$\alpha_0 = \operatorname{arctg} \frac{2 \left(x_j - z_0 + \frac{k_c S_M w^2}{g\rho^2} \right)}{(x_j - x_0)}. \quad (9)$$

Система уравнений (5), (6) при заданных геометрических и кинематических параметрах процесса позволяет определить дальность полета и условие удовлетворительного распределения зерновой смеси по площади рассматриваемого сечения воздушного канала сепаратора. Формулы (8) и (9) определяют комплекс параметров процесса и машины.

В третьей главе «Методика исследований» изложены программа и методики экспериментальных исследований; описаны экспериментальная установка, приборы и оборудование, применяемые при исследованиях; представлено программное обеспечение, используемое для оценки адекватности полученных данных.

Описана конструкция модернизированной установки, на которой проводились экспериментальные исследования, представляющая собой парусный классификатор (рисунок 3).

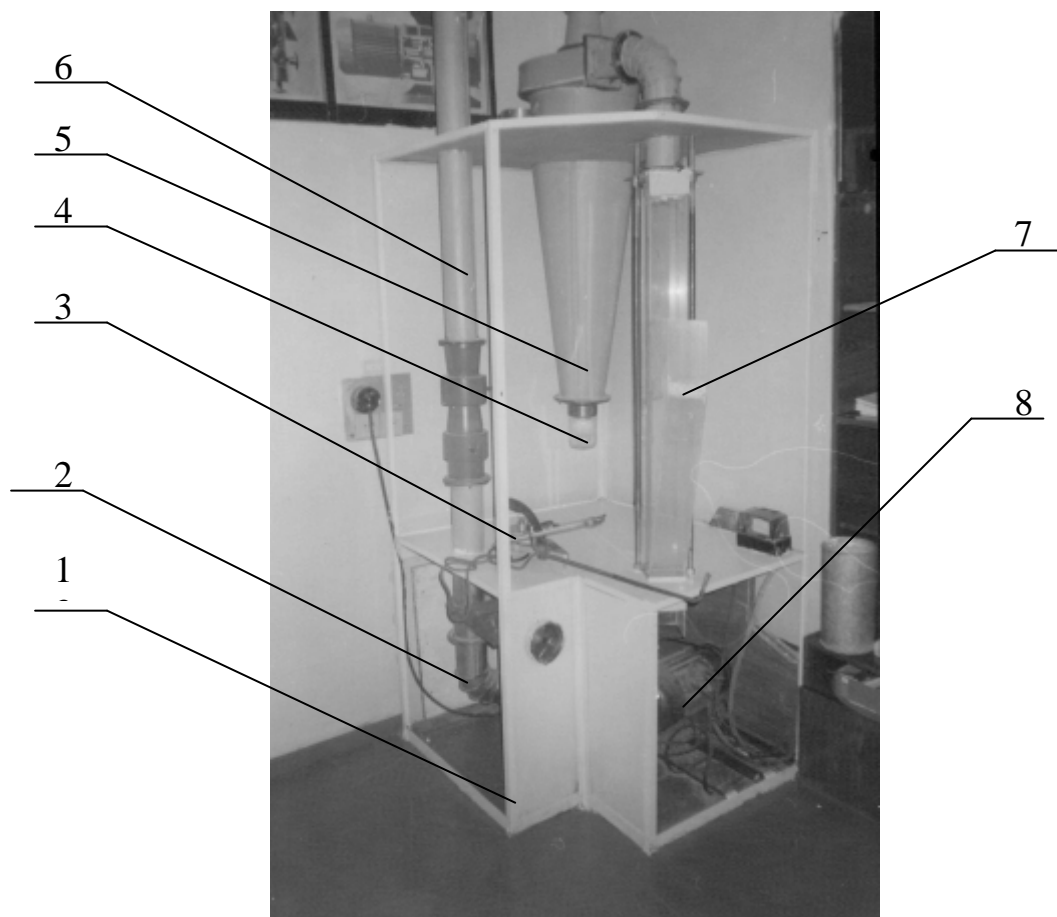


Рисунок 3 – Общий вид лабораторной установки:

1 – станина; 2 – вентилятор; 3 – микроманометр ММН-240; 4 – стакан;
5 – циклон; 6 – воздухопровод; 7 – питатель; 8 – электродвигатель

Увеличение производительности при надлежащем качестве сепарировании достигается предложенным питающим устройством, представляющим собой комбинацию двух устройств (рисунок 4): вертикальных отсеков с распределителем зерновой смеси по отсекам и расположенных друг над другом скатных лотков с распределителем материала по их ширине. Распределитель, контур горизонтального сечения которого имеет форму ортогональной кривой, совместно со скатными лотками обеспечивает равномерное распределение зерновой смеси по площади поперечного сечения пневмоканала.

Установка позволяет исследовать процесс пневмосепарирования зернового сырья при различных скоростях воздушного потока и подаче сепарируемого продукта. Прозрачная часть пневмоканала позволяет проводить фото- и видеонаблюдения за поведением продукта в нем, а также осуществлять визуальный контроль процесса сепарирования.

