

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Кафедра «Машины и оборудования в агробизнесе»
Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия
Магистерская программа – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СЕЯЛКИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ

Магистрант  Хайдаров М.М.

Научный руководитель,
д.т.н., професоор  Нуруллин Э.Г.

Рецензент, к.т.н., доцент  Гималтдинов И.Х.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(Протокол № 12 от 17 июня 2020 г.)

Руководитель магистерской программы  Зиганшин Б.Г.

Казань – 2020 г.

АННОТАЦИЯ

выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)
Хайдарова Марселя Мансуровича на тему: «Разработка и исследование
пневмомеханического распределителя сеялки централизованного
дозирования».

Выпускная квалификационная работа представляет собой пояснительную записку на 79 листах печатного текста, которая включает введение, пять разделов, выводы, список использованной литературы и включает 28 рисунков, 7 таблиц. Список использованной литературы содержит 35 наименований.

В первом разделе рассмотрены технологические основы посева, выполнен обзор машин для посева и их рабочих органов, проведён анализ конструкций распределителей семян сеялок централизованного дозирования, сделаны краткие выводы, постановлены цели и задачи исследований.

Во втором разделе теоретически обоснованы конструктивно-технологические параметры отвода пневмомеханического распределителя и скорость движения высеваемого материала в нём, количество лопаток и радиус их кривизны, радиус и длина центратора-конфузора, диаметра головки распределителя и его конусообразного отражателя.

В третьем разделе изложены программа и методика экспериментальных исследований, также методика обработки экспериментальных данных.

В четвертом разделе представлены результаты экспериментальных исследований физико-технологических свойств семян зерновых культур и скорости воздушного потока в распределителе. Построены эпюры скоростей воздушного потока в поперечном сечении распределителя.

В пятом разделе представлены результаты разработки экспериментальной установки для многофакторного исследования распределительной системы сеялок централизованного дозирования.

Пояснительная записка завершается выводами.

ANNOTATION

final qualification work (master's thesis)

Khaidarova Marcel Mansurovich on the topic: "Development and study of the pneumomechanical distributor of a seeder for centralized dosing."

Graduation paper is an explanatory note on 79 sheets of printed text, which includes an introduction, five sections, conclusions, a list of used literature and includes 28 figures, 7 tables. The list of used literature contains 35 titles.

In the first section, the technological fundamentals of sowing are considered, a review is made of the machines for sowing and their working bodies, an analysis of the designs of the seed dispensers of centralized dosing drills is made, brief conclusions are made, the goals and objectives of the research are stated.

The second section theoretically substantiates the design and technological parameters of the removal of the pneumomechanical distributor and the speed of movement of the seed in it, the number of blades and the radius of curvature, the radius and length of the centralizer-confuser, the diameter of the distributor head and its conical reflector.

The third section sets out the program and methodology of experimental research, as well as the methodology for processing experimental data.

The fourth section presents the results of experimental studies of the physicotechnological properties of grain seeds and air flow rate in the distributor. Plots of air velocity in the cross section of the distributor are plotted.

The fifth section presents the results of the development of an experimental setup for multifactor study of the distribution system of centralized metering seeders.

The explanatory note concludes with conclusions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	9
1.1 Технологические основы посева	10
1.2 Обзор машин для посева и их рабочих органов.....	17
1.3 Анализ конструкций распределителей семян сеялок централизованного дозирования.....	21
1.4 Краткие выводы. Цель и задачи исследований.....	26
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СЕМЯН.....	28
2.1 Обоснование конструкции пневмомеханического распределителя.....	28
2.2 Обоснование параметров отвода пневмомеханического распределителя.....	32
2.2.1 Обоснование скорости движения высеваемого материала в отводе.....	32
2.2.2 Определение количества лопаток и обоснование радиуса кривизны.....	38
2.3 Обоснование радиуса и длины центратора-конфузора.....	39
2.4 Обоснование параметров головки распределителя и конусообразного отражателя.....	40
2.4.1 Обоснование диаметра головки распределителя.....	40
2.4.2 Обоснование параметров конусообразного отражателя.....	43
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	48
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	48
3.2 Методика определения объёмной массы и физико-технологических свойств семян зерновых культур.....	49

3.3 Методика исследования скорости воздуха в пневмомеханическом распределителе.....	54
3.4 Методика обработки экспериментальных данных.....	55
 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	59
4.1 Результаты определения объёмной массы семян зерновых культур.....	59
4.2 Результаты определение аэродинамических свойств семян зерновых культур.....	60
4.3 Результаты исследования скорости воздушного потока в пневмомеханическом распределителе.....	64
 5. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕЯЛОК ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ.....	67
5.1 Обоснование конструкции экспериментальной установки	67
5.2 Обоснование конструктивных параметров экспериментальной установки..	69
5.2.1 Обоснование конструкции рамы.....	69
5.2.2 Обоснование привода вентилятора пневмосистемы экспериментальной установки.....	70
 ВЫВОДЫ.....	74
 ЛИТЕРАТУРА	76

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Продовольственная безопасность – основа национальной безопасности страны. Основным стратегическим сырьем сельскохозяйственного производства является зерно. Поэтому технологиям выращивания зерновых культур и техническим средствам их реализации во всём мире уделяется огромное внимание. Особое место во всех технологиях производства зерновых культур занимает посев, который определяет все предшествующие технологические и последующие операции.

Наряду с разработкой новых технологий, разрабатываются и новые машины для посева семян. В этом направлении перспективными являются сеялки централизованного дозирования высеваемого материала, которые увеличить производительность посевного агрегата на 10...25% и снизить затраты труда до 30% [37].

Одним из недостатков сеялок центрального дозирования является большая неравномерность распределения семян по сошникам (4...9% при вертикальном положении трубопровода, 12...18% и более при его наклоне до 15°; при высеве мелкосемянных культур показатели ухудшаются). Как показали полевые исследования, неравномерность может превышать 15% и более при агротехническом допуске 3...4%; установлено что при неравномерности высева между семяпроводами выше 10% наблюдается устойчивое снижение урожайности в среднем на 1...2 ц/га [9];

На основании вышеизложенного и учитывая существенные достоинства – возможность повышения производительности посевных агрегатов, можно утверждать, что совершенствование распределительных систем сеялок централизованного дозирования и пневмотранспортом высеваемого материала на основе их теоретического и экспериментального исследования является актуальной задачей.

Цель работы – повышение равномерности распределения семян по сошникам на сеялках централизованного дозирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- обоснование конструкции пневмомеханического распределителя семян сеялки централизованного дозирования;
- теоретически обосновать основные конструктивно-технологические параметры пневмомеханического распределителя;
- провести лабораторные эксперименты по определению физико-технологических свойств семян основных зерновых культур и скорости воздуха в пневмомеханическом распределителе;
- разработать экспериментальную установку для исследования распределительной системы сеялок централизованного дозирования.

Объект исследования. Пневмомеханический распределитель сеялок централизованного дозирования.

Предмет исследования. Процесс распределения семян в пневмомеханическом распределителе сеялки централизованного дозирования.

Методы исследования. Теоретические исследования выполнены с использованием законов земледельческой механики, гидравлики, механики газосмесей, положений алгебры и начертательной геометрии. Экспериментальные исследования проводились на имеющемся и специально изготовленном лабораторном оборудовании с использованием тарированных приборов и соответствующих ГОСТов, общеизвестных и специально разработанных методик. Результаты экспериментов обрабатывались известными методами с применением компьютерных технологий и лицензионного программного обеспечения.

Научная новизна. Получены теоретические и экспериментальные зависимости, описывающие процессы движения воздушного потока и распределение семян по сошникам в пневмомеханическом распределителе, и

позволяющие обосновать его основные конструктивно-технологические параметры.

Практическая значимость. Результаты теоретических, экспериментальных исследований и конструкторских разработок могут быть использованы конструкторскими организациями и научно-исследовательскими учреждениями при создании новых конструкций сеялок централизованного дозирования, а также при эксплуатации существующих.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты теоретических исследований по обоснованию пневмомеханического распределителя семян сеялки централизованного дозирования;

- результаты экспериментальных исследований по определению физико-технологических свойств семян основных зерновых культур и скорости воздуха в пневмомеханическом распределителе;

- конструктивная схема и расчёты экспериментальной установки для лабораторно-производственных опытов по определению влияния давления и расхода воздуха, длины материалопровода и высоты коллектора распределителя на равномерность распределения высеваемого материала по сошникам.

Апробация работы. Основные результаты исследований по теме диссертации доложены и одобрены на 77-ой студенческой (региональной) научной конференции Студенческая наука – аграрному производству. (Казанский ГАУ, 2019 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликована одна научная печатная работа общим объемом 0,18 п. л. (из них авт. – 0,09 п. л.). Подготовлена одна статья в юбилейный сборник.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Технологические основы посева

Наиболее сложными по технологическому процессу представляются сеялочные агрегаты, так как их рабочий процесс включает ряд последовательно или параллельно выполняемых операций. В общем случае эти операции включают: отбор семян высевающим аппаратом из бункера, формирование семенного потока на выходе из высевающего аппарата, транспортирование семян по семяпроводу к сошнику, формирование посевной борозды, укладку и распределение по ней семян, заделку семян специальными рабочими органами, прикатывание бороздок семян, выравнивание и мульчирование поверхности поля. Каждый из этих этапов оказывает влияние на качество выполнения технологического процесса в целом. Наиболее важными показателями качества посевного агрегата являются распределение высеваемого материала по площади питания и равномерность высева, которые оказывают влияние на урожайность сельскохозяйственных культур

Способ посева во многом зависит от посевных качеств семян сельскохозяйственных культур и почвенно-климатических условий.

Каждая культура требует для нормального развития определенной площади питания. Исходя из этого обосновывается оптимальная густота насаждения растений, при которой учитывается не только максимальная продуктивность одного растения, но и суммарная урожайность.

В производстве зерновых культур различают рядовой, узкорядный, полосный, перекрестный и подпочвенно -разбросной (безрядковый) посев.

Наибольшее распространение в настоящее время получил рядовой посев зерновых культур с междурядьями 150 мм. Академик П.А. Некрасов, рассматривая рядовой способ посева, отмечал, что строго научных обоснований к такому размещению растений, как со стороны агрономической, так и со стороны технической не имеется. Он предполагает, что данное

размещение сошников с шириной междурядий 150 мм вытекает из тех соображений, что при подобной величине междурядья они менее способны забиваться.

При этом форма площади питания растений представляет собой прямоугольник, соотношение сторон которого достигает 1:(10...15). При таком способе посева растения сильно загущены в рядке, в то время как междурядье остается неиспользованной. Исследователями установлено, что при таком размещении посевов растения используют около 30 % площади питания, особенно в начальных фазах развития, основная часть площади предоставлена сорной растительности.

С целью повышения равномерности распределения растений по площади были разработаны и применены узкорядный и перекрестный способы посева.

Узкорядный посев производят с междурядьем 7,5 см при сохранении площади питания рядового посева. Форма площади питания изменяется: прямоугольник со сторонами 15x1,66 см заменяется прямоугольником со сторонами 7,5x3,33 см. По данным А.Н. Семенова, наибольший эффект получается при увеличении нормы высева на 10...15%, по мере дальнейшего увеличения нормы высева разница в урожае не наблюдается.

Узкорядный посев приближает площадь питания одного растения к квадрату, что благоприятно сказывается на их росте и развитии. Узкорядный способ приводит к увеличению урожайности на 22 %.

Однако, как отмечает академик А.Н. Майсурян, уменьшение междурядья в узкорядных сеялках приводит к забиванию их сошников при работе на засоренных и переувлажненных почвах, что вызывает ухудшение равномерности глубины заделки семян.

Перекрестный посев требует двукратного прохода агрегата по полю, что повышает затраты труда и материальных средств, также возрастает уплотненность почвы и повышается густота расположения растений в местах пересечения рядков, а с агрономической точки зрения главным недостатком

перекрестного сева является затягивание сроков его проведения. Расстояние между семенами в ряду увеличивается в 2 раза по сравнению с расстоянием при рядовом посеве. Этим достигается повышение равномерности распределения семян по площади, лучшее использование растениями из почвы элементов питания, влаги и световой энергии, что обеспечивает прибавку урожая от 1,5 до 7 ц/га. Конечно, с энергетической точки зрения – этот способ неприемлем, т.к. двойной проход агрегата по полю удваивает энергозатраты.

Попытки устранения недостатков вышеперечисленных способов посева привели исследователей и конструкторов к созданию сеялок, осуществляющих подпочвенно-разбросной посев зерновых культур. Суть данного способа посева заключается в том, что семена распределяются под поднятым почвенным пластом. Равномерное распределение семян по площади осуществляется распределительными устройствами, установленными в подсошниковой полости.

Урожай тем выше, чем равномернее распределены семена по поверхности поля. Разбросной посев во многих случаях даёт прибавку урожая, но во многих случаях урожай снижается из-за неравномерной заделки семян по глубине. Колебание урожая в обе стороны доходит до 7 %.

Неравномерность посевов можно оценить коэффициентом вариации расстояний между растениями в рядке и наиболее близких в смежных рядках. В идеале все эти расстояния должны быть равны между собой, а коэффициент вариации равен 0. При разбросном посеве коэффициент вариации равен 57,74 %.

Неравномерность распределения семян в пневматических сеялках централизованного высева зависит от многих факторов (рисунок 1.1).

Физико-механические свойства семян и их комплексная характеристика рассматриваются как исходные показатели качества, определяющие выбор и функционирование дозирочных устройств.



Рисунок 1.1 – Схема технологического процесса высева семян в сеялках централизованного высева

После дозирующих устройств основным параметром, влияющим на количество и качество урожая, является точность распределения по сошникам (по семяпроводам). Семена после дозирующих устройств поступают в распределительные устройства. Для более глубокого анализа недостатков неравномерного распределения, рассмотрим технологические схемы и распределительные устройства пневматических сеялок централизованного высева раздельно.

1.2 Обзор машин для посева и их рабочих органов

В последние годы все большее применение в сельском хозяйстве находят пневматические централизованные высевающие системы. Применение ПЦВС диктуют возросшие требования к снижению металлоемкости агрегатов и повышению их производительности.

Из пневматических сеялок централизованного высева большое внимание заслуживает отечественная сеялка зернотуковая универсальная пневматическая С-6ПМ.1 (рисунок 1.2, таблица 1.1). Она используется для средних и тяжелых почв с одновременным внесением гранулированных удобрений. Предназначена для рядкового посева зерновых, среднесемянных и мелкосемянных зернобобовых культур, трав и их смесей, овощей. Агрегатируется с тракторами класса 1,4...2,0.



Рисунок 1.2 – Сеялка зернотуковая универсальная пневматическая С-6ПМ.1

Таблица 1.1

Техническая характеристика сеялки С-6ПМ.1

1	Тип	прицепная
2	Ширина захвата, м	6,0
3	Рабочая скорость не более, [км/ч]/ м/с	10,0/2,8
4	Число сошников, шт	48
5	Вместимость бункера, дм ³ :	1600
6	Производительность, при рабочей скорости 10 км/ч, га/ч	6,0
7	Тип сошников	дисковые
8	Ширина междурядья, мм	125 ± 10
9	Масса конструктивная, кг	1420

Процесс посева производится через систему центрального дозирования. Посевной материал поступает из загрузочного бункера на катушку дозирующего устройства. Семена, прошедшие дозирующую катушку, попадают в эжектор. Из тукового отделения бункера аналогичным образом в эжектор поступают удобрения. Под воздействием воздушного потока, поступающего в эжектор от вентилятора, происходит подъем и смешение семян и туков в вертикальной гофрированной трубе. Полученная смесь подается в распределитель. Затем семена и туки из распределителя по гибким трубкам подаются непосредственно к сошникам. Привод вентилятора работает от вала отбора мощности трактора ($n=1000$ об/мин) через обгонную муфту.

Посевной комплекс «Agromaster 4800» (рисунок 1.3, таблица 1.2) производства п.Муслумово Республики Татарстан выполняет весь комплекс посевных операций. За один проход производится: предпосевная обработка почвы, «ленточный» посев семян с внесением минеральных удобрений, выравнивание и прикатывание почвы. Применяется для ресурсосберегающей технологии возделывания зерновых культур.



Рисунок 1.3 – Посевной комплекс «Agromaster 4800»

Таблица 1.2

Техническая характеристика посевного комплекса «Agromaster 4800»

п/п	Показатели	
1	Рабочая ширина захвата, м	4,8
2	Рабочая скорость, [км/ч]/ м/с	10/2,8
3	Производительность, га/ч	4,8
4	Вместимость бункера, дм ³	2500
5	Тип дозатора (высевающего аппарата)	катушечный
6	Агрегатируется с трактором класса тяги 2 и 3	(МТЗ-1221, ВТЗ-100)
7	Способ транспортирования семян и удобрений	пневматический
8	Число обслуживающего персонала, человек	1

Посевной комплекс состоит из следующих основных узлов, механизмов и систем: жесткая рама, бункер для семян и удобрений, стрелчатые лапы-сошники, трехрядная борона, двухбалансирное опорно-прикатывающее устройство, передние опорные колеса, приводное колесо, пневматическая

система высева семян и удобрений, загрузочный шнек, компьютер контроля процесса работы. Вентилятор приводится в движение от автономного двигателя или от гидромотора. Недостатком автономного двигателя является ограниченный срок службы в полевых условиях, где на работу двигателя отрицательно влияет пыль.

