

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЗИРУЮЩЕ-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВЫСЕВА.

Студент магистратуры _____ Даминов М. И.

Научный руководитель,
д.т.н., профессор _____ Нуруллин Э. Г.

Рецензент,
д.т.н., профессор _____ Адигамов Н. Р.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
Протокол № ____ от _____ 2018 г.

Заведующий кафедрой машин и
оборудования в агробизнесе _____ Зиганшин Б. Г.

Казань 2018

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Продовольственная безопасность страны как гарантия стабильного удовлетворения потребностей населения в продуктах питания является составной частью ее национальной безопасности. Основным стратегическим сырьем сельскохозяйственного производства является зерно.

По этой причине технологиям выращивания зерновых культур и техническим средствам их реализации во всём мире уделяется особое внимание. По мнению многих ученых и практиков, центральное место во всех технологиях производства зерновых культур занимает посев. Посев определяет все предшествующие технологические операции подготовки почвы, и он же определяет операции по уходу за посевами и защиты растений. Насколько комфортными будут условия, созданные при посеве, для прорастания семян и их дальнейшего развития – настолько обильным будет урожай его качество.

Наряду с разработкой новых технологий, разрабатываются и новые машины для посева семян. В этом направлении перспективными являются пневматические сеялки которые за счет единого бункера увеличенной вместимости, располагаемого в середине агрегата, и высевальной системы с централизованным дозированием и пневматическим транспортированием технологического материала в сошники позволяют увеличить производительность посевного агрегата на 10...25% и снизить затраты труда до 30% [37].

Пневматические сеялки централизованного высева имеют общие недостатки:

- 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];

– высокая неравномерности дозирования высеваемого продукта. Перед нами стоит задача совершенствования дозирующих и распределительных устройств современных посевных комплексов;

– повреждение семян из-за неоднократных соударений при движении по трубопроводу с искусственными неровностями (гофры, гребни, сужения и расширения) и лобовой встречи с отражающей поверхностью распределительной головки.

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

Цель работы. Повышение эффективности посева с сеялок с центральным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала на основе исследования дозирующе-распределительной системы.

Объект исследования. Сеялка с центральным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала «Агромастер-8500».

Предмет исследования. Закономерности зависимости дозы высева и равномерности распределения высеваемого материала от конструктивно-технологических параметров центрального дозатора и распределителя.

Методы исследования. Теоретические исследования выполнены с использованием законов земледельческой механики, гидравлики, механики газосмесей, положений алгебры и начертательной геометрии.

Экспериментальные исследования проводились на специально изготовленном лабораторном оборудовании и на сеялке «Агромастер-8500» с использованием 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, позволяющие обосновать основные направления повышения равномерности дозирования и распределения высеваемого материала на сеялках с центральным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала.

Практическая значимость. Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы конструкторскими организациями и научно-исследовательскими учреждениями при создании новых конструкций посевных комплексов, а также при эксплуатации существующих.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты теоретических исследований по обоснованию конструктивных и технологических параметров дозирующе-распределительной системы сеялок с центральным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала.

- результаты экспериментальных исследований конструктивных и технологических параметров сеялки с центральным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала «Агромастер-8500»;

- результаты исследований технико-экономических показателей сеялок с центральным дозированием и пневмотранспортом высеваемого материала.

Апробация работы. Основные результаты исследований по теме диссертации доложены и одобрены на внутривузовской научно-практической конференции молодых ученых (Казанский ГАУ, 2017 г.) и региональной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Казанского государственного аграрного университета (2018 г.).

Публикации. Всего по теме выпускной квалификационной работе опубликовано 2 научных печатных работ общим объемом 0,4 п. л. (из них авт. – 0,2 п. л.).

Выражаю огромную благодарность своему научному руководителю доктору технических наук, профессору Нуруллину Э. Г., а также кандидатам технических наук Салахову Ильнуру М., Шарафееву Л. З., инженеру Абдуллину А.Ф., за предоставленные материалы и помощь, оказанную при выполнении работы.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Агротехнологические особенности посева пневматическими сеялками центрального дозирования

Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства является — посев. От качества посева в значительной мере зависит урожайность. Качество посева состоит из следующих факторов: качества семян, плодородия почвы, качества подготовки поля, сроков посева, нормы высева, распределения семян по полю, глубины посева и др.

К технологическим процессам посева предъявляются три основных требования [11,12]:

- размещение заданного количества семян на единицу площади поля;
- равномерное распределение их по засеваемой площади;
- равномерная заделка на определенную глубину.

Для роста и развития растения необходимы нужное количества питательных веществ, влаги, света и теплоты, а также определенная площадь поля (площадь питания). Чтобы урожайность была максимальной, площадь питания для каждого растения должна быть оптимальной, что зависит от научно обоснованной нормы высева – количества семян, высеваемых на одном

гектаре, обеспечивающего нормальную густоту всходов и полноценный урожай. Норму высева выражают числом всхожих семян или их массой.

Посев семян меньше нормы, как и превышение ее, ведет к снижению урожайности: в первом случае из-за разреженности посевов, а во втором – из-за излишней густоты.

Не менее важна глубина заделки семян. Крупные семена заделывают на большую глубину, мелкие - на меньшую. На легких и сухих почвах глубина заделки должна быть больше, чем тяжелых и влажных. Уменьшение глубины заделки семян по сравнению с оптимальной для данной зоны приводит к вымерзанию озимых и изреженности всходов яровых. При излишне глубокой заделки растения всходят ослабленными, а часть их гибнет. Посев следует проводить в установленные агротехнические сроки.

Семена разовьются в полноценные растения наилучшим образом, если будут иметь оптимальную зону питания, в этом случае корни развиваются равномерно во все стороны. Равномерное размещение семян по площади поля обеспечивается, если площадь питания вокруг каждого из них имеет форму квадрата. Значит, наилучшее расположение семян будет в вершинах квадрата (по углам). Добиться такого расположения семян в настоящее время невозможно, но приближать способы посева к этому необходимо. Форма площади питания – функция двух величин: ширины междурядья и расстояния между семенами в рядке. Расстояние между семенами в рядке определяется нормой высева семян, ширина междурядья – способом посева.

При посеве необходимо выполнить ряд агротехнических требований. Зерновые посевные машины должны обеспечивать заданную норму высева семян, равномерное распределение семян и удобрений на площади и в рядках.

Агротехнические требования к посеву [11,12,24]:

1 Отклонение общего высева от заданной нормы не должно превышать:

- семян 3%;
- удобрении 10%.

2 Средняя неравномерность высева отдельными аппаратами допускается:

- для зерновых культур до 3%;
- для бобовых культур 4%;
- для удобрения 10%.

3 Рекомендуемые глубины заделки семян:

- для трав 2...3 см;
- ржи 2...5 см;
- пшеницы 4...10 см;
- ячменя 3...8 см;
- овса 3...5 см;
- кукурузы 10...15 см.

4 Отклонение глубины заделки от заданной допускается 15%.

5 Колебание ширины междурядий должно быть не более:

- у основных 1 см;
- у смежных секций 2 см;
- смежных проходов 5 см.

6 Сошники сеялки должны укладывать семена на уплотненное дно борозды и заделывать их влажной почвой, не допускается незаделанные семена на поверхности поля. Поворотные полосы должны быть засеяны.

Способы посева классифицируют по двум основным признакам: размещению семян в вертикальной плоскости (по профилю дневной поверхности поля) и горизонтальной плоскости (по ширине междурядий и размещению семян в рядках).

По профилю дневной поверхности различают следующие способы посева: на ровную поверхность, на гребнях или грядах, в бороздках и по стерне. Способы выбирают в зависимости от почвенно-климатических условий и особенностей сельскохозяйственной культуры.

По ширине междурядий и размещению семян в рядках различают рядовой, перекрестный, узкорядный, широкорядный, ленточный, пунктирный, гнездовой, квадратно-гнездовой, безрядковый и разбросной способы посева.

Наибольшее распространение в настоящее время получил рядовой посев зерновых колосовых культур с междурядьями 150 мм. Форма элементарной площади питания каждого растения при рядовом посеве представляет собой сильно вытянутый в сторону от рядка прямоугольник. При таком способе посева растения сильно загущены в рядке, в то время как междурядье остается неиспользованной.

С целью повышения равномерности распределения растений по площади были разработаны и применены узкорядный и перекрестный способы посева. При этом конфигурация элементарной площади питания в некоторой степени приближаются к квадрату. Эти способы посева также имеют значительные недостатки. 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.

Широкорядный посев применяют для посева пропашных культур. Междурядья выбираются с учетом особенностей каждой культуры и возможности механизированной междурядной обработки. Величина междурядий для различных культур применяется от 45 до 110 см.

Ленточный посев применяют преимущественно при возделывании овощных культур. Семена в ленте высеваются в несколько строчек.

Пунктирный посев используют в основном при посеве пропашных культур. Расстояние между семенами – шаг пунктира зависит от культуры и нормы посева.

Гнездовой посев применяют преимущественно при возделывании пропашных культур. Расстояние между гнездами зависит от возделываемой культуры и чаще всего изменяются от 15 до 25 см.

Квадратно-гнездовой посев предусматривает размещение семян на пересечениях взаимно-перпендикулярных линий [11,12,24].

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 посева, 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 15х1,66 см заменяется прямоугольником со сторонами 7,5х3,33 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 57,7 %.

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

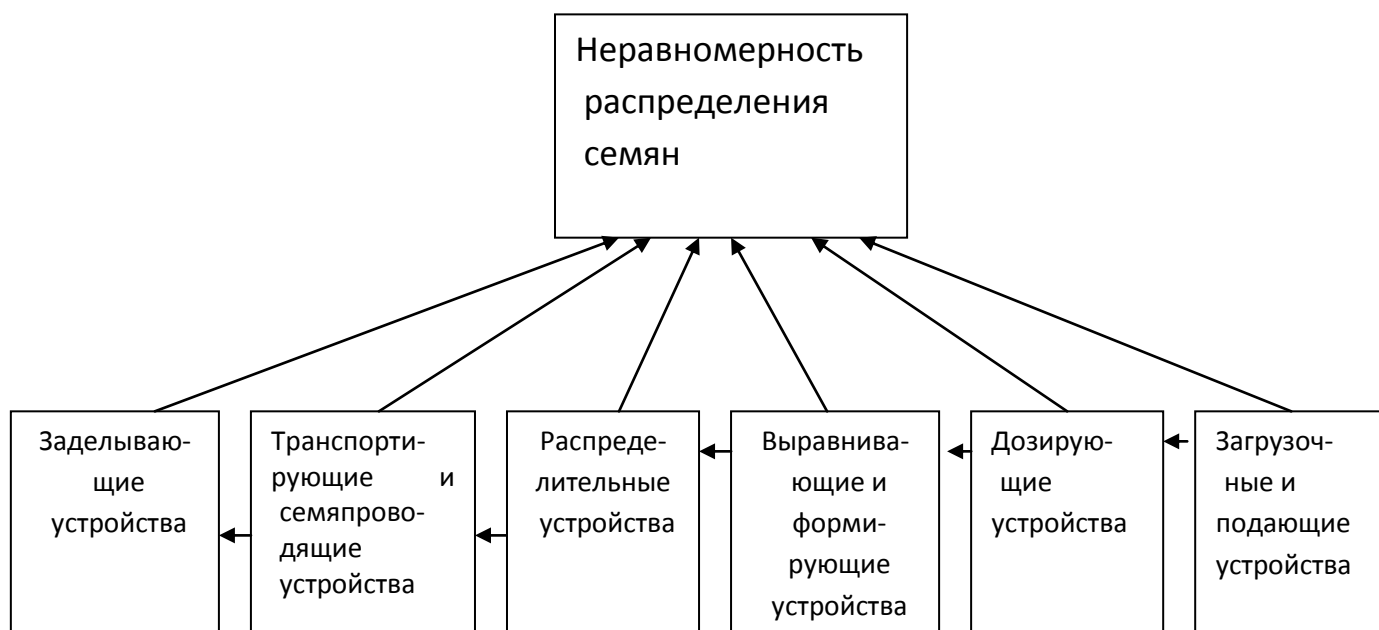


Рисунок 1.1 – Схема технологического процесса высева семян в пневматических сеялках

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

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 отдельно.

1.2 Классификация машин для посева

Анализ современного состояния производства машин для посева показывает, что сеялочный парк характеризуется большим разнообразием по назначению, способам посева и агрегатирования. Машины для посева классифицируют по назначению, способам посева и агрегатирования с трактором. Классификация машин для посева приведен на рисунке 1.2.

Сеялки бывают универсальные и специальные. Универсальные предназначены для посева разнородных сельскохозяйственных культур. Специальными высевают семена одной, иногда двух-трех культур, сходных по физико-механическим свойствам и нормам высева

По назначению сеялки делятся на зерновые, кукурузные, свекловичные, хлопковые, льняные, овощные, для посева семян трав и т.п. Все они, как правило, комбинированные, то есть одновременно можно вносить и удобрения.

По способу посева сеялки различают: рядовые, узкорядные, широкорядные, ленточные, пунктирные, гнездовые, безрядковый, разбросные и разбросно-полосовой.

По способу соединения с трактором различают навесные, полунавесные, прицепные и самоходные машины.

По технологии работы дозирующие аппараты посевных машин можно разделить на две группы: отбирающие семенной материал непрерывным потоком и поштучно. В зерновых сеялках главным образом применяют первый тип дозирующего устройства.

По принципу действия дозирующие аппараты посевных машин могут быть механические и пневматические [11,12,24].

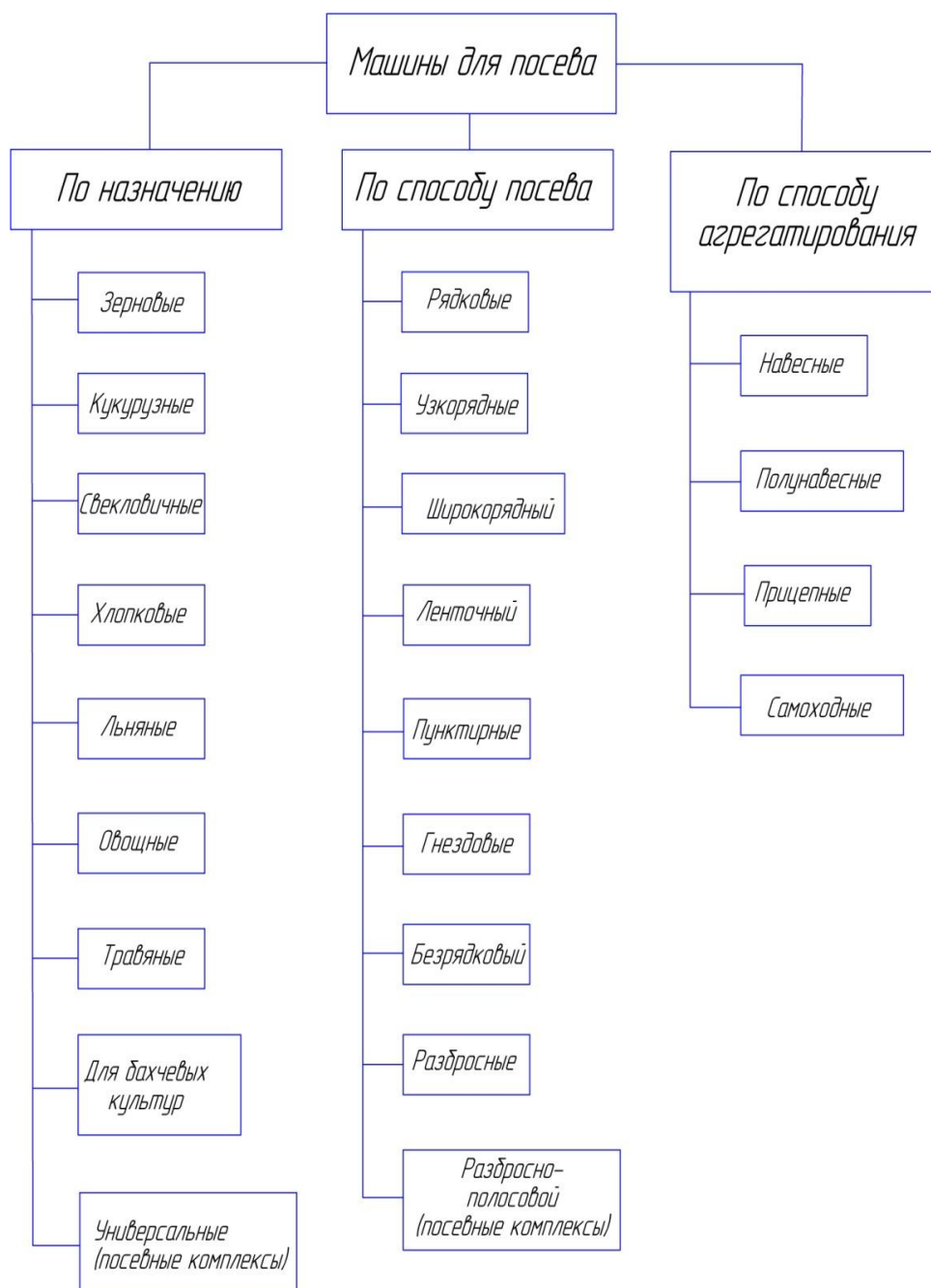


Рисунок 1.2 – Классификация машин для посева

Разработанная классификация позволяет выполнить систематический анализ машин для посева и их рабочих органов. В настоящее время наиболее широкое применение нашли пневматические сеялки центрального дозирования.

