

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

(Магистерская диссертация)

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ-ПРИСТАВКИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ
СЕЯЛКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БИОПРЕПАРАТАМИ**

Студент магистратуры



Замалетдинов Р.Т.

Научный руководитель,
к.т.н., доцент

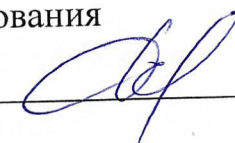


Халиуллин Д.Т.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите
(Протокол № 7 от 01 февраля 2021 г.)

Заведующий кафедрой машин и оборудования

в агробизнесе к.т.н., доцент



Халиуллин Д.Т.

Казань - 2021 г.

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе (магистерской диссертации) Замалетдинова Ришата Тагировича на тему: «Исследование модуля-приставки пневматической сеялки для обработки семян биопрепаратами»

Диссертация состоит из пояснительной записки на 82 страницах машинописного текста. Записка состоит из введения, пяти разделов, выводов и включает 23 рисунка, 22 таблицы и 24 формулы. Список использованной литературы содержит 19 наименований.

В первой главе «СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ» проведен литературно-патентный анализ существующих способов и средств защиты и стимуляции роста растений. Обозначены цель и задачи исследования.

Во второй главе выполнено технологическое обоснование параметров протравливающего модуля-приставки к зерновой сеялке. Представлены результаты анализа теоретических исследований взаимодействия семян и препаратов в воздушном потоке. Обоснованы конструктивные параметры рабочих органов протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке.

В третьей главе приведены программа и методика экспериментальных исследований по определению пропускной способности бункера для семян, измерения площади поверхности семян, исследования распылителей и процесса протравливания в воздушном потоке.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований.

В пятой главе проведена оценка эффективности протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке.

Записка завершается общими выводами по работе и списком использованных литературных источников.

ABSTRACT

To the final qualifying work (master's thesis) Zamaletdinov Rishat Tagirovich on the topic: "Development and research of the dressing module-attachment to the seeding complexes"

The thesis consists of an explanatory note on 82 typewritten pages. The note consists of an introduction, five sections, conclusions and includes 23 figures, 22 tables and 24 formulas. The list of used literature contains 19 titles.

In the first chapter, "STATE OF THE ISSUE, PURPOSE AND OBJECTIVES OF THE RESEARCH", a literature-patent analysis of existing methods and means of protecting and stimulating plant growth is carried out. The purpose and objectives of the study are indicated.

In the second chapter, the technological substantiation of the parameters of the dressing module-attachment to the grain seeder is carried out. The results of the analysis of theoretical studies of the interaction of seeds and preparations in an air flow are presented. The design parameters of the working bodies of the dressing module-attachment to the pneumatic grain seeder have been substantiated.

In the third chapter, a program and experimental research methodology for determining the throughput of the seed hopper, measuring the surface area of the seeds, researching sprayers and the process of dressing in an air stream are presented.

The fourth chapter presents the results of experimental studies.

The fifth chapter evaluates the efficiency of the dressing module-attachment to the pneumatic grain seeder.

The note ends with general conclusions on the work and a list of used literary sources.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	7
1.1 Сущность процесса протравливания семян	7
1.2 Особенности применения биопрепаратов для защиты и стимуляции роста сельскохозяйственных растений	8
1.3 Анализ существующих конструкций протравливателей семян.....	10
1.4 Патентные исследования	17
1.5 Цели и задачи исследования	23
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОТРАВЛИВАЮЩЕГО МОДУЛЯ-ПРИСТАВКИ	24
2.1 Анализ теоретических исследований процесса взаимодействия семян с препаратами.....	24
2.2 Технологическая схема протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке	31
2.3 Исследование поведения воздушного потока в программе ANSYS.....	35
2.4 Обоснование параметров протравливающего модуля-приставки	40
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	44
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	44
3.2 Методика проведения лабораторных исследований	44
3.3 Методика исследования процесса протравливания в воздушном потоке	51
3.4 Методика обработки результатов.....	53
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	56
4.1 Результаты лабораторных исследований.....	56
4.2 Результаты лабораторно-производственных исследований.....	61
5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТРАВЛИВАЮЩЕГО МОДУЛЯ-ПРИСТАВКИ	64
5.1 Энергетическая оценка разработанной конструкции.....	64
5.2 Бизнес-план организации производства протравливающего модуля-приставки к зерновой сеялке.....	68
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81

ВВЕДЕНИЕ

Продовольственная проблема едва ли не древнейшая из всех стоящих перед человечеством. Правительства, отдельные государства и даже социально экономические формации были обречены на исчезновение, если они не уделяли достаточного внимания данному вопросу. Голод, как крайнее ее проявление и огромное социальное бедствие, обрушивался на массы людей и в древности, и в Средние века, и в периоды Новой истории, актуальна эта проблема и в наши дни. Во всём мире продовольственная безопасность выступает основой национальной безопасности и является важным фактором принятой мер по стимулированию развития различных секторов экономики, а аграрный комплекс считается стратегической отраслью экономики. И это неслучайно, ведь от питания зависит степень устойчивости людей к заболеваниям, состояние поведенческой агрессивности, уровень производительности труда, а так же качество и продолжительность жизни членов общества. Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 принята «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации» стратегическая цель которой заключается в надежном обеспечении населения страны безопасной и качественной сельскохозяйственной и рыбной продукцией, сырьем и продовольствием, создания условий для устойчивого развития отечественного производства основных продуктов питания, достаточного для обеспечения продовольственной независимости страны.

Поставленная цель может быть достигнута лишь при условии повышения урожайности сельскохозяйственных культур, т.к. введение в оборот новых земель ограничено. Существенным резервом повышения урожайности является внедрение новых технологий обеспечивающих рациональное использование почвенного потенциала и восстановление его

плодородия, а так же защита растений от болезней и вредителей из-за которых потери продукции достигают от 30 до 50 %.

При защите растений, в настоящее время, химические методы, является самыми распространенными. Сущность метода основывается в нанесении на поверхность семян различных органических и минеральных соединений – пестицидов, токсичных для вредных организмов. Вместе с тем химические способы, вследствие нанесения большого экологического вреда, вытесняются более безопасными способами, среди которых наибольшими перспективами обладают биологические методы защиты и стимуляции роста растений.

В области использования и восстановления почвенного плодородия наряду с внедрением щадящих технологий нулевой, минимальной и т.д. обработок почвы не менее значимыми являются операции по подкормке и внесению питательных элементов в почву. При сплошном внесении минеральных удобрений основная часть питательных элементов выносится из плодородного слоя, загрязняя окружающую среду. Повсеместно все более широкое распространение находят методы локального внесения питательных элементов, среди которых, особенного для гуматов, микроэлементов, стимуляторов роста и биопрепаратов является инкрустация семян. Целью магистерской диссертации является разработка конструкции и обоснование параметров машины для протравливания семян сельскохозяйственных культур с учетом особенностей обработки биопрепаратами.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Сущность процесса протравливания семян

Семена – это генетический носитель биологических и хозяйственных свойств растений и от их качества в значительной степени зависит будущий урожай сельскохозяйственной культуры. Известно, что с прорастания семян начинается первая активная фаза жизнедеятельности растений. Поэтому начальным этапом в технологии выращивания культуры являются мероприятия, направленные на повышение жизнеспособности и полевой всхожести семян. Семенной материал имеет невысокий запас питательных веществ, ферментов, витаминов, регуляторов роста, которые выполняют важную роль в процессе прорастания семян и интенсивности первоначального роста. Поэтому первым условием успешного прорастания семян является активизация их ферментативной системы на фоне обязательного обеззараживания семенного материала.

В период начала развития во время отсутствия развитой корневой системы, всходы семян растений переживают острый дефицит в микро- и макроэлементах, наиболее уязвимы к болезням и вредителям. Поэтому целью инкрустации является защитить растения от возбудителей бактериальных, грибных и вирусных заболеваний, а также уберечь молодые всходы от болезнетворных микроорганизмов, дать стартовую дозу микро- и макроэлементов для ускоренного их развития и дальнейшего повышения урожайности. Обогащение семян микроэлементами и биологически активными веществами посредством обработки семян защитно-стимулирующими составами – наиболее доступный способ повышения интенсивности биохимических превращений в прорастающих семенах, а также стимуляции прорастания и развития растений.

Обработка семенного материала биопрепаратами предполагает решение следующих задач:

- 1) Обеззараживание семян и посадочного материала от внутренней и внешней инфекции болезней;
- 2) Борьба с болезнетворными бактериями и вредителями всходов;
- 3) Стимуляция роста и развития растений;
- 4) Обеспечение растений микроэлементами.

При протравливании семян биопрепаратами полевая всхожесть увеличивается на 5...7 %, урожайность – на 8...15%. Однако, вопреки высоким показателям эффективности применения обработки семян биологическими препаратами, она не получила широкого распространения, в связи с отсутствием высокопроизводительных машин, способных производить качественную обработку, не повреждая микроорганизмы биологического препарата.

1.2 Особенности применения биопрепаратов для защиты и стимуляции роста сельскохозяйственных растений

В настоящее время в России все более широкое распространение приобретает интегрированная система защиты растений с постоянно увеличивающейся долей использования биологических средств. По предварительным прогнозам, в недалеком будущем более половины всех производимых средств защиты должны составить микробиологические препараты [5].

Суть биологического метода заключается в использовании биологических средств, основой которых являются микроорганизмы и (или) их метаболиты. Действующие агенты биопрепаратов являются компонентами природных биоценозов, что объясняет их безопасность для окружающей

среды, человека, теплокровных животных, птиц, рыб и полезной энтомофауны.

Основные достоинства микробиологических средств защиты растений:

- высокая специфичность и одновременно широкий спектр действия;
- высокая экологичность и безопасность для человека;
- возможность решения с помощью микробиологических средств защиты растений проблемы устойчивости популяций насекомых, вредителей и фитопатогенов к химическим пестицидам;
- высокая эффективность при правильном применении – 80...90%.

Сегодня биологические методы защиты растений становятся всё более популярными во всём мире, особенно в развитых странах.

Вместе с тем проектирование и изготовление машин для обработки сельскохозяйственных культур биопрепаратами остались в рамках подходов и тенденций, применяемых при разработке машин для химической защиты, без учёта того, что в качестве действующего вещества используются живые микроорганизмы.

Обработка семян, с включением в состав препарата наряду с элементами питания и стимуляторы роста, является на сегодняшний день одним из наиболее эффективных приемов повышения урожайности. Вместе с тем, на сегодняшний день, обработку биопрепаратами проводят по аналогии с протравливанием химическими препаратами: заблаговременно, за 10...15 дней до посева [7], а обработка биопрепаратами необходимо проводить не ранее 2-х дней до посева, оптимально в день посева [2]. Это объясняется тем, что штаммы агробактерий теряют свою активность (погибают) при хранении и перепаде температур. Всё это приводит к неизбежному снижению эффективности процесса.

В связи с этим целью данной выпускной квалификационной работы является разработка конструкции и обоснование рациональных параметров

машины для протравливания семян сельскохозяйственных культур, с учетом особенностей обработки биопрепаратами и порошковыми компонентами.

1.3 Анализ существующих конструкций протравливателей семян

Все современные протравливатели – непрерывного действия. По способу нанесения препаратов на семена различают протравливатели с перемешивающими устройствами и непрерывного нанесения препарата на семена. Протравливатели непосредственного нанесения препарата разделяются на камерные, барабанные и шнековые.