ПЦВС применяются не только в сеялках, а также и в посевных комплексах ПК – «Кузбасс», АПП-7,2 и др.

Посевной комплекс (ПК) «Кузбасс» (рисунок 1.4, таблица 1.3) относится к машинам нулевой технологии посева. Сеялка выполняет весь комплекс весенних полевых работ за один проход по полю: предпосевная обработка, посев, внесение удобрений, прикатывание и выравнивание почвы.



Рисунок 1.4 – Посевной комплекс ПК «Кузбасс-9,7»

Таблица 1.3

Техническая характеристика посевного комплекса ПК «Кузбасс»

Показатели	ПК-4,8	ПК-9,7	ПК-12,2
Рабочая ширина захвата, м	4,8	9,7	12,2
Количество секций рамы, шт.	1,0	3,0	3,0
Ширина в транспортном положении, м (не отвечает требованиям ГИБДД)	5,6	5,6	5,6
Производительность, га/ч	4,8	9,7	12,2
Бункер:			
Вместимость, дм ³	7000	7000	7000
Удобрения/семена, %	40/60	40/60	40/60
Масса, т	3,2	3,2	3,2

Технологическая схема пневмосистемы сделано таким образом, что сначала семявоздушный поток разделяется на 4 части (централизованное двухступенчатое распределение), а затем по сошникам. Два отсека бункера обеспечены автономными высевальными механизмами, поэтому, в бункере можно одновременно засыпать и семена, и удобрения.

Гидромотор приводит в действие вентилятор, который подает воздух в систему семяпроводов.

Известны сеялки зернотуковые рядовые СЗ-3,6, для рядкового посева семян зерновых, мелко и среднесеменных бобовых культур с одновременным внесением в почву гранулированных минеральных удобрений, сеялки зернотуковые прессовые СЗП-3,6 А, СЗП-8, СЗП-12, СЗП-16, зернотуковые комбинированные СЗК-3,3 и другие.

Однако эти сеялки металлоемки, сложны в эксплуатации и для обслуживания, при посеве требуют сеяльщика, хотя обладают точностью посева.

В зарубежных странах Канаде, Англии, Австралии и в др. для посева зерновых культур выпускается большое многообразие сеялок. Так, во Франции около 50 фирм выпускают более 250 моделей сеялок для различных культур. В США и других странах междурядья варьируют от 12 до 45 см, а ширина захвата от 2,1 до 21,3 м. Совершенствование зерновых сеялок идет по пути увеличения ширины захвата, повышения скорости посева до 3,3...4,4 м/с, увеличения емкости бункера.

Из зарубежных сеялок для посева зерновых культур наибольший интерес представляют сеялки «Стокланд» и «Accord».

Пневматическая сеялка «Accord» (ФРГ) предназначена для рядового посева семян, распределения минеральных удобрений. Фирма выпускает рядовые зерновые сеялки, сеялки для посева мелкосемянных культур и др. шириной захвата до 6 м. Пневматическая часть сеялки состоит из следующих основных узлов: семенного бункера, высевального аппарата, распределительного устройства, семяпроводов.

Семенной бункер представляет собой металлический ящик, суживающийся книзу.

Высевающий аппарат имеет одну десятилопастную пластмассовую катушку диаметром 110 мм и рабочей длиной 140 мм. В левой части катушки, предназначенной для высева мелких семян, имеется канавка глубиной 7 мм, в правой части – 30 мм.

Справа от катушки размещен регулятор высева со шкалой, по которой устанавливается рабочая длина катушки при помощи винтового механизма. Приводится в движение высевающий аппарат от ходовых колес.

Распределительное устройство представляет собой полый диск, к которому снизу крепится общий семяпровод. На периферии диска имеются 29 патрубков, на которые крепятся гибкие пластмассовые семяпроводы диаметром 28 мм.

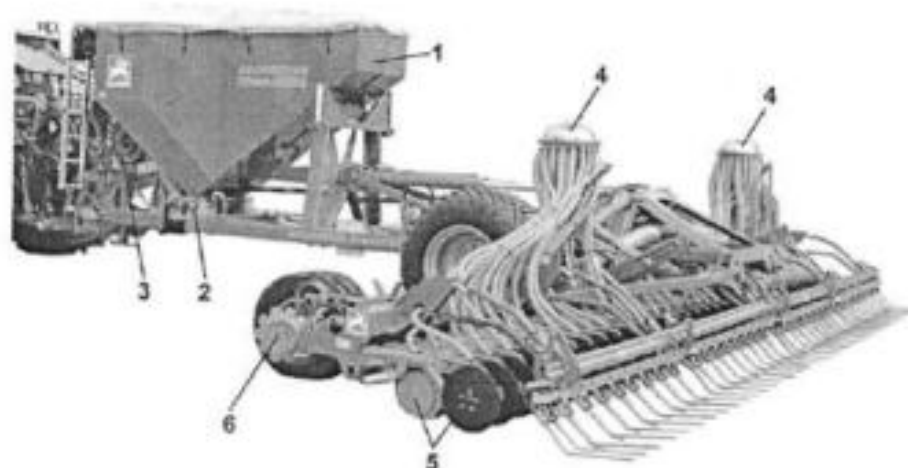
Общий семяпровод, соединяющий высевающий аппарат и распределительное устройство, представляет трубу диаметром 105 мм. В нижней его части установлен эжектор для ускорения воздушного потока и тем самым создания разрежения под катушкой, который способствует истечению семян из бункера. Верхняя часть общего семяпровода выполнена гофрированной.

Вентилятор служит для подачи семян воздушным потоком от высевающего аппарата - центрального дозатора к распределителю и далее по семяпроводам к сошникам. Скорость воздушного потока регулируется дроссельной заслонкой в пределах от 27 до 68 м/с.

Хотелось бы отдельно остановиться на самых последних разработках зарубежных фирм.

AMAZONE Citan 8000, 9000, 12000 (рисунок 1.5) – предназначена для посева по традиционной и минимальной технологии зерновых и зернобобовых культур. Пневматическая сеялка Citan, в зависимости от типоразмера, имеет ширину захвата 8, 9 или 12 м. Машины могут складываться до 3 м транспортной ширины.

Система управления сошниками содержит реверсивный предохранительный механизм от наезда на камни так, что сошники могут уклоняться от камней горизонтально и вертикально.



1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – вентилятор; 4 – распределительная головка; 5 – сошник RoTeC/RoTeC+; 6 – маркер

Рисунок 1.5 – Сеялка AMAZONE Citan 8000

Отличительная особенность сеялки - полная электрическая дозировка. Привод вентиляторов осуществляется от вала отбора мощности трактора через карданный вал или автономную гидросистему, включающую в себя гидронасос, гидромотор, бак для масла, радиатор и регулирующие устройства.

Германская фирма «Horsch» выпускает пневматические сеялки с шириной захвата от 9,35 до 18,35 м и бункером, установленным на прицепной тележке (рисунок 1.6, таблица 1.4).

Сеялка Horsch ATD 9,35 предназначена для высева семян зерновых и мелкосеменных культур с возможностью одновременного внесения минеральных удобрений и прикатывания посевов. Пневматическая сеялка «Horsch» используется для прямого посева, а также на почве, подготовленной в соответствии с агротехническими требованиями к предпосевной обработке во всех почвенно-климатических зонах на уклонах до 8°, кроме зон горного земледелия.



Рисунок 1.6 – Пневматическая сеялка Horsch ATD 9,35

Таблица 1.4

Техническая характеристика сеялок «Horsch ATD»

п/п	Показатели	ATD 18.35	ATD 11.35	ATD 9.35
1	Рабочая ширина, м	18,2	11,9	9,8
2	Производительность, га/ч	14.6...21.8	9.5...14.2	7.2...11.2
3	Вместимость бункера, дм ³	17000/17600	10500	10500
4	Количество сошников	52	34	28
5	Расстояние между сошниками,	0,35	0,35	0,35
6	Необходимая тяговая	500	375...400	270
7	Расход топлива, л/ч	80	60	40
8	Вид удобрений	Сыпучие / Жидкие / Газообразные		

Фирма «Flexi-Coil» (Канада) значительно расширила номенклатуру автономных высевальных систем, различающихся размерами бункера и исполнением: тяговые и буксируемые вместимостью 3,54м³ (мод.1330), 4,71м³ (мод.1720-2320), 8,14м³ (мод.2340) и др. Комбинированный комплекс, состоящий из агрегата мод.820 и высевальной системы мод.2340 (рисунок 1.7), поставляется с шириной захвата 4...18,9 м.

Агрегат предназначен для посева семян зерновых культур по обработанным стерневым фонам с одновременной предпосевной культивацией и прикатыванием.

Комплекс состоит из сеялки-культиватора ST 820 CULT (3-х секционная модель), прицепного бункера 230 AIR CART и катка-почвоуплотнителя S 75 PASKER (3-х секционная модель). Агрегатируется с тракторами класса 5.



Рисунок 1.7 – Комбинированный посевной комплекс фирмы «Flexi-Coil»

Сеялка Solitair (рисунок 1.8) фирмы «Lemken» (Германия) предназначена для посева по традиционной и минимальной технологии семян зерновых и бобовых культур, трав без внесения минеральных удобрений. Solitair может оснащаться двухдисковыми или однодисковыми сошниками.



Рисунок 1.8 – Пневматическая сеялка Solitair 12

Комплекс может применяться на полях с уклоном не более 7° . Поверхностный слой перед посевом должен быть выровнен и разрыхлен в соответствии с агротехническими требованиями для соответствующей зоны.

Высевающий вал имеет электрический привод; скоростью вращения вала управляет электроника. При посеве различных видов семян, 6-секционные ячейковые барабаны можно регулировать при помощи инструментов, входящих в комплект поставки, на густоту посевов от 1,5 до 300 кг/га. В зависимости от ширины захвата, Solitair имеет 2...8 дозирующих устройств.

Отличительной особенностью сеялки является то, что имеется циклон для увеличения срока службы вентилятора, который очищает воздух от пыли. Агрегатируется с тракторами класса 5.

1.3 Анализ конструкций распределителей семян сеялок централизованного дозирования

На неравномерность посева после подачи семян высевающим аппаратам влияет распределительная головка. Остановимся на некоторых известных из них и рассмотрим принцип работы [25, 52, 60, 128, 135].

Существуют вертикальные и горизонтальные распределяющие устройства пневматических сеялок централизованного высева. Конструктивное исполнение горизонтальных распределителей проще и компактнее вертикальных, хотя использование вертикальных распределителей дает большие, чем другие системы возможности в отношении компоновки различных агрегатов с использованием одних и тех же составляющих конструктивных элементов увеличить ширину захвата, количество заделывающих рабочих органов и т.д.

На неравномерность распределения семян оказывают влияние формы отражателей головок и направляющей поверхности колонн. Различные схемы распределительных устройств представлены на рисунке 1.10. Направляющие поверхности колонн имеют – волнистую, гребнистую или штифтовую форму. Параметры поверхностей: шаг элементов и угол наклона патрубков подбираются опытным путем, диаметры рассчитываются по методике.

Неравномерность высева в сеялках с шириной захвата 12...15м, оснащенных головками с отражателем сферической формы и гребнистой направляющей поверхностью, не превышает 5...7%, а повреждение семян – не более 1%.

Стремление равномерно распределить семена по засеваемой площади привело к созданию множества форм и конструкций распределителей, которые в какой-то мере улучшили равномерность распределения семян, но, тем не менее, ещё нет совершенной конструкции, в которой рассмотрено и учтено движение воздуха отдельно с целью уменьшения потери энергии и простота конструкции.

С целью выявления направлений совершенствования пневмосепарирующих и распределительных устройств была составлена их классификация [1]. Для выбора и обоснования перспективной конструктивно-технологической схемы коллектора распределителя рассмотрены коллекторы распределители наиболее широко применяемых посевных комплексов (рисунок 1.9)

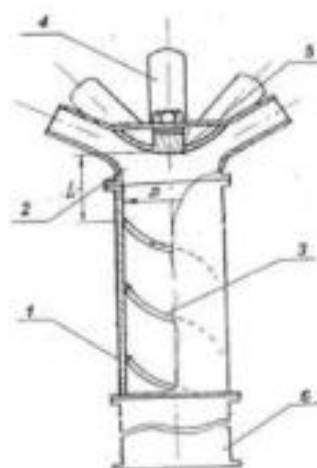
Анализ приведенных конструктивно-технологических схем коллекторов-распределителей современных посевных комплексов и их геометрических параметров показывает, что они отличаются большим разнообразием конструктивного исполнения и размерами основных элементов: диаметрами и радиусами поворота центрального и вторичного семяпроводов, размерами и формами распределительных головок, гофрированными участками центральных семяпроводов, формой периферийного отражателя семян (волнистая, гребнистая или штифтовая).

Остановимся на некоторых известных распределительных устройствах.

Известно устройство / а. с. N 1679993 А1, Кл. А 01 С 7/04; 30.09.91; Бюл. № 36. Распределительная головка пневматической сеялки для высева сыпучих материалов, включающая входной трубопровод, распределитель, отражатель, выполненный в форме сферы и имеющий регулятор положения. Однако, данное устройство не обеспечивает возможность получения равномерного воздушно-семенного потока во входном трубопроводе и тем самым не обеспечивает необходимую равномерность распределения семян по отводящим патрубкам.

Известно распределительная головка пневматической сеялки [87]. Цель изобретения – повышение равномерности распределения сыпучего материала по отводящим патрубкам. Данная цель достигается предлагаемым устройством, в котором предусмотрена установка в полой патрубке винтового преобразователя с выступами (рисунок 1.10).

Распределительная головка работает следующим образом. Высеваемый материал воздушным потоком транспортируется через желоба формователя потока (поз. 6), что придает сыпучим материалам винтовую траекторию движения при входе в подводящий трубопровод (поз. 1). Дальнейшее перемещение по трубопроводу (поз. 1) сопровождается отталкиванием части семенного материала периферийными отражателями (поз. 3) к центру потока. Отраженный семенной материал создает активное перемешивание в общем потоке движения в подводящем трубопроводе (поз. 1). При этом наибольшая плотность семенного материала образуется в центре подводящего трубопровода (потока), ориентированного на центр сферы отражателя (поз. 5).



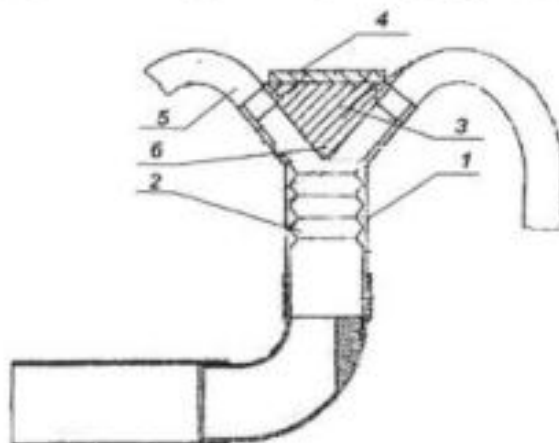
1 – подводящий трубопровод; 2 – головка; 3 – периферийные отражатели; 4 – отводящие патрубки; 5 – отражатель; 6 – формователь потока

Рисунок 1.10 – Распределительная головка пневматической сеялки по патенту № 2122307 .

Известна рядовая сеялка пневматическим высевальным аппаратам или сеялка с делителем семян (патент 6А 01С 7/04 №19717212) (рисунок 1.11) [136, 137].

В сеялке с небольшой габаритной высотой вихревая трубка (поз. 1) и делитель семян (поз. 5) определяют габаритную высоту машины. Делитель

(поз. 5) имеет крышку (поз. 4), на которой с внутренней стороны закреплена конусообразная направляющая (поз. 3). Острие (поз. 6) конуса направляющей (поз. 3) доходит до вихревой трубки (поз. 1) или вихревой камеры (поз. 2), что обеспечивает равномерную и своевременную подачу семян в почву.



1 – вихревая трубка; 2 – вихревая камера; 3 – конусообразный отражатель; 4 – крышка; 5 – делитель семян; 6 – острие отражателя

Рисунок 1.11 – Делитель семян зарубежной фирмы «Lemken» (Германия) по патенту № DE 19717212 A1..

Известен распределитель потока сыпучих материалов для пневматических сеялок [1]. Целью изобретения является повышение равномерности распределения высеваемого материала по отводящим патрубкам и снижение повреждения частиц материала.

Рабочая поверхность внутренней полости распределительной головки имеет форму поверхности вращения вокруг оси симметрии подводящего канала.

Как видно из анализа то, что хотя исследователями проделана большая работа по обоснованию формы и параметров распределителя, до сих пор недостаточно теоретического обоснования его формы, которая, будучи, обеспечивала бы равномерное распределение семян по ширине захвата и уменьшение энергозатрат [1, 2, 3, 100].

1.4 Краткие выводы. Цель и задачи исследований.