Давление в измеряемой точке, расход воздуха, скорость воздушного потока в основных его проявлениях, скорость ввода зернового сырья, влажность зерновой смеси, эффективность, четкость и производительность процесса пневмосепарирования определяли по стандартным методикам.

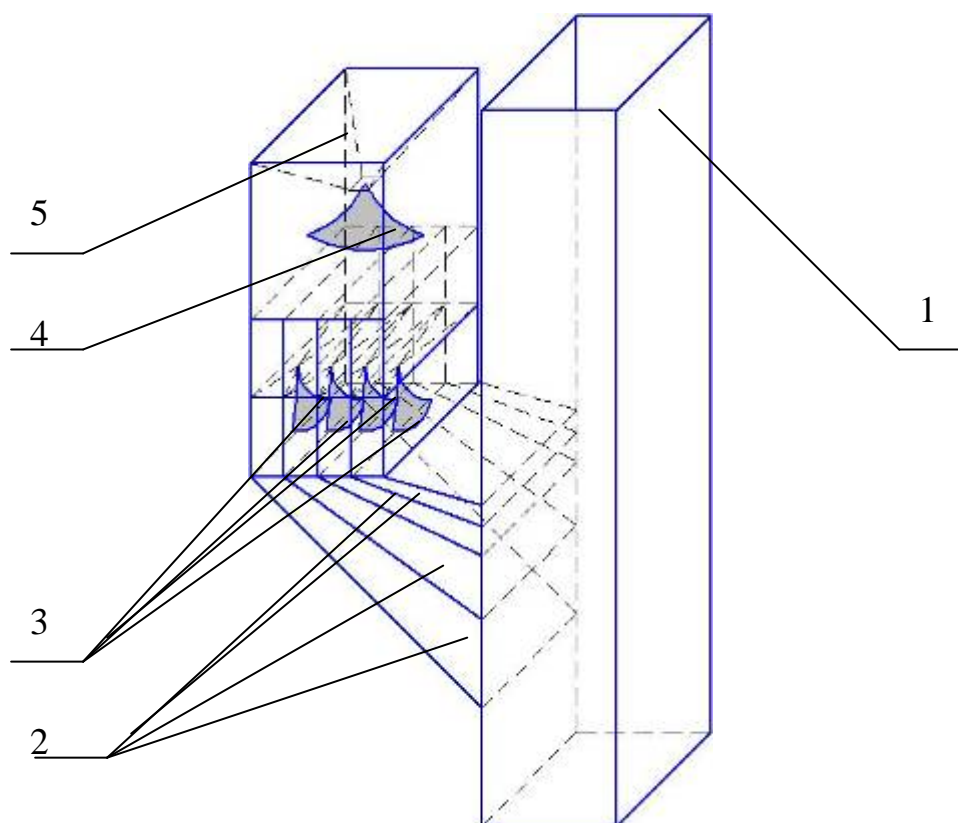


Рисунок 4 – Схема пневмосепаратора с предложенным питающим устройством:

1 – прямоугольный пневмосепарирующий канал; 2 – скатные лотки; 3, 4 – распределители вертикальных отсеков; 5 – бункер

Оценка распределения зернового сырья проводилась на специально изготовленном приспособлении, состоящем из ячеистой поверхности. Корпус в виде ящика, с ребрами на дне закрывается прозрачной задвижкой с нанесенной на ней мерной сеткой для определения высоты зернового столбца. При поворачивании прибора в вертикальное положение просепарированные зерна, расположенные между ребрами, дают естественный график распределения зерновой смеси по площади поперечного сечения пневмоканала (рисунок 5).

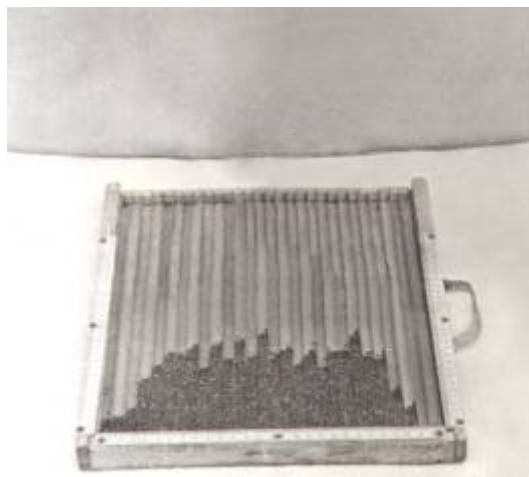


Рисунок 5 – Прибор для оценки качества распределения зернового сырья

При определении рациональных параметров и режимов работы пневмосепаратора использовалась методика оптимального планирования экстремального эксперимента.