Следующий раздел диссертации посвящен анализу конструкций современных посевных комплексов и их рабочих органов.

1.3 Анализ конструкций современных посевных комплексов

В последние годы все большее применение в сельском хозяйстве находят пневматические централизованные высевающие системы (ПЦВС). 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 1.3, таблица 1.1) . Она используется для средних и тяжелых почв с одновременным внесением гранулированных удобрений.



Рисунок 1.3 – Сеялка зернотуковая пневматическая С-6ПМ.1

Предназначена для рядкового посева зерновых, среднесемянных и мелкосемянных зернобобовых культур, трав и их смесей, овощей. Агрегатируется с тракторами класса 1,4...2,0.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика сеялки С-6ПМ.1

	Тип	прицепная
	Ширина захвата, м	6,0
	Рабочая скорость не более, [км/ч]/ м/с	10,0/2,8

	Число сошников, шт	48
	Вместимость бункера, дм ³ :	1600
	Производительность, при рабочей скорости 10 км/ч, га/ч	6,0
	Тип сошников	дисковые
	Ширина междурядья, мм	125± 10
	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 1.4, таблица 1.2) производства п.Муслюмово 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.



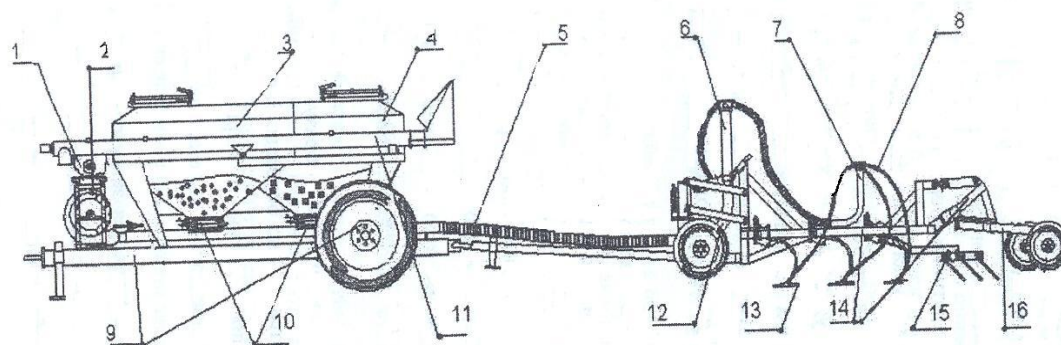
Рисунок 1.4 – Посевной комплекс «Agromaster 4800»

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.

Таблица 1.2 – Техническая характеристика ПК «Agromaster 4800»

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

Кроме того ПК «Агромастер» выпускает различные варианты посевных комплексов.



- 1 – бензиновый двигатель; 2 – вентилятор; 3 – передний отсек бункера; 4 – задний отсек бункера; 5 – центральный семяпровод; 6 – первичный коллектор-распределитель; 7 – вторичный коллектор-распределитель; 8 – семяпроводы; 9 – ось бункера с колесами; 10 – высевающие аппараты отсеков бункера; 11 – шнек; 12 – передняя подвеска с опорными колесами; 13 – лаповый сошник; 14 – рамы; 15 – трехрядная борона; 16 – задняя подвеска с балансирами и прикатывающими колесами.

Рисунок 1.5 – Схема посевного комплекса «Агромастер 8500»

Посевной комплекс (ПК) «Кузбасс» (рисунок 1.6, 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.

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.

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



Рисунок 1.6 – Посевной комплекс ПК «Кузбасс-9,7»

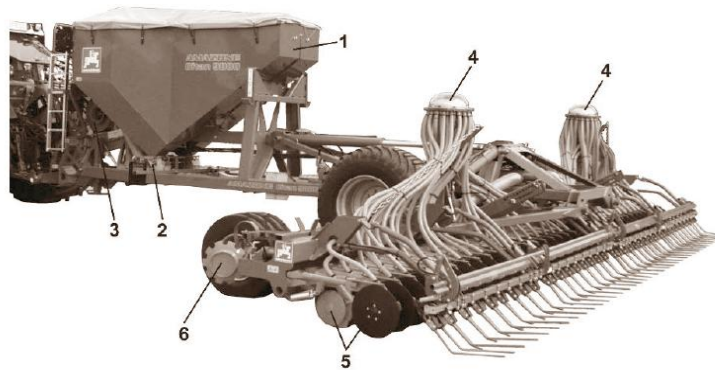
Пневматическая сеялка «Accord» (ФРГ) предназначена для рядового посева семян, распределения минеральных удобрений. Фирма выпускает рядовые зерновые сеялки, сеялки для посева мелкосемянных культур и др. шириной захвата до 6 м. Пневматическая часть сеялки состоит из следующих основных узлов: семенного бункера, высевающего 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 посева мелких семян, имеется канавка глубиной 7 мм, в правой части – 30 мм. Справа от катушки размещен регулятор посева 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 1.7) – 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 1.7 – 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 1.8, 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 1.8 – Сеялка Horsch ATD 9,35

Таблица 1.4 – Техническая характеристика сеялок «Horsch ATD»

Показатели	ATD	ATD	ATD
Рабочая ширина, м	18,2	11,9	9,8
Производительность, га/ч	14,6...2	9,5...14	7,2...11
Вместимость бункера, дм ³	17000/1	10500	10500
Количество сошников	52	34	28
Расстояние между	0,35	0,35	0,35
Необходимая тяговая	500	375...40	270
Расход топлива, л/ч	80	60	40
Вид удобрений	Сыпучие / Жидкие / Газообразные		

Фирма «Flexi-Coil» (Канада) значительно расширила номенклатуру автономных высеваящих 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 высеваящей системы мод.2340 (рисунок 1.9), 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 1.9 – Комбинированный посевной комплекс фирмы «Flexi-Coil»
 Сеялка Solitair (рисунок 1.10) 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 1.10 – Пневматическая сеялка Solitair 12

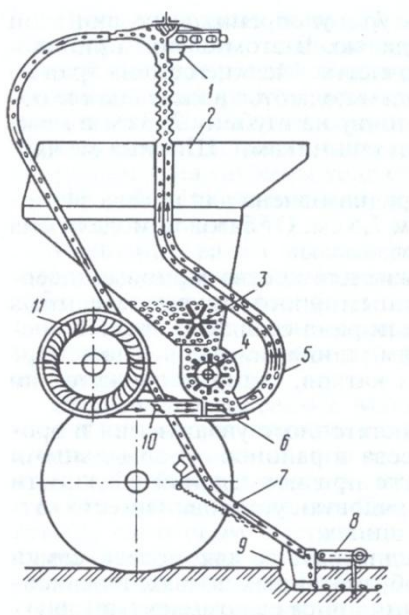
Комплекс может применяться на полях с уклоном не более 7° . Поверхностный слой перед посевом должен быть выровнен и разрыхлен в соответствии с агротехническими требованиями для соответствующей зоны.

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.

1.4 Анализ дозирующе-распределительных систем пневматических сеялок центрального дозирования

В пневматических сеялках с центральным дозированием применяют схемы высева: с индивидуальным дозированием и бесступенчатым распределением; с групповым дозированием и одноступенчатым дозированием; с общим дозированием и одно- или двухступенчатым распределением (рисунок 1.11). Семена из централизованного бункера, пройдя через катушечный дозирующий аппарат, попадают в трубопровод, откуда воздушным потоком, нагнетаемым вентилятором, переносятся к распределительной головке. Из распределительной головки по материалопроводам семена попадают в сошники. Отражающая поверхность распределительной головки может быть выпуклой, вогнутой или плоской. Трубопроводами являются прозрачные пластмассовые или металлические трубки, иногда соединенные гибкими шлангами. Допустимая скорость движения воздуха при пневмотранспортировании семян 16...27 м/с.

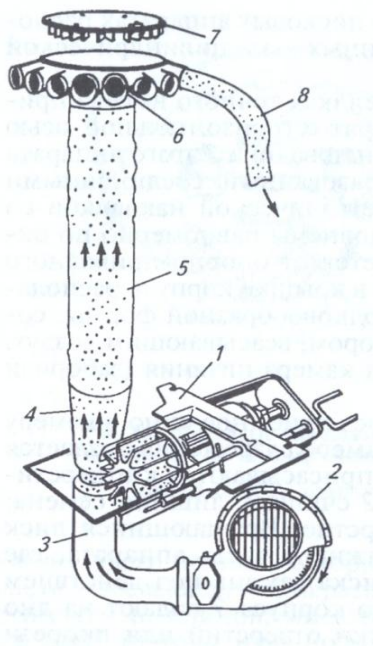


- 1 – распределительная головка; 2 – емкость; 3 – ворошилка; 4 – высевающий аппарат;
5 – трубопровод; 6 – сопло; 7 – семяпровод; 8 – заделывающее устройство; 9 – сошник; 10 – заслонка; 11 – вентилятор.

Рисунок 1.11 – Принципиальная схема сеялки с централизованным дозированием и пневматической транспортировкой семян в сошники

Основной системой пневматических сеялок центрального дозирования является дозирующе-распределительная система, в состав которой входят: дозатор семян (высевающий аппарат), жесткие и гибкие трубопроводы, распределители семян (первичный и вторичный вертикальные коллекторы с распределительными головками, горизонтальный коллектор с разветвлениями).

Распределительные системы различаются схемами распределения потоков семян и конструкциями распределительных головок и вентиляторов. В пневматических рядовых сеялках используют вентиляторы высокого давления с частотой вращения 2500-5000 мин⁻¹.



1 – катушечный дозирующий аппарат; 2 – вентилятор; 3 – воздуховод; 4 – диффузор;
5, 8 – материалопроводы; 6 – распределительная головка; 7 – отражатель.

Рисунок 1.12 – Схема высевающей системы пневматической сеялки

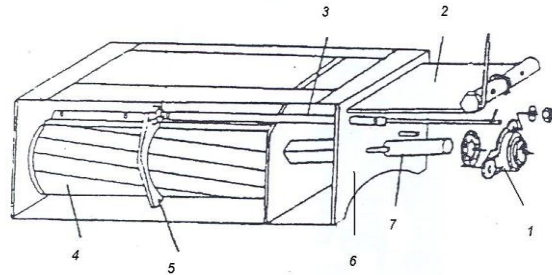
Распределительные системы выполняют одно- или двухступенчатой схеме. Системы с одноступенчатой схемой применяют в пневматических аппаратах, как с групповым, так и с общим (централизованным) дозированием. В первом случае основной поток семян разделяется на несколько групп из

4...11 дозирующих устройств, от которых семена по трубопроводам диаметром 50...60 мм направляются к распределительным головкам.

Анализ дозаторов семян. Рабочий процесс дозирующего устройства. Семена из емкости ворошилкой 3 подаются в высеваший аппарат, катушка которого направляет их в центральный трубопровод. Воздушный поток вентилятора транспортирует семена по центральному трубопроводу к распределительной головке 1. дроссельной заслонкой 10 регулируется скорость воздушного потока от 27 до 68 м/с, а за счет сопла 6 создается разрежение под катушкой, способствующее лучшему истечению семян. В гофрированном участке центрального трубопровода поток семян выравнивается и центрируется. При ударе о конусную крышку распределительной головки семена равномерно распределяются по семяпроводам 7, со скоростью 3...5 м/с транспортируются в бороздки, сделанные сошниками 9, и заделываются устройствами 8. В посевном комплексе применяется схема посева с общим дозированием и двухступенчатым распределением семенного материала по сошникам. Для транспортирования семян по семяпроводу используется вентилятор высокого давления. Максимальная скорость вращения вентилятора составляет 5000 мин⁻¹. Для дозирования семян посевной комплекс снабжен крупногабаритным высевашим аппаратом катушечно-желобчатого типа – дозирующим валиком. Он состоит (рисунок 1.13) из коробки (6) и расположенных внутри нее дозирующего валика (4), приводного квадратного вала (7), который посажен на два шарикоподшипника (1). С боку коробка закрывается крышкой с прокладкой, которая предотвращает самопроизвольное осыпание посевного материала в семяпровод. Для регулирования нормы посева коробка сверху закрыта крышкой (2), перемещением которой по пазам изменяют рабочую длину высевашего валика, и внутри установлена вертикальная пластина (5), предотвращающая попадание зерна в нерабочую зону дозирующего узла.

Вал дозирующего валика высевашего аппарата приводится во вращение от опорного колеса через цепную передачу. На приводной вал от колес

установлена электромагнитная муфта. Наличие электромагнитной муфты позволяет отключать механизм передачи при подъеме сошников. Для контроля вращения вала высевающих аппаратов установлено приспособление контроля и сигнализаций.



1 – подшипниковый узел; 2 – крышка; 3 – пруток; 4 – дозирующий валик; 5 – вертикальная пластина; 6 – коробка; 7 – вал.

Рисунок – 1.13 - Дозирующий аппарат:

На посевной комплекс можно установить несколько типов дозирующих валиков (рисунок 1.14):

1. Стандартный валик можно использовать для сева большинства культур – пшеницы, овса, ячменя, льна и внесения удобрений при нормальной плотности сева.

2. Валик большой пропускной способности, используется для сева бобовых, а также пшеницы, ячменя, овса, льна и внесения удобрений при высокой плотности сева.

3. Валик используется для сева семян подсолнечника и крупных семян некоторых травянистых культур.

4. Валик дозирующий, очень высокой пропускной способности.

5. Валик применяется для мелких семян типа рапс, люцерна.

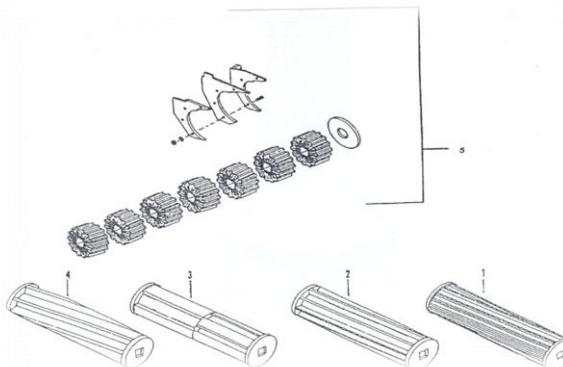


Рисунок 1.14 - Дозирующие валики.