Особое место в технологиях производства зерновых культур занимает посев, который осуществляется машинами для посева. Перспективными являются сеялки централизованного дозирования высеваемого материала, которые позволяют повысить производительность посевного агрегата и снизить затраты труда. Однако они имеют определённые недостатки, одним из которых является большая неравномерность распределения семян по сошникам. Равномерное распределение семян посевными машинами имеет большое значение при посеве сельскохозяйственных культур. Неравномерность распределения по площади посева семена с неравномерно всходят и плохо развиваются, соответственно снижают урожайность зерновых культур. Поэтому, совершенствование распределительных систем сеялок централизованного дозирования на основе их теоретического и экспериментального исследования является актуальной задачей.

На основании вышеизложенного и учитывая возможность повышения производительности труда, можно утверждать, что совершенствование распределительных систем сеялок с центральным дозированием на основе их теоретического и экспериментального исследования является актуальной задачей.

Цель работы – повышение равномерности распределения семян по сошникам на сеялках централизованного дозирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- обоснование конструкции пневмомеханического распределителя семян сеялки централизованного дозирования;
- теоретически обосновать основные конструктивно-технологические параметры пневмомеханического распределителя;
- провести лабораторные эксперименты по определению физико-технологических свойств семян основных зерновых культур и скорости воздуха в пневмомеханическом распределителе;

- разработать экспериментальную установку для исследования распределительной системы сеялок централизованного дозирования.

Решение поставленных задач имеет научное и практическое значение: полученные теоретические и экспериментальные зависимости позволят обосновать основные конструктивно-технологические параметры нового пневмомеханического распределителя сеялки центрального дозирования, и могут быть использованы конструкторскими организациями и научно-исследовательскими учреждениями при создании новых конструкций сеялок централизованного дозирования, а также при эксплуатации существующих.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- результаты теоретических исследований по обоснованию пневмомеханического распределителя семян сеялки централизованного дозирования;

- теоретически обосновать основные конструктивно-технологические параметров пневмомеханического распределителя;

- результаты экспериментальных исследований по определению физико-технологических свойств семян основных зерновых культур и эпюры скорости воздушного потока в пневмомеханическом распределителе;

- конструктивная схема и расчёты экспериментальной установки для лабораторно-производственных опытов по определению влияния давления и расхода воздуха, длины материалопровода и высоты коллектора распределителя на равномерность распределения высеваемого материала по сошникам.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СЕМЯН

2.1 Обоснование конструкции пневмомеханического распределителя

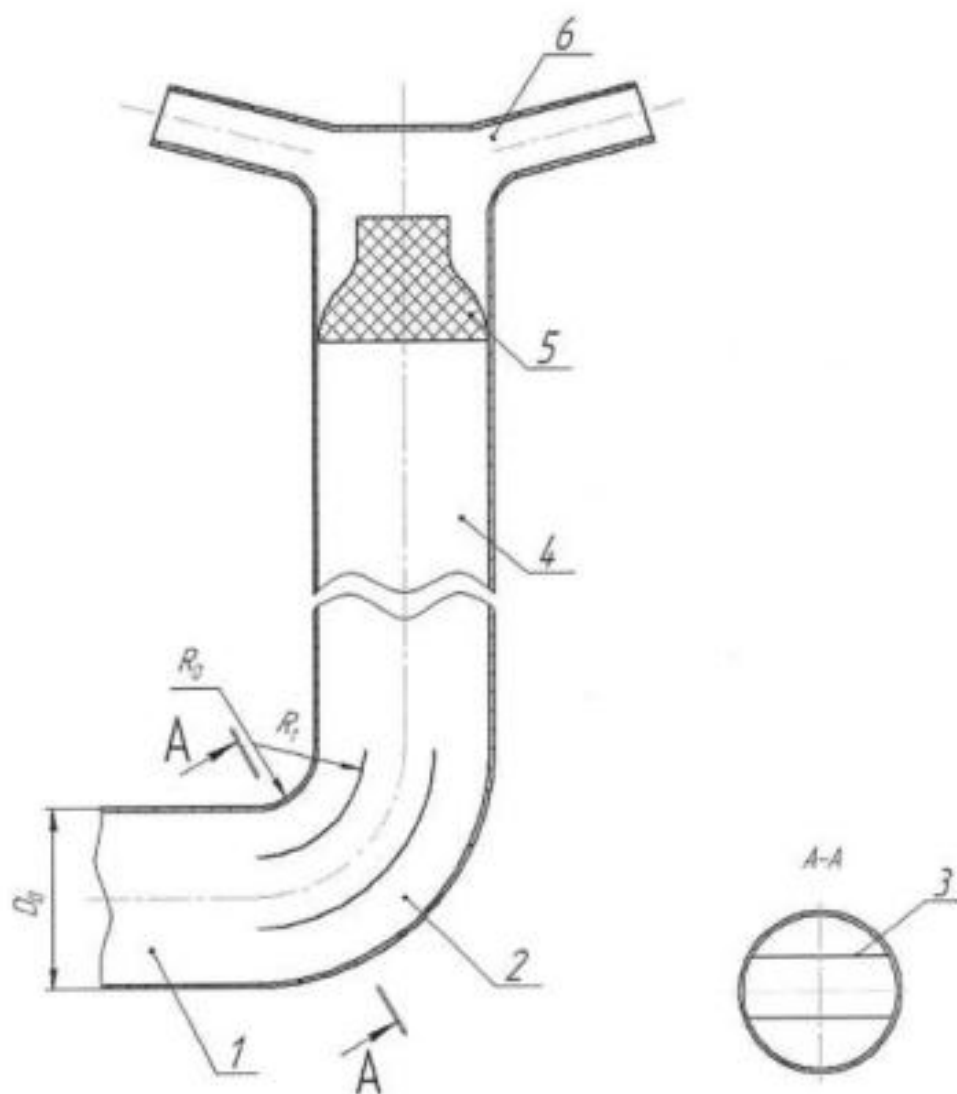
Для повышения равномерности распределения семян и удобрений по сошникам в пределах агротехнических требований нами предлагается усовершенствованный распределитель пневмомеханического типа. Предлагаемая конструкция может быть адаптирована ко всем типам сеялок с центральным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала. Схемы пневмомеханического распределителя и его распределительной головки с указанием некоторых геометрических параметров представлены на рисунках 2.1 и 2.2.

Повышение равномерности распределения высеваемого материала по сошникам в предлагаемом устройстве достигается за счёт установки криволинейных направляющих лопаток 3 в отводе 2, соединяющем горизонтальный пневмосемяпровод 1 с вертикальным подводящим патрубком распределителя и центризатора-конфузора 5 перед входом высеваемого материала в распределительную головку с конусовидным отражателем и отводящими патрубками.

Направляющие лопатки для высеваемого материала выполнены концентрично и представляют собой аэродинамическую решетку. Аэродинамическая решетка, установленная в отводе, расчленяет данный отвод на ряд отводов с большей вытянутости поперечного сечения. Верхний и нижний конец аэродинамической решетки ограничиваются размерами отвода, боковые стороны вплотную прилегают к внутренней стенке отвода.

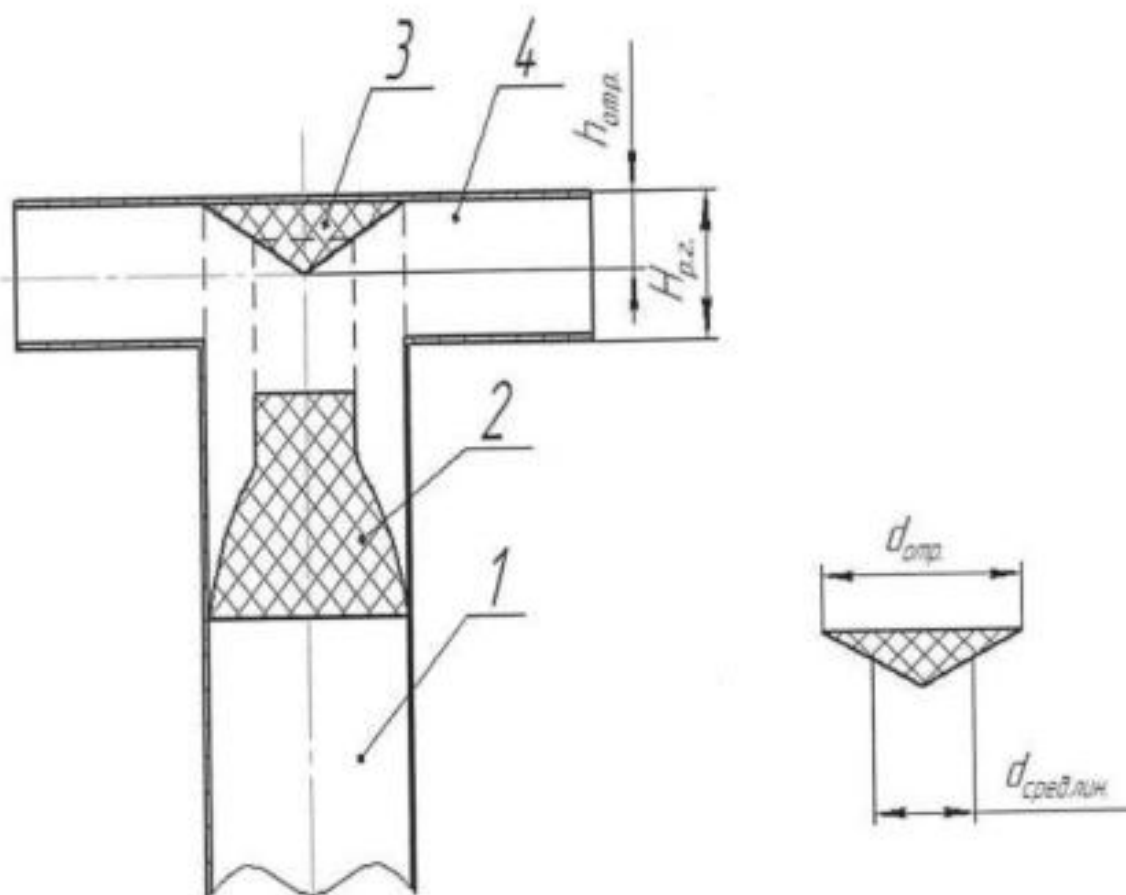
Центрирующее устройство для высеваемого материала выполнено в виде конфузора из мелкоячеистой металлической сетки с криволинейными

образующими (R, r) и установлен в вертикальном подводящем трубопроводе распределительного устройства. Форма центрирующего устройства образована плавным переходом от большого сечения к меньшему, а также скруглением прямолинейных стенок на выходе в прямой участок ($l_{пр.уч.}$). Входной диаметр плотно прилегает к внутренней стенке вертикального подводящего трубопровода.



1 – пневмосемяпровод; 2 – отвод патрубка распределителя; 3 – направляющие криволинейные лопатки; 4 – вертикальный патрубок распределителя; 5 – центратор-конфузор; 6 – распределительная головка.

Рисунок 2.1 – Пневмомеханический распределитель



1 – подводящая труба; 2 – центратор-конфузор; 3 – отражатель конусовидный; 4 – отводящие патрубки.

Рисунок 2.2 – Схема распределительной головки пневмомеханического распределителя

Принцип действия пневмомеханического распределителя заключается в следующем. Высеваемый материал, дозируемый центральным дозатором, транспортируется воздушным потоком в вертикальную подводящую трубу пневмомеханического распределителя (1), с встроенным центратором (2). Центратор-конфузор (1) направляет смесь высеваемого материала и воздуха на отражатель конусовидный (3), при взаимодействии с которым и под воздействием воздушного потока высеваемый материал распределяется по отводящим патрубкам (4), которые семяпроводами соединены с сошниками.

Центратор и отражатель обеспечивают повышение равномерности распределения высеваемого материала по отводящим патрубкам, соответственно, по сошникам и снижение травмирования семян. Это достигается за счёт их оригинальной конструкции и взаимного расположения.

Центратор-конфузор оригинальной формы с криволинейными образующими, установленный соосно с подводящей трубой и большим диаметром плотно прилегающей к её внутренней стенке направлен меньшим диаметром с прямолинейным участком в сторону отражателя. Конусовидный отражатель также соосно с подводящей трубой закреплён на крыше распределителя и обращен остроконечной вершиной в сторону центратора-конфузора.

Такое исполнение и взаиморасположение центратора и отражателя обеспечивает сужение потока смеси «воздух-высеваемый материал» перед выходом из подводящей трубы и подачу его на вершину конуса отражателя, что создаёт условия равномерного распределения высеваемого материала по его периметру. С другой стороны, по закону неразрывности воздушного потока, скорость воздуха в отводящих патрубках, имеющих одинаковый диаметр, будет равным. Следовательно, в каждый патрубок поступит высеваемый материал из сектора конусной поверхности отражателя, который находится напротив него. Поскольку высеваемый материал, подающийся из центратора-конфузора, равномерно распределяется по периметру конусной поверхности, то и в каждый отводящий патрубок поступает равное количество воздуха и высеваемого материала.

Криволинейное выполнение образующей центратора-конфузора будет снижать травмирование семян при сужении потока, а конусность отражателя при их ударном взаимодействии.

Таким образом, исходя из вышеизложенного можно утверждать, что предлагаемая конструкция имеет перспективу. Однако для окончательного подтверждения выдвинутых гипотез необходимо провести теоретическое

обоснование формы и геометрических размеров центратора-конфузора и конусовидного отражателя, расстояния между ними, также их влияние на параметры воздушного потока, концентрацию смеси. После теоретического обоснования геометрических параметров по ним необходимо изготовить экспериментальный образец пневмомеханического распределителя и исследовать его с установкой на сеялку с целью обоснования в целом конструктивно-технологических параметров, обеспечивающих достижение требуемой равномерности распределения высеваемого материала по сошникам и снижения травмирования семян. Теоретическим и экспериментальным путём также необходимо обосновать материал, при котором происходит снижение травмирования семян.

2.2 Обоснование параметров отвода пневмомеханического распределителя

2.2.1 Обоснование скорости движения высеваемого материала в отводе

Движение семян в сеялках централизованного посева пневматического после высевающего аппарата до сошника представляет сложную траекторию движения вертикальные участки, повороты и т.д.

Систему распределения семян можно рассмотреть разбиванием на участки: I – отвод; II – вертикальный участок (подводящая труба); III – головка распределителя с отражателем и отводящие патрубки, представляющую для семян сложную траекторию движения.

Определяющим параметром неравномерности распределения семян является скорость частиц после распределителя.

Для определения снижения скорости семян при движении по отводу введем следующие допущения: решим задачу для случая, когда скольжение семян по внешней стенке начинается сразу же при входе ее в отвод;

пренебрегаем силовым взаимодействием между воздухом и транспортируемыми семенами; воздушный поток действует только на поверхность слоя материала, обращенную к оси отвода, в виде силы трения, а величина этой силы мала по сравнению с остальными силами, действующими на поток семян. С учетом этих допущений получим, что на семена будут действовать сила тяжести G , реакция связи N и сила трения T . Отнесем движение частицы к прямоугольной системе осей XOY (рисунок 2.3).

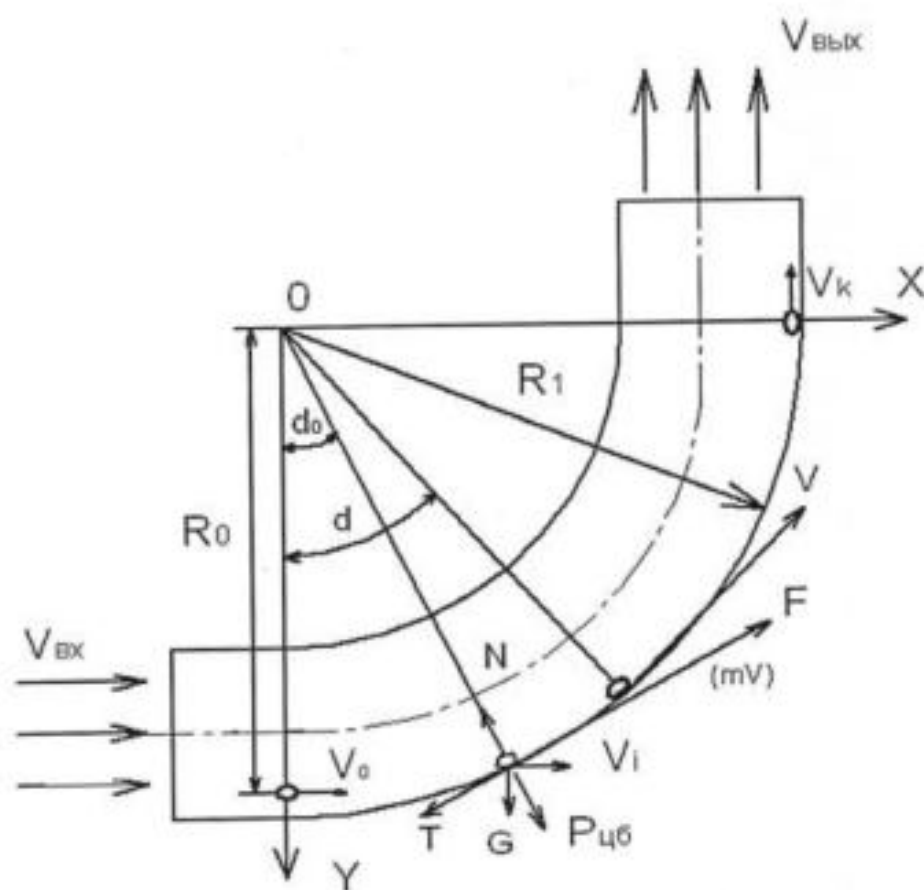


Рисунок 2.3 – К выводу уравнения изменения скорости семян при ее движения в отводе распределителя

Воспользуемся дифференциальными уравнениями плоского движения материальной точки в прямоугольных координатах и уравнение движения семян в отводе, изменяющем направление перемещения потока с горизонтали на вертикаль будет:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= -T \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= T \cdot \sin \alpha - N \cdot \cos \alpha + G \end{aligned}, \quad (2.1)$$

где m – масса семени, г;

T – сила трения, Н;

N – нормальная сила реакции, Н;

G – сила тяжести, Н;

α – текущее значение угла поворота.