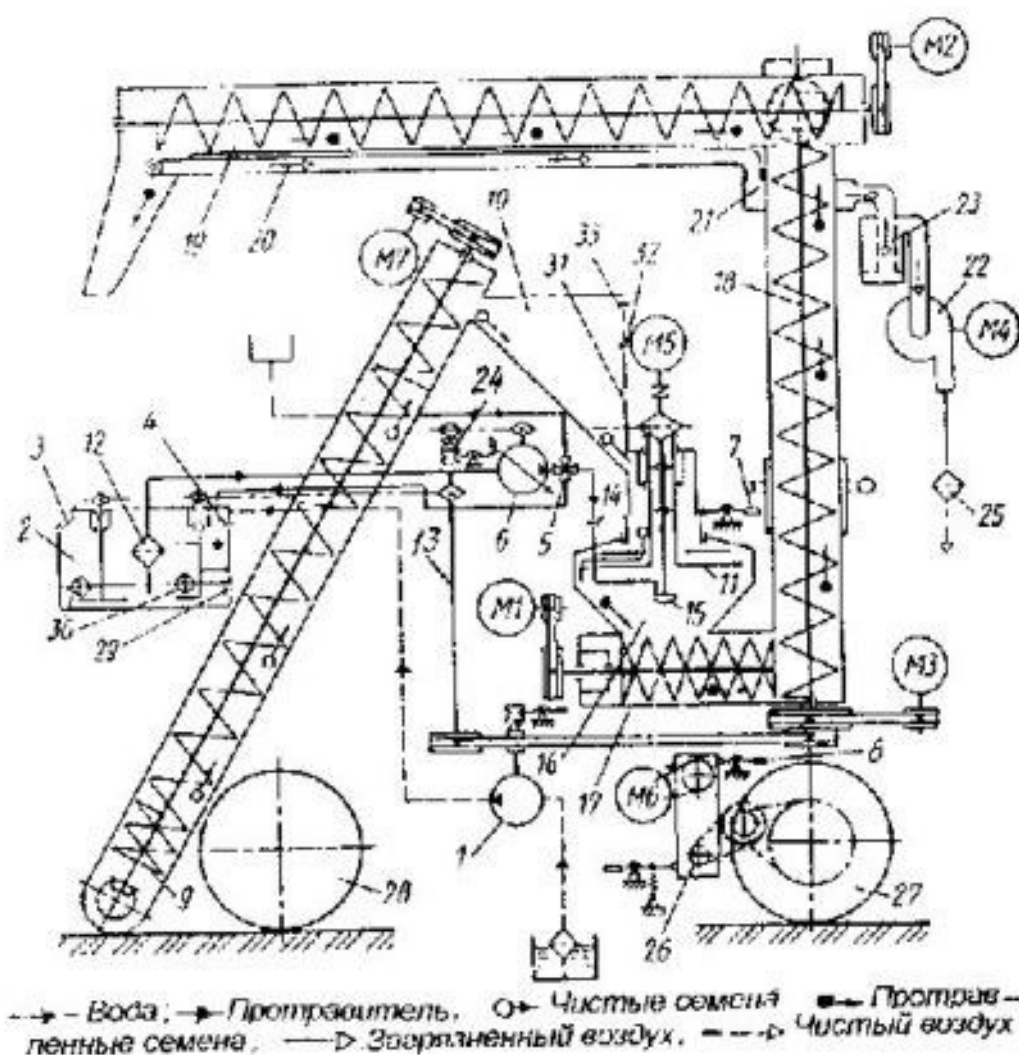
По типу машин протравливатели подразделяются на самопередвижные и стационарные. Стационарные требуют больших материальных затрат на подготовку бетонированной площадки, монтажа оборудования, строительства укрытия. Кроме того, требуется операция по транспортировке семян к комплексу, которая дополнительно воздействует на качество зерна, увеличивая его повреждаемость. Поэтому приобретать самопередвижные машины более выгодно.

1.3.1 Универсальный протравитель семян ПС-10А

Наиболее массовой машиной для увлажненного протравливания семян зерновых, зернобобовых и технических культур против возбудителей болезней, находящихся на поверхности семян, является протравливатель ПС-10А. В нем протравливание производится водными суспензиями и растворами препаратов.

Протравливатель (рисунок 1.1) представляет собой автоматическую самоходную машину с электроприводом основных механизмов.

Машина может работать в зернохранилищах закрытого типа, на открытых токах, выровненных и заасфальтированных, в ясную погоду и под навесом в непогоду.

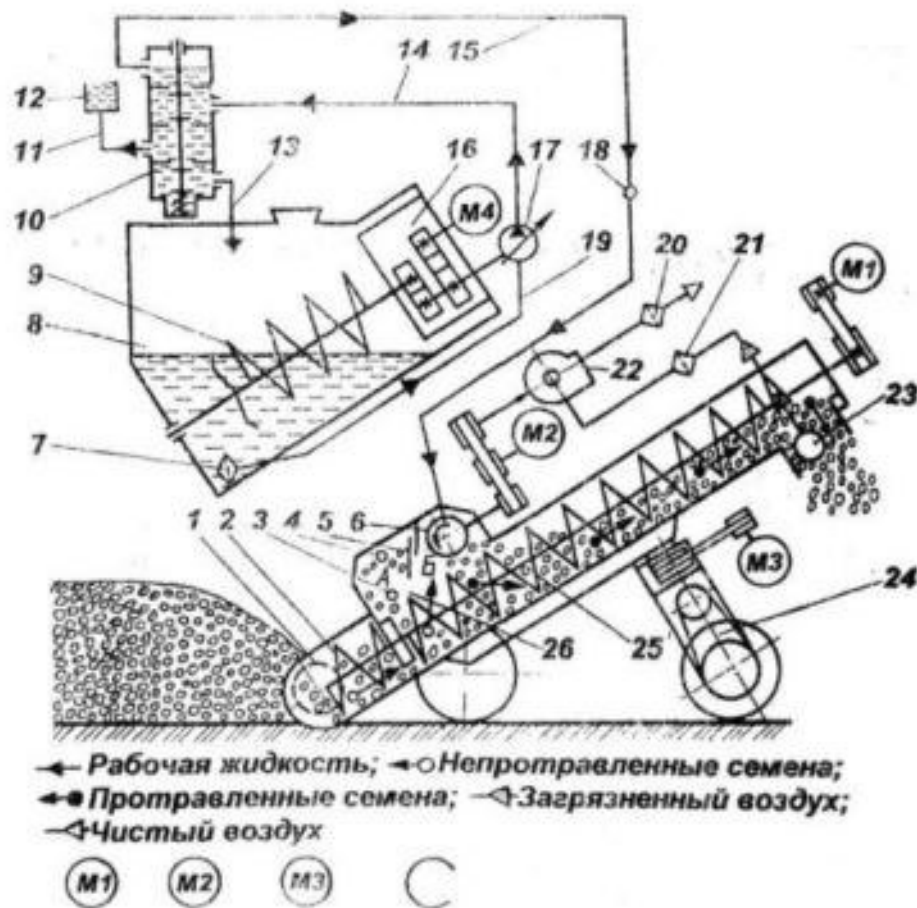


1 - насос, 2 - бак, 3 - крышка бака, 4 - датчик верхнего уровня, 5 - четырехходовый кран, 6 - дозатор, 7 - рычаг дозатора подачи семян, 8 - рычаг переключения скорости, 9 - загрузочное устройство семян, 10 - бункер семян, 11 - диск семян, 12 - фильтр, 13 - промежуточный вал, 14 - датчик, 15 - дисковый растыльщик рабочей жидкости, 16 - камера протравливания семян, 17 - шнек камеры, 18 - промежуточный шнек, 19 - выгрузной шнек, 20 - воздухопровод, 21 - коллектор, 22 - центробежный вентилятор, 23 - бункер фильтров, 24 - муфта включения дозатора, 25 - фильтр, 26 - ведущий мост, 27 - ведущие колеса, 28 - управляемые колеса, 29 - датчик нижнего уровня рабочей жидкости, 30 - электронагреватели, 31, 32, 33 - датчики бункера семян

Рисунок 1.1 – Принципиальная схема протравливателя ПС-10А

1.3.2 Протравливатель семян ПСШ-5

Протравливатель семян ПСШ-5 (рисунок 1.2) предназначен для предпосевного обеззараживания небольших партий семян зерновых, зернобобовых и технических культур водными суспензиями. Он представляет собой автоматическую передвижную установку с приводом рабочих органов и механизмов от электродвигателей напряжением 380 В.



1 - шнековый подборщик, 2 - заборная часть шнека, 3, 4 и 18 - датчики, 5 - заслонка, 6 - распылитель, 7, 20 и 21 - фильтры, 11, 13, 14, 15 и 19 - трубопроводы, 8 - бак, 9 - мешалка, 10 - распределитель, 12 - мерный цилиндр, 16 - редуктор, 17 - насос-дозатор, 22 - вентилятор, 23 - заборник воздуха, 24 - механизм передвижения, 25 - выгрузная часть шнека, 26 - бункер, А и Б - камеры накопительная и протравливания

Рисунок 1.2 – Схема рабочего процесса протравливателя ПСШ-5

Для предотвращения некачественного протравливания предусмотрена синхронизация между подачей семян, рабочей жидкости и передвижением протравливателя: при прекращении подачи семян отключается подача рабочей жидкости и протравливатель останавливается, а при отсутствии рабочей жидкости отключается привод шнека. Подача рабочей жидкости на распылитель 4 контролируется датчиком и контрольной лампочкой.

1.3.3 Протравливатель инкрустатор семян стационарный Клен-ПСБ-10

Машина предназначена для обеззараживания и инкрустирования семян зерновых, бобовых и технических культур препаратами и суспензиями на водной основе.

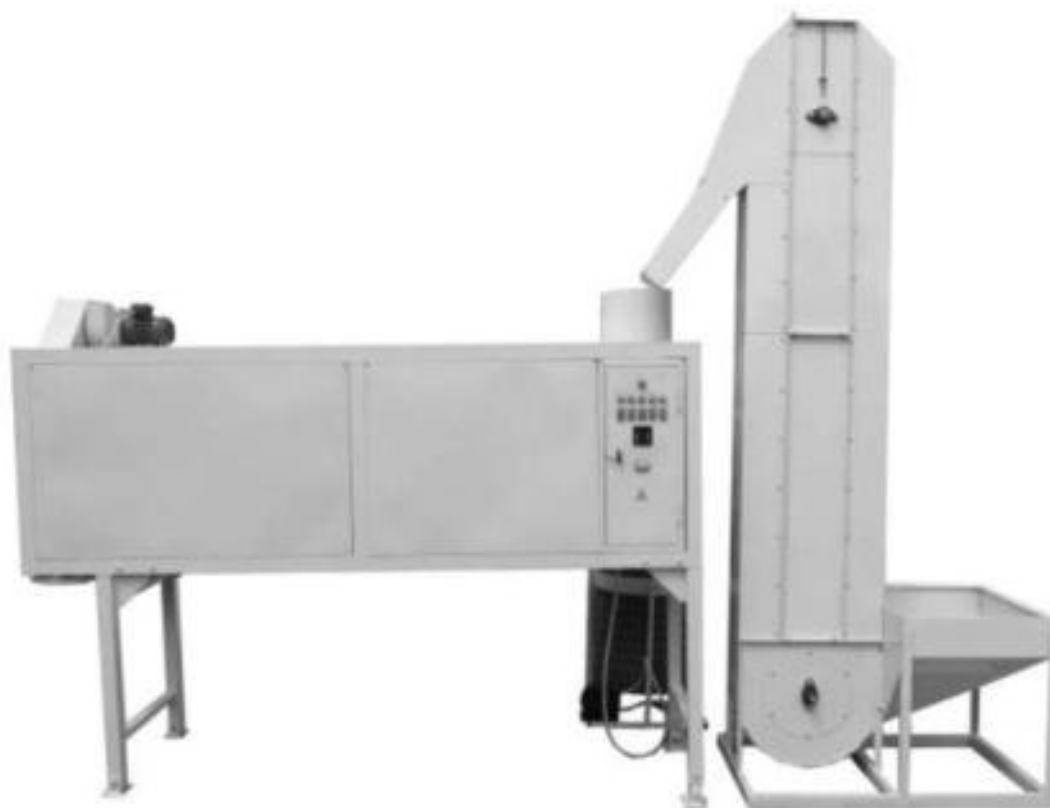


Рисунок 1.3 – Протравливатель инкрустатор семян стационарный Клен-ПСБ-10

Тип протравливателя — стационарный, барабанный, непрерывного действия для влажной обработки семян. Максимальная производительность при протравливании семян пшеницы с плотностью не менее 780 кг/м³ не более 10 т/час. Протравливатель обрабатывает семена зерновых, бобовых и технических культур водными растворами и суспензиями.