Статистическая обработка результатов экспериментов, проверка адекватности полученных уравнений осуществлена средствами электронных таблиц Excel 2000 (аппроксимация с полиномиальным видом зависимости второй степени) и статистического пакета STADIA 6.0.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты проведенных экспериментальных исследований.

Экспериментальная часть работы состоит из двух разделов: поискового эксперимента и основного эксперимента – проверка модели на адекватность и дополнение математической модели, достоверно описывающей эту закономерность.

Программа поискового эксперимента предусматривала сравнительные экспериментальные исследования по определению влияния однопоточной подачи зернового сырья и с каждого лотка по отдельности на равномерность зерновоздушного потока и качество получаемого продукта.

Программа проверки на адекватность включала в себя определение степени соответствия данных теоретических исследований результатам экспериментальных исследований.

Эксперименты проводились на пшенице, ячмене, просе.

Испытывались питатели с тремя видами подачи: с одним скатным лотком; с четырьмя скатными лотками с различными углами наклона, расположенными друг над другом, работающими совместно; при помощи лопастного питающего валика, лопасти которого выполнены по брахистохроне.

Результаты и обработка экспериментальных данных показали, что поступление зерна в канал в значительной степени изменяет поле скоростей неравномерность зерновоздушного потока, а именно: происходит резкое уменьшение скоростей у внутренней стенки (рисунок б), несколько меньшее у наружной стенки, а в центральной части канала скорость зерновоздушного потока увеличивается. Это объясняется появлением градиента давления, имеющего направление от стенок к центральной части канала, ввиду появления «мертвых зон» у стенок канала пневмосепаратора, что негативно сказывается на процессе сепарирования и качестве очищаемого зерна.

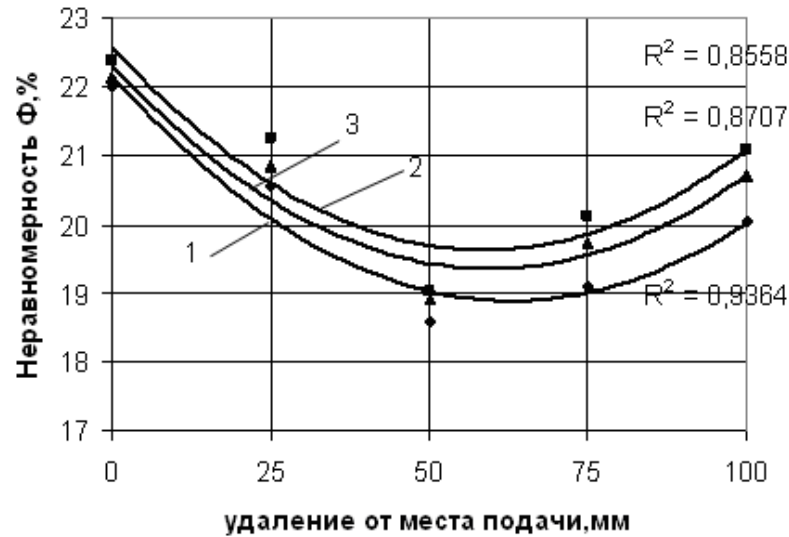
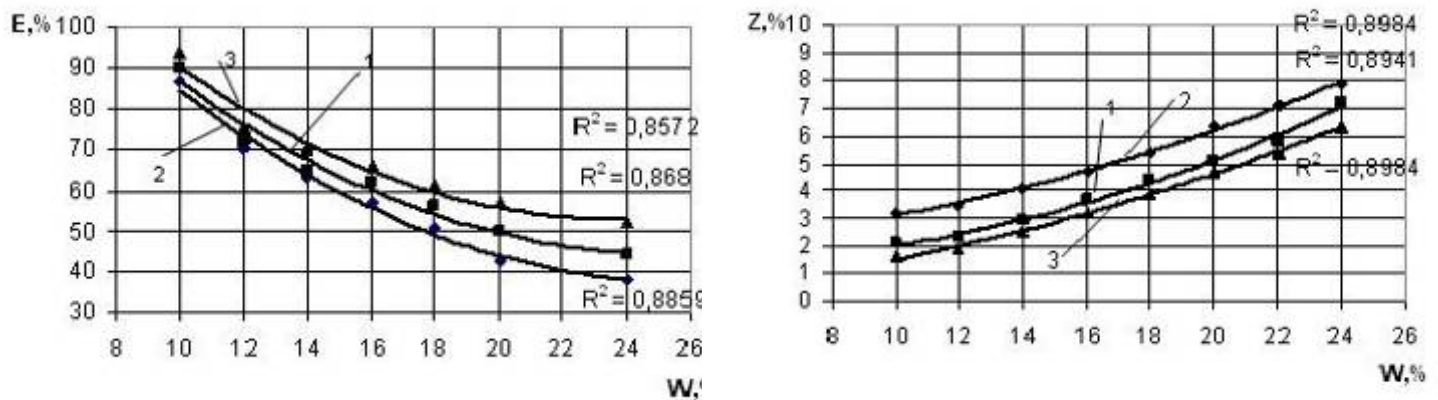


Рисунок 6 – Зависимость неравномерности зерновоздушного потока по сечению воздушного канала сепаратора от места подачи: 1 – пшеница; 2 – ячмень; 3 – просо

В результате экспериментальных исследований установлено, что при испытании разработанного пневмосепаратора достигается довольно высокая эффективность очистки $E=86,7...93,9\%$ и четкость сепарирования $z=7,8...3,2\%$.