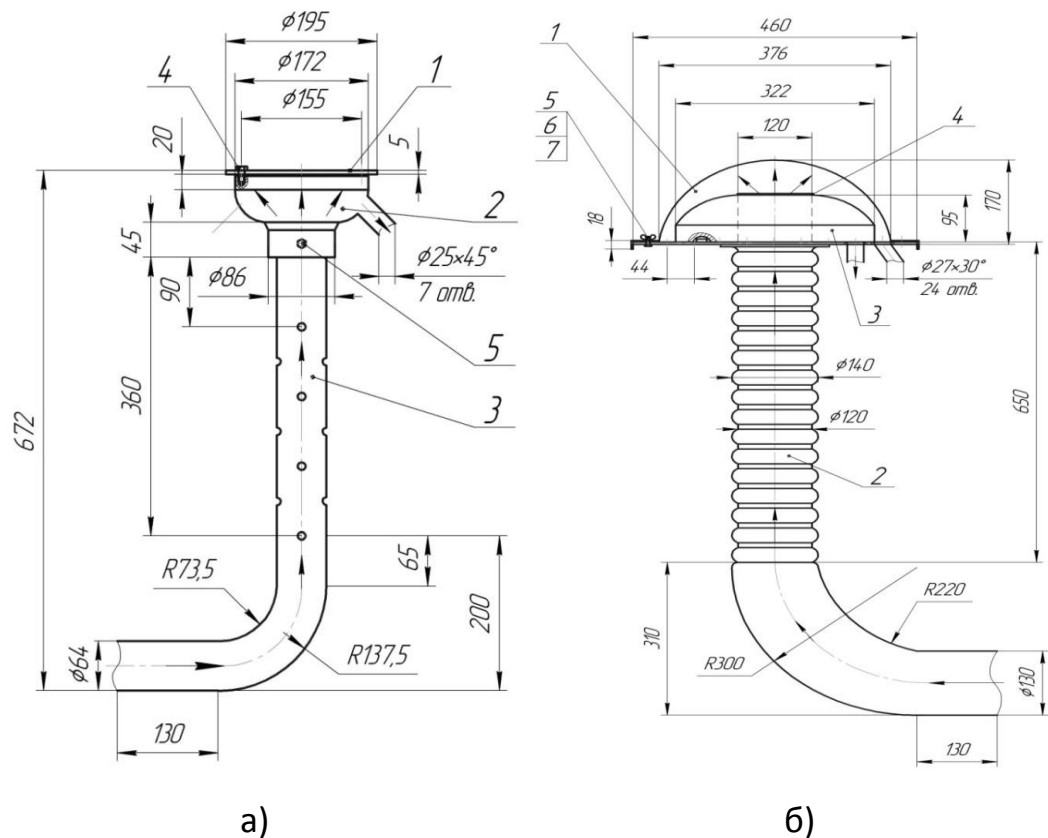
Анализ конструкций распределителей семян. На неравномерность посева после подачи семян высеваящим аппаратам влияет распределительная головка. Остановимся на некоторых известных из них и рассмотрим принцип работы [25, 52, 60, 128, 135]. Существуют вертикальные и горизонтальные распределяющие устройства 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 1.15. 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

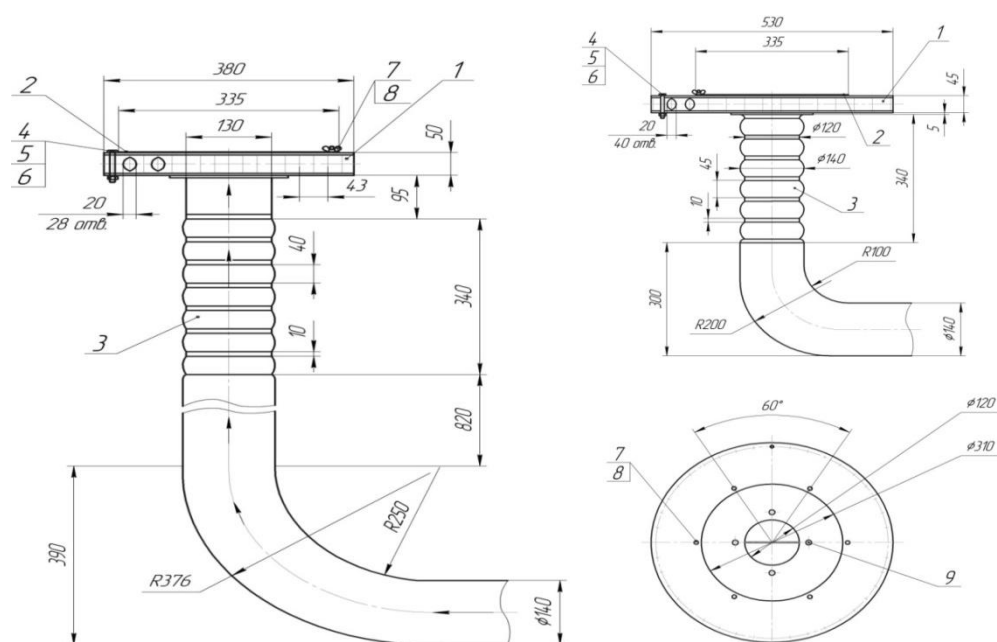
которой рассмотрено и учтено движение воздуха отдельно с целью уменьшения потери энергии и простота конструкции.

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 1.15)

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.





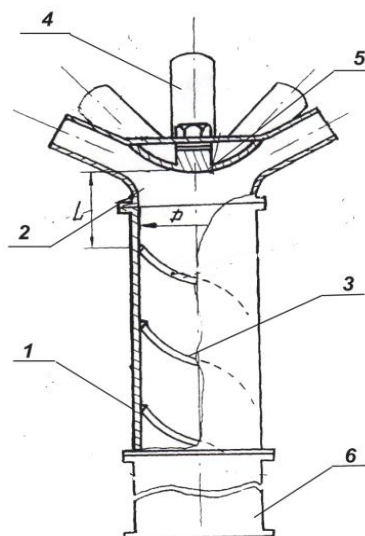
а) ПК-8,5 «КУЗБАСС» (1 – крышка; 2 – грибок распределителя; 3 – центральный семяпровод; 4,5 – болты); б) «СІТАН 12000» (1– крышка; 2 – семяпровод; 3 – головка распределителя; 4 – лента прокладочная; 5,6,7 – крепежное соединение); в) посевного комплекса «НОRCH АГРОСОЮЗ» (1 – головка распределителя; 2 – крышка; 3 – центральный семяпровод; 4,5,6,7,8 – крепежные соединения); г) посевного комплекса «НОRCH PRONTO» (1 – грибок распределителя; 2– крышка; 3 – центральный семяпровод; 4,5,6,7,8,9 – крепежные соединения).

Рисунок 1.15– Схемы коллекторов-распределителей посевных комплексов:

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 трубке винтового преобразователя с выступами (рисунок 1.15).

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

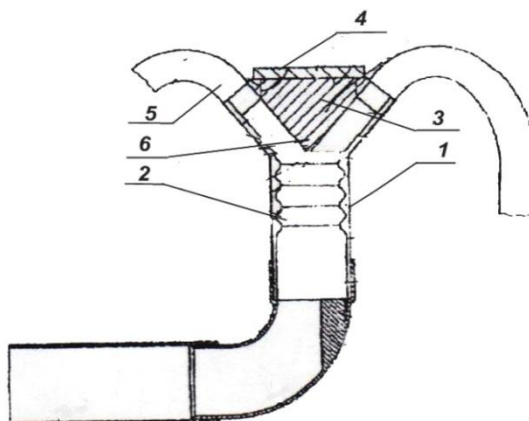
подводящего трубопровода (потока), ориентированного на центр сферы отражателя (поз. 5).



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

Рисунок 1.15 – Распределительная головка пневматической сеялки по патенту № 2122307 .

Известна рядовая сеялка пневматическим высеваящим аппаратам или сеялка с делителем семян (патент 6А 01С 7/04 №19717212) (рисунок 1.16) [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 1.16 – 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].

1.5 Постановка цели и задачи исследований

На основании вышеизложенного существующие конструкции дозирующее-распределительных систем пневматических сеялок центрального дозирования имеют разнообразные конструкции и каждая из них обладает определенными недостатками. Перед наукой, конструкторами и инженерами встает вопрос модернизаций существующих или создание новых дозирующих аппаратов и распределительных устройств систем пневматических сеялок центрального дозирования. Разрабатываемая конструкция дозирующих аппаратов должна обеспечивать заданную норму высева семян, равномерное распределение семян и удобрений по площади и в рядах. Отклонение общего высева семян от заданной нормы не должно превышать агротехнических требований. Еще одной особенностью является применение рабочих органов из полимерных материалов, уменьшающих травмирование семенного

материала. Как известно, травмированные семена всходы не дают или дают слабые всходы, которые в течений вегетационного периода могут погибнуть.

Проведенный анализ позволил сформулировать цель исследований и определить задачи.

Цель: определение основных направлений совершенствования дозирующе-распределительных систем пневматических сеялок центрального дозирования.

Задачи:

- составить классификации и дать оценку дозирующих и распределительных устройств пневматических сеялок центрального дозирования;
- выполнить теоретические и экспериментальные исследования дозирующих и распределительных устройств пневматических сеялок центрального дозирования;
- исследовать технико-экономические показатели пневматических сеялок центрального дозирования.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Теоретические исследования дозирующей системы

2.1.1 Анализ и оценка дозирующих устройств современных посевных комплексов

В настоящее время, как в нашей стране, так и за рубежом в земледелии широко применяются посевные комплексы. Они относятся к типу посевных машин с централизованным дозированием и пневматической транспортировкой семян в сошники. Дозирующие устройства современных посевных комплексов отличаются большим разнообразием конструктивного исполнения.

При выполнении исследований использована методика структурно-морфологического анализа конструкций машин и их рабочих органов.

В результате анализа литературы и изучения рабочего процесса дозаторов различных посевных комплексов систематизированы и выявлены основные признаки, на основе которых составлена их классификация.

Дозирующие устройства можно классифицировать:

1. По конструктивно-технологической схеме:

- однопоточные, продольно расположенные, с клапаном;
- многопоточные, поперечно расположенные, без клапана;
- однопоточные, продольно расположенные, без клапана.

2. По способу изменения дозы:

- изменение частоты вращения и рабочей длины дозирующего валика;
- изменение частоты вращения и типа дозирующего валика;
- изменение рабочей длины и типа дозирующего валика.

3. По способу включения привода:

- механический;
- электромагнитный.

4. По типу рабочей поверхности:

- твердая;
- эластичная.

Для оценки конструкций дозирующих устройств по признакам разработанной классификации на основе поисковых экспериментов определены и ранжированы основные критерии и коэффициенты их значимости (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Критерии оценки признаков и коэффициенты их значимости

Критерии оценки признаков классификации	Коэффициент значимости критерия
Равномерность подачи высеваемого материала в пневмоканал	1

Равномерность высеваемого материала по распределителям	0,75
Травмирование семян	0,5
Простота конструкции	0,25

С целью определения направления поиска перспективных конструктивных решений составлена таблица классификации и оценки дозирующих устройств по разработанным критериям (таблица 2.2).

В приведенной морфологической матрице на пересечении строки признака и столбца критерия оценки, коэффициентом критерия значимости указывается преимущество данного признака над остальными признаками данной группы и соответственно дается его оценка по рассматриваемому критерию. Знаком «х» обозначены признаки непереподобительные и соответственно не оцениваемые по данному критерию. Цифра «0» означает, что признаки не рассматриваются по данному критерию. Причем в каждой классификационной группе одним критерием можно оценивать только один признак.

Таблица 2.2 – Классификация и оценка дозирующих устройств

Классификационные признаки	Критерии оценки				Сте- пень перс- пек- тив- ности , C_p
	Равномер- ность подачи высева- емого материала в пневмо- канал	Равномер- ность распре- деления высева- емого материала по рас- предели- телям	Трав- миро- вание семян	Прос- тота и надеж- ность кон- струк- ции	

<i>Конструктивно-технологическая схема:</i>					
-однопоточные продольно расположенные, без клапана;	x	x	0	0,25	0,25
-многопоточные поперечно расположенные без клапана;	x	0,75	0	x	0,75
-однопоточные продольно расположенные с клапаном.	1	x	0	x	1
<i>Способ изменения дозы:</i>					
-изменение частоты вращения и рабочей длины дозирующего валика;	x	0,75	x	0,25	1
-изменение частоты вращения и типа дозирующего валика;	1	x	x	x	1
-изменение рабочей длины и типа дозирующего валика.	x	x	0,5	x	0,5
<i>Способ включения привода:</i>					
-механический	x	0	0	x	0
-электромагнитный	1	0,75	0	0,25	2
<i>Тип рабочей поверхности:</i>					
-твердая	0	0	x	0,25	0,25
-эластичная	0	0	0,5	x	0,5

Анализ морфологической матрицы показывает, что в первой группе наиболее значения показателя степени перспективности имеет конструкция однопоточного продольно расположенного дозатора с клапанным устройством.

Во второй группе максимальное и равное значение C_n имеют конструкции, на которых установка дозы (нормы высева) осуществляется либо изменением частоты вращения и рабочей длины дозирующего валика; либо изменением частоты вращения и типа дозирующего валика. Однако следует заметить, что первый признак (изменение частоты вращения и рабочей длины дозирующего валика) оценивается по двум критериям, что является предпочтительнее, при других равных условиях.

В третьей группе бесспорное преимущество имеют конструкции дозаторов, где дозирующий валик включается посредством электромагнитной муфты.

В четвертой группе максимальное значение показателя степени перспективности имеет эластичная рабочая поверхность. Следует отметить, что конкретный материал рабочей поверхности может определяться только экспериментальными исследованиями.

Признаки, имеющие наибольшие значения показателя степени перспективности являются основой новой модели дозирующих устройств.

Таким образом, в результате структурно-морфологического анализа установлено, что для рассматриваемых посевных комплексов наиболее перспективными являются однопоточные дозаторы с клапаном и эластичными деталями, расположенные продольно и обеспечивающие установку нормы высева посредством изменения частоты вращения и рабочей длины дозирующего валика, привод которых включается электромагнитной муфтой.

2.1.2 Определение рабочих объемов дозирующих валиков

Основным критерием оценки качества работы высевающих аппаратов семян является количество и равномерность высева семян. Количество высеянных семян зависит от объема желобков рабочей части дозирующего валика, частоты вращения катушки (толщины активного слоя).

Объем желобков рабочей части катушки определяется различными способами по площади отпечатка поперечного контура с помощью планиметра [1]:

$$F_{\text{ж}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot F_{\text{к}} \quad (2.1)$$

где $F_{\text{ж}}$ – площадь поперечного сечения желобков, мм²;

d – диаметр выступов катушки, мм;

$F_{\text{к}}$ – площадь отпечатка поперечного сечения катушки, мм².

Определяем объем желобков рабочей части катушки:

$$V_{\text{ж}} = F_{\text{ж}} \cdot L_{\text{р}} \quad (2.2)$$

где $V_{\text{ж}}$ – объем желобков, см³;

$L_{\text{р}}$ – длина рабочей части катушки, см.

Объем желобков $V_{\text{ж}}$ рабочей части катушки определяется как произведение площади поперечного сечения одного желобка на число желобков z и на рабочую длину катушки $L_{\text{р}}$:

(2.3)

где $V_{\text{ж}}$ – объем желобков, см^3 ;

$f_{\text{ж}}$ – площадь сечения одного желобка, см^2 ;

z – число желобков;

$L_{\text{р}}$ – длина рабочей части катушки, см.

Здесь $f_{\text{ж}}$ находят из геометрических размеров желобка.

Установить на весы сосуд с водой, с точностью до 0,01 г, определить его массу m_1 . Заделать заподлицо все отверстия и углубления на торцах катушки, подвесить ее на тонкой нити к штативу опустить в воду до полного погружения. Определить массу с погруженной в воду катушкой m_2 . Вычислить объем катушки:

(2.4)

где $V_{\text{к}}$ – объем катушки, см^3 ;

m_2 – масса с погруженной в воду катушкой, г;

m_1 – масса сосуда с водой, г;

- плотность воды, которая при 20-22 $^{\circ}\text{C}$ равна 0,998 г/см^3 .

Рассчитать объем катушки $V_{\text{д}}$ по диаметру ее выступов:

—

(2.5)

где $V_{\text{д}}$ – объем катушки по диаметру, см^3 ;

d – диаметр катушки, см;

$L_{\text{р}}$ – рабочая длина катушки, см.

Затем определить объем желобков катушки:

(2.6)

В нашем случае объем желобков катушки находим по второму способу.

Для определения объема желобков катушки используем высевающий валик ПК «Агромастер», штангенциркуль, рулетка, пластилин, миллиметровая бумага.