Нормы расхода семенного материала и расход протравителя устанавливаются в зависимости от обрабатываемого материала агрономом-семеноводом.

Устройство. Машина ПСБ-10 состоит из рамы с ограждающими конструкциями, вращающегося барабана на клиноременном подвесе, привода барабана, загрузочного и выгрузочного устройств, вихревого компрессора, вытяжного вентилятора, гидросистемы и блока управления. Гидросистема состоит из емкости для препарата, насоса, дозатора, трубопроводов и распылителя.

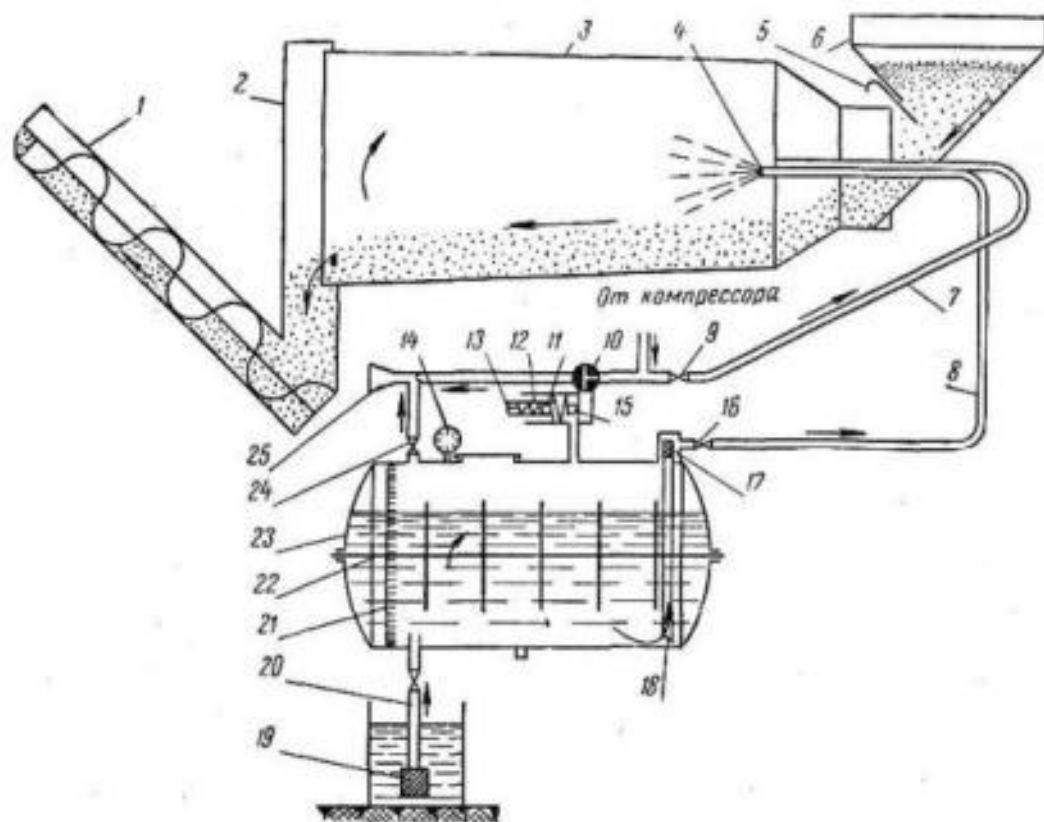
Принцип работы машины. Препарат наносится на обрабатываемый материал во вращающемся барабане путем распыления и последующего бережного перемешивания семян для более равномерного распределения препарата по их поверхности. Дозирование препарата осуществляется электромеханическим дозатором жидкой суспензии с электронным управлением.

1.3.4 Протравливатель зерна ПЗ-10 «Колос»

Протравливатель зерна ПЗ-10 «Колос» (рисунок 1.4) предназначен для предпосевной обработки семян мелкодисперсными суспензиями ядохимикатов.

Протравливатель работает следующим образом. Семена подают зернопогрузчиком в бункер 6, откуда они самотеком через выпускное окно с дозирующей заслонкой 5 поступают в смесительный барабан 3.

Одновременно из резервуара 23 под давлением воздуха, нагнетаемого компрессором, по резиновым шлангам 5 рабочая жидкость поступает в трубку форсунки 4 и в туманообразном состоянии впрыскивается в смесительный барабан. Барабан при вращении ($n = 42$ об/мин) перемешивает зерно для равномерного покрытия ядохимикатом. Протравленное зерно поступает в выходную камеру 2 и через горловину попадает на выгрузной шнек 1, который высыпает зерно в транспортные средства или бунт. Семена увлажняются незначительно и не требуют после протравливания просушки. Для самопередвижения машины включают привод, от которого вращение через редуктор передается ведущему мосту и колесам.



1 — выгрузной шнек, 2 — выходная камера, 3 — смесительный барабан, 4 — форсунка, 5 — заслонка, 6 — бункер, 7 — воздушный шланг, 8 — шланг, 9, 16 и 24 — краны, 10 — трехходовой кран, 11 и 15 — шарики, 12 — пружина, 13 — регулировочный винт, 14 — манометр, 17 — фильтр, 18 — заборная труба, 19 и 23 — резервуары, 20 — заборный шланг, 21 — уронемер, 22 — мешалка, 25 — эжектор

Рисунок 1.4 – Технологическая схема протравливателя ПЗ-10

В зависимости от вида возбудителя заболевания и обрабатываемой культуры агроном-энтомолог выбирает необходимый ядохимикат и устанавливает норму его расхода. Затем резервуар заполняют водой при помощи эжектора 25, который работает от компрессора. Уровень жидкости контролируется сигнальным устройством. Производительность машины 10...15 т/ч. Потребляемая мощность 7,3 кВт. Емкость бункера 170 л, резервуара 320 л., Масса 950 кг.

Анализ конструкций показывает, что почти все современные протравливатели – непрерывного действия. По способу нанесения препаратов на семена различают протравливатели непрерывного нанесения на семена, с перемешивающим устройством или их комбинация.

На данный момент предлагается значительное разнообразие конструкций протравливателей семян, но все они, как правило, не рассчитаны на проведение обработки биологическими и порошкообразными препаратами, обладают повышенным травмированием семян.

Вместе с тем указанные конструкции ориентированы на использование химических препаратов в виде рабочей жидкости и большинство из них не могут работать с порошками. Кроме того использование камер протравливания, в которых требуется создание достаточно высокой начальной скорости движения зерна и шнековых смесителей приводит к значительному травмированию зерен, что приводит к снижению всхожести, энергии роста и недобору до 20% урожая.

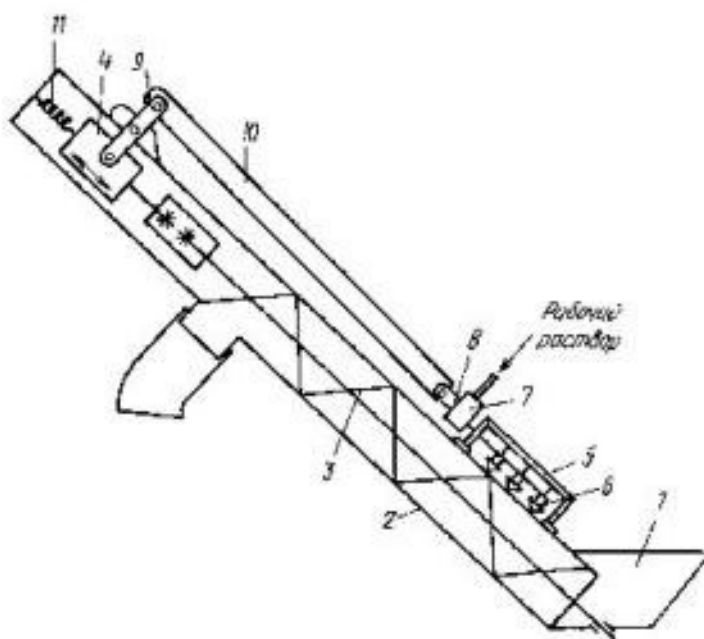
Таким образом, необходимость повсеместного включения в технологический процесс воздвельвания сельскохозяйственных культур протравливания семян биопрепаратами, диктует необходимость разработки специализированных машин для выполнения данной операции с учетом расширяющегося спектра применяемых препаратов, в частности биологических, и особенностей их применения.

1.4 Патентные исследования

Для разработки усовершенствованной конструкции протравливателя семян проведем патентный поиск.

1.4.1 Протравливатель-загрузчик посевного комплекса «Кузбасс»

В целях экономии времени была разработана конструкция загрузчика семян посевного комплекса «Кузбасс» (рисунок 1.5) патент №2217897, одновременно с загрузкой осуществляющего обработку семян стимуляторами и биопрепаратами.



1 - приемный лоток, 2 - рабочая камера, 3 - шнек, 4 - двигатель, 5 - распыливающий рабочий орган, 6 - форсунки, 7 - регулировочный клапан, 8 - привод, 9 - система рычагов, 10 - система тяг, 11 - пружина

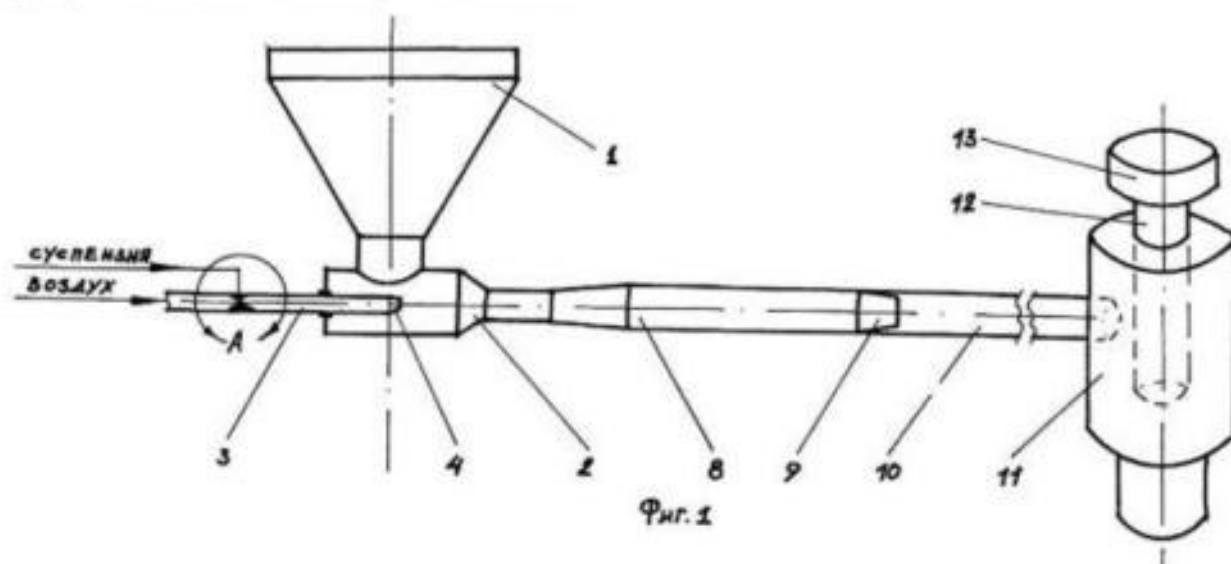
Рисунок 1.5 – Загрузчик семян посевного комплекса «Кузбасс»

Предложенное направление, безусловно, является перспективным, но сам процесс нанесения и ограничение времени на загрузку не может

обеспечить требования, как по травмированию, так и равномерности покрытия.

1.4.2 Пневматический протравливатель семян патент № 2161394

Схема работы пневматического протравливателя семян Азимова Ф. И. (рисунок 1.6) по патенту № 2161394.