Для того чтобы найти реакцию N стенки, запишем уравнение движения семян:

$$m \frac{dV}{dt} = -T - G \cdot \sin \alpha \quad (2.2)$$

$$m \frac{V^2}{R_1} = N - G \cdot \cos \alpha, \quad (2.3)$$

где V – скорость движения семян, м/с;

R_1 – радиус внешней стенки отвода, по которой скользят семена, м.

Из уравнения (2.3) находим, что

$$N = m \frac{V^2}{R_1} + G \cdot \cos \alpha$$

Тогда сила трения будет

$$T = \left(m \frac{V^2}{R_1} + G \cdot \cos \alpha \right) \cdot f,$$

где f – коэффициент трения семян;

Подставляя в уравнение (2.2) выражение для T и имея в виду, что $\frac{d\alpha}{dt} = \frac{V}{R}$, приведем его к новой переменной – угловой координате α .

$$\frac{dV}{d\alpha} = -V \cdot f - \frac{g \cdot R_1}{v} (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (2.4)$$

Решение этого уравнения позволяет определить скорость семян для любого значения угла α .

$$V = \frac{1}{e^{f/\alpha}} \sqrt{2 \cdot g \cdot R_1 \cdot \frac{e^{2f/\alpha}}{1+4 \cdot f^2} [(1-2 \cdot f^2) \cos \alpha - 3f \sin \alpha] + C} \quad (2.5)$$

Постоянная интегрирования определится из начальных условий при $\alpha = 0$, и $V = V_0$:

$$C = V_0^2 - 2 \cdot g \cdot R_1 \frac{1-2f^2}{1+4f^2}$$

и окончательно для поворота потока с горизонтали на вертикаль:

$$V = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{2f/\alpha}} - \frac{2g \cdot R_1}{1+4f^2} \cdot \left[\frac{1-2f^2}{e^{2f/\alpha}} - (1-2f^2) \cdot \cos \alpha + 3f \cdot \sin \alpha \right]}, \quad (2.6)$$

где V_0 – скорость воздушного потока, м/с.

Решения дифференциальных уравнений для поворотов частицы в других направлениях дают следующие выражения для скорости V :

для поворота с вертикали на горизонталь:

$$V = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{2f/\alpha}} - \frac{2g \cdot R_1}{1+4f^2} \cdot \left[\frac{3f^2}{e^{2f/\alpha}} + (1-2f^2) \cdot \sin \alpha - 3f \cdot \cos \alpha \right]} \quad (2.7)$$

При повороте потока на угол $\alpha = 90^\circ$ величина конечной скорости семян определится выражением:

С горизонтали на вертикаль:

$$V_{\text{г}} = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{\pi f}} - \frac{2g \cdot R_1}{1 + 4f^2} \cdot \left[\frac{1 - 2f^2}{e^{\pi f}} + 3f \right]} \quad (2.8)$$

Движение семян в распределителе можем рассматривать как в отводе, но с переходом с вертикали на горизонталь при повороте на угол $\alpha = 90^\circ$. Тогда скорость семян примет вид:

$$V_{\text{г}} = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{\pi f}} - \frac{2g \cdot R_1}{1 + 4f^2} \cdot \left[\frac{3f^2}{e^{\pi f}} + (1 + 2f^2) \right]} \quad (2.9)$$

Для распределителя семян сеялки на 32 семяпровода при угле поворота воздушного сначала $\alpha = 55^\circ$ и при радиусе кривизны распределителя $R = 0,3$ м уравнение (2.7) примет вид:

$$V = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{1,92f}} - \frac{0,6g}{1 + 4f^2} \cdot \left[\frac{3f^2}{e^{1,92f}} + 0,82 \cdot (1 - 2f^2) - 1,7f \right]} \quad (2.10)$$

Из полученных уравнений построены графики изменения скорости после отвода при различных коэффициентах трения f при постоянном радиусе кривизны, а также при различных радиусах (рисунок 2.4).

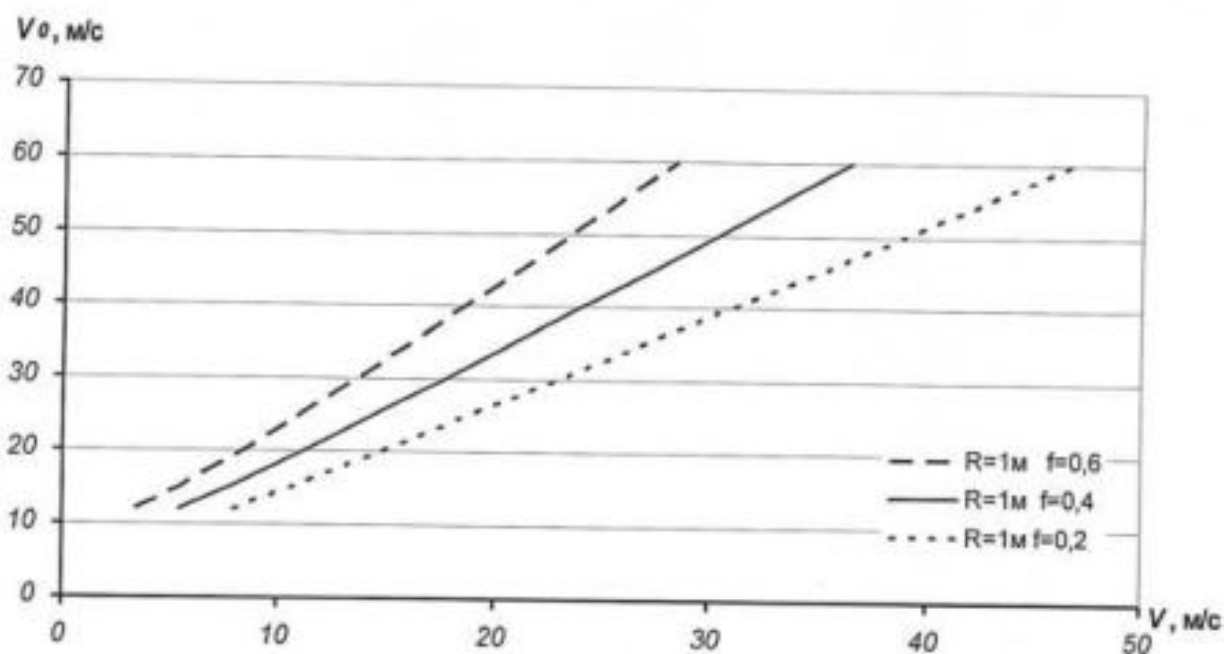


Рисунок 2.4 – Зависимость изменения скорости высеваемого материала после отвода с фиксированным радиусом кривизны при различных коэффициентах трения

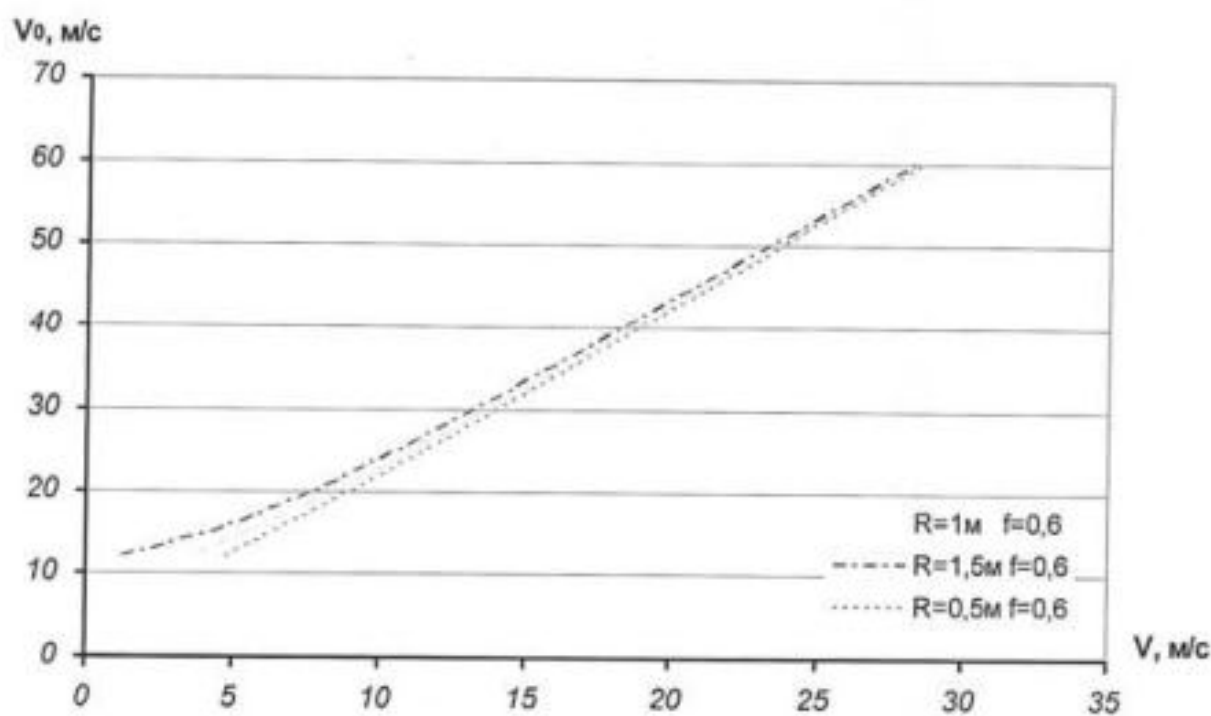


Рисунок 2.5 – Зависимость изменения скорости семян пшеницы после отвода при различных радиусах его кривизны

Как видно из рисунков 2.4 и 2.5 существенное влияние на скорость частицы семян при движении по отводу оказывает коэффициент трения f , чем больше коэффициент трения, тем больше и теряется скорость семян.

2.2.2 Определение количества лопаток и обоснование радиуса их кривизны

Для сохранения скорости высеваемого материала и равномерности потока по его сечению в отводе установлена аэродинамическая решётка, представляющая собой криволинейные лопатки радиус кривизны, которых и количество лопаток необходимо определить и обосновать.

Количество и радиус направляющих лопаток для высеваемого материала определяются в зависимости от внутреннего закругления отвода и диаметра входного трубопровода по формуле:

$$n_{\text{норм}} = 2,13(r_0 / D_0)^{-1} - k, \quad (2.11)$$

где r_0 - радиус внутреннего закругления отвода, см.

D_0 - диаметр входного трубопровода, см.

k - поправочный коэффициент ($k=1$).

$$r_1 = r_0 \sqrt{1 + D_0 / r_0}, \quad (2.12)$$

где r_0 - радиус внутреннего закругления отвода, см.

D_0 - диаметр входного трубопровода, см.

Применение концентрической аэродинамической решетки, указанной геометрической формы, позволяет расчленять поток поступающего

высеваемого материала на несколько потоков и равномерно распределять по всей ширине сечения вертикального подводящего трубопровода пневмомеханического распределительного устройства, что позволяет предотвратить образование вихревой зоны, срыва потока и забивания отвода.

2.3 Обоснование радиуса и длины центратора-конфузора

Оптимальный радиус скругления криволинейной стенки центратора-конфузора определяется по формуле (рисунок 2.3):

$$R = (0,5 \dots 1) d_{\text{вых}}, \quad (2.13)$$

где $d_{\text{вых}}$ – диаметр выходного отверстия конфузора-центратора, м.

Длина центратора-конфузора определяется по формуле:

$$l_{\text{ц}} = (0,5 \dots 1) D_{\text{вх}}, \quad (2.14)$$

где $D_{\text{вх}}$ – диаметр входного отверстия конфузора-центратора, м.

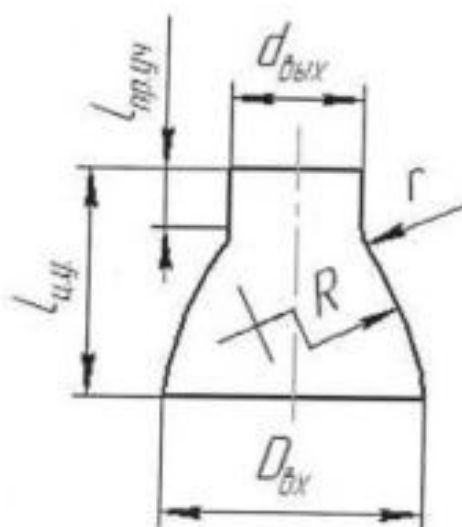


Рисунок 2.6 – К обоснованию геометрических параметров центратора-конфузора

Применение центрирующего устройства для высеваемого материала, выполненного в виде конфузора из мелкочаистой металлической сетки, позволяет полностью охватить и формировать поступающий высеваемый материал в плотный поток и направить в центр распределительной головки с отводящими патрубками. При плавном уменьшении сечения конфузора, поток не отрывается от стенок в месте перехода в прямой участок и потери давления сводятся только к потерям трения в сужающейся части, что позволит увеличить скорость транспортирования высеваемого материала и равномерно распределить по сошникам.

2.4 Обоснование параметров головки распределителя и конусообразного отражателя

2.4.1 Обоснование диаметра головки пневмомеханического распределителя

Для теоретического обоснования конструктивных параметров распределителя, нами разработан аналитический метод расчета потерь напора воздуха в распределителях вертикального типа и выявлены закономерности влияния других факторов на неравномерность высева.

Это влияние будет большим для семян, которые значительно или полностью потеряли свою скорость в результате удара их об отражатели. Так как процесс распределения представляет собой многоударное явление об отражатели и стенки распределителя, а отражатели не исключают лобовых соударений с ними, то некоторые семена в результате удара полностью или значительно теряют свою скорость.

Следовательно, для этих семян их инерционные силы становятся соизмеримы с аэродинамическими силами, то есть они по отводящим патрубкам распределяются в зависимости от характера воздушного потока.

Так как величина подачи семян и скорость воздуха изменяются довольно в широком диапазоне, то изменяется место и степень завихрения потока в распределителе, а вместе с ним характер движения частиц.

Таким образом, в головке распределителя имеются две группы семян: большая часть семян, которые незначительно потеряли свою скорость при ударе об отражатель и распределяются по отводящим патрубкам за счет инерционных сил, и меньшая часть семян, значительно потерявших скорость и распределяющихся согласно аэродинамическим силам.

Вторая группа семян при несовершенной аэродинамической форме диффузора распределяется по отводящим патрубкам неравномерно, что отрицательно сказывается на общей равномерности. Приведенные выше факты дают основание считать, что лучшие качественные показатели, а также их сохранение при изменении режимов работы рассматриваемого устройства будут наблюдаться в конструкции, которая обеспечит минимальные завихрения воздушного потока и его равномерную раздачу по семяпроводам.

Основными причинами неравномерного распределения посевного материала по семяпроводам являются:

- большая разница скоростей семян, поступающих в распределительную головку;
- неравнозначность гидравлических сопротивлений семяпроводов.

На рассмотренные выше факторы существенное влияние оказывает форма перехода стенок головки распределителя и форма отражателя, образующие каналы в отводящие патрубки.

При этом непосредственно в головке на характер распределения семян оказывают влияние аэродинамические силы, зависящие от гидравлических сопротивлений семяпроводов. Данное влияние будет тем больше, чем меньше скорость семян после удара. Поскольку сопротивление семяпроводов может быть различно, то, соответственно, посевной материал под действием аэродинамических сил будет распределяться неравномерно. Выходом из

данной ситуации может быть выравнивание сопротивлений семяпроводов, однако это довольно сложно осуществить, если конструкция машины не позволяет использовать семяпроводы равной длины.

Конструктивными параметрами распределителя семян являются: диаметр распределительной головки D , количество отводящих патрубков n и высота отражающей поверхности h .

Конструктивные параметры распределителя взаимосвязаны:

$$\pi \cdot D = n(d + \Delta), \quad (2.15)$$

где D – диаметр распределительной головки, м;

n – число отводящих патрубков;

d – диаметр отверстия отводящего патрубка, м;

Δ – конструктивный зазор между отводящими патрубками, м.