Штангенциркулем измеряем диаметр выступов желобков валика. Диаметр выступов желобков равен $d_H=89$ мм.

Затем измеряем глубину желобка. Глубина желобка равен $h=18$ мм.

Зная глубину h желобков, можно определить внутренний диаметр валика по формуле:

$$d_B = d_H - 2h, \quad (2.7)$$

где d_B – внутренний диаметр валика, мм;

d_H – диаметр выступов желобков, мм;

h – глубина желобка, мм.

Ранее найденные значения подставляем в формулу (2.7) и определяем внутренний диаметр валика:

Для определения площади поперечного сечения желобка на миллиметровой бумаге делаем две окружности диаметром $d_B=53$ мм и $d_H=89$ мм. Далее берем пластилин и с высевающего валика снимаем отпечаток поперечного сечения желобка. Данный отпечаток ставим на чертеж, ранее приготовленный в миллиметровой бумаге, и обводим. Потом считаем квадраты, которые обхватывает отпечаток желобка. Это будет площадью поперечного сечения желобка. Для получения точных результатов опыт повторяем 3 раза и находим среднюю арифметическую площадь поперечного сечения желобка:

$$f_{\text{ж}} = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{i}, \quad (2.8)$$

Где $f_{\text{ж}}$ – площадь поперечного сечения желобка, мм²;

f_i – значения отдельных вариантов поперечного сечения желобка, мм²;

i – количество вариантов.

По данным опыта получили следующие результаты: $f_1=404$ мм², $f_2=401$ мм², $f_3=409$ мм². Данные значения подставляем в формулу (2.8) и находим площадь поперечного сечения желобка:

Далее измеряем рабочую длину катушки, которая равна $L_P=345$ мм.

Число желобков на высевающем валике равен $z=8$.

Подставляя в формулу (2.3) все найденные значения и вычисляем рабочий объем валика:

Таким образом, были найдены следующие значения: наружный диаметр валика $d_H=89$ мм, внутренний диаметр валика $d_B=53$ мм, длина

валика $L_P=345$ мм, число желобков $z=8$, площадь поперечного сечения одного желобка $f_{ж}=405$ мм², рабочий объем валика $V_{ж}=0,001118$ м³.

2.1.3 Теоретическое определение активного слоя потока семян

В катушечных высевающих аппаратах происходит объемное дозирование семян, то есть создается непрерывный поток заданной интенсивности. Семена выталкиваются желобками и вытекают свободно в активном слое. Объем семян, высеваемых катушкой за один оборот, называют рабочим объемом катушки V_0 . Он состоит из суммы двух объемов:

(2.9)

где V_0 – рабочий объем валика, м³;

$V_{ж}$ – объем желобков, м³;

V_A – объем семян, прошедших в активном слое, м³.

Если известна масса семян Q , высеваемых катушкой за один оборот, то:

— (2.10)

где Q – масса семян, высеваемых катушкой за один оборот, кг;

ρ – плотность семян, кг/м³.

Объем желобков:

(2.11)

При известных значениях V_0 и $V_{ж}$ объем активного слоя:

(2.12)

Семена перемещаются в активном слое толщиной C_0 под влиянием трения между семенами, находящимся в желобках, и семенами, расположенными вне желобков (рисунок 2.1). Если зазор дном высевашей аппарата и катушкой достаточно велик, то толщина активного слоя может оказаться меньше толщины слоя семян. Тогда на дне желобков остается «мертвый» слой семян C_M . Скорость движения семян по толщине слоя C_0 непостоянно и снижается по мере удаления их от ребер желобков.

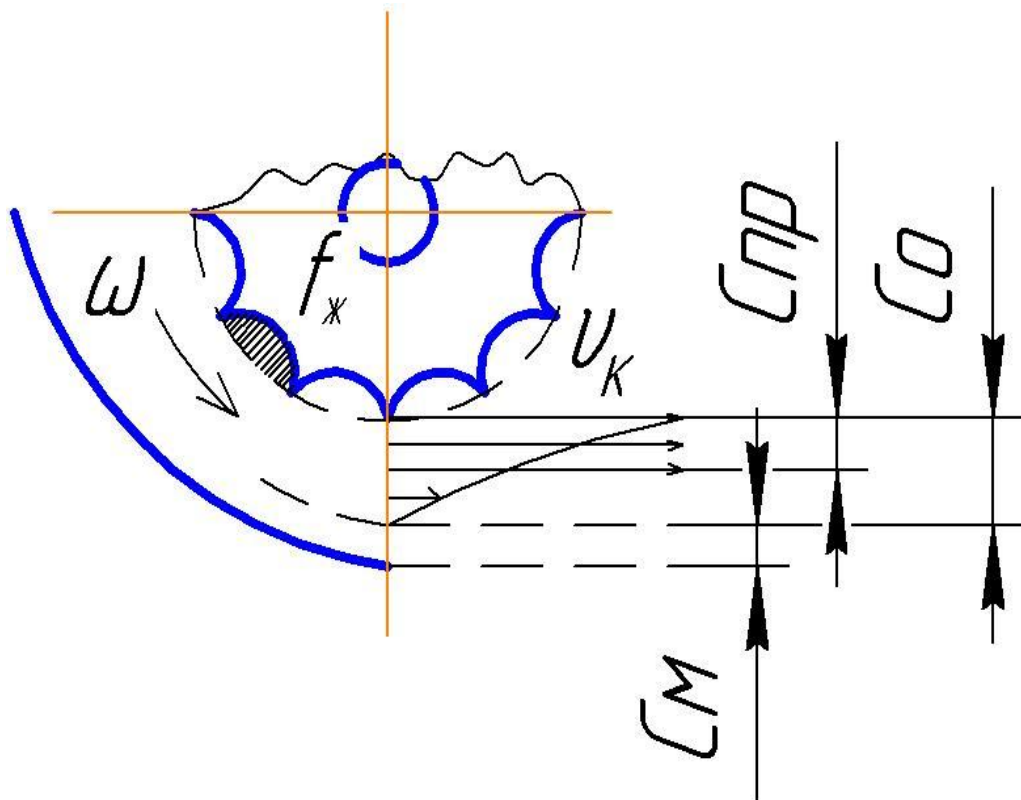


Рисунок 2.1 – Движение зерна в катушечном высевашей аппарате

Установим зависимость между средней скоростью движения семян v_{CP} в активном слое и окружной скоростью катушки v_K . Если принять $v_{CP}=1$, а $v_K=1+m$, то из соотношения

$$\frac{v_{CP}}{v_K} = \frac{1}{1+m} \quad (2.13)$$

можно определить среднюю скорость движения семян в активном слое

$$v_{CP} = \frac{v_K}{1+m} \quad (2.14)$$

где m – экспериментальный коэффициент.

Окружную скорость находят по зависимости

(2.15)

где d_K – диаметр катушки, м;

n – частота вращения вала высевяющего аппарата.

Рассмотрим значения экспериментального коэффициента m для различных культур: пшеница – 2,6; овес – 2,5; ячмень – 2,6; лен – 1,7; просо – 1,4.

Для определения V_A вводят понятие приведенной толщины активного слоя $C_{\text{пр}}$, в котором семена движутся с постоянной скоростью, равной линейной скорости катушки v_K .

При одном полном обороте катушки объем семян, высеваемых слоем с толщиной $C_{\text{пр}}$ должен быть равен объему семян, высеваемых действительным активным слоем C_0 .

Тогда

(2.16)

Отсюда

(2.17)

Подставляя значение $v_{\text{ср}}$ из формулы (2.14), получим

(2.18)

Следовательно, зная приведенную толщину слоя $C_{\text{пр}}$, можно определить толщину действительного активного слоя C_0 . Объем активного слоя семян, толщиной $C_{\text{пр}}$ определяют из выражения

(2.19)

Решая уравнение (2.19) относительно $C_{\text{пр}}$, имеем:

$$\frac{V_0}{V_{\text{ж}}} = \frac{C_{\text{пр}}}{C_0} \quad (2.20)$$

Таким образом, при известных значениях V_0 и $V_{\text{ж}}$ по формуле (2.12) можно определить объем активного слоя семян. Затем по формуле (2.20) можно определить приведенную толщину $C_{\text{пр}}$ и подставив найденное значение

в формулу (2.18) действительный активный слой C_0 семян в дозирующем аппарате.

2.1.4 Теоретическое определение частоты вращения дозирующего валика.

Рекомендуемые рабочие скорости движения посевного комплекса 8...12 км/ч (2,22...3,33 м/с). Выбираем рабочую скорость 10 км/ч (2,78 м/с). Исходя из этих данных нужно определить частоту вращения дозирующего валика.

Сначала определим длину пути, которую проедет агрегат по формуле:

$$(2.21)$$

где S – длина пути, м;

v_a – скорость движения агрегата, м/с;

t – время движения агрегата, с.

Длину пути будем определять при $t=1$ мин и скорости движения агрегата $v_a=2,78$ м/с:

Далее определяем, сколько оборотов делает опорное колесо бункера по формуле:

$$\text{—} \quad (2.22)$$

где n_k – количество оборотов колеса бункера;

d_k – диаметр колеса, равное $d_k=1,2$ м.

Подставляем известные параметры в формулу (2.22) и вычисляем количество оборотов колеса:

$$\text{—}$$

Так как количество оборотов колеса определили по пройденному пути агрегатом за одну минуту, то последнее значение можно принять как частоту вращения колеса и записать $n_k=44,3 \text{ мин}^{-1}$. После определения частоты вращения колеса, можно определить частоту вращения вала дозирующего валика. На рисунке 2.2 представлена схема привода вала дозатора. Звездочка z_1 берет привод от колеса. Следовательно, частота вращения первой звездочки

равна частоте вращения колеса. Угловой редуктор 3 имеет передаточное отношение $i_p=1$. Зная число зубьев z_1 и z_2 , можно определить передаточное отношение цепного привода вала дозатора по формуле:

$$— \quad (2.23)$$

где i – передаточное отношение привода вала дозатора;

z_1 – число зубьев ведущей звездочки;

z_2 – число зубьев ведомой звездочки.

Число зубьев ведущей и ведомой звездочек соответственно равны 40 и 32. Подставляем данные значения в формулу (2.23) и находим передаточное отношение:

—

Зная передаточное отношение, определяем частоту вращения дозирующего валика при 2,78 м/с:

$$(2.24)$$

Где n_B – частота вращения дозирующего валика;

n_K – частота вращения колеса;

i – передаточное отношение.

Подставляем известные значения в формулу (2.24) и находим частоту вращения дозирующего валика:

Следовательно, частота вращения дозирующего валика при скорости движения $v_a=10$ км/час (2,78 м/с) равна $n_B=35,4$ мин⁻¹

2.2 Теоретические исследования распределительной системы

2.2.1 Классификация распределительных устройств

Распределительное устройство распределяет высеваемый материал по семятокопроводам, соединяющим выходные патрубки распределительной головки с сошниками. От конструктивного исполнения распределительных

устройств зависит равномерность распределения высеваемого материала по сошникам, соответственно по площади поля. Анализ существующих конструкций распределительных устройств современных посевных комплексов показывает их многообразие, как по технологическому процессу, так и по конструктивному исполнению.

С целью выявления направлений совершенствования распределительных устройств проведена их систематизация по основным признакам выполнения технологического процесса и конструктивному исполнению. Такая систематизация положена в основу их классификации (рисунки 2.1).

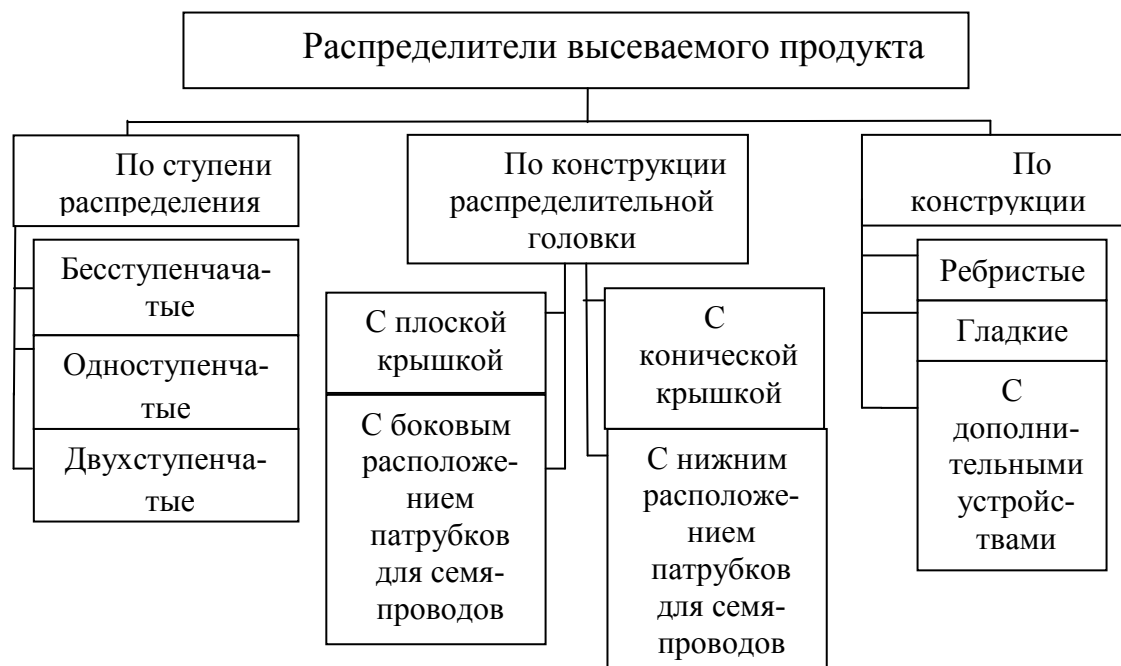


Рисунок 2.2 – Схема классификации распределительных устройств

Как видно из составленной классификации основными признаками распределительных устройств является ступень распределения, конструкция распределительной головки, конструкция коллектора.

Кроме рассмотренных классификаций можно рассмотреть признак ступени распределения в связи с технологией дозирования и конструкцией дозатора [1]. Здесь можно выделить следующие группы:

1. С групповым дозированием и бесступенчатым распределением.
2. С общим дозированием и бесступенчатым распределением.
3. С групповым дозированием и одноступенчатым распределением.
4. С групповым дозированием и двухступенчатым распределением.
5. С общим дозированием и одноступенчатым распределением.
6. С общим дозированием и двухступенчатым распределением.

Таким образом, выполненная классификация позволяет определить основные направления поиска перспективных конструктивно-технологических схем и конструкций распределительных устройств посевных комплексов, а также их взаимосвязь с технологией дозирования.

2.2.2 Теоретическое определение скорости движения семян в распределителе

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 2.2).