По выявленным закономерностям влияния влажности на эффективность очистки и четкость сепарирования построены графики (рисунок 7).



а

а

б

Рисунок 7 - Влияние влажности зерновой смеси на эффективность очистки E и четкость пневмосепарирования z: 1 – пшеница; 2 – ячмень; 3 – просо

Чем больше влажность сепарируемой смеси, тем ниже эффективность очистки и выше четкость сепарирования. Это объясняется уменьшением вязкости зерновой массы, увеличением

массы отдельных зерновок и частиц примесей, наблюдающимся при повышенной влажности.

Результаты экспериментальных исследований (рисунок 8) показали, что наименьшая неравномерность зерновоздушного потока отмечена при подаче зерновой смеси культур четырьмя скатными лотками, установленными под углом 35, 40, 50 и 70° соответственно, работающими совместно.

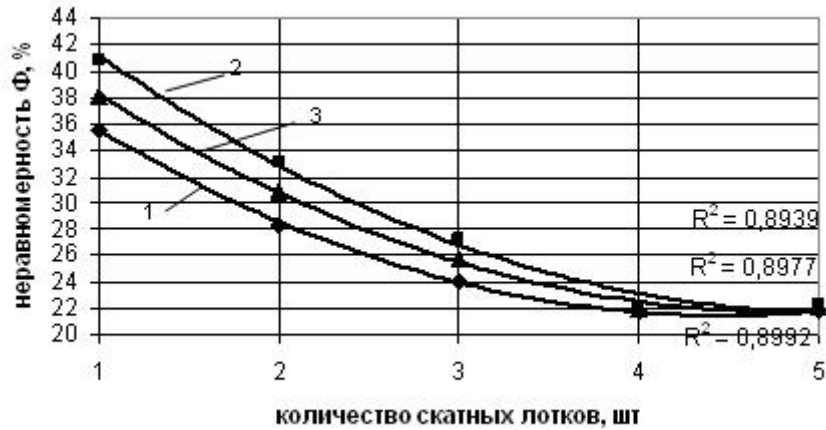
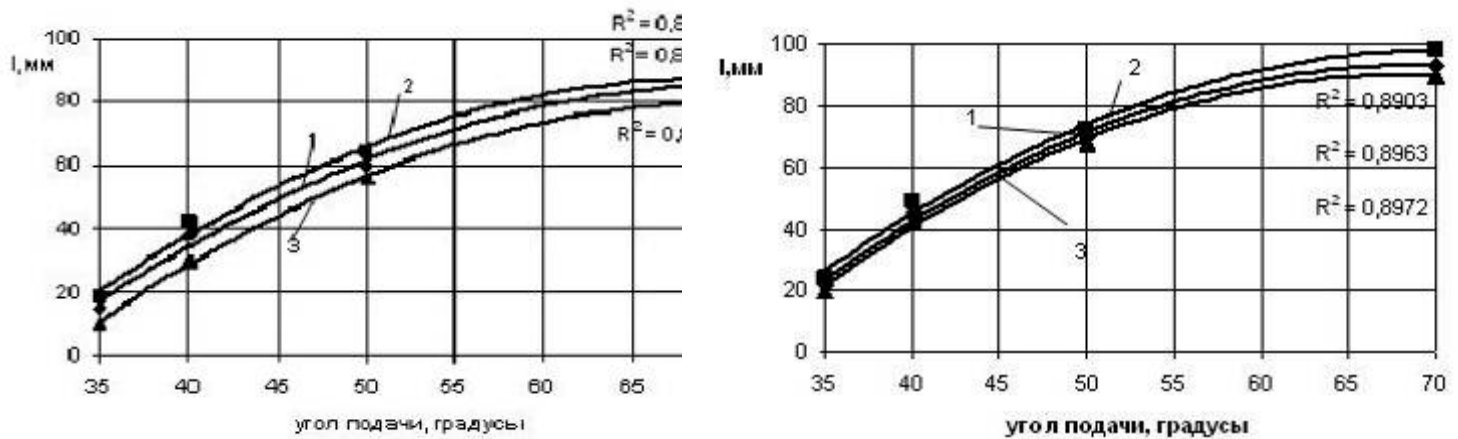


Рисунок 8 – Зависимость неравномерности зерновоздушного потока Φ , % от количества скатных лотков:

1 – пшеница; 2 – ячмень; 3 – просо

На рисунке 9 показаны характеристики распределения значений дальности полета l , мм в зависимости от угла подачи зерновой смеси по поперечному сечению воздушного канала сепаратора без подачи воздуха и в зерновоздушном потоке.