Из уравнения (2.15) находим диаметр распределительной головки D :

$$D = \frac{n(d + \Delta)}{\pi} \quad (2.16)$$

При диаметре отверстия отводящего патрубка $d=0,03$ м и конструктивном зазоре между отводящими патрубками $\Delta=0,003$ м получим номограмму зависимости диаметра распределительной головки D от количества отводящих патрубков n (рисунок 2.7).

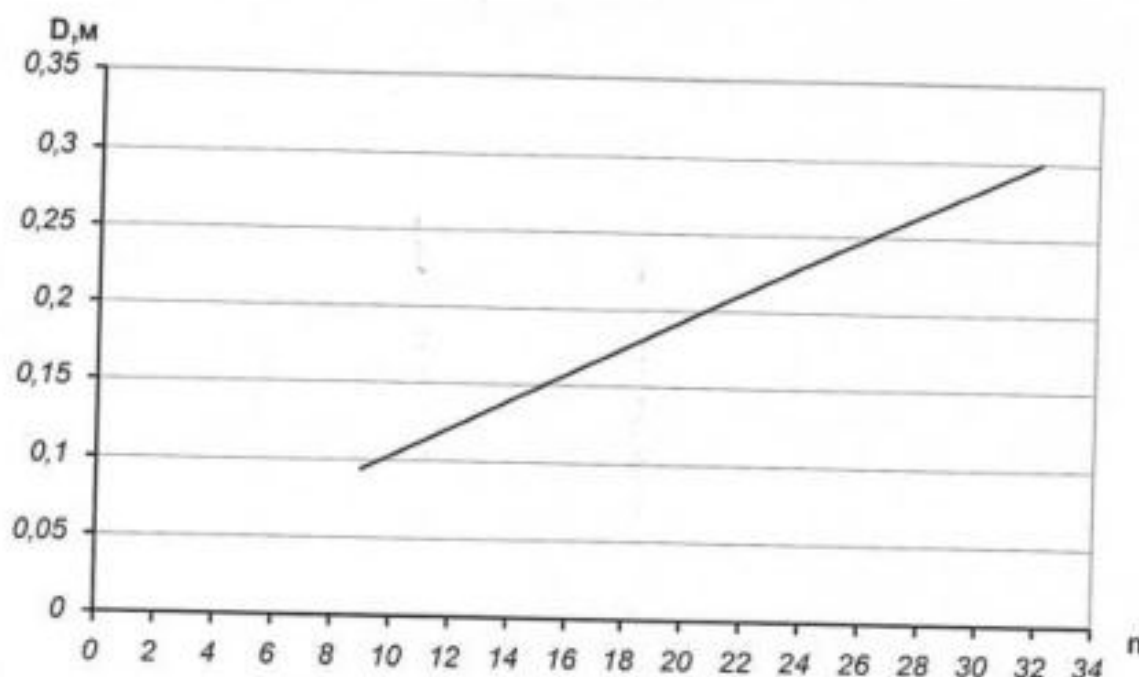


Рисунок 2.7 – Зависимость диаметра распределительной головки от количества отводящих патрубков

Полученная номограмма позволяет определить минимальный диаметр головки распределителя, при которой по его периметру размещается необходимое количество отводящих патрубков. При невозможности размещения всегда проводится корректировка диаметра исходя из ширины захвата сеялки и расстояния между сошниками, соответственно количества сошников. Например, для 32 семяпроводов диаметр распределительной головки $D=300$ мм. Окончательно уточняется экспериментами.

2.4.2 Обоснование параметров конусообразного отражателя

На равномерность существенное влияние наряду с формами перехода стенок головки распределителя и отражателя, образующие каналы в отводящие патрубки оказывает и форма отражателя. При выходе из подводящего трубопровода семена высеваемого материала соударяются с отражателем и хаотически распределяются во внутреннем пространстве распределительной головки.

Однако, какой - бы совершенной ни была аэродинамическая форма распределителя, определяющим фактором на процесс распределения семян служит удар частиц об отражатели и их взаимодействие со стенками распределителя. Поэтому в устройстве, где большинство семян распределяется по каналам отводящих патрубков с использованием инерционных сил, необходимо рассматривать процесс динамического взаимодействия семян внутри распределителя.

Отражатель распределительной головки имеет форму поверхности вращения образующей, которой является отрезок кривой, описываемой уравнением уравнением поверхности параболы (рисунок 2.8).

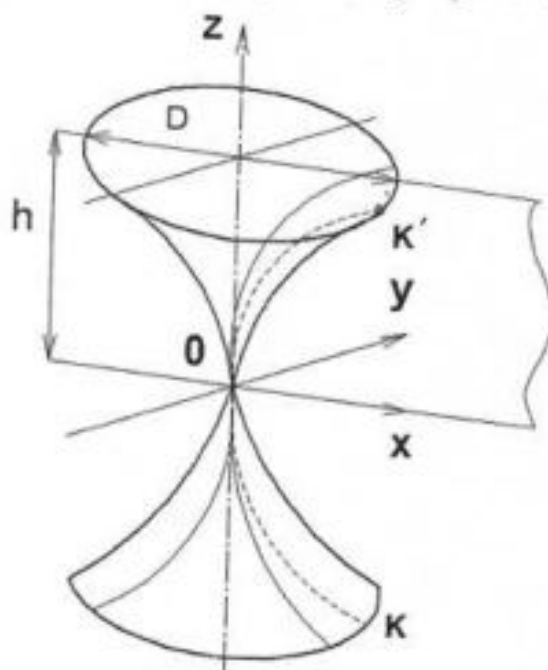


Рисунок 2.8 – Схема к определению кривизны поверхности отражателя

Кривизна поверхности параболы описывается уравнением

$$z^2 = 2p \cdot x.$$

Из рисунка 2.8 видно KOK' – парабола $z^2 = 2p \cdot x$,

где z и x координаты оси аппликат и абсцисс;

p – параметр параболы, расстояние от фокуса F до директрисы Qp (рисунок 2.9).

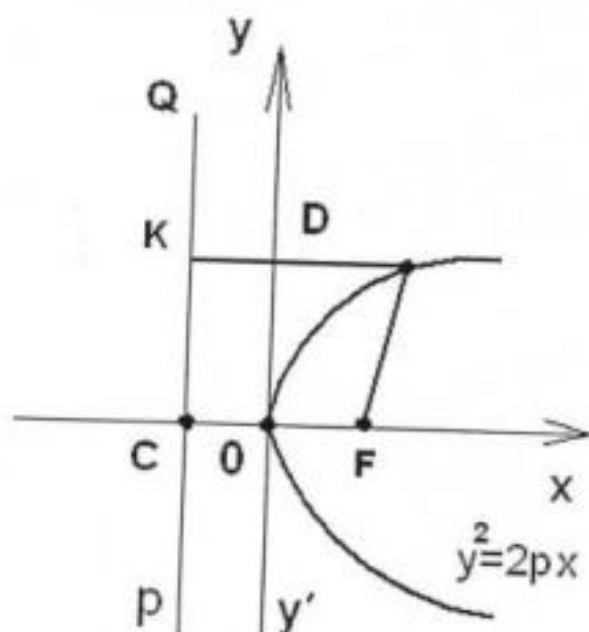


Рисунок 2.9 –Параметры параболы

При вращении KOK' около вертикальной оси Oz получается поверхность четвертого порядка.

Путем замены x на $\sqrt{x^2 + y^2}$ получаем

$$z^4 = 4p^2(x^2 + y^2). \quad (2.17)$$

При $y = 0$ выбираем координаты с учетом поворота осей $z' = 43$ и $x = 101,3$.

Находим P :

$$P_1 = \frac{z'^2}{2 \cdot x}, \quad (2.18)$$

Получается параметр параболы $P_1 = 9$;

Полученная кривая может быть аппроксимировано уравнением второго порядка, а участки кривой поверхностью параболы при $P_1 = 9$:

$$z' = -0,0288x'^2 + 5,5758x' - 275,27, R^2 = 0,992 \quad (2.19)$$

На рисунке 2.10 представлена кривая поверхности отражателя, аппроксимированная уравнением второго порядка.

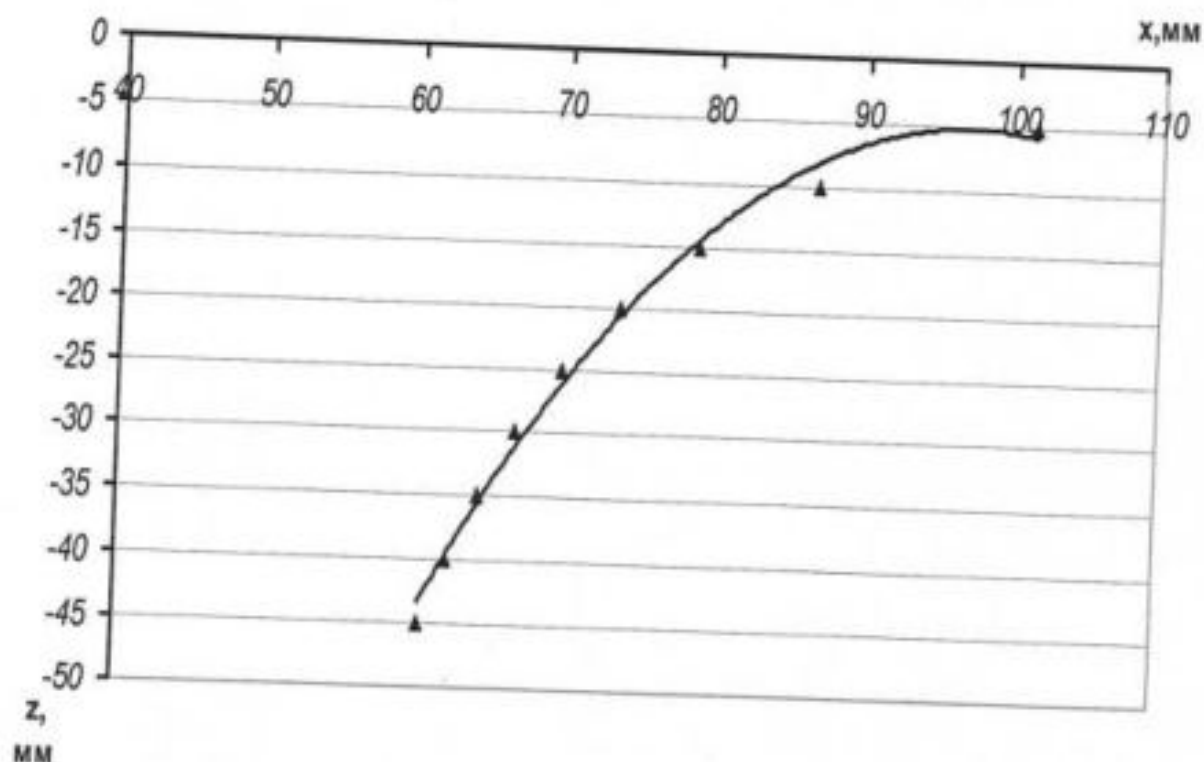


Рисунок 2.10 – Кривая поверхности отражателя, аппроксимированная уравнением второго порядка

На рисунке 2.11 представлена схема отражателя распределителя семян. Высота h должна быть меньше высоты распределителя l на величину диаметра отводящих патрубков $d_{\text{отв. пат.}}$:

$$h = l - d_{\text{отв. пат.}}, \quad (2.20)$$

где h – высота отражателя, м;

l – высота рабочей поверхности распределителя, м;

$d_{\text{отв. пат.}}$ – диаметр отводящих патрубков, м.

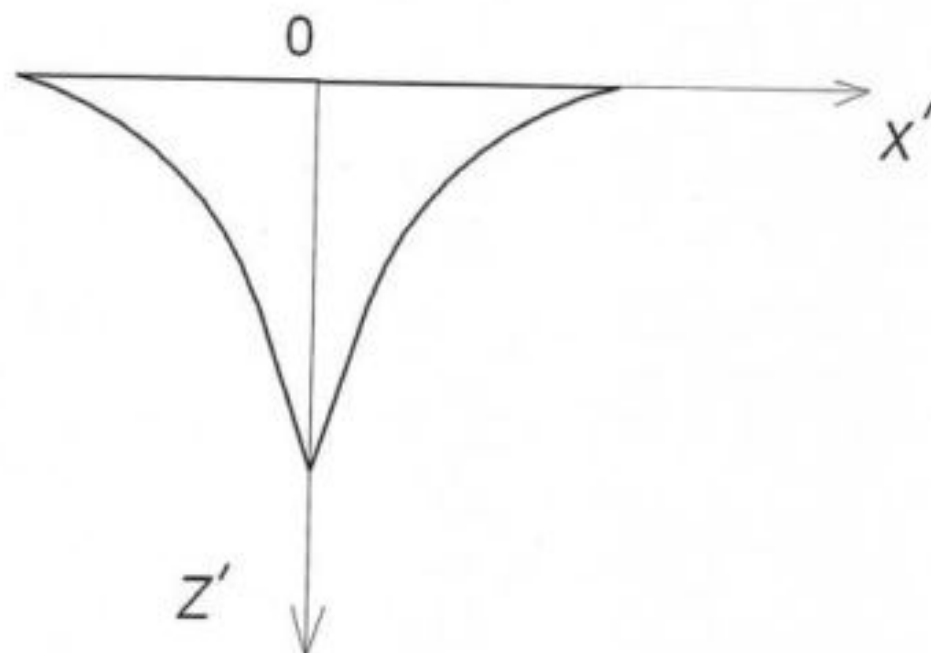


Рисунок 2.11 – Схема отражателя пневмомеханического распределителя семян

Таким образом, рабочая поверхность распределителя – отражатель и боковые стенки корпуса распределительной головки имеет форму поверхности вращения вокруг оси симметрии подводящего трубопровода, образующей которой является отрезок кривой, описываемой уравнением параболы, при движении по которой воздух испытывает малые энергопотери и семена сохраняют свое давление на эту кривую постоянным. Кривая рабочей поверхности получена с учетом плавного течения воздуха и движения семян.

Кроме того, такие формы отражателя и внутренних стенок головки пневмомеханического распределителя семян сеялок с центральным дозированием обеспечивают снижение травмирования семян, что выступает очень существенным фактором для получения высокой полевой всхожести семян.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

В соответствии с задачами исследований, составлена комплексная программа и методика лабораторных экспериментальных исследований. В качестве исследований выбраны существующие конструкции распределителей.

Целью лабораторных исследований является проверка достоверности полученных аналитических зависимостей и теоретических выводов, а также изучение процесса взаимодействия распределителя с семенами для выявления важнейших его закономерностей.

Программой лабораторных исследований были предусмотрены:

- 1 Определение физико-технологических свойств семян зерновых культур.
- 2 Исследование распределения скорости воздушного потока в пневмомеханическом распределителе и семяпроводах в сеялке.
- 3 Обработка опытных данных.
- 4 Обобщение результатов экспериментов.
- 5 Проверка адекватности результатов экспериментальных исследований полученным теоретическим зависимостям для определения основных конструктивно-технологических параметров пневмомеханического распределителя сеялки централизованного высева

Для определения физико-технологических свойств семян зерновых культур и исследования распределения скорости воздушного потока в пневмомеханическом распределителе и семяпроводах в сеялке проведения экспериментальных исследований использованы стандартное оборудование и приборы, предварительно тарированные с помощью заводских приборов, срок проверок, которых не прошел.

3.2 Методика определения объемной массы и физико-технологических свойств семян зерновых культур

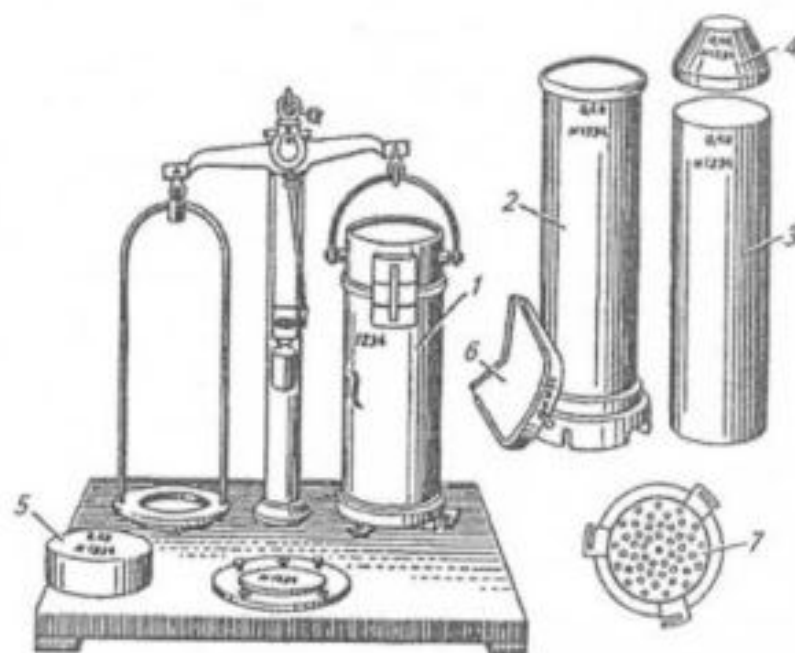
Объемная масса – это масса установленного объема зерна (например, масса 1 л зерна), выраженная в граммах. Возможные примеси, обычно более легкие, чем зерно, ухудшают качество зерна и снижают его натуру. При повышенной влажности зерна этот показатель также снижается. Чем больше натура зерна, тем лучше его качество, и наоборот. Однако следует отметить, что показатель объемной массы зерна может иногда дать неверную оценку качества зерна. Так, например, мелкие и битые зерна, а также мелкие тяжелые примеси органического или неорганического характера, располагаясь в промежутках между зёрнами, повышают значение натуры, ухудшая вместе с тем качество зерна.