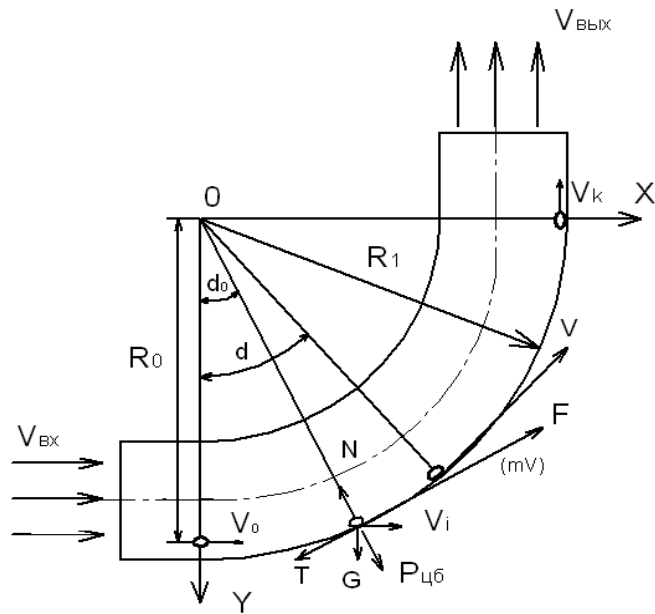


Рисунок 2.2 – К выводу уравнения изменения скорости семян при ее движения в отводе и в распределителе

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:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= -T \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= T \cdot \sin \alpha - N \cdot \cos \alpha + G \end{aligned}, \quad (2.25)$$

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:

$$m \frac{dV}{dt} = -T - G \cdot \sin \alpha \quad (2.26)$$

$$m \frac{V^2}{R_1} = N - G \cdot \cos \alpha, \quad (2.27)$$

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 .

$$\frac{dV}{d\alpha} = -V \cdot f - \frac{g \cdot R_1}{V} \left[f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \right] \quad (2.28)$$

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

$$V = \frac{1}{e^{f \cdot \alpha}} \sqrt{2 \cdot g \cdot R_1 \cdot \frac{e^{2 \cdot f \cdot \alpha}}{1 + 4 \cdot f^2} \left[-2 \cdot f^2 \right] \cos \alpha - 3 f \sin \alpha} + C \quad (2.29)$$

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

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

и окончательно для поворота потока с горизонтали на вертикаль:

$$V = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{2 f \alpha}} - \frac{2 g \cdot R_1}{1 + 4 f^2} \cdot \left[\frac{1 - 2 f^2}{e^{2 f \alpha}} - (1 - 2 f^2) \cdot \cos \alpha + 3 f \cdot \sin \alpha \right]}, \quad (2.30)$$

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:

$$V = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{2 f \alpha}} - \frac{2 g \cdot R_1}{1 + 4 f^2} \cdot \left[\frac{3 f^2}{e^{2 f \alpha}} + (1 - 2 f^2) \cdot \sin \alpha - 3 f \cdot \cos \alpha \right]} \quad (2.31)$$

При повороте потока на угол $\alpha = 90^0$ величина конечной скорости семян определится выражением:

С горизонтали на вертикаль:

$$V_K = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{\pi \cdot f}} - \frac{2g \cdot R_1}{1 + 4f^2} \cdot \left[\frac{1 - 2f^2}{e^{\pi \cdot f}} + 3f \right]} \quad (2.32)$$

Движение семян в распределителе можем рассматривать как в отводе, но с переходом с вертикали на горизонталь при повороте на угол $\alpha = 90^0$. Тогда скорость семян примет вид:

$$V_K = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{\pi \cdot f}} - \frac{2g \cdot R_1}{1 + 4f^2} \cdot \left[\frac{3f^2}{e^{\pi \cdot f}} + (1 + 2f^2) \right]} \quad (2.33)$$

Для распределителя семян сеялки СПБМ-8 на 32 семяпровода при угле поворота воздушного сначала $\alpha = 55^0$ и при радиусе кривизны распределителя $R = 0,3$ м уравнение (2.33) примет вид:

$$V = \sqrt{\frac{V_0^2}{e^{1,92f}} - \frac{0,6g}{1 + 4f^2} \cdot \left[\frac{3f^2}{e^{1,92f}} + 0,82 \cdot (1 - 2f^2) - 1,7f \right]} \quad (2.34)$$

Полученные уравнения позволяют рассчитать скорости после отвода при различных коэффициентах трения f при радиусе кривизны $R = 1$ м, для зерновых культур $f = 0,2 \dots 0,6$

2.2.3 Теоретическое определение пропускной способности распределителя

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

Конструктивные параметры распределителя взаимосвязаны:

$$\pi \cdot D = n(d + \Delta), \quad (2.35)$$

где $\pi = 3,14$;

D – диаметр распределительной головки, м;

n – число отводящих патрубков;

d – диаметр отверстия отводящего патрубка, м;

Δ – конструктивный зазор между отводящими патрубками, м.

Из уравнения (2.20) находим диаметр распределительной головки D :

$$D = \frac{n(d + \Delta)}{\pi} \quad (2.36)$$

При диаметре отверстия отводящего патрубка $d=0,03\text{м}$ и конструктивном зазоре между отводящими патрубками $\Delta=0,003\text{м}$ получим зависимость диаметр распределительной головки D от количества отводящих патрубков n (рисунок 2.3).

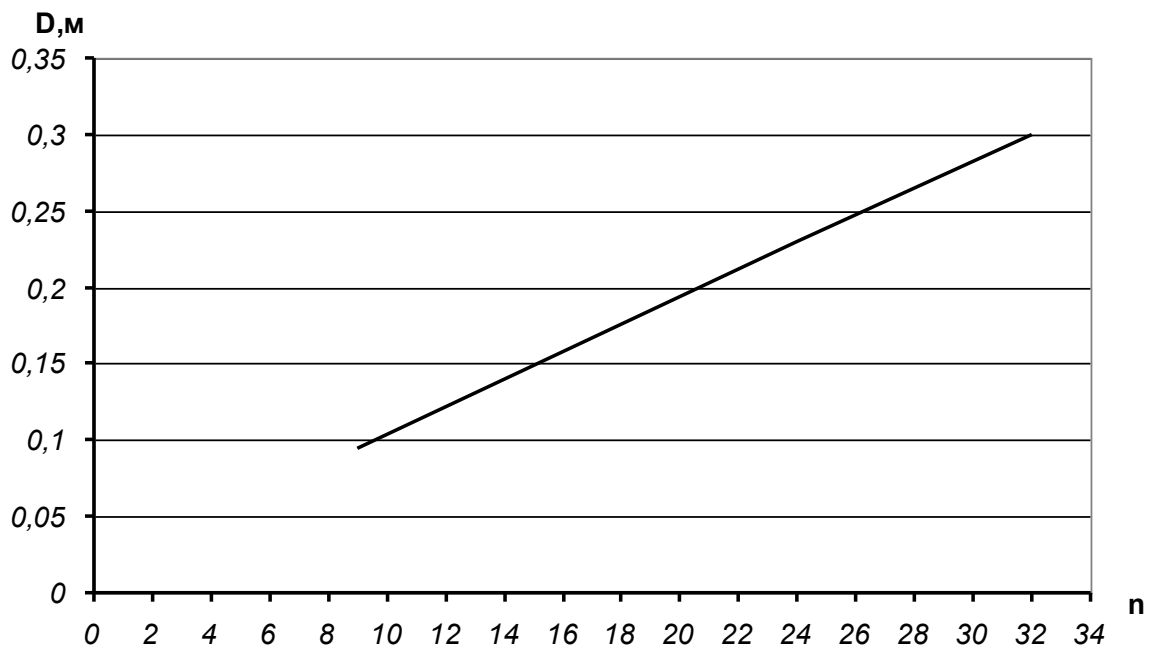


Рисунок 2.3 – Зависимость диаметра распределительной головки от количества отводящих патрубков

Расчетный диаметр распределительной головки D получилось равным 300 мм для 32 семяпроводов с учетом поправочного коэффициента взяли 330 мм.

Основным технологическим параметром является концентрация смеси:

$$\mu = \frac{q_c}{q_s}, \quad (2.37)$$

где μ – массовая расходная концентрация смеси, кг семян/кг воздуха;

q_c – массовый расход семян, кг/с;

q_ϵ – массовый расход воздушного потока, кг/с.

Массовый расход семян q_c выразим через технологическую подачу сеялки:

$$q_T = B \cdot V_c \cdot N, \quad (2.38)$$

где q_T – технологическая подача, кг/с;

B – ширина захвата сеялки, м;

V_c – скорость движения сеялки, м/с.

Зная q_T определяем количество семян:

$$Z = \frac{q_T}{M},$$

где Z – количество семян, шт/с;

M – масса 1000 семян, кг.

Массовый расход воздушного потока определяем по формуле:

$$q_\epsilon = S \cdot V \cdot \rho, \quad (2.39)$$

где S – площадь поперечного сечения трубопровода, м²;

V – скорость воздушного потока, м/с;

ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Объем занимаемая одной частицей при движении по трубопроводу находим по формуле:

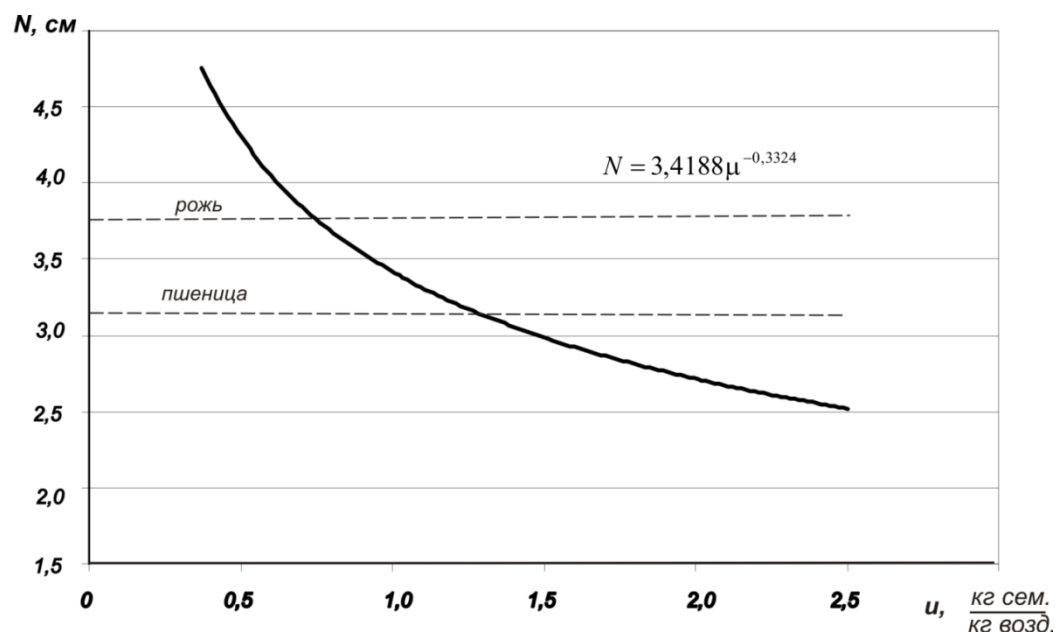
$$V_{1 \text{ шт}} = \frac{q_\epsilon}{Z}, \quad (2.40)$$

где $V_{1 \text{ шт}}$ – объем одной частицы при движение по трубопроводу, м³.

Расчетные результаты получены при скорости воздушного потока от 27 до 68 м/с для нормы высева от 150 до 400 кг/га (рисунок 2.11).

Итак, пневмотранспорт семян может осуществляться в двух режимах, определяемых параметрами потока воздуха. Основными из них являются: скорость воздушного потока и массовая расходная концентрация. В зависимости от этих параметров различают два режима

пневмотранспортирования: пневмотранспорт с низкими и высокими концентрациями (рисунок 2.4). Транспортирование в первом случае осуществляется в результате аэродинамического воздействия воздушного потока на семена. Этот режим характеризуется высокими скоростями воздушного потока, значительно превышающими скорость витания семян, характерно более или менее равномерное распределение семян по всему сечению трубопровода. Так как концентрация смеси не большая, то семена во время полета находятся одна от другой на таком расстоянии, что не мешают друг другу и практически могут лететь свободно. При движении в распределителе будет характерно трение о воздух, взаимодействия с отражателем практически отсутствует и подчиняться аэродинамическим силам распределения.



N – расстояние между семенами, см

Рисунок 2.4 – Зависимость массовой расходной концентрации от расстояния между семенами для сеялки

При уменьшении скорости воздушного потока и увеличении массового расхода семян наблюдается второй режим, режим с высокими концентрациями. В этом случае увеличивается потери напора, семена двигаются в плотном слое, и происходит взаимодействие между семенами. В

распределителе происходит взаимодействие с отражающей поверхностью, возникает трение между семенами и об отражатель, теряется скорость семян.

Транспортирующая скорость воздуха в вертикальном трубопроводе должна быть больше скорости витания частиц:

$$V_{вер} = 1,3 \cdot V_{вит} . \quad (2.41)$$

От правильного ее установления зависят надежность и экономичность работы всей пневмотранспортной системы: завышение скорости приводит к увеличению расхода энергии, повреждение семян и быстрому износу трубопровода, а уменьшение скорости ниже критической – к возникновению завала.

Потери напора воздушного потока (рисунок 2.5 а) $\Delta H_{под}$ расходуется на преодоление силы тяжести столба воздуха и силы тяжести столба семявоздушной смеси. Сила тяжести столба воздуха:

$$G = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot \Delta h S , \quad (2.42)$$

где G – сила тяжести столба воздуха, Н;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздушного потока, кг/м³;

g – ускорения свободного падения, м/с²;

Δh – высота подъема транспортируемого семян, м;

S – площадь сечения трубопровода, м²;

Аналогично сила тяжести столба семян (рисунок 2.5 б)

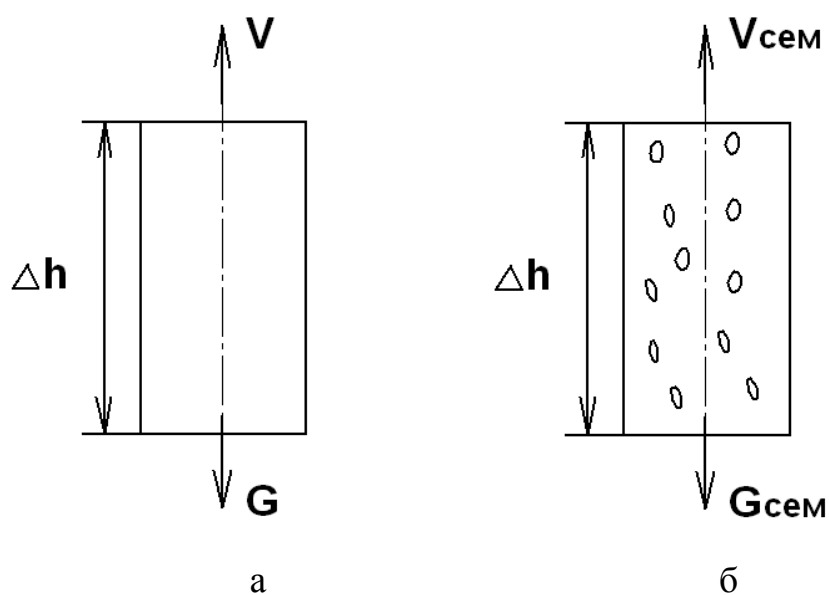
$$G_c = \rho_c \cdot g \cdot \Delta h S , \quad (2.43)$$

где G_c – сила тяжести столба семян, Н;

Тогда сила подъема зерна в воздушном потоке будет равна весу столба семявоздушной смеси:

$$\Delta H_{под} S = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot \Delta h \cdot S + \rho_{\text{сем}} \cdot g \Delta h \cdot S ,$$

$$\Delta H_{под} = \rho_{\text{в}} \cdot g \Delta h \cdot \left(1 + \frac{\rho_{\text{сем}}}{\rho_{\text{в}}}\right) \quad (2.44)$$



а – воздух; б – семявоздушная смесь

Рисунок 2.5 – Расчетная схема II-участка, вертикальный трубопровод
Потери напора при перемещении семявоздушной смеси в вертикальном трубопроводе:

$$\Delta H_{\text{под}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \Delta h \cdot \left(1 + \mu \frac{V}{V_{\text{сем}}}\right), \quad (2.45)$$

где $\Delta H_{\text{под}}$ – потери напора при перемещении семявоздушной смеси в вертикальном трубопроводе, Па;

μ – расходная массовая концентрация смеси, кг семян/кг воздуха;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

Δh – высота подъема транспортируемого семян, м;

V – скорость воздушного потока, м/с;

$V_{\text{сем}}$ – скорость движения семян, м/с.

Для наклонного трубопровода высоту подъема транспортируемого семян находим:

$$\Delta h = l \sin \alpha,$$

где l – длина наклонного участка, м;

α – угол наклонного трубопровода.

Тогда потери напора для наклонного трубопровода получим:

$$\Delta H_{\text{нод}} = \rho_{\text{с}} \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha \left(1 + \mu \frac{V}{V_{\text{сгм}}} \right) \quad (2.46)$$

Потери напора для наклонного трубопровода $\Delta H_{\text{нод}}$ является важным параметром, необходимо учитывать при расчетах всей пневмосистемы, так как сеялка движется не только по ровным участкам поля, но и бывают поля с уклонами.