1 – бункер, 2 – сопло Лавалья, 3 – эжектор, 4 – эжектирующая трубка, 8 – шланг, 9 – наконечник, 10 – транспортирующий шланг, 11 – выгрузное устройство, 12 – выхлопной патрубок, 13 – фильтр

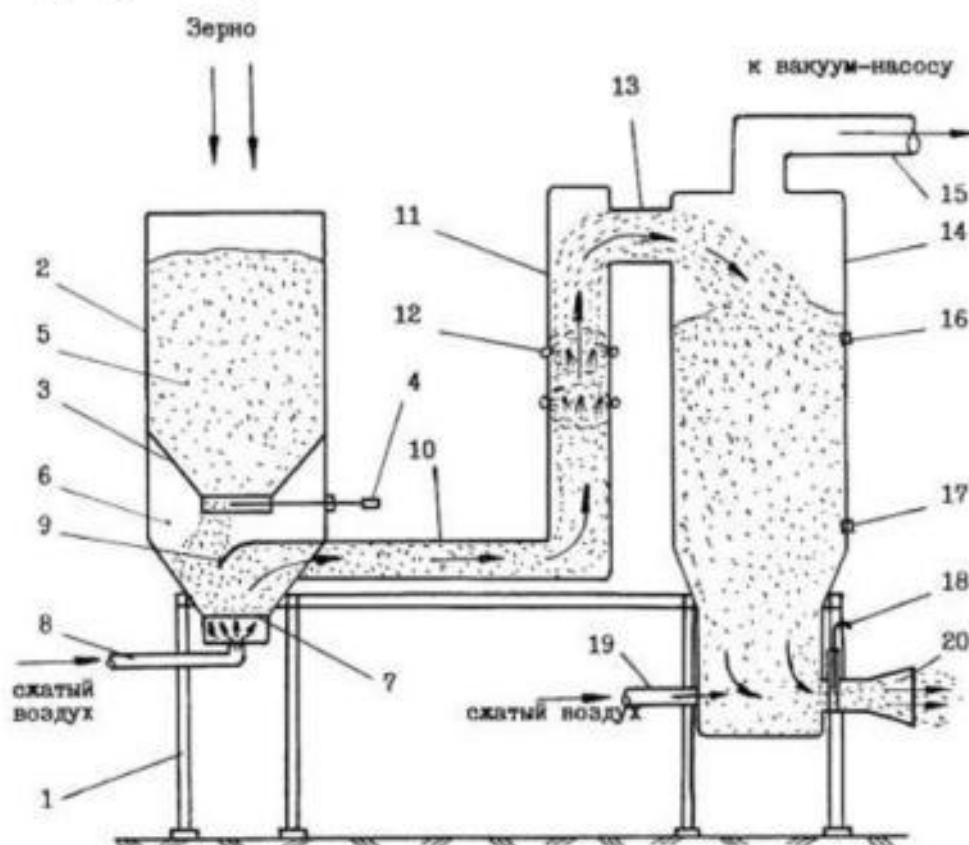
Рисунок 1.6 – Пневматический протравливатель семян патент № 2161394

Протравливатель семян состоит из бункера и распыляющего и выгрузочного устройств. Бункер снабжен эжектором. На линии эжектирующей трубки установлено сопло Лавалья. В узкой части последнего, установлена трубочка с жиклером 4, для засасывания водной суспензии ядохимикатов. Эжектор соединен со шлангом 8, имеющим наконечник 9, на который надет транспортирующий шланг 10. Шланг соединен с выгрузочным устройством 11, выполненным в виде циклона, выхлопной патрубок которого снабжен фильтром 13.

Недостатком данной конструкции протравителя является то, что семена, проходя через сопло и шланг практически по прямой траектории, не успевают равномерно покрыться рабочим препаратом.

1.4.2 Пневматический протравливатель семян патент № 2159529

Схема работы протравителя семян Богданова В. Н. по патенту №2159529 (рисунок 1.7).



1 - рама; 2 - бункер-накопитель; 3 - дозатор; 4 - шиберная заслонка; 5 - семена; 6 - заборная камера семян; 7 - перфорированное днище; 8 - трубопровод для подачи сжатого воздуха; 9 - экран; 11 - камера протравливания семян; 12 - форсунка; 14 - выгрузной бункер; 17, 16 - контактный датчик; 18 - заслонка; 10, 13, 15, 19, 20 - трубопровод

Рисунок 1.7 – Протравитель семян патент № 2159529

Рабочий процесс приведенного протравливателя заключается в следующем. Семена подают в бункер-накопитель и затем в заборную камеру. Под воздействием сжатого воздуха в заборной камере масса семян приводится во взвешенное псевдооживленное состояние и по трубопроводу на воздушной подушке и под воздействием вакуум-насоса транспортируется в вертикально установленную камеру протравливания. Масса семян, проходя на воздушной подушке через облачко мелкодисперсной эмульсии, подающейся из форсунок непрерывно и равномерно, смачивается (обрабатывается) раствором препарата. Затем обработанная масса семян под воздействием вакуум-насоса, а также непрерывного подпора снизу сжатого воздуха по трубопроводу поступает в выгрузной бункер. Оттуда под воздействием направленного потока сжатого воздуха выгружается из нижней части выгрузного бункера по трубопроводу. Техпроцесс протравливания семян по предлагаемому способу осуществляют непрерывно, всеми процессами от загрузки семян, транспортирования на воздушной подушке, протравливания и выгрузки из бункера управляет микропроцессор. Данный способ протравливания семян обеспечивает качественную обработку семян раствором препарата, при этом расход раствора препарата в три с лишним раза меньше, чем при традиционных способах протравливания. Это позволяет проводить обработку семенного материала в любое время года, так как приведенная доза водного раствора препарата (3 л на 1 т семян) не приводит к заметному повышению влажности зерна. Кроме того, повышается производительность обработки семян.

Данная конструкция протравителя имеет следующие недостатки:

- применение вакуум-насоса, как описано выше, является невозможным из-за сильной запыленности воздуха, прошедшего через семена, т.к. это приведет к значительному снижению ресурса его работы;
- выгрузка производится сжатым воздухом, что категорически запрещается, т.к. при этом химикаты попадают в атмосферу.

Таким образом, литературный обзор, анализ результатов НИОКР и изучение современного рынка существующих конструкций протравливателей показывает, что они выполнены по единой принципиальной конструктивной схеме, предусматривающей последовательное выполнение таких основных технологических операций: механическую подачу семян в камеру протравливания, дозирование ядохимиката, транспортирование частиц ядохимиката до объекта обработки и распыливание механическими распыливающими органами его на мелкие частицы. При этом дозирующие устройства должны обеспечить заданную норму расхода рабочей жидкости и выдерживать его неизменным в процессе работы, а распределяющие устройства – равномерное распределение ядохимиката по поверхности обрабатываемого объекта. Кроме того, воздействие механических рабочих органов травмирует семенной материал, что снижает их всхожесть, соответственно урожайность и качество зерна.

На существующих протравливателях для обеспечения удерживаемости препарата на поверхности семян перед протравливанием необходимо предварительно очистить семена от пыли, что существенно повышает энергоемкость технологического процесса.

На основании вышесказанного можно утверждать, что создание протравливателя, позволяющего повысить качество протравливания, уменьшить травмируемость семян, обеспечивающий снижение энергоемкости является актуальной задачей.

Анализируя схемы протравливателей и теоретические исследования, можно отметить, что перспективным направлением в совершенствовании разработке протравливателей семян зерновых культур является использование способов, где воздух транспортирует смесь семян и мелкодисперсных частиц рабочей жидкости, а также дополнительно диспергирует частицы рабочей жидкости, что будет обеспечивать более качественное протравливание и меньше травмировать посевной материал.

Весомый вклад в разработку теоретических основ и конструкции машин и рабочих органов для протравливания семян зерновых культур защитно-стимулирующими препаратами внесли следующие ученые: Будько И.С., Белоконь А.П., Богомяких В.А., Груздев Г.С., Масло И.П., Осташевский И.Я., Сушко И.И., Галиуллин Ш.Р., Хасанов Э.Р. и др.

Вопросами движения капель в воздушном потоке занимались ученые Стернин Л.Е., Волощук В.М., Левин Л.М., Пажн Д.Г., Корсунов Ю.А. и др.

Исследование технологий и конструкций машин для послеуборочной обработки и переработки зерна, пневмомеханические рабочие органы, а также влияния физико-механических и технологических свойств зерна, воздуха, конструктивных параметров и режимов работы на их показатели эффективности изучались в работах Сычугов Н.П., Пальцев В.С., Зуев Ф.Г., Дзядзю А.М., Нуруллина Э.Г., Дмитриева А.В., Маланичева И.В., Халиуллина Д.Т. и многих других.

1.5 Цель работы и задачи исследований

Анализ и изучение состояния вопроса показывают, что в практике сельского хозяйства широкому применению препаратов препятствует отсутствие серийных машин для обработки семян, приспособленных для одновременной обработки семян во время посева. На сегодняшний день в Российской Федерации отсутствуют серийно выпускаемые модуль-приставки для пневматических сеялок для обработки семян защитно-стимулирующими препаратами (биопрепаратами). В связи с вышесказанным, перед настоящей работой были поставлены следующие задачи исследований:

1. Выполнить анализ теоретических исследований процесса взаимодействия семян и препаратов в воздушном потоке.
2. Разработать схему технологического процесса протравливания во время посева.

3. Разработать конструктивно-технологическую схему протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке.

4. Провести исследования разработанного протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке и оценить технико-экономическую эффективность его применения.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОТРАВЛИВАЮЩЕГО МОДУЛЯ-ПРИСТАВКИ

2.1 Анализ теоретических исследований процесса взаимодействия семян с препаратами

2.1.1 Кинематика движения семян во вращающемся барабане

Качество предпосевной обработки семян зависит от технологического процесса, применяемых машин и оборудования. Следовательно, для улучшения качества необходимо их совершенствование. Если рассматривать в качестве примера процесс протравливания семян, то при смешивании семян и сухого препарата качество обработки не отвечает предъявляемым требованиям, при этом не будет обеспечено санитарно-гигиенические условия труда [2]. Исследования, связанные с изучением кинематики движения семян во вращающемся барабане занимались М. Я. Резниченко, Э. Р. Хасанов, М. Х. Байгускаров. В работе М. Н. Летошневa рассматривается движение семян, помещенных на внутреннюю поверхность горизонтального равномерно вращающегося цилиндра. Семена, находящиеся в барабане, в зависимости от условий, движутся одной из двух принципиально различных видов траекторий.

Различие этих видов движения определяется наличием или отсутствием фазы относительного покоя в общем цикле движения семян в барабане. При установившемся кинематическом режиме:

$$k = \frac{\omega^2 \cdot R}{g}, \quad (2.1)$$

где ω – угловая скорость барабана, с^{-1} ;

R – радиус барабана, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Полный цикл движения семян проявляется в трех переменных состояниях (рисунок 2.1): 1. Относительного покоя (фаза 4-1); 2. Относительного движения (1-2); 3. Свободного движения (2-3).