Определение натуры зерна должно сопровождаться дополнительной характеристикой, хотя бы на основе внешнего осмотра.

Определяют натуру зерна всех семян. Для этого используют особые хлебные весы, называемые пурками. Существуют много видов пурок с разными деталями и числовыми показателями. Метрическая пурка позволяет определять натуру зерна в граммах на литр. Метрические пурки бывают двух размеров: 1-литровая (рисунок 3.1) и 20-литровая.

При работе с метрической пуркой цилиндр ставят на стол, в прорезь его вставляют нож 6. Нож должен быть обращен к верху той стороной, на которой стоит номер (на рукоятке). Вводят нож в цилиндр с той стороны, где у прорези стоит стрелка. На нож накладывают груз и на все это надевают и укрепляют цилиндр-накопитель 2. Зерно насыпают в цилиндр 3. На него надевают воронку 4, и он опрокидывается в цилиндр 2. С помощью воронки происходит равномерное наполнение цилиндра-накопителя 2. Затем нож вынимают из прорези, и груз, вытесняя воздух через дырочки в дне цилиндра, падает на дно, при этом зерно равномерно заполняет нижний цилиндр. После этого нож снова вводят в прорезь, верхний цилиндр снимают

и цилиндр подвешивают к коромыслу весов и взвешивают. На другом плече коромысла подвешивают особую платформу, уравновешивающую пустой цилиндр.



1 – литровый цилиндр; 2 – цилиндр-наполнитель; 3 – цилиндр; 4 – воронка; 5 – груз; 6 – нож; 7 – решетка.

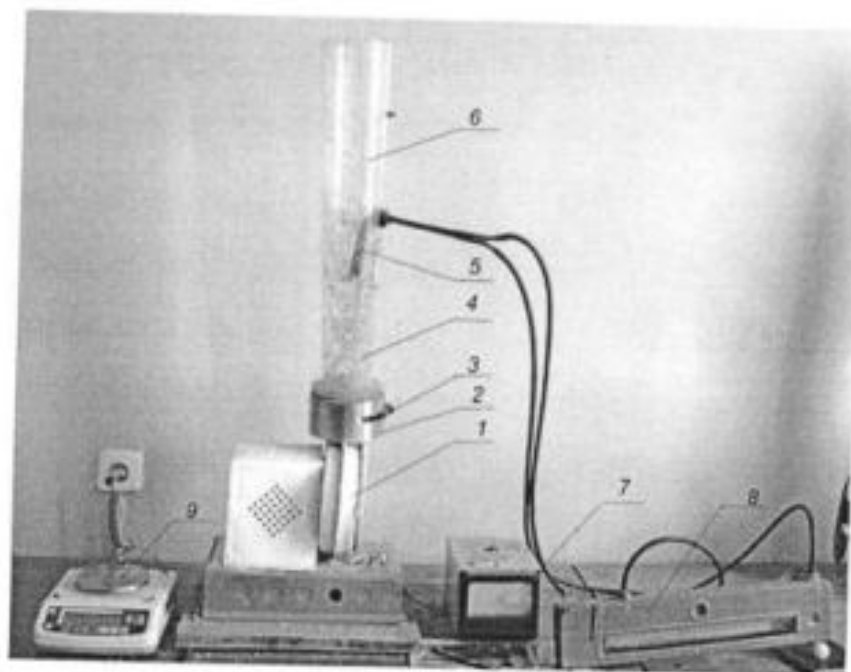
Рисунок 3.1 – Метрическая пурка

Масса зерна в цилиндре выражает объемную массу зерна, которую вычисляют с точностью до 0,5 г. Допустимые отклонения в двух параллельных определениях одного образца не должно превышать 5 г для пшеницы, ржи, ячменя и 10 г для овса [6].

Для экспериментального исследования аэродинамических свойств семян, обоснования основных параметров распределителя и изучения неравномерности высева была собрана лабораторная установка (рисунок 3.2).

Установка состоит из вертикальной аэродинамической трубы (поз. 6) вентилятора (поз. 1); выравнивателя (поз. 2) с сеткой (поз. 3), преобразователя частоты (поз. 7) и микроманометра (поз. 8).

Для измерения массы семян применялись электронные весы ВК-600.1. MASSA-K. Динамический напор измеряли с помощью тягонапоромера ТНЖ-Н, частоту вращения вентилятора изменяли с помощью частотного преобразователя, вольтметр М94 3690Ω ГОСТ 8711-60.



1 – вентилятор; 2 – выравниватель; 3 – сетка; 4 – частица (семена); 5 – трубка измерительная; 6 – трубка Пито; 7 – преобразователь частоты; 8 – микроманометр; 9 – электронные весы.

Рисунок 3.2 – Лабораторная установка для определения аэродинамических свойств семян

Порядок проведения лабораторного опыта:

1. Отвесили 10 граммов семян ячменя и высыпали в аэродинамическую трубу.
2. Записывали первоначальное показание микроманометра.
3. Включали вентилятор и с помощью реостата увеличивали частоту вращения вала вентилятора до тех пор, пока частицы не будут находиться во взвешенном состоянии (витать внутри трубки Пито).

4. Записывали показания микроманометра h_0 в момент витания частиц.

5. Вычисляли критическую скорость: $V_{\text{крит}} = 1,29 \cdot \sqrt{h_a}$

6. Определяли силу тяжести одного зерна G .

7. Определяли среднюю площадь сечения исследуемой культуры

$F = d^2$, где $d = \sqrt[3]{D \cdot Ш \cdot T}$ $D, Ш, T$ - соответственно длина, ширина и толщина семени, мм.

8. Вычисляли коэффициент сопротивления воздушному потоку:

$$k = \frac{G}{\rho \cdot F \cdot V_{\text{крит}}^2}$$

где $\rho = 1,22 \text{ кг/м}^3$.

9. Коэффициент парусности вычисляли: $k_1 = \frac{g}{V_{\text{крит}}^2} = \frac{G}{V_{\text{крит}}^2}$, где g - ускорения свободного падения, м/с^2 .

Опыты проводились в пятикратной повторности.

Как известно, динамический напор выражается через скорость воздушного потока по формуле:

$$h_a = \frac{\rho}{2g} \cdot V^2 \quad (3.1)$$

Из выражения (3.6) определяется скорость воздушного потока:

$$V = \sqrt{\frac{2g}{\rho} \cdot h_a}, \quad (3.2)$$

где V - скорость воздушного потока, м/с ;

h_a - динамический напор, кгс/м^2 .

Геометрические размеры вертикального трубопровода лабораторной установки:

$$D_{l\bar{a}b} = 105 \text{ мм}; D_{\bar{a}l} = 100 \text{ мм}; d_{l\bar{a}b} = 80 \text{ мм}; d_{\bar{a}l} = 75 \text{ мм}; h = 550 \text{ мм}$$

где $D_{l\bar{a}b}$ – верхний наружный диаметр трубопровода, мм;

$D_{\bar{a}l}$ – верхний внутренний диаметр трубопровода, мм;

$d_{l\bar{a}b}$ – нижний наружный диаметр трубопровода, мм;

$d_{\bar{a}l}$ – нижний внутренний диаметр трубопровода, мм;

h – высота вертикального трубопровода, мм.

Определяем средний диаметр трубопровода

$$\bar{D} = \frac{D_{\bar{a}l} + d_{\bar{a}l}}{2} = \frac{100 + 75}{2} = 0,087 \text{ м}$$

Расход воздуха определяли по выражению:

$$Q = V \cdot S, \quad (3.3)$$

где Q – расход воздуха, м³/с;

S – площадь сечения трубопровода, м².

$$S = \pi \cdot R^2 = \frac{\pi \bar{D}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,087^2}{4} = 0,006 \text{ м}^2$$

Для определения режима движения воздушного потока в вертикальном трубопроводе находили число Рейнольдса:

$$Re = \frac{V \cdot \bar{D}}{\nu}, \quad (3.4)$$

где Re – число Рейнольдса характеризующий режим движения воздуха;

$\bar{D}$ – средний диаметр трубопровода, м;

ν – кинематическая вязкость воздушной среды, $\nu = 1,51 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

После подстановки численных значений при скорости воздуха $V = 9,8 \text{ м/с}$, $\bar{D} = 0,087 \text{ м}$, $\nu = 1,51 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ получим:

$$Re = \frac{9,8 \cdot 0,087}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 56463,6 \quad (3.5)$$

Это турбулентный режим движения воздушного потока. Зная коэффициент сопротивления, скорость воздушного потока и семян можно определить силу давления воздушного потока по формуле (3.1).

3.3 Методика исследования скорости воздуха в пневмомеханическом распределителе

Исследование скорости воздушного потока в пневмомеханическом распределителе осуществлялось на парусном классификаторе на распределителе с 32-мя отводами для подачи высеваемого материала в сошники через семяпроводы. Замеры давления воздушного потока производилось с помощью тягонапоромера ТНМП-52-М2. Перед замерами тягонапоромер ТНМП-52-М2 тарировался на компрессоре со штатным манометром.

После тарировки вначале замерялось давление в вертикальном трубопроводе и сравнивалось с показаниями результатами измерений с микроманометром. Затем замерялось давление в каждом отводе распределителя.

При замерах давления в каждом отводе распределителя создавалось определённое сопротивление на выходе остальных патрубков.

По такой же методике замерялось давление в других отводах, создавая определённое сопротивление на выходе патрубков, в которых не происходил замер давления.

Эксперименты проводились в пятикратной повторности.

Затем рассчитывали скорости для каждого значения по методике и формулам, подробно изложенным в подразделе 3.2.

После этого рассчитывали средние значения для каждого патрубка и строилась эпюра скоростей воздушного потока в целом сечении распределителя.

По полученным эпюрам можно оценить равномерность распределения семян по семяпроводам.

3.4 Методика обработки экспериментальных данных

Многие исследования начинаются обычно со сбора обширного цифрового материала, понимание которого облегчается систематизацией и представлением исходных данных в виде таблиц и графиков. После этого проводят статическую обработку исходных данных.

Одной из задач обработки экспериментальных данных – отыскание некоторых величин, характеризующих выборную статическую совокупность. Достаточную информацию об эксперименте можно получить по таким характеристикам: среднее значение – $\bar{X}$; дисперсия – S^2 ; стандартное отклонение (среднее квадратическое отклонение) – S ; стандартная ошибка (ошибка средней) – $S_{\bar{X}}$; коэффициент вариации – V .

Наиболее широко используемой характеристикой является среднее арифметическое, представляющее собой частное от деления суммы значений всех вариантов на их число:

$$X_{CP} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}, \quad (3.11)$$

где X_{CP} – среднее арифметическое значение;

x – значения отдельных вариантов;

n – количество вариантов.

Одна из важнейших статистических характеристик – среднее квадратическое отклонение, характеризующее рассеяние значений вариантов по отношению к середине распределения, т.е. к средней арифметической:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - X_{CP})^2}{n-1}}, \quad (3.12)$$

где x – значение отдельных вариантов;

$X_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое;

n – число вариантов.

Среднеквадратическое отклонение – именованное число и выражается в тех же единицах, что и данные измерения. Это затрудняет сравнение разноразмерных признаков для оценки степени их варьирования. Относительный показатель изменчивости изучаемого материала может быть вычислен в виде коэффициента вариаций:

$$V = \frac{s}{x} \times 100\%. \quad (3.13)$$

где V – коэффициент вариаций;

S – среднее квадратическое отклонение;

$X_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение

Одна из основных задач статистического анализа – установление степени приближения оценок (средней арифметической, среднего квадратического отклонения и других), вычисленных для выборки, к таким же параметрам генеральной совокупности. Прямая проверка этого, как правило, невозможно, однако, теория математической статистики дает возможность с определенной вероятностью установить пределы, в которых находится средняя генеральной совокупности. Для этого вычисляется ошибка средней:

$$S_x = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.14)$$

Эта величина, выраженная в тех же единицах измерения, что и средняя арифметическая, характеризует ошибку, которая допускается, рассматривая X в качестве средней генеральной совокупности. Учитывая это, среднюю арифметическую записывают обычно с ее ошибкой $X = \pm S_x$.

При выборе числа повторностей опыта зададимся допустимой ошибкой ϵ , выраженный в долях среднеквадратического отклонения σ . Из классической теории ошибок измерения известно, что результаты

многократных измерении известно, что результаты многократных измерении одной и той же величины должны лежать в пределах $\pm 3\sigma$. Поэтому, для сокращения числа экспериментов, можно задаться ошибкой $\pm 3\sigma$. Далее задаем доверительную вероятность, которая, при обычных исследованиях в технике, равна 0,7...0,9. В этом случае выбираем необходимое число повторностей опыта – 3 [7].

При проведении экспериментов изменяемым параметром является длина рабочей части дозирующего валика и в зависимости от длины рабочей части валика подача семян. Частота вращения дозирующего валика будет зависит от рабочей скорости движения посевного комплекса. Рабочая скорость лежит в интервале 8-12 км/ч. для эксперимента рабочую скорость принимаем равной 10 км/ч. При такой скорости движения частота вращения дозирующего валика равняется $35,2 \text{ мин}^{-1}$.

Экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики, дисперсионного анализа на компьютере по следующим формулам:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}; \quad \sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}};$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\%; \quad m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad P = \frac{m}{\bar{x}} 100\%,$$

где $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение измерений;

x_i – значение варьирующего признака;

n – количество измерений;

σ^2 – дисперсия;

σ – среднее квадратическое отклонение, Па;

V – коэффициент вариации, %;

m – основное отклонение среднего арифметического значения или средняя ошибка измерений;

P – показатель точности опыта, %.

Погрешность измерений в проведенных опытах суммируется из погрешности применяемой аппаратуры и инструментальных ошибок при обработке.

Определение необходимого числа повторностей опытов при проведении лабораторных исследований производилось по зависимости.

$$n = \left(\frac{V_1}{P_1} \right)^2, \quad (3.15)$$

где n – число повторностей опытов;

V_1 – коэффициент вариации аналогичных опытов;

P_1 – максимальное допустимое значение погрешности опыта.

На основании проведенных аналогичных опытов, установлено, что коэффициент вариации отдельных измерений составляет 4,6...7,2 % при суммарной погрешности равной 2...3,5%. Величину допустимого значения показателя точности опытов принимаем равной 4,0%. Тогда необходимое число повторности составит 1,3...3,2. Исходя из этого, лабораторные исследования проводились с пятикратной повторностью.

Достоверность полученных экспериментальных данных проверялась путем проведения систематических контрольных опытов с большим числом повторности.

Разработанные программа и методика экспериментальных исследований позволили полностью решить поставленные задачи экспериментальных исследований.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1 Результаты определения объёмной массы семян зерновых культур

Определение объёмной массы семян зерновых культур проводилось согласно разработанной методики лабораторных исследований, приведённой в подразделе 3.2 с семенами яровой пшеницы, ячменя и озимой ржи.

Обработка результатов опытов проводилось по методике, приведённой в подразделе 3.4.

Результаты опытов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты определения объёмной массы семян ячменя

Культура	№ эксперимента			Среднее значение
	1	2	3	
пшеница	799 г/дм ³	800,5 г/дм ³	798 г/дм ³	799 г/дм ³
ячмень	637 г/дм ³	634 г/дм ³	636 г/дм ³	635,6 г/дм ³
рожь	670 г/дм ³	674 г/дм ³	673 г/дм ³	672,3 г/дм ³

Таким образом, по результатам экспериментов среднее значение объёмной массы яровой пшеницы составляет 799 г/дм³, ячменя – 635,6 г/дм³, озимой ржи – 672,3 г/дм³.

4.2 Результаты определения аэродинамических свойств семян зерновых культур

Определение аэродинамических свойств семян зерновых культур проводилось также согласно разработанной методики лабораторных исследований, приведённой в подразделе 3.2. с теми же семенами пшеницы, ячменя и ржи.

Обработка результатов опытов проводилось также по разработанной методике, приведённой в подразделе 3.4.

Аэродинамические свойства семян характеризуются критической скоростью $V_{кр}$, коэффициентом парусности k_I и коэффициентом сопротивления воздуха k .

Для этих зерновых культур определены критические скорости $V_{кр}$, коэффициенты парусности k_I , коэффициента сопротивления воздушного потока k , измерением динамического напора h_d и параметров воздушного потока: скорости V и расхода воздуха Q . Вычисляли сила давления воздушного потока R и режим движения воздушного потока Re .

Критическая скорость. На частицу, находящуюся в однородном вертикальном воздушном потоке, действуют силы: тяжести G и давления воздушного потока R . Сила R определяется по формуле Ньютона:

$$R = k \cdot \rho \cdot F \cdot (V - V_{кр})^2, \quad (4.1)$$

где R – сила давления воздушного потока, Н;

k – коэффициент сопротивления воздушного потока

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

V – скорость воздушного потока, м/с;

$V_{кр}$ – скорость движения семени, м/с;

F – площадь (миделево сечение) проекции тела на плоскость,

перпендикулярную направлению воздушного потока, м^2 .