Если в формуле 2.46 расчет скорости семян после отвода составляет трудности, то оценить потери напора на участке разгона вертикального трубопровода на трение и на преодоление инерции семян можно по формуле:

$$\Delta H_p = \beta \cdot \mu \cdot \frac{\rho_{\text{с}} V^2}{2}, \quad (2.47)$$

где ΔH_p – потери напора на вертикальном участке трубопровода, Па;

коэффициент $\beta = 2,3 \dots 0,08 V_{\text{гит}}$;

μ – массовая расходная концентрация смеси, кг семян/кг воздуха;

$\rho_{\text{с}}$ – плотность воздуха, кг/м³;

V – скорость воздушного потока, м/с;

Увеличение скорости воздушного потока выше 25 м/с и расходной концентрации 2,6 кг семян/кг воздуха, приводит к резкому увеличению потерь напора ΔH .

В распределителе потерю напора определяем следующей зависимостью:

$$\Delta H = \xi \cdot H_{\text{дин}} = \xi \cdot \frac{\rho_{\text{с}} V^2}{2}, \quad (2.48)$$

где ΔH – потеря напора в распределителе, Па;

ξ – коэффициент местного сопротивления;

$H_{\text{дин}}$ – динамический напор, Па.

V – скорость воздушного потока, м/с;

$\rho_{\text{с}}$ – плотность воздуха, кг/м³.

Таким образом, определены основные теоретические зависимости для расчета распределительной системы.

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 семена яровой пшеницы, ячменя и гранулированные удобрения.

Программа экспериментальных исследований включает:

1. Определение натуры и аэродинамических свойств семян.
2. Определение дозы высева семян в зависимости от количества оборотов дозирующего валика.
3. Исследование влияния длины рабочей части дозирующего валика на процесс дозирования.
4. Проверка полученных аналитических зависимостей для определения важнейших конструктивных параметров распределителя пневматической сеялки централизованного высева. Исследование распределения скорости воздушного потока в опытном распределителе и семяпроводах в сеялке.
5. Статистическая обработка полученных данных.

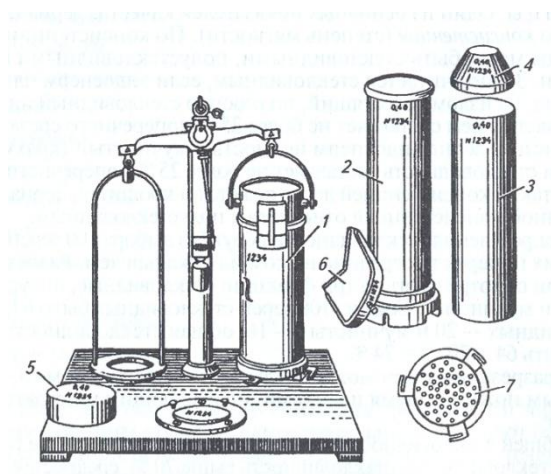
3.2 Методика определения натуры и аэродинамических свойств семян.

Натура зерна (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 зернами, повышают значение натуре, ухудшая вместе с тем качество зерна. Определение натуре зерна должно сопровождаться дополнительной характеристикой, хотя бы на основе внешнего осмотра.

Определяют натуре зерна пшеницы, ржи, овса и ячменя. Для этого используют особые хлебные весы, называемые пурками. Существуют много видов пурок с разными деталями и числовыми показателями. Метрическая пурка позволяет определять натуре 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].

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

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:

$$R = k \cdot \rho \cdot F \cdot (V - V_{сем})^2, \quad (3.1)$$

где R – сила давления воздушного потока, Н;

k – коэффициент сопротивления воздушного потока

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

V – скорость воздушного потока, м/с;

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

F – площадь (миделево сечение) проекции тела на плоскость, перпендикулярную направлению воздушного потока, м².

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:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{G}{k \cdot \rho \cdot F}}, \quad (3.2)$$

где $V_{кр}$ – критическая скорость семян, м/с.

Поскольку коэффициент сопротивления воздуха k определить затруднительно, вначале определяем критическую скорость $V_{кр}$ в вертикальной аэродинамической трубе методом замера динамического напора h_d [64] и ГОСТ 12.3.018-79:

$$V_{кр} = 1,29 \cdot \sqrt{h_d}, \quad (3.3)$$

где h_d – динамический напор, Па.

Затем вычисляли коэффициент сопротивления:

$$k = \frac{G}{\rho \cdot F \cdot V_{кр}^2} \quad (3.4)$$

и коэффициент парусности:

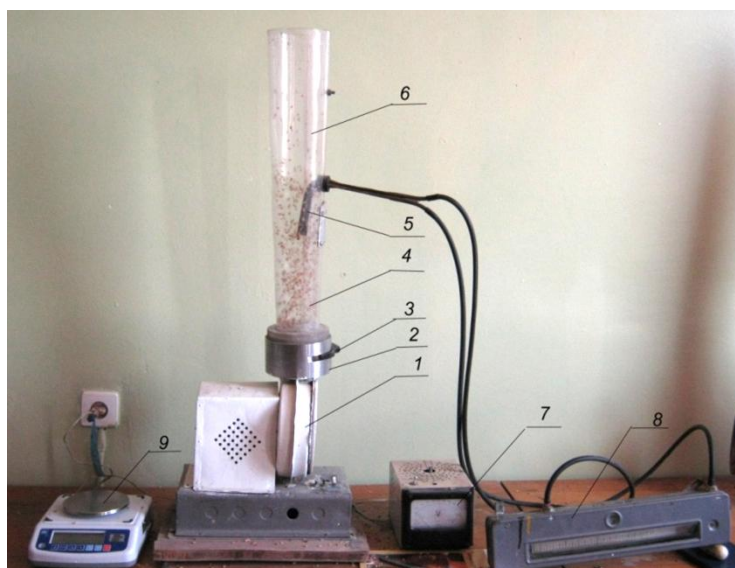
$$k_{\Pi} = \frac{9,8 \cdot k \cdot \rho \cdot F}{G} = \frac{9,8}{V_{кр}^2} \quad (3.5)$$

Критическая скорость $V_{кр}$ для семян зерновых культур находится в пределах 8...17 м/с (для пшеницы 9...11,5; ржи 8,5...10; ячменя 8,5...11,0) м/с, коэффициент сопротивления $k=0,04...0,30$, коэффициент парусности $k_{\Pi}=0,07...0,15$.

Для экспериментального исследования аэродинамических свойств семян, обоснования основных параметров распределителя и изучения неравномерности высева была собрана лабораторная установка (рисунок 3.1).

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 – выравнитель; 3 – сетка; 4 – частица (семена); 5 – трубка измерительная; 6 – трубка Пито; 7 – преобразователь частоты; 8 – микрометр; 9 – электронные весы.

Рисунок 3.1 – Лабораторная установка для определения аэродинамических свойств семян

Порядок проведения лабораторного опыта:

1. Отвесили 10 граммов семян пшеницы, ржи, ячменя и высыпали в аэродинамическую трубу.

2. Записывали первоначальное показание микрометра.

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 микрометра h_0 в момент витания частиц.

5. Вычисляли критическую скорость: $V_{кр} = 1,29 \cdot \sqrt{h_0}$

6. Определяли силу тяжести одного зерна G .

7. Определяли среднюю площадь сечения исследуемых культур

$F = d^2$, 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:

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

где $\rho = 1,22 \text{ кг/м}^3$.

9. Коэффициент парусности вычисляли: $k_{\Pi} = \frac{g}{V_{кр}^2} = \frac{G}{V_{кр}^2}$, где g – ускорения свободного падения, м/с².

Опыты проводились в пятикратной повторности.

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

$$h_{\partial} = \frac{\rho}{2g} \cdot V^2 \quad (3.6)$$

Из выражения (3.6) определяется скорость воздушного потока:

$$V = \sqrt{\frac{2g}{\rho} \cdot h_{\partial}}, \quad (3.7)$$

где V – скорость воздушного потока, м/с;

h_{∂} – динамический напор, кгс/м².

Геометрические размеры вертикального трубопровода лабораторной установки:

$$D_{НАР} = 105 \text{ мм}; D_{ВН} = 100 \text{ мм}; d_{НАР} = 80 \text{ мм}; d_{ВН} = 75 \text{ мм}; h = 550 \text{ мм}$$

где $D_{НАР}$ – верхний наружный диаметр трубопровода, мм;

$D_{ВН}$ – верхний внутренний диаметр трубопровода, мм;

$d_{НАР}$ – нижний наружный диаметр трубопровода, мм;

$d_{ВН}$ – нижний внутренний диаметр трубопровода, мм;

h – высота вертикального трубопровода, мм.

Определяем средний диаметр трубопровода

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

Расход воздуха определяли по выражению

$$Q = V \cdot S, \quad (3.8)$$

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:

$$Re = \frac{V \cdot \bar{D}}{\nu}, \quad (3.9)$$

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:

$$Re = \frac{9,8 \cdot 0,093}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 56463,6$$

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 определения равномерности дозирования

Эксперимент по определению равномерности дозирования семян состоит из двух частей:

1. Определение зависимости дозы посева от количества оборотов дозирующего валика.
2. Определение зависимости дозы посева от рабочей длины дозирующего валика.

Во время первого эксперимента постоянной величиной является рабочая длина дозирующего валика. Рабочая длина дозатора равен $L_p = 332,5 \text{ мм}$. Дозирующий валик поочередно вращаем с 1-го раза до 10. Эксперименты повторяем по 3 раза.

Полученные значения сравниваем с теоретическими значениями. Если экспериментальные значения окажутся больше, чем теоретические, то это будет свидетельствовать о наличии активного слоя семян в дозирующем

устройстве. Отношением экспериментальных значений к теоретическим вычисляем коэффициент активного слоя по формуле:

$$— (3.10)$$

где k_{AC} – коэффициент активного слоя семян;

$Q_{Э}$ – экспериментальная доза высева, кг;

Q_T – теоретическая доза высева, кг.

Данный коэффициент позволяет учитывать активный слой в дозирующем устройстве при дальнейших теоретических исследованиях.

Во втором эксперименте постоянной величиной является обороты дозирующего валика, который равен $N=32$, что соответствует площади 0,1га. Переменной величиной будет являться рабочая длина дозатора. Рабочую

длину устанавливаем по линейке, укрепленной на боковой стенке бункера рядом с дозирующим устройством.

Методика проведения экспериментов. В бункер засыпают семена или удобрения. Далее под высевающее устройство устанавливают емкость или мешок с известной массой, открывают нижние крышки дозаторов и проворачивают рукоятку на передней стенке бункера 2-3 раза. Высыпанные семена обратно засыпают в бункер, а емкости снова устанавливают под открытые крышки дозаторов. Затем проворачивают рукоятку ручного привода дозатора нужное количество оборотов. Высыпанные высевающим аппаратом продукт, взвешивают, вычитают соответствующую массу емкости. Значения записывают в заранее приготовленные таблицы.

3.4 Методика исследования распределителя семян

Все лабораторные исследования проводились на лабораторной установке для определения аэродинамических и технологических свойств кафедры сельскохозяйственные машины КГАУ.

Для исследования неравномерности высева семян распределителем собрали лабораторную установку рисунок 3.2.



10 – распределитель семян; 11 – отводящие патрубки; 12 – семяпровод; 13 – семявоздушная смесь.

Рисунок 3.2 – Лабораторная установка для исследования распределения давлений в распределителе семян

Определение неравномерности заключалось в измерении динамического напора воздушного потока по отводящим патрубкам распределителя. Опыт проводили в трехкратной повторности ГОСТ 12.3.018-79, ГОСТ 31345-2007.

Порядок проведения лабораторного опыта:

1. Записывали первоначальное показание микроманометра.
2. Включали вентилятор и с помощью реостата увеличивали частоту вращения вала вентилятора до определенного значения.
3. Записывали показания микроманометра h_0 в вертикальном трубопроводе, далее измеряли в каждом отводящем патрубке распределителя (количество отводящих патрубков 32).

Все полученные результаты обрабатывали методом математической статистики.

3.5 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:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.11)$$

где $\bar{X}$ – 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:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n}} \quad (3.12)$$

где x – значение отдельных вариантов;

$\bar{X}$ – 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:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \quad (3.13)$$

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:

$$= \quad (3.14)$$

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 $X = S_x$.

При выборе числа повторностей опыта зададимся допустимой ошибкой ε , выраженный в долях среднеквадратического отклонения σ . Из классической теории ошибок измерения известно, что результаты многократных измерения известны, что результаты многократных измерения одной и той же величины должны лежать в пределах 3σ . Поэтому, для сокращения числа экспериментов, можно задаться ошибкой 3σ . Далее задаем доверительную вероятность, которая, при обычных исследованиях в технике, равна $0,7 \dots 0,9$. 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 трехкратной повторностью [32].

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

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты определенияnatуры высеваемого материала

Эксперименты проводили с ячменем и удобрениями. Натyру зерна определяем 1-литровой метрической пуркой. Эксперименты с каждой культурой повторяем по 3 раза. Результаты определения натyры ячменя и удобрения приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты определения натyры зерна, г/дм³

Культура	№ эксперимента			Среднее значение
	1	2	3	
Ячмень	637,5	634,5	636,5	635,6
Удобрение	1010,5	997,5	998,5	1002,5

В результате эксперимента получены следующие средние результаты натyры ячменя – 635,6 г/дм³, удобрения – 1002,5 г/дм³.

Согласно вышеизложенной методике лабораторных исследований проводилось изучение аэродинамических свойств семян, процесса движения семян в вертикальном трубопроводе и распределения воздушного потока по отводящим патрубкам распределителя.

Эксперименты проводились на специальной установке. Эта установка позволила фиксировать силы, действующие на частицу. Результаты этих исследований представлены в виде таблиц и графиков.

В таблице 4.2 представлены аэродинамические свойства семян для зерновых культур: пшеница, ячмень и рожь. Для этих зерновых культур определены критические скорости $V_{кр}$, коэффициенты парусности k_n , коэффициента сопротивления воздушного потока k , измерением динамического напора h_o и параметров воздушного потока: скорости V и расхода воздуха Q . Вычисляли сила давления воздушного потока R и режим движения воздушного потока Re .

Таблица 4.2 – Аэродинамические свойства семян

Показатели Культура		h_0 , Па	$V_{кр}$, м/с	k	k_n	V , м/с	Q , м ³ /с
П о в т о р н.	1	51,9	9,3	0,31	0,11	9,2	0,06
	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
П о в т о р н.	1	67,6	10,6	0,15	0,09	10,5	0,07
	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
П о в т о р н.	1	42,1	8,4	0,27	0,14	8,3	0,06
	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

Следовательно, критическая скорость пшеницы составило 9,3...11,1 м/с; ячменя 9,2...10,6 м/с; ржи 8,4...9,7 м/с. Критическая скорость зерновых культур необходимо при расчетах пневмосистемы сеялки.

4.2 Результаты исследования равномерности дозирования

В первую очередь определяем дозу высева в зависимости от количества оборотов дозирующего валика. При проведении данного опыта постоянной величиной остается рабочая длина дозирующего валика $L_p=332,5$ мм, а количество оборотов дозирующего валика будет меняться от 0

до 10 оборотов. Эксперименты проводим по 3 раза и вычисляем среднее значение дозы высева для каждого оборота дозатора. Результаты эксперимента занесены в таблицу 4.3

Таблица 4.3 – Экспериментальные результаты исследования дозы высева от количества оборотов дозирующего валика

Обороты дозатора	№ эксперимента	Ячмень	Удобрения
1	2	3	4
1	1	0,800	1,260
	2	0,775	1,245
	3	0,795	1,250
	Среднее	0,790	1,252
2	1	1,570	2,450
	2	1,530	2,465
	3	1,545	2,455
	Среднее	1,548	2,457
3	1	2,400	3,755
	2	2,410	3,720
	3	2,425	3,740
	Среднее	2,412	3,738

Продолжение таблицы 4.3

4	1	3,115	5,000
	2	3,005	5,005
	3	2,995	4,990
	Среднее	3,038	4,998
5	1	4,100	6,190
	2	3,905	6,205
	3	4,105	6,185
	Среднее	4,037	6,193
6	1	4,905	7,455
	2	4,920	7,470
	3	4,890	7,460
	Среднее	4,905	7,462

7	1	5,650	8,710
	2	5,645	8,695
	3	5,600	8,720
	Среднее	5,632	8,708
8	1	6,300	9,905
	2	6,405	9,915
	3	6,395	9,910
	Среднее	6,367	9,910
9	1	7,190	11,205
	2	7,215	11,195
	3	7,205	11,215
	Среднее	7,203	11,205
10	1	8,100	12,450
	2	8,120	12,410
	3	8,005	12,435
	Среднее	8,075	12,432

Ячмень	1,16	1,14	1,11	1,12	1,21	1,20	1,18	1,17	1,19	1,19	1,165
Удобрение	1,17	1,15	1,16	1,16	1,15	1,18	1,16	1,15	1,18	1,13	1,159

Следующим этапом экспериментальных исследований является определение дозы высева семян в зависимости от рабочей длины дозирующего валика при постоянных количествах оборотов валика. Количество оборотов валика равен $N=32$, что соответствует 0,1 га, поэтому полученные значения в ходе экспериментов будем умножать на 10, чтобы получить дозу высева соответствующая 1 га. Полученные результаты сведены в таблицу 4.5 и 4.6. Там же даны норма высева по заводской инструкции Q_3 и результаты статистической обработки экспериментальных данных: среднее арифметическое значение X_{CP} , среднее квадратическое отклонение S и коэффициент вариаций V .