а

б

Рисунок 9 - Дальность полета зерновой смеси в зависимости от угла подачи на каждом участке:

а – без подачи воздуха; б – в зерновоздушном потоке;
1 – пшеница; 2 – ячмень; 3 – просо

Анализ графиков показывает, что максимальная дальность полета различных зерновых культур достигается при углах 35, 40, 50 и 70°. Это позволяет подтвердить вывод о рациональном выборе углов подачи зерновых смесей. Дальность полета элементов зерновой смеси в зерновоздушном потоке и без потока воздуха практически одинакова, изменяется только траектория их полета.

На рисунке 10 показана зависимость неравномерности зерновоздушного потока в пневмоканале от его ширины. Она определялась с целью выявления закономерностей изменения неравномерности зерновоздушного потока при других конструктивных параметрах пневмоканала.

Незначительное увеличение неравномерности зерновоздушного потока позволяет сделать вывод о применимости предлагаемой теории к расчету и конструированию пневмосепараторов. **Отметим, что с увеличением ширины канала существенно повышается и эффективность очистки зерновой смеси, но одновременно увеличивается и содержание зерновок в отходах.**

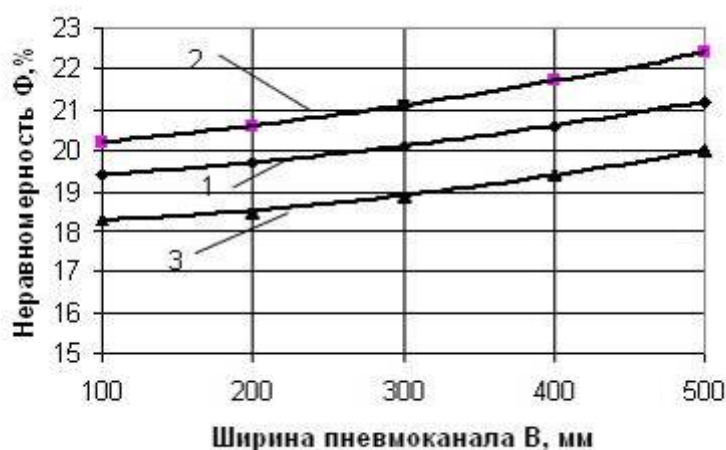


Рисунок 10 – Зависимость неравномерности зерновоздушного потока от ширины пневмоканала:

1 – пшеница; 2 – ячмень; 3 – просо

Сравнительная характеристика способов подачи выявила, что наилучшие условия подачи достигаются при использовании питателя, состоящего из распределителя и четырех скатных лотков, с различными углами наклона, расположенными друг над другом, работающими совместно.

Исследуемые данные распределены по нормальному закону, поэтому для адекватности были использованы параметрические критерии оценки исследуемых выборок, встроенные в ППП Stadia 6.0 basic: критерий Фишера, критерий Стьюдента. Полученные значения коэффициентов, указывают на сходимость исследуемых данных.

На рисунке 11 показаны зависимости неравномерности зерновоздушного потока в канале от основных параметров процесса пневмосепарирования. Анализ графиков также показывает близкую сходимость теоретических расчетов с данными опытов по изучению неравномерности зерновоздушного потока в зависимости от параметров процесса пневмосепарирования.