Под действием силы R и силы тяжести $G = mg$ частица будет двигаться вниз (при $G > R$) или вверх (при $G < R$). Если $C = 0$ и $R = G$, то частица будет находиться во взвешенном состоянии. Откуда определяем критическую скорость:

$$V_{\text{крит}} = \sqrt{\frac{G}{k \cdot \rho \cdot F}}, \quad (4.2)$$

где $V_{\text{крит}}$ – критическая скорость семян, м/с .

Поскольку коэффициент сопротивления воздуха k определить затруднительно, вначале определяем критическую скорость $V_{\text{крит}}$ в вертикальной аэродинамической трубе методом замера динамического напора h_d и ГОСТ 12.3.018-79.

$$V_{\text{крит}} = 1,29 \cdot \sqrt{h_d}, \quad (4.3)$$

где h_d – динамический напор, Па .

Затем вычисляли коэффициент сопротивления:

$$k = \frac{G}{\rho \cdot F \cdot V_{\text{крит}}^2} \quad (4.4)$$

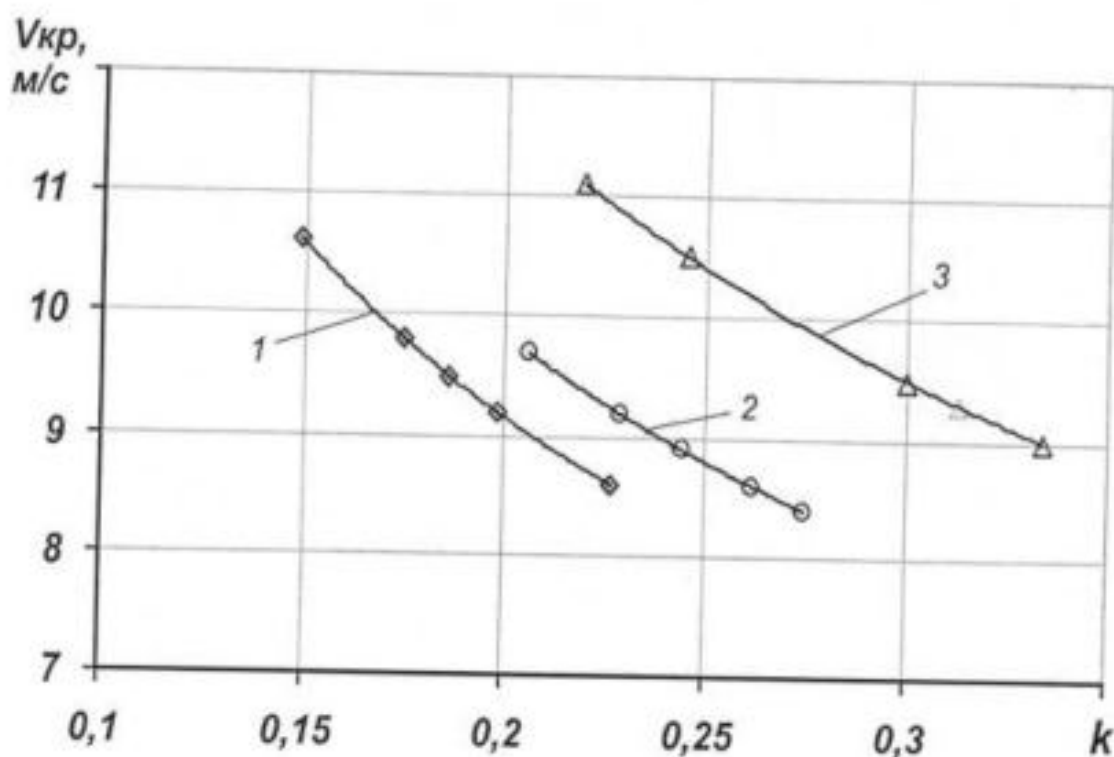
и коэффициент парусности:

$$k_1 = \frac{9,8 \cdot k \cdot \rho \cdot F}{G} = \frac{9,8}{V_{\text{крит}}^2} \quad (4.5)$$

Эксперименты проводились на специальной установке. Эта установка позволила фиксировать силы, действующие на частицу. Результаты этих исследований представлены в таблице 4.2 и на рисунке 4.1

Таблица 4.2 – Аэродинамические свойства семян и параметры воздушного потока

Показатели Культура		h_0 , Па	$V_{до}$, м/с	k	k_i	V , м/с	Q , м³/с	Re
Пшеница								
П о в т о р н.	1	51,9	9,3	0,31	0,11	9,2	0,06	56463
	2	66,6	10,5	0,25	0,09	10,5	0,07	
	3	49,0	9,0	0,33	0,12	9,0	0,06	
	4	53,9	9,5	0,29	0,11	9,4	0,07	
	5	73,5	11,1	0,22	0,08	11,0	0,08	
Сумма		294,9	49,4	1,4	0,51	49,1	0,34	
Среднее		59,0	9,9	0,28	0,09	9,8	0,07	
Ячмень								
П о в т о р н.	1	67,6	10,6	0,15	0,09	10,5	0,07	54735
	2	57,8	9,8	0,17	0,10	9,7	0,07	
	3	44,1	8,6	0,23	0,13	8,5	0,06	
	4	53,9	9,5	0,19	0,11	9,4	0,07	
	5	51,0	9,2	0,2	0,12	9,1	0,06	
Сумма		274,4	47,7	0,94	0,55	47,2	0,33	
Среднее		54,9	9,5	0,19	0,11	9,5	0,07	
Рожь								
П о в т о р н.	1	42,1	8,4	0,27	0,14	8,3	0,06	51278
	2	47,0	8,9	0,24	0,12	8,8	0,06	
	3	44,1	8,6	0,26	0,13	8,5	0,06	
	4	51,0	9,2	0,23	0,12	9,1	0,06	
	5	54,9	9,7	0,21	0,10	9,5	0,07	
Сумма		239,1	44,8	1,21	0,61	44,2	0,31	
Среднее		47,8	9,0	0,24	0,12	8,9	0,06	



$$1 - V_{кр} = 4,0948k^{-0,5} \text{ (ячмень);}$$

$$2 - V_{кр} = 4,4011k^{-0,5} \text{ (рожь);}$$

$$3 - V_{кр} = 5,2017k^{-0,5} \text{ (пшеница).}$$

Рисунок 3.3 – Результаты опытов по определению критической скорости семян от коэффициента сопротивления воздушного потока

По результатам опытов видно, что критическая скорость пшеницы составило 9,3...11,1 м/с; ячменя 9,2...10,6 м/с; ржи 8,4...9,7 м/с.

Критические скорости зерновых культур необходимо при расчетах пневмомеханического распределителя и пневмосистемы сеялки централизованного дозирования.

Исследование аэродинамических характеристик семян пшеницы, ячменя и ржи в процессе их движения в вертикальном трубопроводе проводилось при одновременном исследовании скоростей воздушного потока в отводящих патрубках исследования скорости воздушного потока в пневмомеханического распределителя.

4.3 Результаты исследования скорости воздушного потока в пневмомеханическом распределителе

Исследование скорости воздушного потока в пневмомеханическом распределителе проводилось согласно разработанной методики лабораторных исследований, которая подробно изложена в подразделе 3.3.

На выходе распределителя по всем отводящим патрубкам измеряли динамический напор h_d и вычислили скорость воздушного потока V .

Эти замеры проводились при трёх значениях длины вертикального подводящего патрубка: $L=1,81$ м, $L=2,61$ м, $L=3,2$ м.

Обработка результатов опытов проводилась также по методике, приведённой в подразделе 3.4. Результаты статистической обработки, следующие:

$$\sigma^2 = 0,1; \quad \sigma = 0,3 \text{ м/с};$$

$$V = 2,2\%; \quad m = 0,05 \text{ м/с};$$

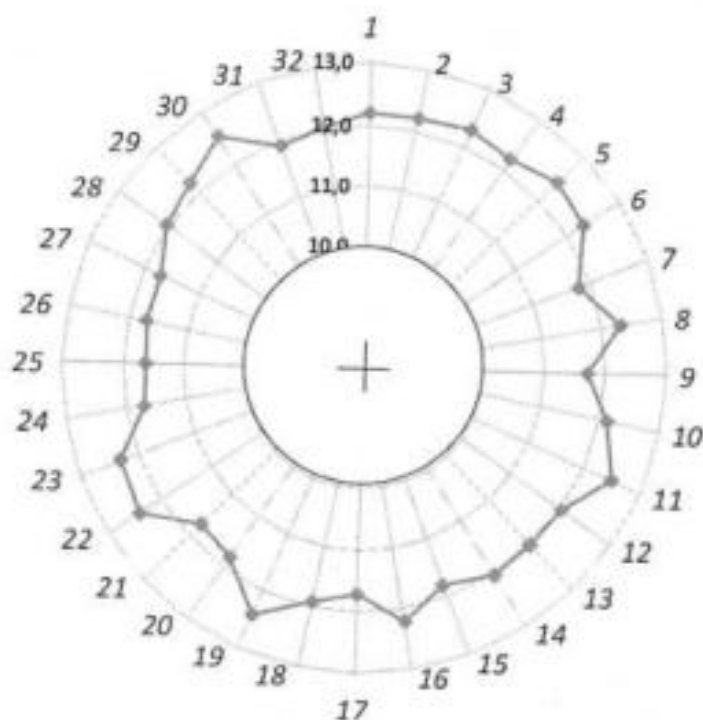
$$P = 0,4\%.$$

Результаты измерения скорости воздуха в отводящих патрубках пневмомеханического распределителя представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты измерения скорости воздуха в отводящих патрубках пневмомеханического распределителя

№ Отв.патруб.	Повторности	L, м	h_d , Па	V , м/с
1	1	1,81	113,9	13,8
	2		114,7	13,8
	3		112,8	13,7
	Сумма		341,4	41,3
	Среднее		113,8	13,8
16	1	2,61	95,6	12,6
	2		99,4	12,9
	3		95,9	12,6
	Сумма		290,9	38,1
	Среднее		97,0	12,7
32	1	3,2	81,0	11,6
	2		80,5	11,6
	3		80,0	11,5
	Сумма		241,6	34,7
	Среднее		80,5	11,6
Среднее		$\bar{L}=2,59$	$\bar{h}_d=98,5$	$\bar{V}=12,8$

На рисунке 4.2 представлены результаты в виде эпюры скоростей воздуха по отводящим патрубкам пневмомеханического распределителя. Обработка результатов опытов проводилась также по методике, приведённой в подразделе 3.4. По результатам математической статической обработки данных неравномерность эпюры скоростей воздуха по отводящим патрубкам составила 2,2 %.



10,0;11,0...13,0 – шкала скорости воздушного потока, м/с; 1, 2, 3...32 – номера отводящих патрубков.

Рисунок 4.2 – Эпюра скоростей воздушного потока в отводящих патрубках пневмомеханического распределителя

Полученные результаты по скоростям воздушного потока в отводящих патрубках позволяют оценить равномерность распределения потока семян поступающего в головку распределителя из вертикального коллектора по семяпроводам, соединяющим отводящие патрубки с сошниками.

В перспективе для определения исследования влияния давления и расхода воздуха, длины материалопровода, высоты коллектора распределителя на равномерность распределения высеваемого материала по сошникам необходимо проводить экспериментальные исследования на специально изготовленной лабораторно-производственной установке, позволяющей изменять вышеперечисленные параметры.

5 РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕЯЛОК ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ

5.1 Обоснование конструкции экспериментальной установки

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования пневмомеханического распределителя показали, что равномерность распределения высеваемого материала по сошникам на сеялках централизованного высева, наряду с конструкциями распределительной головки и подводящего коллектора с отводом, зависит от многих других факторов. Основные из них – давление и расход воздуха, длина пневмопровода (расстояние от вентилятора до дозатора и от дозатора до вертикального подводящего коллектора распределителя), высота коллектора распределителя. Для выявления совместного влияния этих факторов на равномерность высева необходимо разработать экспериментальную установку, позволяющую проведение многофакторных опытов при исследованиях пневмотранспортной и распределительной систем сеялок центрального дозирования.

Разработан эскизный чертёж экспериментальной установки для исследования влияния давления и расхода воздуха, длины пневмопровода, высота коллектора распределителя на равномерность распределения высевающего материала по сошникам (рисунок 5.1).

Конструкция экспериментальной установки позволяет:

- вертикальное перемещение распределителя семян относительно рамы конструкции;
- изменение оборотов вентилятора в пределах (3000...7000 об/мин), что достигается клиноременной передачей, приводом от электродвигателя;
- горизонтальное перемещение распределителя семян относительно дозатора семян.

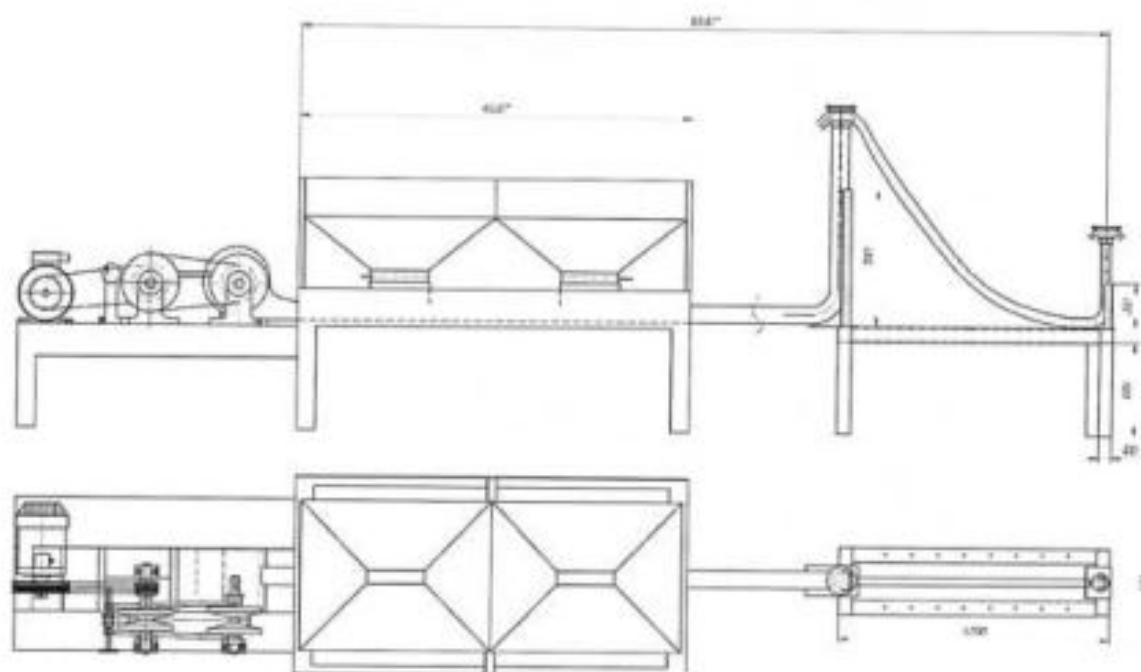


Рисунок 5.1 – Эскизный чертёж экспериментальной установки для исследования пневматической и распределительной системы сеялок централизованного дозирования

Разработаны также техническая характеристика и технические требования к конструкции, которые приведены ниже.

Техническая характеристика:

1. Мощность электродвигателей, кВт 1x5,5
2. Диапазон регулирования ременной передачи:
 - на первой ступени, 2,5
 - на второй ступени, 2,35
3. Частота вращения, мин
 - электродвигателя 3000
 - на ведомом валу 2-й ступени 7500
 - вентилятора 3000...7000

Технические требования:

1. Герметичность всех соединений обеспечить прокладками
2. Наличие грязи и остатков семян не допускается
3. Неуказанные предельные отклонения размеров 0.2
4. Сварные швы по ГОСТ 5464-69
5. Подшипниковые узлы смазать солидолом
ГОСТ 4366-77
- 6.* Размеры для справок.

Разработанный эскизный чертёж будет положен в основу опытно-конструкторских работ по созданию экспериментальной установки, позволяющей выполнение многофакторных экспериментов при исследованиях пневмотранспортной и распределительной систем сеялок центрального дозирования.

5.2 Обоснование конструктивных параметров экспериментальной установки

5.2.1 Обоснование конструкции рамы

Конструкция рамы состоит из двух частей: полурамы, на которой крепится первичный распределитель и полурамы, на которой крепится вторичный распределитель семян. бе полурамы, будем проектировать как балку коробчатого сечения размером 8222474 мм² с толщиной стенки 6 мм. Общая длина рамы составляет 4 м. К несущим конструкциям, воспринимающим усилие сжатия, относятся первичный и вторичный распределитель семян, семяпровод.