Таблица 4.5 – Экспериментальные значения зависимости дозы высева ячменя от рабочей длины дозирующего валика

Деление дозатора	X_1	X_2	X_3	X_{CP}	Q_3	S	V
1	2	3	4	5	6	7	8
1	24,15	24,85	24,30	24,33	34,50	0,39	1,60
1,25	28,95	29,50	29,35	29,27	39,40	0,28	0,96
1,5	34,30	34,00	34,25	34,18	44,29	0,16	0,47
1,75	39,45	40,50	40,15	40,01	49,20	0,54	1,35
2	47,30	45,00	46,50	46,27	54,06	1,17	2,53
2,25	50,75	51,30	51,15	51,07	58,97	1,38	2,70
2,5	55,90	56,25	56,05	56,07	63,84	0,17	0,30
2,75	61,55	59,80	61,05	60,80	68,75	0,60	0,98
3	65,60	67,35	66,55	66,50	73,64	0,88	1,32
3,25	72,20	72,80	71,80	72,27	78,52	0,50	0,69

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
3,5	78,75	78,25	77,50	78,17	83,42	0,63	0,81
3,75	80,80	81,65	82,05	81,50	88,31	0,64	0,79
4	87,30	88,75	83,80	86,62	93,20	2,54	2,93
4,25	92,15	89,35	91,55	91,02	99,10	0,53	0,58
4,5	97,65	96,05	96,75	96,82	102,90	0,80	0,83
4,75	101,95	102,10	101,05	101,70	107,88	0,57	0,56
5	104,30	106,40	105,35	105,35	112,77	1,05	0,99
5,25	110,75	113,25	109,98	111,33	117,67	1,71	1,54
5,5	117,00	119,70	118,05	118,25	122,55	1,36	1,15
5,75	121,95	123,05	121,85	122,30	127,45	0,67	0,55
6	126,05	127,10	125,95	126,37	132,32	0,64	0,51
6,25	132,45	133,50	134,10	133,35	137,22	0,84	0,62

6,5	137,45	139,80	140,05	139,10	142,13	1,43	1,03
6,75	144,80	143,65	145,05	144,50	147,00	0,75	0,520
7	146,70	148,35	147,80	147,62	151,91	0,84	0,55
7,25	151,20	153,25	152,75	152,40	156,80	1,07	0,70
7,5	156,10	153,40	157,05	155,52	161,70	1,89	1,220
7,75	162,35	163,10	160,15	161,86	166,58	1,53	0,95
8	167,20	168,85	167,50	167,85	171,48	0,88	0,52
8,25	174,10	173,75	173,25	173,70	176,36	0,43	0,35
8,5	178,65	179,00	178,05	178,57	181,25	0,48	0,37
8,75	181,70	183,00	182,80	182,50	186,15	0,7	0,38
9	186,40	187,10	187,85	187,12	191,03	0,73	0,39
9,25	193,50	192,95	192,45	192,97	195,94	0,53	0,27
9,5	199,60	197,75	198,05	198,47	200,83	0,69	0,35
9,75	204,55	205,60	204,80	204,98	205,72	0,55	0,27
10	208,80	210,25	209,90	209,65	210,61	0,76	0,36
10,25	213,65	213,55	214,25	213,82	215,50	0,38	0,17
10,5	218,90	219,70	221,05	219,88	220,39	1,09	0,49
10,75	224,35	225,65	224,90	224,97	225,66	0,65	0,29
11	229,70	230,50	231,00	230,40	230,23	0,66	0,28
11,25	233,90	235,05	235,30	234,75	235,06	0,88	0,38
11,5	238,40	239,40	242,00	239,93	239,96	1,86	0,77
11,75	244,45	245,20	244,05	244,57	244,25	0,58	0,24
12	249,15	251,00	248,05	249,40	249,73	1,49	0,60
12,25	253,50	252,80	254,35	253,55	254,64	0,78	0,31
12,5	257,30	258,35	257,90	257,85	259,51	0,53	0,20
12,75	261,50	263,00	262,80	262,43	264,42	0,81	0,31
13	266,00	267,80	266,35	266,72	269,31	0,95	0,36
13,25	272,50	272,15	271,60	272,08	274,21	0,45	0,17
13,5	276,30	277,50	275,40	275,07	279,09	1,94	0,71

Таблица 4.6 – Экспериментальные значения дозы высева удобрения от рабочей длины дозирующего валика

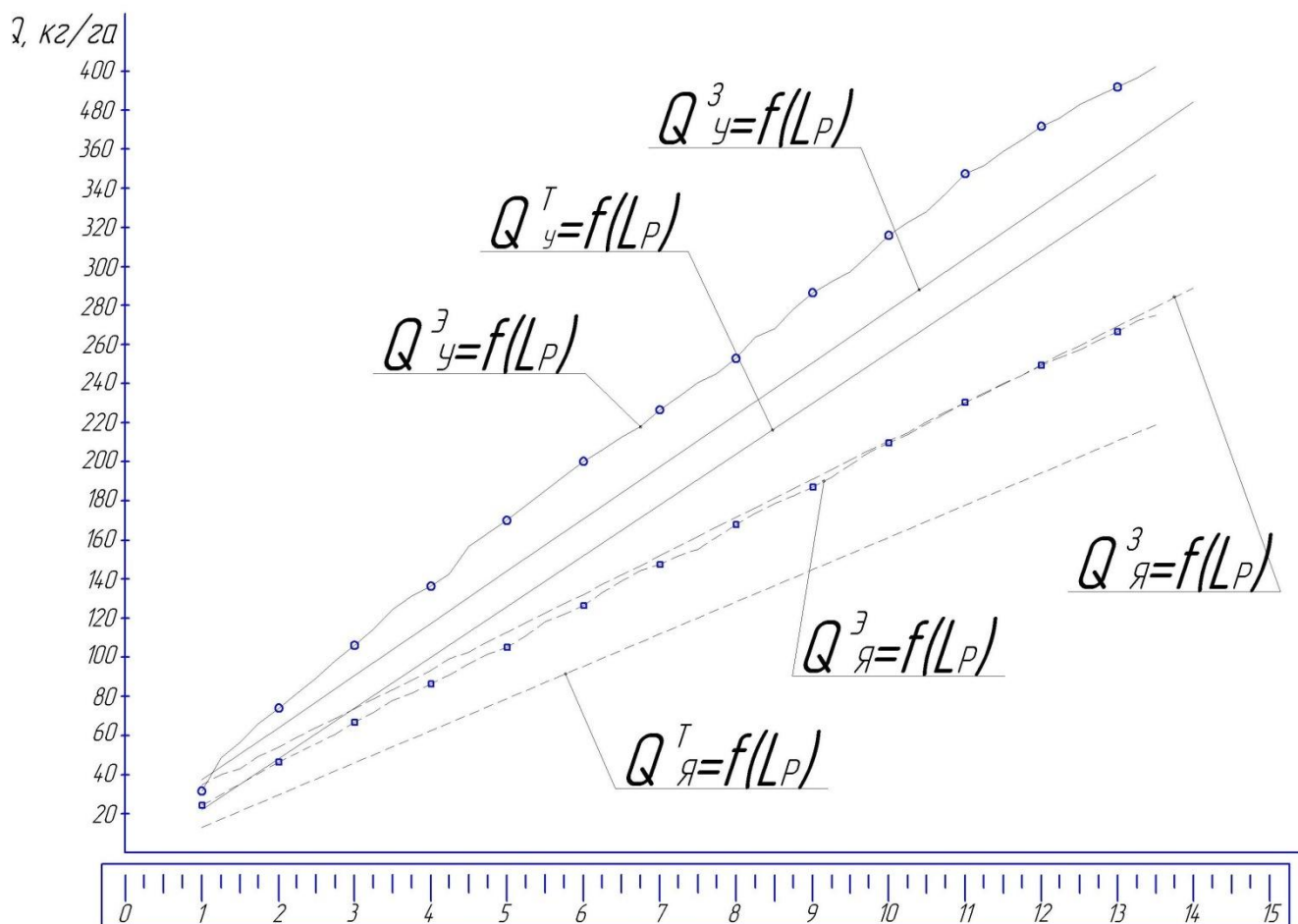
Деление дозатора	X ₁	X ₂	X ₃	X _{ср}	Q ₃	S	V
1	2	3	4	5	6	7	8
1	33,60	29,00	32,55	31,72	37,36	2,41	7,59
1,25	49,20	47,65	48,50	48,45	44,04	0,78	1,6
1,5	56,20	56,00	57,10	56,43	50,72	0,59	1,04
1,75	67,55	65,00	65,65	66,07	57,38	1,33	2,00
2	73,10	73,60	74,15	73,62	64,04	0,53	0,71
2,25	81,65	81,80	82,50	81,93	70,74	0,46	0,56
2,5	88,40	89,75	89,90	89,35	77,41	0,83	0,92
2,75	96,05	95,35	96,35	95,92	84,08	0,51	0,54
3	105,75	106,45	106,20	106,13	90,76	0,35	0,33
3,25	113,20	115,80	114,95	114,65	97,42	1,31	1,14
3,5	124,00	124,50	125,05	124,52	104,10	0,53	0,42

3,75	130,05	131,50	131,20	131,38	110,78	0,95	0,73
4	136,50	136,35	137,05	136,33	117,44	0,52	0,38
4,25	143,20	142,05	143,55	142,93	124,12	0,78	0,55
4,5	158,05	155,85	156,35	156,75	130,08	1,15	0,74
4,75	164,50	162,20	163,70	163,46	137,46	1,17	0,71
5	168,00	171,05	171,20	170,08	144,14	1,81	1,06
5,25	178,50	177,25	177,85	177,87	150,82	0,63	0,35
5,5	184,60	185,25	184,85	184,90	157,48	0,33	0,18
5,75	192,60	192,90	193,15	192,88	164,16	0,28	0,14
6	199,40	200,25	201,05	200,23	170,84	0,83	0,41
6,25	206,35	206,60	205,40	206,12	177,50	0,63	0,31
6,5	212,50	212,20	213,10	212,60	184,18	0,46	0,22
6,75	216,40	218,40	219,40	218,07	190,86	1,53	0,70
7	227,60	226,05	226,35	226,67	197,52	0,82	0,36
7,25	233,45	233,65	232,80	233,30	204,20	0,44	0,19
7,5	239,70	240,20	241,50	240,47	210,88	0,93	0,39
7,75	244,90	245,70	245,25	245,28	217,54	0,40	0,16
8	253,70	252,10	252,85	252,88	224,22	0,80	0,32
8,25	263,25	264,00	264,70	263,98	230,92	0,73	0,27
8,5	266,70	269,80	267,70	268,07	237,56	1,57	0,58
8,75	278,75	278,30	276,55	277,87	244,24	1,16	0,42
9	285,40	287,20	286,85	286,48	250,92	0,95	0,33
9,25	291,50	292,00	292,20	291,90	257,58	0,36	0,12
9,5	295,00	300,10	297,30	297,47	264,26	2,55	0,86
9,75	306,15	306,40	305,70	306,08	270,94	1,03	0,34

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8
10	316,00	315,30	316,80	316,03	277,60	0,75	0,24
10,25	323,50	322,00	321,50	322,33	284,28	1,04	0,32
10,5	327,35	328,00	328,80	328,05	290,96	0,73	0,22
10,75	338,60	336,00	337,75	337,45	297,62	1,31	0,39
11	348,60	346,50	347,75	347,62	304,30	1,06	0,30
11,25	350,70	351,50	352,05	351,42	310,98	0,68	0,19
11,5	360,80	357,40	358,70	358,97	317,64	1,72	0,48
11,75	364,85	364,40	365,60	364,95	324,32	0,55	0,15
12	371,20	372,80	373,05	372,35	331,00	1,00	0,27
12,25	375,40	376,80	376,95	376,38	337,66	0,85	0,23
12,5	383,20	382,40	384,15	383,25	344,34	0,88	0,23
12,75	387,75	387,40	386,65	387,27	351,00	0,56	0,15
13	392,20	391,50	393,20	392,30	357,68	0,85	0,22
13,25	396,70	395,40	397,15	396,42	363,40	0,91	0,23
13,5	403,15	402,60	401,50	402,42	370,34	0,84	0,21

Для анализа результатов строим графики зависимости дозы высева от длины рабочей части дозирующего валика. Графические результаты представлены на рисунке 4.2. В этих же координатах



даем графики теоретических значений рассчитанные по формулам из второго раздела и графики норм высева заводской инструкции.

По рисунку 4.2 видно, что закономерность распределения значений одинаково. Однако, с ростом рабочей длины дозирующего валика равномерность дозирования увеличивается. Это объясняется наличием активного слоя семян, который не управляется.

Таким образом, по результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что необходимо внести конструкторские изменения в дозирующий аппарат сеялок центрального дозирования. Нами предлагается установка клапана снизу дозирующего валика, который позволяет управлять толщиной активного слоя семян. Разработка конструкция дозатора с клапаном будет осуществляться при выполнении НИОКР по данной тематике.

Рисунок 4.2 – Графики дозы высева семян от длины рабочей части дозирующего валика.

4.3 Результаты исследования распределителя

Согласно методике лабораторных исследований провели эксперимент и получили следующие результаты, которые представлены в виде таблицы 4.7 и эпюры рисунок 4.3.

На выходе распределителя по всем отводящим патрубкам измеряли динамический напор h_d и вычислили скорость воздушного потока V (таблица 4.7)

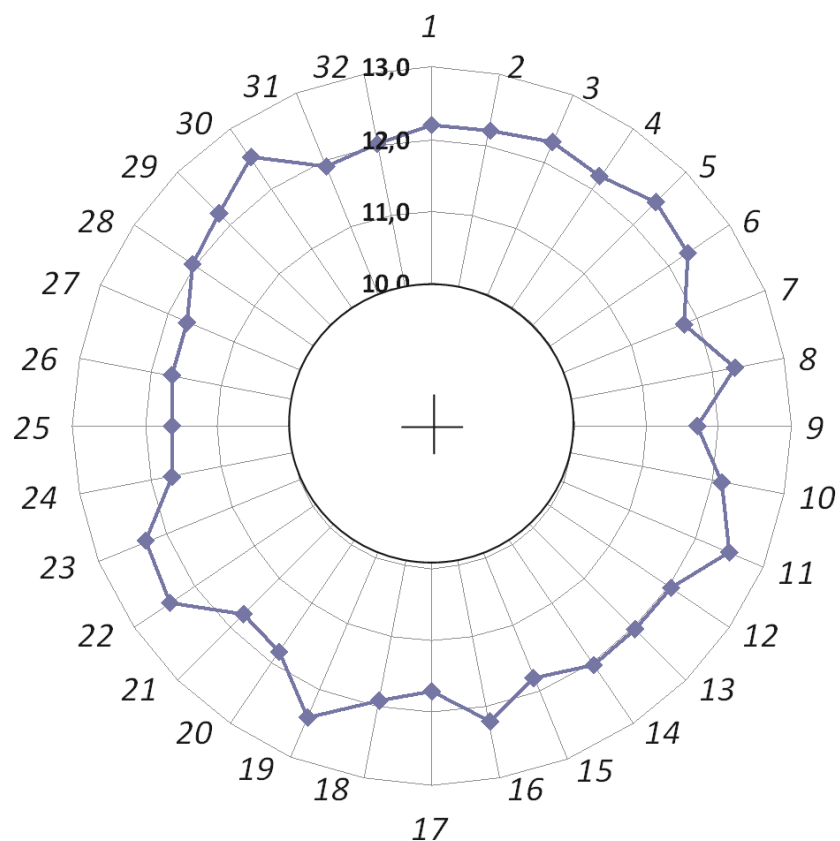
Таблица 4.7 – Результаты распределения воздушного потока в криволинейном (разработанном) распределителе

№ Ответвление патрубка	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		$\bar{L} = 2,59$	$\bar{h}_d = 98,5$	$\bar{V} = 12,8$

Результаты математической статистической обработки следующие: $\sigma^2 = 0,1$;
 $\sigma = 0,3$ м/с; $V = 2,2\%$; $m = 0,05$ м/с; $P = 0,4\%$

На рисунке 4.3.представлена эпюра скоростей воздушного потока на выходе распределителя.