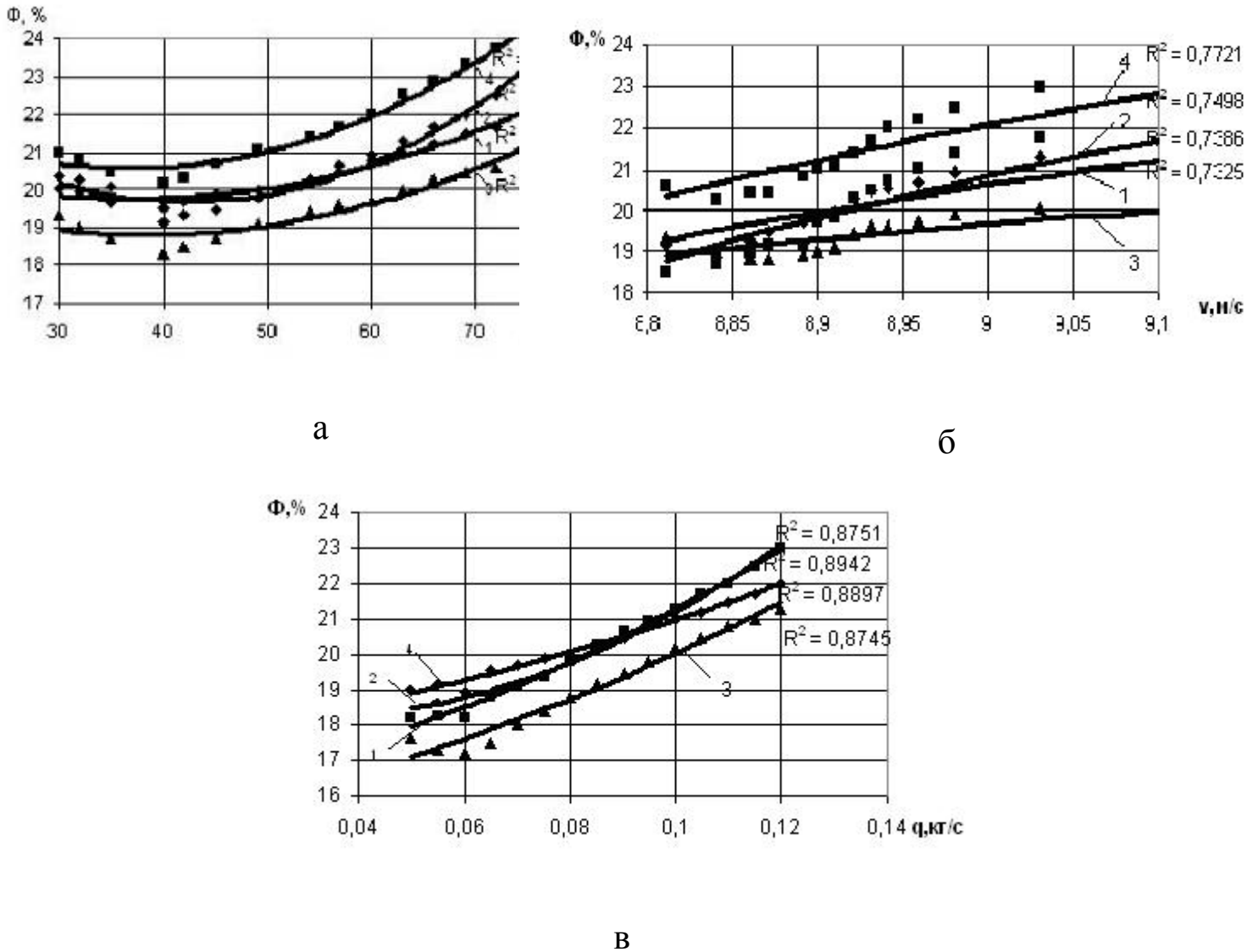


Рисунок 11 - Зависимость неравномерности зерновоздушного потока Φ в канале от основных параметров процесса пневмосепарирования:

а – угла подачи α_0 ; б – скорости зерновоздушного потока v ; в – удельной подачи q ; 1 – пшеница; 2 – теоретическая пшеница; 3 – просо; 4 – ячмень

Исходя из проведенных теоретических исследований, конкретных условий объекта исследования и возможностей экспериментальной установки, в качестве критерия оптимизации был выбран коэффициент неравномерности поля скоростей воздушного потока в пневмоканале Φ , %; в качестве варьируемых факторов (параметров оптимизации)

приняты угол наклона скатных лотков α , градусы; скорость зерновоздушного потока v , м/с; величина подачи зернового материала q , кг/с.

После соответствующей оценки влияния каждого исследуемого параметра (рисунок 12) рациональными были приняты следующие конструктивно-технологические параметры: угол подачи $\alpha=35, 40, 50, 70^0$, работающие совместно; скорость зерновоздушного потока $v=8,0 - 8,9$ м/с; удельная подача $q=0,06 - 0,07$ кг/с.