Основным критерием расчета конструкций данного типа является жесткость. Сечения элементов конструкции должны выбираться таким

образом, чтобы смещения электродов из-за деформации несущих частей не превышали определенных величин, задаваемых при проектировании рамы. Несущие конструкции обычно изготавливаются сварными из прямоугольных балок толщиной 3-6 мм. Сечения элементов несущих конструкций обычно замкнуты. Конструкцию рамы установки принимаем прессового типа с шестью жесткими стойками, на которых с помощью сварного соединения будет крепиться два швеллера, которые в вертикальном положении держат распределители семян.

Расчет элементов рамы на прочность и жесткость, определение точек приложения и значений усилий на раме.

Сосредоточенные нагрузки от первичного распределителя семян до середины рамы при малом расстоянии между ними можно считать распределенными с одинаковой интенсивностью.

Конструкторский расчёт рамы проводится по известной методике.

5.2.2 Обоснование привода вентилятора пневмосистемы экспериментальной установки

Вентилятор пневмосистемы экспериментальной установки предназначен для создания воздушного потока в пневмосистеме и работает на оборотах в пределах $3000 \dots 7000 \text{ мин}^{-1}$. Привод вентилятора включает клиноременный вариатор (рисунок 5.2), предназначенный для регулирования его оборотов с целью изменения расхода и давления воздуха и электродвигатель.

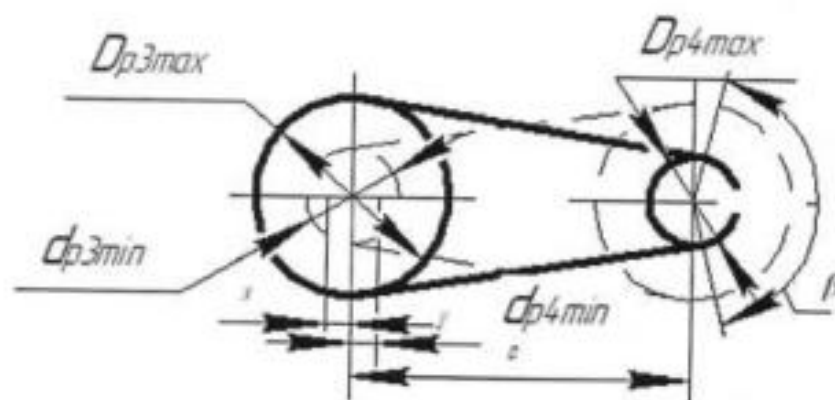


Рисунок 5.2 – Клиноременный вариатор привода вентилятора пневмосистемы экспериментальной установки

Расчёт клиноременного вариатора вентилятора пневмосистемы экспериментальной установки осуществляется по известной методике.

Одним из главных элементов электропривода, определяющим в значительной степени его технические и экономические показатели, является электродвигательное устройство (ЭДУ), состоящее из одного или нескольких двигателей.

Для обеспечения высокой производительности, надежности и точности работы производственных механизмов необходимо правильно рассчитать мощность электродвигателя. Применение электродвигателей недостаточной мощности может вызвать нарушение нормальной работы механизма, понижение его производительности, аварию и выход из строя двигателя. Использование электродвигателя завышенной мощности приводит к неоправданному увеличению капитальных затрат, снижению экономических показателей электропривода, уменьшению КПД и ухудшению коэффициента мощности двигателя. Выбран электродвигатель АИР 100L2 асинхронный трехфазный двигатель с коротко замкнутым ротором.

Технические характеристики электродвигателя:

1. номинальное напряжение $U_{ном} = 380/220В$
2. номинальная мощность $P_{ном} = 5,5кВт$
3. максимальный оборот $n_{max} = 3000 об/мин$
4. номинальный КПД $\eta_{ном} = 88,5\%$
5. номинальный коэффициент мощности $\cos\phi_{ном} = 0,88$
6. относительный критический момент $m_k = M_k / M_{ном} = 2,7$
7. относительный пусковой момент $m_n = M_n / M_{ном} = 2,4$
8. относительный пусковой ток $i_n = I_n / I_{ном} = 8,0$

Выбранный по P, n асинхронный двигатель подлежит проверке на тепловую и механическую перегрузки.

Неравенство $P_{ном} > P$, является проверкой на тепловую перегрузку.

Механическая перегрузка (перегрузочная способность) определяет способность двигателя преодолевать кратковременные перегрузки.

Необходимость проверки вызвана тем, что перегрузочная способность двигателя ограничена его критическим моментом M_k . Если в графике нагрузки имеются пики с $M > M_k$, возможна остановка двигателя. Проверку на перегрузочную способность следует производить с учетом возможного снижения питающего напряжения на 10% от номинального значения, т.е. при $U = 0,9U_{ном}$. Такое снижение питающего напряжения на зажимах двигателя допускает ГОСТ 1309-87.

Надежная работа электродвигательного устройства (ЭДУ) будет иметь место, если его конструктивное исполнение выбрано верно, а схема соединения обмоток статора выполнена соединением звезда. По механической характеристике двигателя можно определить скорость вращения рабочего механизма в любом интервале времени. Механическая характеристика трехфазного асинхронного двигателя на рабочем участке (от холостого хода до критического момента) жесткая. Наибольшее значение скорости при холостом ходе. С увеличением нагрузки скорость снижается.

Разработанный эскизный чертёж экспериментальной установки и выполненные обоснования основных конструктивных элементов в перспективе будут положены в основу опытно-конструкторских работ по его созданию. Она позволит выполнить многофакторные эксперименты при исследованиях пневмотранспортной и распределительной систем сеялок центрального дозирования.

Таким образом, обоснование конструкции экспериментальной установки и параметров его основных конструктивных элементов позволят в перспективе создать его и внедрить в научную лабораторию для исследования распределительной и пневматической систем сеялок центрального дозирования. Предлагаемая установка может быть использована для исследования вновь создаваемых и совершенствуемых технических средств, где имеется пневмосистемы.

ВЫВОДЫ

1. Для повышения равномерности распределения высеваемого материала по сошникам разработана схема конструкция пневмомеханического типа. Повышение равномерности достигается за счёт установки: криволинейных направляющих лопаток в отводе вертикального подводящего патрубка распределителя, центратора-конфузора перед распределительной головкой, конусовидного отражателя по осевой линии на крышке распределительной головки. Предлагаемый распределитель семян пневмомеханического типа может быть адаптирован ко всем типам сеялок с централизованным дозированием.
2. В результате теоретических исследований пневмомеханического распределителя семян сеялки централизованного дозирования обоснованы:
 - а) скорости движения высеваемого материала в отводе;
 - б) количество направляющих лопаток отвода вертикального патрубка распределителя радиусы их кривизны;
 - в) радиус кривизны и длина центратора-конфузора;
 - г) диаметр головки и количество патрубков для семяпроводов;
 - д) геометрия и размеры конусообразного отражателя головки распределителя.
4. В результате экспериментальных исследований определены:
 - а) объёмные массы семян зерновых культур: пшеница – 799 г/дм^3 ячмень – $635,6 \text{ г/дм}^3$, рожь – $672,3 \text{ г/дм}^3$, которые необходимы при теоретических расчетах конструктивно-технологических параметров пневмомеханического распределителя;
 - б) критические скорости семян зерновых культур в воздушном потоке: пшеница – $9,3 \dots 11,1 \text{ м/с}$, ячмень – $9,2 \dots 10,6 \text{ м/с}$, рожь – $8,4 \dots 9,7 \text{ м/с}$, которые необходимы при теоретическом обосновании параметров пневмомеханического распределителя семян;

в) средние скорости воздуха в отводящих патрубках пневмомеханического распределителя – 11,6...13,8 м/с и построены эпюры скоростей воздуха в поперечном сечении распределительной головки.

4. В результате разработки экспериментальной установки для исследования распределительной системы сеялок централизованного дозирования:

а) разработаны схема конструкции и эскизный чертёж экспериментальной установки для исследования влияния давления и расхода воздуха, длины пневмопровода, высота коллектора распределителя на равномерность распределения высевающего материала по сошникам экспериментальной установки;

б) обоснованы конструкция рамы и привода вентилятора пневмосистемы экспериментальной установки, позволяющие выполнить многофакторные эксперименты при исследованиях пневмотранспортной и распределительной систем сеялок центрального дозирования;

в) разработанный эскизный чертёж экспериментальной установки и выполненные обоснования основных конструктивных элементов в перспективе будут положены в основу опытно-конструкторских работ по его созданию;

г). предлагаемая экспериментальная установка может быть внедрена в научную лабораторию для исследования распределительной и пневматической систем сеялок центрального дозирования, также может быть использована для исследования вновь создаваемых и совершенствуемых технических средств, где имеется пневмосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко, П.А. Агробиологическая эффективность зерновых сеялок / П.А. Бондаренко // Сельскохозяйственные машины и технологии, №1(8), 2009. – С. 23-27.
2. Гришин, А.А. Краткий обзор многоструйных пневматических высевальных систем / А.А. Гришин, А.В. Угорчук // Технологии и средства механизации полеводства. – Черноград, 2002. – С. 31-37.
3. ГОСТ 31345-2007 Сеялки тракторные. Методы испытания. – М.: Стандартинформ, 2008. – 58с.
4. ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Изд. Стандартов, 2009. – 19 с.
5. Даминов, М. И. Анализ распределителей посевных комплексов / М. И Даминов, Э. Г. Нуруллин // Перспективные исследования и разработки молодых ученых. Материалы научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2017. С. 62-64.
6. Даминов, М. И. Обзор исследований посевных машин с центральным дозированием и пневмотранспортом семян / М. И Даминов, Р. Р. Зиннатов, Р. И. Гатин, Э. Г. Нуруллин // Агроинженерная наука XXI века / Труды региональной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. С. 83-87.
7. Исламов, И.З. Классификация пневмотранспортирующих и распределительных систем посевных комплексов / И.З. Исламов, Э.Г. Нуруллин // Сб. научных трудов КГАУ – Казань: 2009. – С. 176-178.
8. Кокорин, А.Ф. Анализ конструкций комбинированных агрегатов для предпосевной обработки почвы и посева зерновых / А.Ф. Кокорин, К.И. Лукомский // Вестник ЧГАУ, т. 45. – Челябинск, 2005. – С. 97-99.
9. Лачуга, Ю.Ф. Концепция машинно-технологического обеспечения растениеводства на период до 2010 года / Ю.Ф. Лачуга, А.А. Артюшин,

Л.С. Орсик и др. – М.: ВИМ, 2003. – 138 с.

10. Лачуга, Ю.Ф. О стратегии машинно-технологического обеспечения производства сельхозпродукции России на период до 2012 года / Ю.Ф. Лачуга, А.А. Ежевский // Сельскохозяйственные машины и технологии – 2008. – №1(2). – С. 5-10.

11. Любушко, Н.И. Зерновые сеялки на рубеже XXI века / Н.И. Любушко, В.Н. Зволинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001, № 2. – С. 4-7.

12. Мазитов, Н.К. Сравнение эффективности посевных комплексов / Н.К. Мазитов, О.Л. Шайтанов, Н.Э. Гарипов, Л.З. Шарафиев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук – 2009. – №6. – С. 46-47.

13. ОСТ 70.5.1-74. Машины посевные. Программа и методы испытаний. – М.: 1983. – 121 с.

14. Перетятыко, А.В. Совершенствование технологии распределения семян при подпочвенно-разбросном посеве и обоснование конструкции лапового сошника: автореф. дис...канд.тех.наук / А.В. Перетятыко. – Саратов, 2007. – 24с.

15. Протокол № 08-66-2008 (5030112) от 14 ноября 2008 года / Периодических испытаний посевного комплекса Агромастер 4800 // Поволжская зональная машиноиспытательная станция – Кинель: 2008– 26 с.

16. Пронин, В.М. Инженерная оценка экономической эффективности сельскохозяйственных машин и технологий / В.М. Пронин, В.А. Прокопенко // ФГУ Поволжская МИС. – Кинель: 2007. – 159 с.

17. Пронин, В.М. Испытания и технико-экономическая оценка использования посевных комплексов для возделывания зерновых культур в условиях ООО «Союз-Агро» РТ / В.М. Пронин и др. // Отчет от 30 ноября 2008 года. – Кинель: 2008. – 132 с.

18. Пятаев, М.В. Качество посевных работ при использовании сеялок с пневматическим высевальным аппаратом / М.В. Пятаев // Материалы XLVIII междун. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному

производству» ч. 2. – Челябинск: ЧГАУ, 2009. – С. 60-64.

20. Сариев, Ж.А. Применение посевного комплекса Flexi-Coil ST-820 в опытно-производственных условиях / Ж.А. Сариев, А.Е. Вьюрков, и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008, № 2. – С. 33-35.

21. Сергеев, Ю.А. Тенденция развития почвообрабатывающих и посевных машин / Ю.А. Сергеев // Наука. Образование. Новые технологии. / Материалы науч.-практ. конф. БГСХА. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2004. – С. 176 - 179.

22. Сосоров, С.В. Новый способ посева зерновых культур / С.В. Сосоров, П.А. Пыльник // Агроинженерная наука: проблемы и перспективы развития / Материалы междун. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2005. – С. 70-73.

23. Федоренко, В.Ф. Перспективная техника для АПК / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров, И.Г. Голубев, и др. // По матер. Первой Международ. спец. выставки сельхозтехники «Агросалон» / науч. аналит. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 360 с.

24. Федоренко, В.Ф. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом. / В.Ф. Федоренко, Ю.Ф. Лачуга, Л.С. Орсик, Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 144 с.

25. Хайдаров М.М., Нуруллин Э.Г. Классификация пневотранспортирующих систем сеялок с центральным дозированием и пневмотранспортом семян Студенческая наука – аграрному производству / Материалы 77-ой студенческой (региональной) научной конференции. Т. 77 [Электронный ресурс] – Казань Казанский ГАУ, 2019. – С. 97-99.

26. Шарафиев, Л.З. Методика расчета основных параметров пневмосистемы почвообрабатывающего посевного агрегата / Л.З. Шарафиев // Материалы XLVII междун. науч.-техн. конф. Достижения науки – агропромышленному производству. ЧГАУ. – Челябинск: 2008. – С. 134-139.

27. Шарафиев, Л.З. Обоснование конструкции пневмосистемы энерго-, ресурсосберегающего посевного агрегата / Л.З. Шарафиев, А.Н. Галимов,

Р.С. Рахимов, Н.К. Мазитов // Труды 6-й Междун. науч.-техн. конф. «Энергообеспечения и энергосбережения в сельском хозяйстве», 13-14 мая 2008 года. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – С. 144-148.

28. Шарафиев, Л.З. Теоретическое обоснование конструкции распределителя семян пневматической сеялки / Л.З. Шарафиев // Материалы Всероссий. науч.-прак. конф. Молодых ученых. ГНУ ТатНИИСХ – Казань: 2008. – С. 50-53.

29. А. с. № 1679993 (РФ) Распределительная головка пневматической сеялки для высева сыпучих материалов / Опубл. в Б.И., 1991; Бюл. № 36.

30. Патент РФ 6 А 01 С 15/04, 7/04 № 2122307 Распределительная головка пневматической сеялки / В.И. Мяленко, А.А. Альтерготт, В.М. Мангазеев. – Заявлено 06.07.95; Опубликовано 27.11.98.

31. Патент РФ на полезную модель № 97589. Распределительная головка пневматической сеялки / Л.З. Шарафиев, Н.К. Мазитов, В.Н. Коновалов, Г.В. Хаецкий, Р.С. Багманов, И.Р. Рахимов, Д.М. Сайданов, Р.С. Шакиров. – Заявлено 29.09.2009; Опубликовано 20.09.2010, Бюл. № 26.

32. Патент Германия 6А 01 С 7/04 № DE 19717212 А1 Рядовая сеялка с пневматическим высевающим аппаратом или сеялка с делителем семян / Siebers, Josef. – Опубликовано 24.04.97.

33. Патент Германия 6А 01 С 7/20 № DE 19717214 А1 Делитель для рядовой сеялки с пневматическим высевающим аппаратом. / Siebers, Josef. – Опубликовано 24.04.97.

34. Патент РФ на полезную модель № 119203. Пневмомеханический распределитель пневматической зерновой сеялки / Нуруллин Э.Г., Абдуллин А. Ф., Дмитриев А.В. Опубликовано: 20.08.2012 Бюл. № 23.

35. Патент РФ на полезную модель № 146615. Пневмомеханический коллектор-распределитель пневматической зерновой сеялки / Нуруллин Э.Г., Абдуллин А. Ф.; Исламов И.З. Опубликовано: 20.10.2014 Бюл. № 29.



СПРАВКА о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Хайдаров М.М.
Подразделение	Кафедра МОА
Тип работы	Магистерская диссертация
Название работы	Разработка и исследование пневмомеханического распределителя сеялки централизованного дозирования.
Название файла	ВКР маг. Хайдаров М.М. Разработка и исследование пневмомеханического распределителя сеялки централизованного дозирования..docx
Процент заимствования	10.87 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	7.90 %
Процент оригинальности	81.22 %
Дата проверки	09:56:57 23 июня 2020г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Коллекция Медицина; Диссертации и авторефераты НББ; Модуль поиска перефразирования eLIBRARY.RU; Коллекция Патенты; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Кольцо вузов
Работу проверил	Нуруллин Эльмас Габбасович ФИО проверяющего
Дата подписи	 Подпись проверяющего