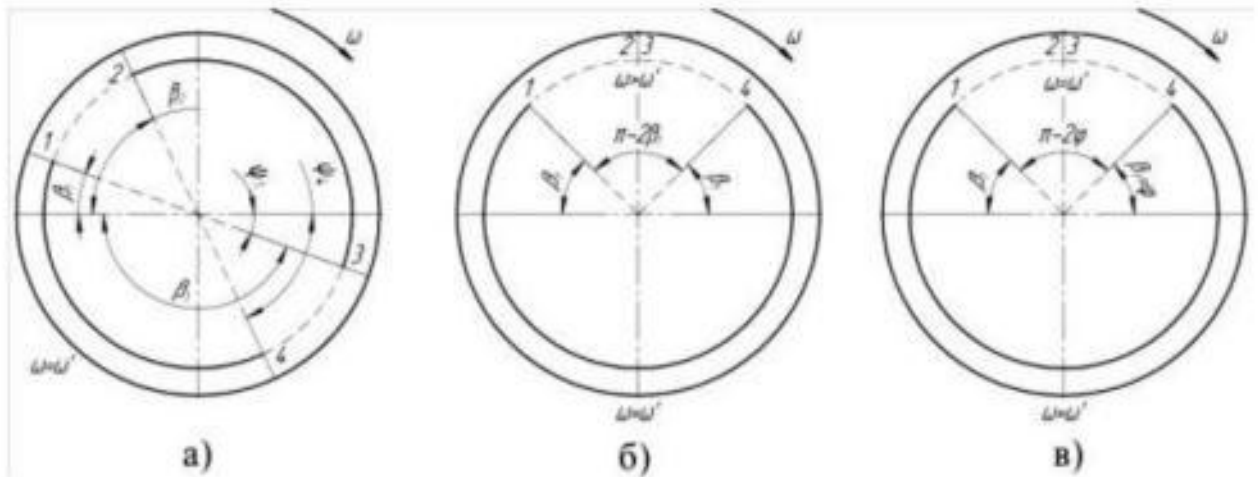
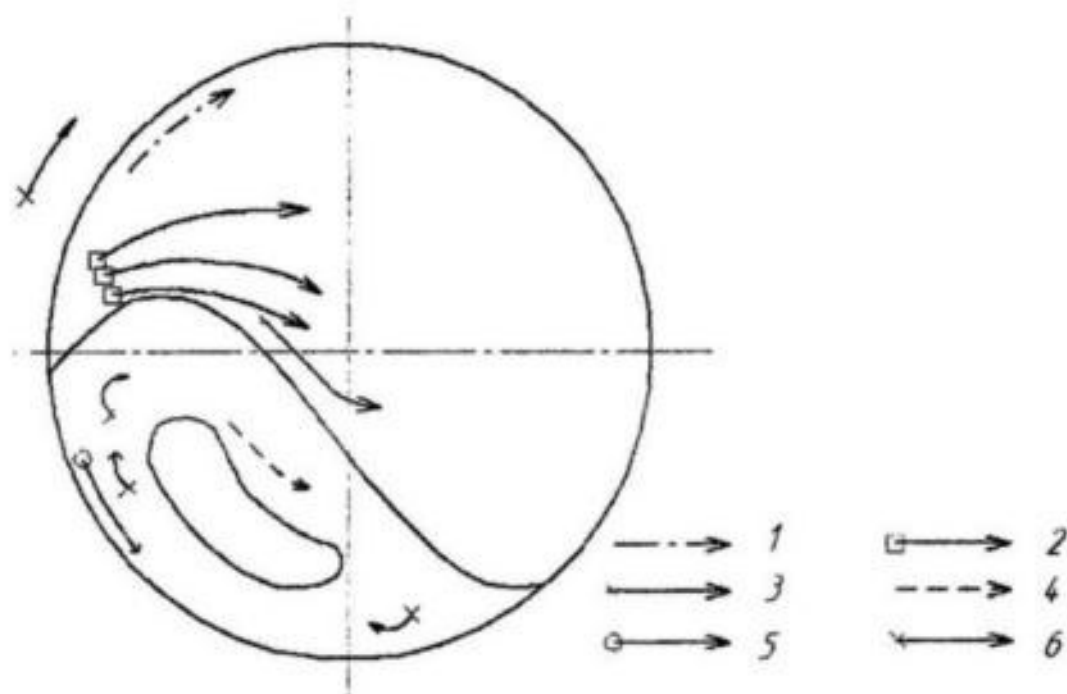


Рисунок 2.1 – Режим первого рода: а) – с отрывом; б) – без отрыва (без фазы свободного движения); в) – предельный

В общем цикле можно выделить четыре характерные точки перехода из одной фазы цикла в другую: точку 1, которая определяется углом β_1 и отмечает переход от относительного покоя к скольжению по поверхности; точку 2, которая определяется углом β_2 и отмечает момент отрыва от поверхности, т.е. переход от скольжения к свободному движению; точку 3, которая определяется углом $\beta_3 = \pi - \psi_3$ и отмечает момент встречи семян с внутренней поверхностью барабана; наконец, точку 4, которая определяется углом ψ_4 и отмечает начало фазы относительного покоя. Другой вид движения характерен тем, что он состоит из одной лишь фазы - фазы скольжения (рисунок 2.2). Характер движения семян, как сыпучих материалов во вращающемся барабане зависит от скорости его вращения, коэффициентов трения, формы, плотности и размеров семян. Известно, что для каждого диаметра барабана D существует определенное критическое число оборотов [15]:



1 – центробежное, 2 – катарактное, 3 – каскадное, 4 – перекачивание, 5 – скольжение, 6 – направление общей циркуляции

Рисунок 2.3 – Схема видов движения семян

При меньшей скорости вращения происходит «каскадное» движение загрузки, когда семена поднимаются на некоторую высоту и скатываются вниз.

2.1.2 Теоретические основы образования аэрозолей

При предпосевной обработке распылительными устройствами технических средств дисперсионным методом из рабочего раствора создается аэрозоль. Как отмечают Н. А. Фукс, А. Г. Сутугин, это может быть аэрозоль: распыляемой жидкости, распыляемой суспензии, распыляемого порошка. Для раскрытия механизма предпосевной обработки семенного материала необходимо рассмотреть процесс образования аэрозоля из рабочего раствора, его пневмотранспортирование и взаимодействие с посевным материалом [9].

Процессом образования аэрозоля и исследованием его движения занимались многие ученые [4, 5, 6, 9, 15, 18], взаимодействиям аэрозоля с поверхностями посвящены работы авторов [4, 6, 7, 18]. Особый вклад в теоретические и экспериментальные исследования данных вопросов внесли такие ученые, как Л. Д. Ландау, Л. М. Левин, Н. А. Фукс, В. М. Волощук, В. Ф. Дунский, Н. В. Никитин, М. С. Соколов, Ю. Ф. Дитякин, А. Б. Лурье, В. Г. Еникеев, В. А. Смелик, Д. Г. Пажн, В. С. Галустов. Рассмотрим физические основы процесса механического распыления жидкости. Образование аэрозоля создают различными типами распылителей, обеспечивая увеличение площади поверхности жидкости, приводящему к образованию тонких жидких нитей или пленок [6, 7]. Одновременно обеспечивается создание больших аэродинамических сил, действующих на жидкость. Тонкие жидкие нити и пленки неустойчивы и легко распадаются под действием этих сил [5]. Образовавшие под действием внешних сил и турбулентных пульсаций частицы жидкости принимают сферическую форму. В результате образуется система капель различного диаметра (полидисперсное распыление). Существует теория распыления струн идеальной (невязкой) жидкости, обладающей поверхностным натяжением [7]. В дальнейшем эта теория получила свое распространение на вязкие жидкости. За основу принято представление о распаде струн под действием малых случайных возмущений, но данная теория применима только к ламинарным струям, т.е. к движущимся медленно [18]. Современная теория распыления жидкости не пришла пока к полному убедительному теоретическому анализу при неупорядоченном, турбулентном движении жидкости и среды [5, 7]. Существуют лишь частные эмпирические методы расчета, относящиеся к частным случаям, т.е. к конкретным типам распылителей, параметрам их работы, свойств распыливаемой жидкости и окружающей среды.

Пневмотранспортирование дисперсной среды обеспечивается за счет аэродинамических сил взаимодействия воздушного потока и образованных капель [9]. В механике аэрозолей определено, что на каплю воздействуют три различные по характеру силы: внешние силы, сопротивления окружающей среды и силы взаимодействия между каплями. Последние силы гораздо меньше предыдущих, а, следовательно, ими можно пренебречь в большинстве случаев и вследствие этого рассматривать перемещение в воздушной среде капель как независимых друг от друга частиц [18]. Одним из основных методов изучения движения аэрозолей является метод псевдожидкости, т.е. изучение с помощью двух сплошных взаимопроникающих сред: газа и аэрозольных частиц. Обычно для этого используют уравнения аэромеханики частиц [18]. Одним из распространенных случаев в механике аэрозолей является поступательное равномерное движение капель в виде частиц сферической формы под действием некоторой постоянной силы. Уравнения движения в этом случае получаются из известных положений аэродинамики. Решая задачи, связанные с движением аэрозольных частиц в воздушной среде, считают, что температура воздуха постоянна, газ несжимаемый и решение получают исходя из уравнений Навье-Стокса [4, 6]. Решения уравнений Навье-Стокса получены и исследованы в математической физике. В связи с этим, сведение решения уравнений аэромеханики двухдисперсных систем к уравнениям с безразмерными коэффициентами позволяет производить решения в зависимости от значений безразмерных коэффициентов (числа Кнудсена, Рейнольдса, Стокса, Вебера) [6]. Таким образом, вопросы пневмотранспортирования аэрозоля в технических средствах предпосевной подготовки возможно рассматривать с точки зрения двухфазных сред.

Взаимодействие частиц аэрозоля с семенным материалом происходит за счет инерционного осаждения: аэрозольные капли, обладая по сравнению с частицами воздуха более значительным весом, при изменении траекторий

линий тока перед препятствием производят движением по траекториям, пересекающим линии тока, при этом оседая на препятствия. При решении задач инерционного осаждения капель находится, какая доля капель данной фракции из потока, огибая встречное препятствие, оседает на него. Эта величина называется коэффициент захвата (ϵ_k) и определяется как отношение Q_k/Q_∞ , где Q_∞ – число капель, которые столкнулись бы с препятствием при перемещении по траекториям, параллельным оси невозмущенного потока, а Q_k – количество капель, которые столкнулись с препятствием по этой траектории [4, 6, 8]. Без учета инерционных эффектов капля аэрозоля перемещается в соответствии с линиями тока и оседает не только в случае пересечения ее траектории с поверхностью тела, а также и в том случае, когда она пересекает линию тока на расстоянии ее радиуса от поверхности тела. В связи с вышесказанным определено, что эффективность зацепления выше нуля и в том случае, когда инерционное осаждение отсутствует. Эффект зацепления характеризуется параметром ϵ , который представляет собой отношение диаметров капли d_p и обтекаемого тела d_t .

$$\epsilon = \frac{d_p}{d_t}, \quad (2.3)$$

При обтекании препятствия в виде шара при малой величине ϵ можно, и даже желательно пренебречь инерционными эффектами. В этом случае эффективность зацепления составляет.

$$n_\epsilon = (1 + \epsilon^2) - \frac{1}{1 + \epsilon} \approx 3 \cdot \epsilon. \quad (2.4)$$

В другом случае, когда за счет большого значения инерционных эффектов траектории оседающих капель прямолнейны, эффективность зацепления составляет.

$$n_\epsilon = (\epsilon + 1) \cdot 2 - 1 \approx 2 \cdot \epsilon. \quad (2.5)$$

Недостатком данных моделей является отсутствие влияния скорости воздушного потока, физических характеристик капель, характеристик

стесненности потока. Мударисовым С. Г. для математического описания и моделирования технологического процесса работы пневматических распределительных систем зерновых сеялок предложено использование методов описания двухфазных течений «газ - твердые частицы». Использование такого подхода позволяет раскрыть кинематику и динамику процесса взаимодействия семенного материала с воздушным потоком.

2.2 Технологическая схема протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке

Так как протравливание биопрепаратами необходимо производить не ранее 2-х дней до посева, некоторыми из них в день посева, что практически не осуществимо существующими машинами, предлагается технология проведения протравливания непосредственно во время посева.

Для обоснования технологических параметров протравливающего модуля был поведен анализ распределительной системы современных пневматических сеялок.

Распределительные системы пневматических сеялок (рисунок 2.4) различаются в основном числом ступеней деления транспортируемого воздухом потока семян.

В системах с индивидуальным высевом, в которых число аппаратов равно числу сошников, поток на части не делится. Такие системы применяются в сеялках с шириной захвата не более 9 м (при небольших междурядьях). Увеличение ширины захвата влечет за собой рост габаритных размеров бункера.