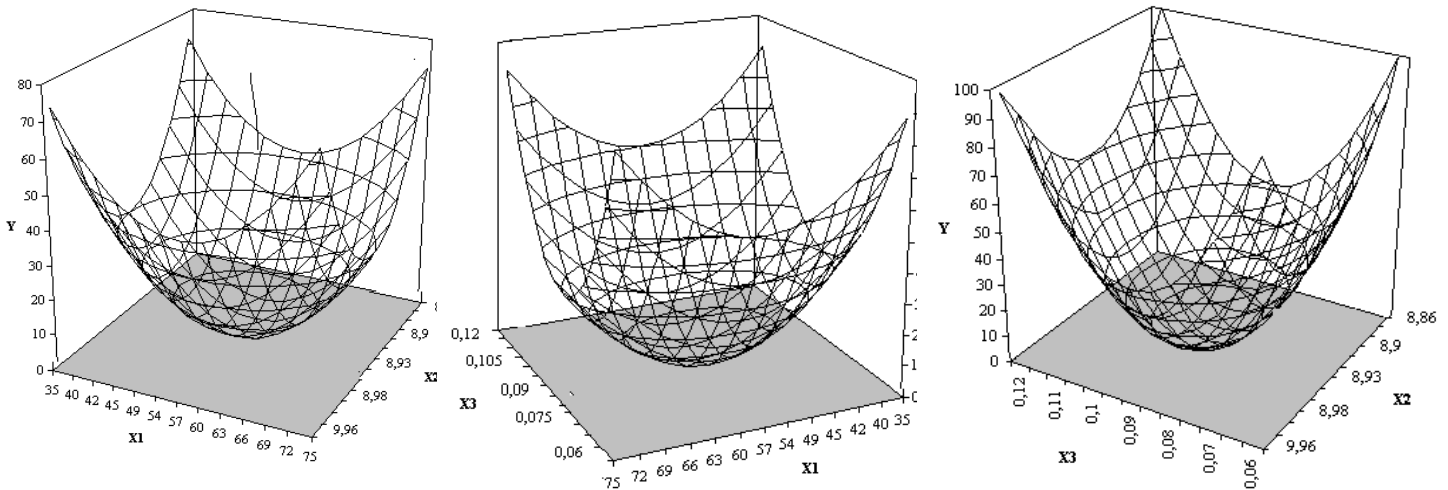


Рисунок 12 - Поверхности отклика, характеризующие неравномерность зерновоздушного потока Y в зависимости критериев оптимизации:

X_1 - угол подачи α ; X_2 - скорость зерновоздушного потока v ; X_3 - величина подачи q

В пятой главе «Расчет технико-технологической и экономической эффективности использования воздушного сепаратора в производстве» показаны практические результаты моделирования и оптимизации процесса сепарирования. Также сделан расчет экономической эффективности внедрения предложенной конструкции пневмосепаратора.

По результатам исследований спроектирован, изготовлен и внедрен в производство пневмосепаратор, защищенный патентом РФ №2240873. Применение пневмосепаратора при очистке зерна позволяет выделить в среднем 90% сорной примеси, при производительности 10 т/ч, эффективности очистки в среднем 88% и содержании зерна в отходах 1,6%. Срок окупаемости спроектированного пневмосепаратора составляет 0,3 года.

В Приложениях представлены таблицы расчетов коэффициентов регрессии и проверка исследований на адекватность, описание программного средства, патенты, акты внедрения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1 Анализ исследований процесса сепарирования показывает, что пневмосепарирование зерновых смесей происходит с недостаточно высоким качеством. Улучшение качества сепарирования достигается путем упорядочения подачи зерновых смесей, что сопровождается снижением скорости подачи и производительности. В реальных условиях неравномерность распределения элементов зерновой смеси по площади поперечного сечения пневмоканала находится в интервале 28...32%. **Однопоточная схема подачи зерновой смеси в пневмоканал не обеспечивает качественного сепарирования.**

2 При помощи раскрытых взаимосвязей между качественными и эксплуатационными параметрами процесса пневмосепарирования и разработанной математической модели, достоверно описывающую эту закономерность, установлено, что равномерное распределение зерновой смеси по площади поперечного сечения вертикального канала при однопоточной подаче возможно только в небольшом его интервале. Для расширения этого интервала необходимо изменять условия подачи зерновой смеси, согласно которым зерновая смесь должна подаваться под углом, соответствующим удалению «обслуживаемого» участка, при этом равные между собой элементарные площади поперечного сечения пневмоканала должны соответствовать равным элементарным площадям подачи зерновок.

3 Установлено, что для обеспечения необходимой равномерности зерновоздушного потока ширина пневмоканалов должна быть разделена на четыре элементарных участка, рациональный размер которых находится в пределах 30...60 мм (в зависимости от модели сепаратора и сечения его пневмоканала). Для обеспечения равномерности подачи зерновой смеси в пневмоканал скатные лотки должны быть установлены под углом $\alpha_1 = 35^\circ$ для нижнего лотка, подающего смесь в первый элементарный участок, под углом $\alpha_2 = 40^\circ$ - во второй участок, под углом $\alpha_3 = 50^\circ$ - в третий участок, под углом $\alpha_4 = 70^\circ$ - в четвертый участок.

4 Выявлено, что равномерное распределение зерновой смеси обеспечивается при помощи разработанного питателя, представляющего собой комбинацию двух устройств: вертикальных отсеков с распределителем зерновой смеси по отсекам и расположенных друг над другом скатных лотков с распределителем материала по их ширине. При этом длина скатных лотков увеличивается начиная с верхнего, их ширина равна ширине

пневмоканала. Распределитель, контур горизонтального сечения которого имеет форму ортогональной кривой, совместно со скатными лотками обеспечивает равномерное распределение зерновой смеси по площади поперечного сечения пневмоканала (неравномерность зерновоздушного потока $\Phi=17,29...22,18\%$ при скорости зерновоздушного потока $v=8,5...8,9$ м/с и удельной подаче зерновой смеси $q=0,06...0,07$ кг/с).

5 Установлено, что с уменьшением влажности от 24 до 14% качество очистки улучшается: эффективность $E=53,2...93,9\%$, четкость сепарирования $z=7,8...3,2\%$. При влажности ниже 14% качество улучшается незначительно. В связи с этим рекомендуется проводить сепарирование при влажности 14-16% и степени засоренности исходного материала 4,6...4,8%.