V_c ↑



V_c – направление движения сеялки; 10,0;11,0...13,0 – шкала скорости воздушного потока, м/с; 1, 2, 3,...32 – номер отводящего патрубка;

Рисунок 4.3 – Эюра скоростей воздушного потока на выходе из распределителя

По результатам математической статической обработки данных неравномерность распределения составила 2,2 %.

На неравномерность распределения оказывает точность изготовления распределителя и отражателя, шероховатость поверхности составляет 3...6 мкм.

Таким образом, в заключение можно сказать, что численные значения экспериментов могут быть использованы при теоретических расчетах конструктивно-технологических параметров распределителя семян. Полученные экспериментальные результаты позволяют оценить влияние давления в распределителе на равномерность распределения семян по отводящим патрубкам.

5 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОЗИРОВАНИЯ

5.1 Агротехнические параметры для исследования технико-экономических показателей пневматических сеялок центрального дозирования

Уклон поверхности поля не должен превышать 15° . Поверхностный слой почвы перед посевом должен быть выровнен и разрыхлён в соответствии с агротехническими требованиями для соответствующей зоны согласно ГОСТ 26711.

Почва в слое глубины заделки должна быть мелкокомковатой: весовое содержание комьев почвы размером от 1 до 10 мм должно быть не менее 50%.

Крупные камни и комья размером 30 мм и более не допускаются.

Поверхностный слой почвы не должен иметь скопления сорняков, пожнивных и солоmistых остатков, превышающих по размерам установленную глубину заделки семян.

Высота гребней и глубина борозд не должны превышать 20 мм.

Влажность почвы в зоне заделки семян должна быть не более:

15...20% – для глубины 0...5см;

18...30% – для глубины 5...10см.

Твёрдость взрыхленного слоя при предпосевной обработке почвы должна быть не более:

0,5...1,5 кг/см² – для глубины 0...1см;

1,5...4,5 кг/см² – для глубины 5...10см;

Для исследования технико-экономических показателей пневматических сеялок центрального дозирования возможности и целесообразности использования, а также сравнения применения зарубежных и отечественных посевных машин, использовались сравнительные испытания в производственных условиях совместно с Поволжской машиноиспытательной станцией на полях ООО «Союз-Агро» Альметьевского района Республики Татарстан.

5.2 Результаты анализа технико-экономических показателей пневматических сеялок центрального дозирования

Определение технико-экономических показателей работы сравниваемых посевных машин проводилось согласно существующих методик и рекомендаций.

Экономическая оценка испытываемых посевных агрегатов и технологий возделывания зерновых культур проведена совместно по новой методике, использующей показатель часовых эксплуатационных затрат (ЧЭЗ-методика). В данной работе мы определяли стоимость прямых затрат при посеве зерновых культур различными посевными агрегатами. Расчёты выполнялись на основании показателей, полученных в результате испытаний этих посевных машин в условиях данного хозяйства, по данным испытаний Поволжской машиноиспытательной станцией (ПовМИС). Сведения по тракторам и по другим машинам, применяемым в хозяйстве для выращивания зерновых, были приняты на основании испытаний прошлых лет или по справочной литературе. Методика полностью гармонизирована с общепризнанным мировым стандартом ASSAE. Поэтому

она в равной степени применима как к отечественным, так и зарубежным машинам и агрегатам. ЧЭЗ-методика разработана специалистами Поволжской МИС.

Критериями оптимальности составления машинных агрегатов являются эксплуатационная производительность и себестоимость выполняемых ими работ. Последний показатель во многих случаях является определяющим. Себестоимость работы прямо пропорциональна часовым эксплуатационным затратам агрегата (ЧЭЗ агрегата) и обратно пропорциональна эксплуатационной производительности агрегата:

$$CP = ЧЭЗ_{агрегата} / W_{э} , \quad (5.1)$$

где CP – себестоимость работ;

$W_{э}$ – эксплуатационная производительность агрегата;

$ЧЭЗ_{агрегата}$ – ЧЭЗ агрегата равен сумме ЧЭЗ отдельных машин.

Из приведенной формулы видно, что минимизировать себестоимость работы можно за счет комплектации агрегатов машинами, которые отвечают агротехническим требованиям и при этом имеют малые часовые эксплуатационные затраты и высокую производительность.

Для всех типов машин обобщенная математическая модель ЧЭЗ имеет следующий вид:

$$ZM = \sum_{i=1}^n Z_i = C / \mu_T \cdot T_0 \cdot \sum_{i=1}^V K_i + \sum_{r=V+1}^n Z_r , \quad (5.2)$$

где ZM – эксплуатационные затраты, руб./час;

Z_i – элемент общей структуры ЧЭЗ машины, отражающий абсолютную величину затрат по i -ой статье, руб./час;

C – заводская цена машины, руб.;

$K_o = \sum_{i=1}^V K_i$ – общий коэффициент учета всех видов затрат, зависящих от

уровня заводской цены машины ($K_i \geq 0$);

T_o – часовой амортизационный ресурс, соответствующий требованию международного стандарта ASAE, час;

$\mu_T \leq 1,0$ – коэффициент приравнивания величины часового амортизационного ресурса машин российского производства к уровню

международного стандарта (для отечественных машин $0,8 \leq \mu_T \leq 1,0^1$; импортных - $\mu_T = 1,0$);

n_0 – нормативный законодательно установленный годовой срок амортизации машины, год;

Z_r – множество эксплуатационных затрат, которые не зависят от заводской цены машины, руб./час.

Основное место в затратной группе Z_r занимают расходы на топливо-смазочные материалы (ТСМ), заработную плату и издержки от потерь количества и качества продукции. С учетом этого выражение (5.2) приводится к более простому для практического применения виду:

$$ZM = C / \mu_T \cdot T_0 \cdot \sum_{i=1}^V K_i + S_q + S_{qn} + S_m, \quad (5.3)$$

где ZM – эксплуатационные затраты, руб./час;

S_q – стоимость часового расхода топливо-смазочных материалов (ТСМ) энергетическим средством при его реальной загрузке, руб./ч;

S_{qn} – налоговые издержки на охрану окружающей среды, руб./ч;

S_m – средняя величина часовой заработной платы одного сельскохозяйственного работника с включением в нее всех видов начислений и налоговых платежей, руб./час.

Затраты на топливо и смазочные материалы

Величина затрат на топливо и смазочные материалы (ТСМ) полностью определяется конструктивными особенностями энергетического средства, его мощностью и уровнем эксплуатационной нагрузки двигателя:

$$S_q = C_T \cdot (q_n \cdot N_n \cdot k_{эм} \cdot 1000) \cdot k_c, \quad (5.4)$$

где S_q – затрат на топливо и смазочные материал, руб;

C_T – цена топлива, руб./кг;

q_n – удельный номинальный расход топлива (паспортная характеристика двигателя), г/час л.с.;

N_n – мощность двигателя на номинальном режиме, л.с.;

$k_{эм} = Q_p / Q_n$ – коэффициент эксплуатационного расхода топлива;

Q_p – часовой расход топлива в реальной работе агрегата (оценивают в процессе испытаний), кг/ч;

$Q_n = q_n \cdot N_n \cdot 1000$ – часовой расход топлива при номинальной нагрузке энергетического средства (паспортная характеристика двигателя), кг/ч;

k_c – коэффициент учета стоимости смазочных материалов (по ГОСТ 23729 для отечественной техники и стран СНГ $k_c = 1,1$; зарубежной – 1,25).

Итак, ЧЭЗ-методика является работоспособной при любом способе задания коэффициента эксплуатационного расхода топлива.

Расходы на оплату труда

Изложенную выше концепцию учета заработной платы в структуре часовых эксплуатационных затрат сельскохозяйственных машин реализует следующий алгоритм:

$$S_m = S_{cp} \cdot r = m \cdot S_1 \cdot r, \quad (5.5)$$

где S_m – расходы на оплату труда, руб.;

$S_{cp} = m \cdot S_1 \cdot r$ – средняя часовая заработная плата одного сельскохозяйственного работника с учетом всех видов начислений и налоговых выплат, руб./чел.-ч;

m – коэффициент приведения S_{cp} к уровню месячной ставки первого разряда работника бюджетной организации;

S_1 – тарифная ставка первого разряда, руб./месяц;

r – потребное количество работников, которые необходимы для обслуживания машины, чел.

Наиболее полная и стандартная оценка экономической эффективности различных сеялок, произвели по результатам научно-производственных испытаний, проведенных совместно с Поволжской МИС, таблица 5.1, 5.2, 5.3.

Таблица 5.1 – Эксплуатационно-технологические показатели посевных агрегатов на посеве яровых культур

№	Показатель	Значение показателя	
		Агромастер8500+ MT3-1221	Кузбасс 12,2 + Agrotron 265
1	Состав агрегата		
2	Режим работы:		
2.1	скорость движения, км/ч	7,1	12,1
2.2	ширина захвата, м	8,5	12,2
3	Производительность за 1 ч, га:		
3.1	основного времени	5,54	14,24
3.2	сменного времени	4,10	9,32
3.3	эксплуатационного времени	4,01	9,22
4	Удельный расход топлива за время сменной работы, кг/га	1,92	3,19
5	Эксплуатационно-технологические коэффициенты:		
5.1	технологического обслуживания	0,94	0,87
5.2	надежности технологического процесса	0,99	0,99
5.3	использования сменного времени	0,74	0,65
5.4	использования эксплуатационного времени	0,72	0,65
6	Количество обслуживающего персонала	1	1

Таблица 6.2 – Энергетические показатели посевных агрегатов

Показатель	Значение показателя по: РТ Альметьевский район
Место проведения испытаний	

Состав агрегата		Агромастер8500+ MT3-1221	Кузбасс 12,2 + Agrotron 265
1	Режимы работы:		
1.1	- скорость движения, км/ч	8,0	12,4
1.2	- рабочая ширина захвата, м	8,5	12,2
1.3	- производительность за время основной работы, га/ч	6,2	14,7
1.4	- расход топлива за время основной работы, кг/ч	11,2	45,9
2	Энергетические показатели:		
2.1	- тяговое сопротивление машины, кН	14,8	36,6
2.2	- тяговая мощность агрегата, кВт	32,9	126,1
2.3	- удельное тяговое сопротивление машины, кН/м	1,9	3,1
2.4	- удельная тяговая мощность на 1га/ч производительности, кВт.час/га	4,21	8,57
2.5	- тяговый КПД	0,58	0,66
2.6	- мощность энергетического средства, кВт	55,1	192,0
2.7	- буксование движителей, %	6,7	6,8

Таблица 5.3 – Экономические показатели посевных агрегатов на посеве яровых культур

№	Наименование	MT3-1221 + Агромастер8500	Deutz-Fahr Agrotron 265 + Кузбасс 12,2
1	Стоимость агрегата, руб. без НДС	885600	7872080
1.1	трактора	446600	4742000
1.2	машины	439000	3130080
2	Эксплуатационная производительность, га/ч	4,01	9,22
3	ЧЭЗ агрегата, руб./ч	1734,8	6468,7

3.1	ЧЭЗ трактора, руб./ч	753,0	1755,8
3.2	ЧЭЗ машины, руб./ч	981,8	4712,9
4	Себестоимость работы агрегата, руб./га(%)	432,6\100%	701,6\100%
4.1	Зарплата	60,9\13,8%	26,5\3,7%
4.2	ГСМ	134,6\31,0%	104,9\14,8%
4.3	Амортизация	91,4\23,1%	195,5\36,8%
4.4	Ремонт и ТО	100\21,0%	258,5\27,8%
4.5	Временные издержки	30,2\6,9;	77,5\10,9%
4.6	Прочие прямые затраты	15,1\3,5%	38,8\5,4%
5	Энергозатраты на посеве кВт час/га	4,21	8,57
6	Себестоимость посева, руб/га	432,6	701,6
7	Себестоимость всего технологического процесса посева, руб/га	7100 (81%)	8318 (91%)
8	Стоимость одного комплекса техники на технологию без НДС, млн.руб.	18,5	41,9
9	Стоимость комплекса техники на 1000 га посева, млн.руб, без НДС	33,4	72,2
10	Урожайность яровой пшеницы, ц/га	22,0	17,0
11	Себестоимость зерна, руб/ц	323,0	489,0

В структуре себестоимости наибольшую долю составляют затраты на ремонт и техническое обслуживание (ТО) и амортизация, которые в сумме составляют до 65%. Зарплата – от 3 до 13 %. ТСМ – от 15 до 24 % (кроме «Агромастер», у которой на ТСМ приходится 31% всех затрат).

Следует особенно выделить, что амортизация доходит до 37% всех затрат в структуре себестоимости механизированных сельскохозяйственных работ.

Таким образом, исследование технико-экономических показателей пневматических сеялок центрального дозирования показали, что посевные агрегаты, составленные из посевного комплекса ПК «Кузбасс» имеет себестоимость 1-го га посева до 1,5 раз выше, чем ПК «Агромастер». При этом заработная плата существенного влияния на себестоимость не оказывает. Годовой экономический эффект от применения ПК «Агромастер», с разработанным распределителем при зональной годовой выработке 450 га составил 523048 руб. в ценах 2017 года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ конструкций сеялок и их рабочих органов показал, что наибольшего внимания заслуживают пневматические сеялки централизованного высева. Однако, применяемые на таких сеялках дозирующе-распределительные системы не всегда обеспечивают необходимое качество высева семян и удобрений (неравномерность высева доходит до 15%).

2. В результате теоретических и экспериментальных исследований дозирующего аппарата дозирующе-распределительной системы пневматической сеялки централизованного высева:

а). Установлено, что теоретические и экспериментальные значения величины дозирования высеваемого материала не совпадают, причём с ростом рабочей длины дозирующего валика равномерность дозирования увеличивается. Это объясняется наличием неуправляемого активного слоя семян в дозирующем аппарате.

б). Определены коэффициенты активного слоя пределы значений, которых составляют для: зерновых – 1,1...1,2, минеральных удобрений – 1,15...1, 18.

в). Предлагается установить клапан снизу дозирующего валика, который позволит управлять толщиной активного слоя семян и позволит повысить равномерность дозирования.

3. В результате теоретических и экспериментальных исследований распределительной головки дозирующе-распределительной системы пневматической сеялки централизованного высева:

а). Проведена оценка влияния давления в распределителе на равномерность распределения семян по отводящим патрубкам .

б). Определены критические скорости зерновых культур пределы значений, которых составляют для: пшеницы – 9,3...11,1 м/с; ячменя – 9,2...10,6 м/с; ржи – 8,4...9,7 м/с. Полученные результаты могут быть использованы при теоретических расчетах конструктивно-технологических параметров распределителя семян.

4. Исследования технико-экономических показателей пневматических сеялок центрального дозирования показали, что посевные агрегаты, составленные из посевного комплекса ПК «Кузбасс» имеет себестоимость первого га посева до 1,5 раз выше, чем ПК «Агромастер». Годовой экономический эффект от применения ПК «Агромастер», с разработанным распределителем при зональной годовой выработке 450 га составляет 523048 руб. в ценах 2017 года.