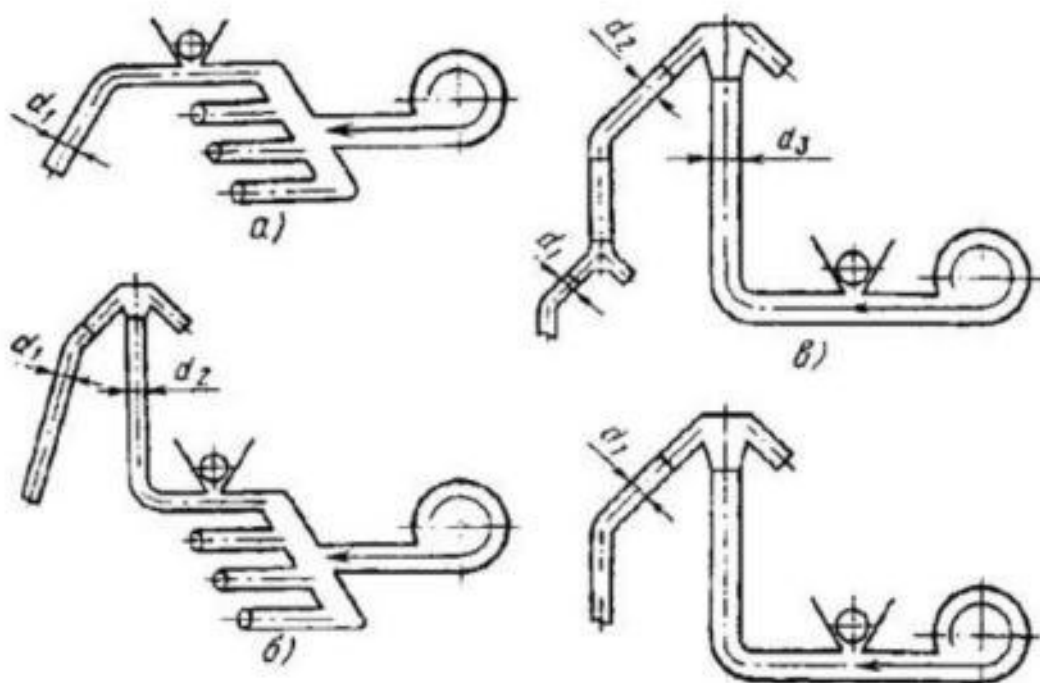


Рисунок 2.4 – Схемы индивидуального (а), группового (б) и общего (в) высева одно-(б, г), двух-(в) и бесступенчатого (а) распределения

В системах с групповым высевом потоки делятся по одноступенчатой схеме с помощью головок, рассчитанных на обслуживание 5...12 сошников. Для изменения ширины захвата сеялок в зависимости от условий работы предусматривается использование комплектов головок с различным числом отводящих каналов.

В системах с общим высевом поток делится по одно- или двухступенчатой схеме. Первые применяются в сеялках с шириной захвата до 8 м, вторые - до 15 м и более.

В распределительных двухступенчатых системах используются круглые и плоские делительные головки. К делительным головкам второй ступени семена подводятся сверху или снизу.

Отечественные сеялки СЗС-14, СЗПЦ-12 оснащаются двухступенчатыми распределительными системами с двумя

малогабаритными вентиляторами, трубопроводами больших диаметров и делительными головками с регулировочными элементами.

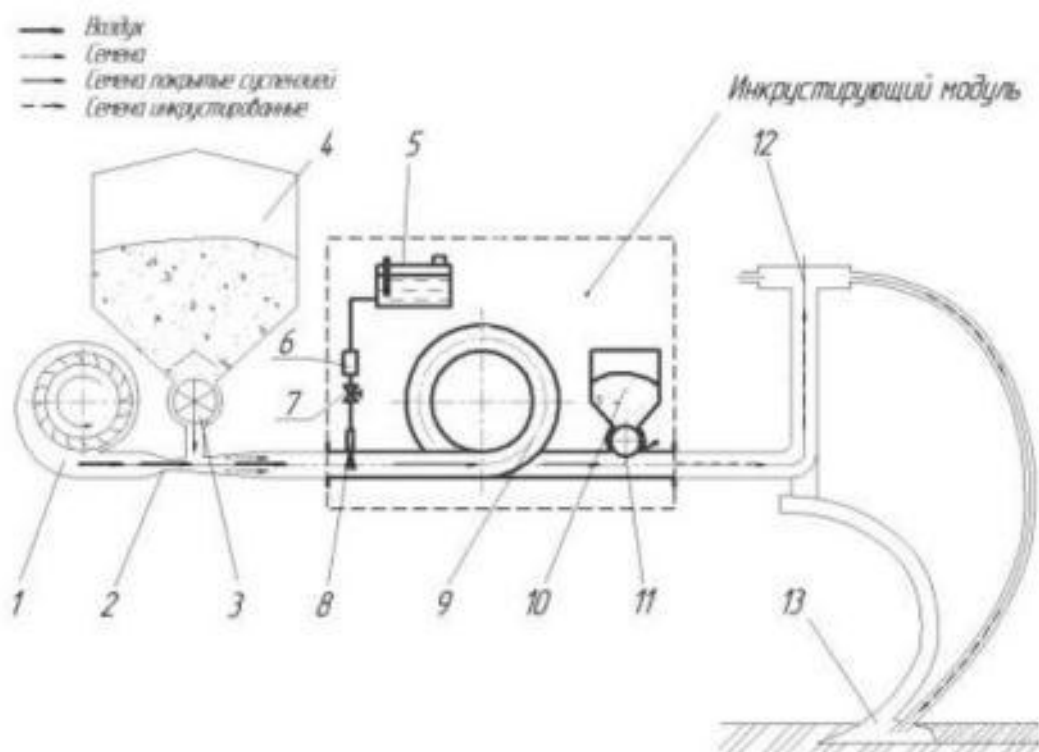
Протравливающий модуль-приставка может быть сконструирован для сеялок с групповой и общей схемой высева. При установке протравливающего модуля на сеялки с групповой схемой высева, он должен устанавливаться на каждом групповом семяпроводе.

Диаметр общего семяпровода как правило находится в пределах 60-80мм для групповой схемы, 100-120мм для схемы общего высева с одноступенчатым распределением, и 150-180мм с двухступенчатым. Столь узкие диапазоны диаметров семяпроводов в пределах одной схемы объясняются тем, что для каждой схемы существует узкое распределение рациональных диаметров, обеспечивающих наименьшие затраты энергии на транспортировку семян. Это позволяет разработать по одному протравливающему модулю для каждой схемы, который в ее пределах может быть установлен на большинство зерновых сеялок.

Протравливающий модуль (рисунок 2.5) может устанавливаться на большинство сеялок с пневматической подачей семян и состоит из узла подачи жидкого препарата (бак, фильтр, дозатор, форсунка), спирального смесителя и узла подачи порошкового препарата (бункер, дозатор порошка).

Далее описан принцип работы новой технологической схемы протравливания в процессе посева. Семена, дозируемые стандартной системой высева пневматической сеялки, попадают в протравливающий модуль, где из бака 5 через фильтр 6, дозатор 7 и распылитель 8 в смесь семян и воздуха подается жидкий препарат, распыляясь воздушным потоком до мелкодисперсного состояния. Смесь воздуха, семян и мелкодисперсной аэрозоли жидкого препарата попадает в смеситель 9, в смесителе часть аэрозоли осаждается на его внешней половине внутренней поверхности. Семена, попадая в смеситель, под действием центробежной силы прижимаются к увлажненной внешней поверхности смесителя, ударяясь и

прокатываясь по ней, обмазываются жидким препаратом. Не отделившаяся от воздуха аэрозоль наносится на семена во внутренней и средней части сечения смесителя турбулентным потоком воздуха, локальная скорость которого в разы превышает суммарную скорость потока и локальную скорость семян (действительный путь семян относительно воздуха в разы превышает кратчайший геометрический и составляет десятки метров). На выходе из смесителя, из бункера 10 дозатором 11 в смесь воздуха и увлажненных семян вносится порошковый препарат, налипание порошка на семена происходит в трубопроводах и распределителе 12 пневматической части системы высева сеялки.



1-вентилятор, 2-инжектор, 3-дозатор семян, 4-бункер для семян, 5-бак для жидкого препарата, 6-фильтр, 7-дозатор, 8-распылитель, 9-смеситель, 10-бункер для порошка, 11-дозатор порошка, 12-распределительная головка, 13-сошник

Рисунок 2.5 – Технологическая схема работы протравливающего модуля-приставки, встроенного в пневматическую систему зерновой сеялки

Новый технологический процесс, протравливания семян в воздушном потоке системы высева зерновой сеялки, наиболее эффективен для применения биопрепаратов, снижает затраты труда и времени, обеспечивает безопасность труда и исключает протравливание как самостоятельную операцию. Качество протравливания разработанного модуля определяется типом и формой смесителя, поэтому для определения его оптимальных параметров был проведен анализ в программе. Предлагаемый протравливающий модуль-приставка к пневматической сеялке открывает новые возможности в применении биопрепаратов и стимуляторов роста.

2.3 Исследование поведения воздушного потока в программе ANSYS

Течение смеси воздуха с твердыми частицами представляет собой сложную систему, поведение которой определяется взаимодействием большого количества факторов. Присутствие дисперсной примеси даже в малых концентрациях может кардинально менять структуру потока. Прежде всего, это связано с разнообразием свойств вводимых частиц, что может приводить к реализации большого числа режимов течения газодисперсного потока. Изменение концентрации и размера частиц может вызывать как количественную, так и качественную перестройку течения (например, более быстрому началу ламинарно-турбулентного перехода или, наоборот, к ламинаризации течения). Диапазон размеров, концентраций и свойств семян в транспортной системе пневматической сеялки очень велик, поэтому в программе был проведен анализ поведения только воздушного потока.

Для выбора оптимальной формы смесителя, в программе было проанализировано несколько типов смесителей. Для анализа в программе КОМПАС-3D были выполнены несколько трехмерных моделей. Целью

анализа является выявление рациональных форм смесителя и определение их оптимальных параметров, из множества моделей было отобрано две наиболее рациональных, это труба в форме цилиндрической и конусной спирали. Дальнейший анализ проводился только этих двух моделей смесителей (рисунок 2.6).

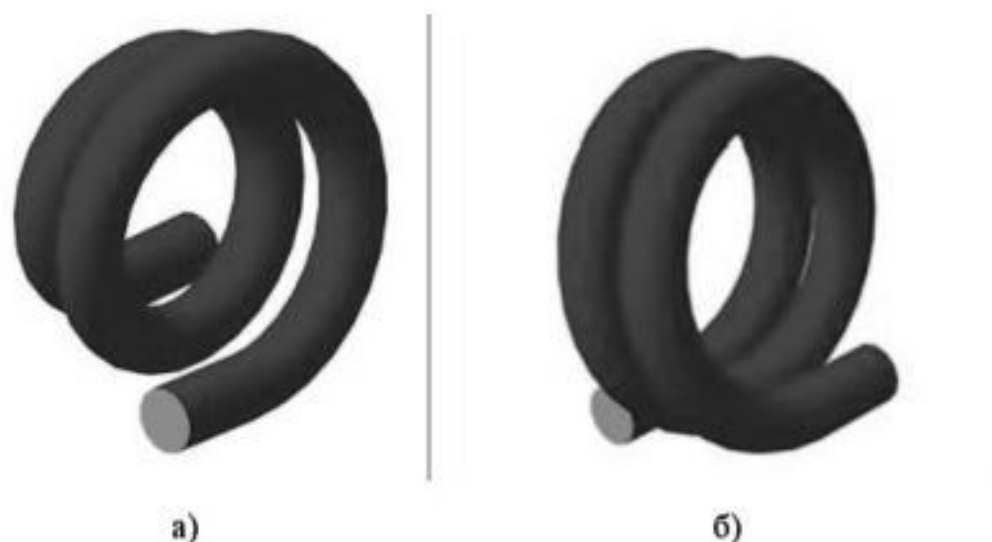


Рисунок 2.6 – Трехмерные модели смесителей:
а – конусная спираль; б – цилиндрическая спираль

В результате анализа были получены иллюстрации и графики величин, характеризующих турбулентный воздушный поток. На рисунке 2.7 приведена иллюстрация модуля скорости в вертикальном поперечном сечении смесителя.