6 Конструктивное усовершенствование пневмосепараторов по очистке зерна пшеницы и других сходных по физическим свойствам зерновых смесей позволило получить следующие результаты:

- выделено в среднем 85...92% сорной примеси при исходной засоренности 4,6...4,8%, что выше по сравнению с аналогом на 15...17%;

- в отходах выявлено 1,6...1,7% зерна, что меньше по сравнению с контрольным вариантом на 8 %;

- эффективность очистки 86,7...93,9%, что выше по сравнению с контрольным вариантом сепаратора на 12,0...14,5%;

- производительность пневмосепаратора разработанной конструкции увеличена на 15...25% (в зависимости от свойств исходного материала), что удовлетворяет стандартным требованиям, предъявляемым к машинам этого типа.

7 Расчет экономической эффективности показывает, что разработанный сепаратор обеспечивает годовой эффект 306128 рублей на один сепаратор в ценах 2005 года, срок окупаемости сепаратора составляет 0,3 года.

Список литературы, опубликованной по материалам диссертации

1 Ковриков, И. Т. Совершенствование воздушных сепараторов зерна [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Тез. докл. региональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Оренбургской области. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – С. 60-61.

2 Пат. № 2212285 РФ, МПК⁷ В07 В 11/06. Пневматический сепаратор [текст] / Ковриков И. Т., Тавтилов И. Ш. (Россия); заявитель и патентообладатель Оренбург. гос. ун-т. – № 2002108791/03; заявл. 05.04.2002; опубл. 20.09.2003. Бюл. № 26. – 4с.

3 Ковриков, И. Т. Конструирование питателей пневмосепараторов [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Тез. докл. региональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Оренбургской области. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003. – С. 66-68.

4 Пат. № 2240873 РФ, МПК⁷ В07В 4/02. Пневматический сепаратор [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов (Россия); заявитель и патентообладатель Оренбург. гос. ун-т. – № 2003115894; заявл. 27.05.2003; опубл. 27.11.2004. Бюл. № 33. – 5с.

5 Ковриков, И. Т. Обоснование оптимальных параметров питателей воздушных сепараторов зерна [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Оптимизация сложных биотехнологических систем. Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2003. С. 89-94.

6 Ковриков, И. Т. Влияние способа подачи зерна на равномерность воздушного потока пневмоканала зернового сепаратора [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Союз науки с производством – основа длительного успеха в рыночных условиях. Труды Оренбургского регионального отделения Российской инженерной академии. Выпуск 3. – Оренбург, 2003. – С. 120-126.

7 Ковриков, И. Т. Конструирование питателей воздушных сепараторов [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Перспектива: Сборник статей молодых ученых №2. – Оренбург: ОГУ, 2003. – С. 198-203.

8 Тавтилов, И. Ш. Определение давлений и расчет скорости в пневмосепарирующем канале [текст] / И. Ш. Тавтилов, Е. В. Ганин, С. В. Антимонов // Методические указания по курсу «Вентиляционные установки и пневмотранспорт». – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2003. – 17 с.

9 Ковриков, И. Т. Направления исследований и конструирования питателей для сепарирования зерна в вертикальном воздушном потоке [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Вестник ОГУ. – Оренбург, 2003. - №7. – С.198-201.

10 Ковриков, И. Т. Расчет конструктивных параметров устройств ввода зерновой смеси [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Тез. докл. региональной научно-практической конференции молодых

ученых и специалистов Оренбургской области. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. – С. 66-68.

11 Ковриков, И. Т. Повышение равномерности распределения семян по сечению пневмоканала и совершенствование питателей зерновых сепараторов [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2004. - №7. – С.9-11.

12 Ковриков, И. Т. Оптимизация конструкций устройств для ввода зерна в воздушных сепараторах [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективы развития пищевой промышленности России». – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. – С.18-21.

13 Ковриков, И. Т. Обоснование технологического процесса и основных параметров пневмосепаратора [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Региональная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. – С. 248-249.

14 Коротков, В. Г. Технологическое оборудование [текст] / В. Г. Коротков, И. Т. Ковриков, С. В. Антимонов, И. Ш. Тавтилов, В. А. Трофимов // Методические указания к лабораторной работе. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 19 с.

15 Ковриков, И. Т. Обоснование конструктивных параметров устройств ввода зерна пневмосепараторов [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Общероссийская конференция молодых ученых «Пищевые технологии». – Казань: Издательство КГТУ, 2006. – С. 58-59.

16 Ковриков, И. Т. Расчет и проектирование распределителей для питающих устройств пневмосепараторов [текст] / И. Т. Ковриков, И. Ш. Тавтилов // Всероссийская научно-практическая конференция «Развитие университетского комплекса как фактор повышения инновационного и образовательного потенциала региона». – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. – С. 13-15.

Подписано в печать 29.01.2008г.

Формат А5.Объем 1,0 уч.- изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ №

УОП ЧГАУ