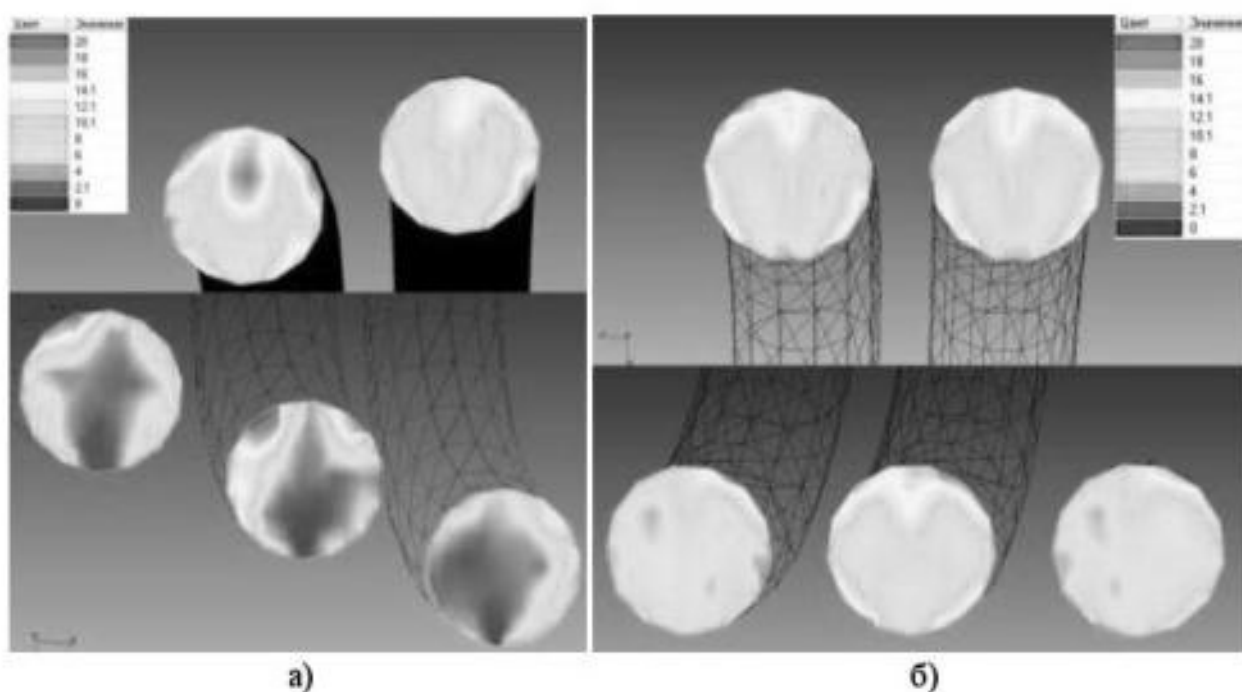


Рисунок 2.7 – Иллюстрация в анализа модуля скорости воздуха, м/с:
а) в конусном смесителе; б) в цилиндрическом смесителе

Из приведенной иллюстрации модуля скорости видно, что в цилиндрическом смесителе скорость воздуха распределена по его сечению более равномерно. Это связано с более тем, что в спиральной трубе с постоянным радиусом кривизны воздушный поток движется практически с одинаковой турбулентностью по всей ее длине. В конусном же смесителе турбулентность скорости непрерывно изменяется по всей его длине, поэтому модуль скорости распределен по сечению более неравномерно. На рисунке 2.8 приведена иллюстрация турбулентной энергии потока в вертикальном поперечном сечении смесителя.

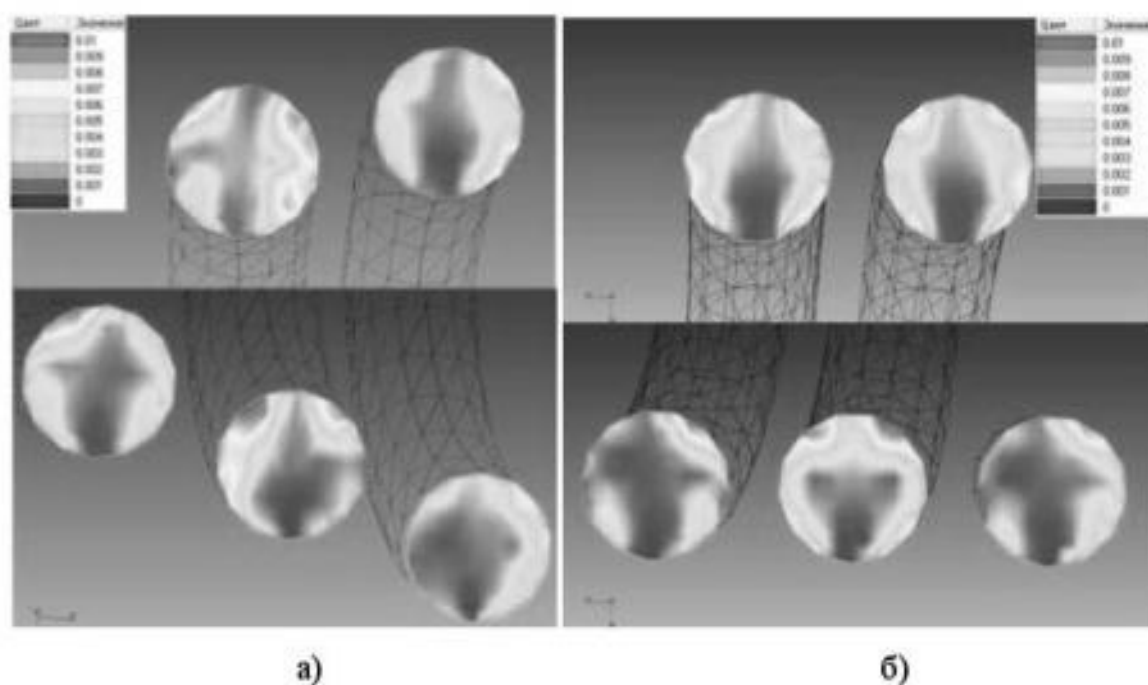


Рисунок 2.8 – Иллюстрация в анализа турбулентной энергии
воздушного потока, $\text{м}^2/\text{с}^2$:
а) в конусном смесителе; б) в цилиндрическом смесителе

По рисунку 2.8 можно заметить, что в цилиндрическом смесителе турбулентность в сечениях через каждые 180° практически не меняется, а в конусном – постепенно увеличивается, по мере уменьшения радиуса кривизны спирали.

На рисунке 2.9 изображена иллюстрация векторов скоростей в вертикальном поперечном сечении конусного и цилиндрического смесителей.

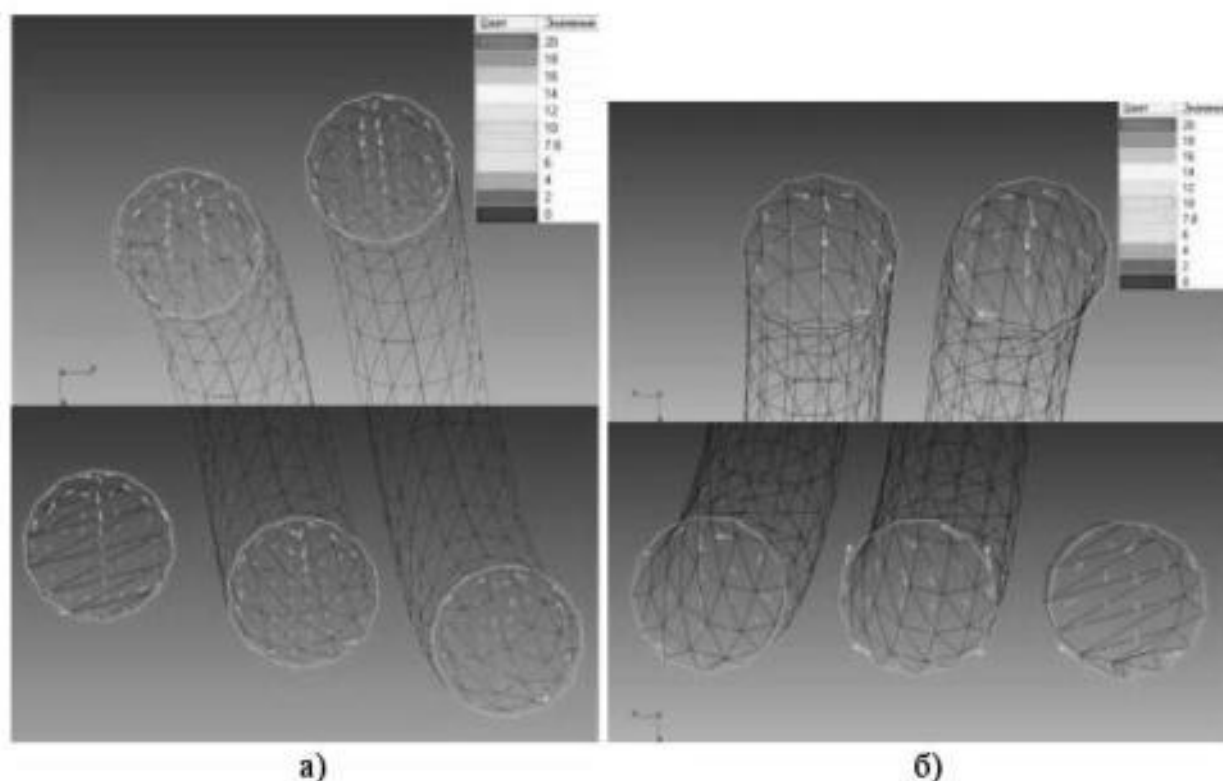


Рисунок 2.9 – Иллюстрация анализа векторов скоростей в вертикальном поперечном сечении, м/с:

а) в конусном смесителе; б) в цилиндрическом смесителе

На иллюстрации показаны направления и величины скоростей движения воздуха в поперечном сечении трубы. В обоих смесителях движение воздуха имеет циркуляционный характер. Однако в спиральном смесителе наблюдается более выраженная циркуляция и в сечении 540° , после входа в смеситель, циркуляция достигает максимальной интенсивности.

В результате анализа, для дальнейшего проектирования был выбран конусный смеситель, в нем образуется воздушный поток с постепенно нарастающей турбулентностью, что способствует более интенсивному смешиванию воздушных струй и увлекаемых ими семян. Переменная кривизна спирали, заставляет семена двигаться с плавно возрастающим центростремительным ускорением, что существенно снижает их травматизм.

2.4 Обоснование параметров протравливающего модуля-приставки к зерновой сеялке

2.4.1 Расчет объема бака для жидкого препарата

Бак для жидкого биологического препарата, заполняется во время загрузки сеялки. Одной заправки должно хватать до следующей загрузки. Следовательно, необходимо провести расчет максимально возможного расхода препаратов за время между загрузками.

Расчет максимального расхода жидкости между загрузками определяется по формуле:

$$V_{\text{пик}}^{\text{ж}} = \frac{C_{\text{БС}} \cdot q_{\text{жп}}}{1000}, \quad (2.6)$$

где $V_{\text{пик}}^{\text{ж}}$ – максимальный объем жидкого препарата, нанесенного на семена между заправками, л;

$C_{\text{БС}}$ – емкость бункера для семян, кг;

$q_{\text{жп}}$ – максимальная норма расхода жидкости, л/т.

Для снижения трудоемкости эксплуатации модуля возможна установка бака, объема которого хватит на всю рабочую смену.

Объем такого бака рассчитаем по формуле

$$V_{\text{БС}} = V_{\text{пик}} \frac{Q_{\text{НВ}}^{\text{пик}} \cdot H_{\text{С}}^{\text{пик}} \cdot T_{\text{С}}}{C_{\text{Б}}}, \quad (2.7)$$

где $V_{\text{БС}}$ – объем бака хватающий на рабочую смену, л;

$H_{\text{С}}^{\text{пик}}$ – максимальная производительность сеялки, га/ч;

$T_{\text{С}}$ – рабочее время смены, ч;

$Q_{\text{НВ}}^{\text{пик}}$ – максимальная норма высева сеялки, кг/га.

2.4.2 Определение коэффициента местного сопротивления смесителя и расчет необходимого запаса давления воздушного потока

Для определения коэффициента местного сопротивления камеры смешения, воспользуемся формулой [5]

$$\zeta = 0,008 \cdot \frac{\alpha^{0,75}}{n^{0,6}}, \quad (2.8)$$

где α – угол поворота воздушного потока, град;

$n = R_k/D$ – отношение радиуса колена к диаметру воздуховода.

На рисунке 2.7 изображена расчетная схема камеры смешения.

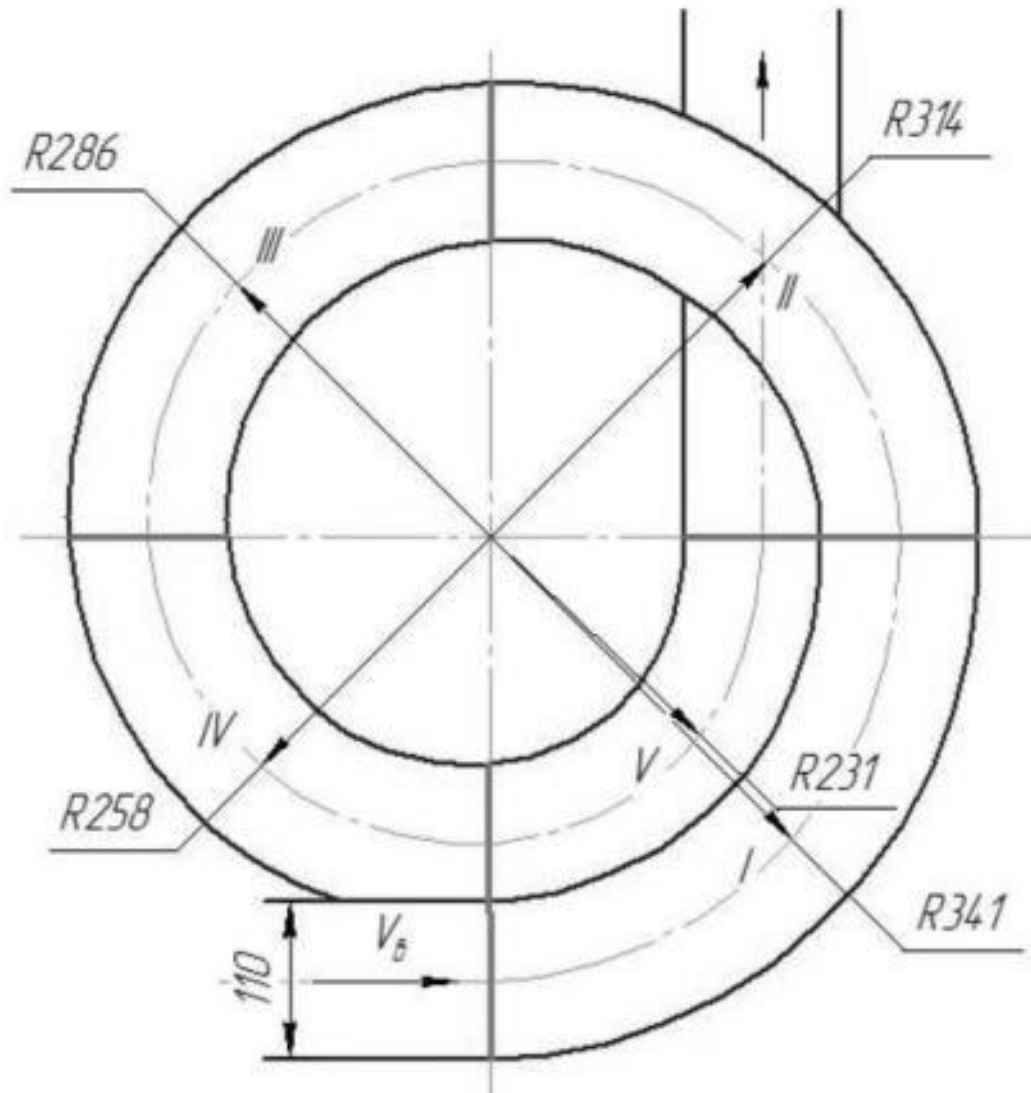


Рисунок 2.10 – Расчетная схема смесителя

Для более точного определения коэффициента местного сопротивления, на схеме смеситель разбит на пять составных частей (колен). Для нахождения коэффициента местного сопротивления всего смесителя, необходимо сначала вычислить его для каждого участка отдельно. в качестве радиуса поворота примем средние радиусы участков.

Результаты вычислений коэффициентов местного сопротивления по формуле 2.8 участков и смесителя в целом, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты вычислений коэффициентов местного сопротивления участков и смесителя в целом

№	D, мм	R _к , мм	R _г /D	ζ
1	110	341	1,97	0,208
2		314	1,87	0,125
3		286	1,77	0,132
4		258	1,67	0,170
5		231	1,55	0,151
Σ	-	-	-	0,786

По результатам расчетов коэффициент местного сопротивления смесителя ζ равен 0,786. Зная данный коэффициент можно определить потери напора для любой скорости воздушного потока.

Определим потери давления в смесителе для мелко-, средне- и крупносемянных культур по формуле:

$$\Delta H = \zeta \frac{\rho v^2}{2}, \quad (2.9)$$

где ΔH – потеря напора, Па;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ($\rho=1,21 \text{ кг/м}^3$);

v – скорость воздуха, м/с .

В качестве скорости воздушного потока, примем скорость необходимую для подъема семян: 10 м/с – для мелкосеменных культур, 15 м/с – для зерновых, 25 м/с – для крупных семян бобовых культур [9].

Результаты расчетов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты вычислений потерь напора для различных культур

Семена	Скорость воздуха, м/с	Потери давления, Па
Мелкие	10	47,2
Средние	15	106,1
Крупные	25	294,8

Для обеспечения нормальной работы сеялки, в зависимости от высеваемой культуры, она должна обладать запасом полного давления воздушного потока с учетом потерь напора для различных культур.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

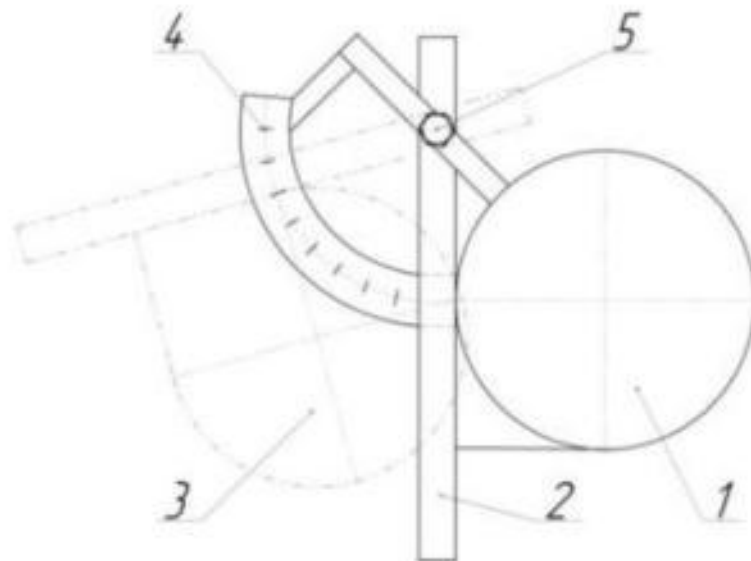
Общая программа экспериментальных исследований предусматривала проведение:

- 1) лабораторных опытов по:
 - а) определению пропускной способности бункера;
 - б) измерению площади поверхности семян;
 - в) исследование распылителей, обеспечивающих мелкодисперсную подачу требуемого количества жидкого препарата.
- 2) лабораторно-производственных экспериментов по:
 - а) определению наиболее рациональных параметров спирального смесителя протравливающего модуля, а также оценка качества покрытия семян жидким препаратом при разных режимах его работы
 - б) энергетическая оценка протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке.

3.2 Методика лабораторных экспериментов

3.2.1 Методика определения пропускной способности бункера для семян

Целью лабораторных экспериментов является определение пропускной способности бункера для семян. Для проведения опытов по определению пропускной способности бункера был изготовлен бункер (рисунок 2.5), оборудованным дозирующим устройством (рисунок 3.1).



1 – выгрузное отверстие бункера, 2 – рукоятка, 3 – заслонка, 4 – шкала, 5 – ось поворота заслонки

Рисунок 3.1 – Схема дозатора заслоночного типа

На заслонку была нанесена шкала, показывающая площадь открытия выгрузного отверстия при различных положениях заслонки (таблица 3.1). Шкала тарировалась с помощью миллиметровой бумаги.

Таблица 3.1 – Площади выгрузного отверстия бункера

Положение шкалы	Площадь открытия, $\times 10^{-6} \text{ м}^2$	Положение шкалы	Площадь открытия, $\times 10^{-6} \text{ м}^2$
1	1073	6	5838
2	2129	7	6553
3	3150	8	7148
4	4120	9	7599
5	5021	10	7850

Опыты проводились в следующей последовательности. Бункер наполовину заполняется семенами, открывается заслонка на первое деление и в мешок собираются семена в течение одной минуты и заслонка закрывается. Семена взвешиваются на весах МК-32.2-А20 с пределом

допускаемой погрешности ± 15 г. Далее рассчитывается пропускная способность бункера по следующей формуле:

$$Q_6 = 0,06q', \quad (3.1)$$

где Q_6 – пропускная способность бункера, т/ч;

q' – количество семян, высыпавших через дозатор за минуту, кг.

В таком порядке опыты повторяются в пятикратной повторности и рассчитывается среднее значение пропускной способности бункера при открытой заслонке на первое деление.

Затем бункер заполняется снова наполовину и опыты в такой последовательности повторяются при открытой заслонки на следующих делениях шкалы дозатора вплоть до полного открытия.

Данная методика может быть использована для определения пропускной способности бункеров любой геометрической формы, с любой конструкцией дозатора и с семенами различных видов зерновых культур.

3.2.2 Методика измерения площади поверхности семян

Для проведения опытов были подготовлены порции семян по 100, 200 и 300 шт.

Площадь поверхности семян определяется в следующем порядке. В мензурку с водой засыпаются 100 штук семян и замеряется объем вытесненной воды, что будет равняться объему 100 штук зерен. Делением значения этого объема на 100 вычисляется объем одной зерновки, который принимается эквивалентной объему шара. Затем рассчитывается эквивалентный диаметр одной зерновки по формуле:

$$d_{зз} = 1,24 \sqrt[3]{V_{зз}}, \quad (3.2)$$

где $d_{зз}$ – эквивалентный диаметр одной зерновки, м;

$V_{\text{зз}}$ – эквивалентный объем одной зерновки, м^3 .

Далее определяется площадь поверхности одной зерновки S_3 по формуле:

$$S_3 = \pi d_{\text{зз}}^2. \quad (3.3)$$

Данной партией семян опыты проводились в трехкратной повторности. Затем в такой же последовательности опыты повторялись с порциями 200 и 300 штук семян. Затем рассчитывается среднее значение полученных результатов. Полученные результаты обрабатывались методом математической статистики.

По этой разработанной методике можно определить площадь поверхности семян различных зерновых культур.

3.2.3 Методика исследования распылителей, обеспечивающих мелкодисперсную подачу требуемого количества жидкого препарата

По результатам изучения технических характеристик и поисковых экспериментов установлено, что требуемое количество подачи рабочей жидкости в мелкодисперсном виде могут обеспечивать распылители щелевого типа, используемые на опрыскивателях. Рассмотрим форсунки для сельскохозяйственных опрыскивателей от европейских производителей Arag (Италия) и Lechler (Германия) (рисунок 3.2) [19].

Обработка растений форсунками Arag (Араг) и Lechler (Лехлер) позволяет существенно экономить дорогие растворы, равномерно орошая при этом обрабатываемые полевые культуры. Раствор, проходя через специальное отверстие форсунки, насыщается воздухом, благодаря чему капля становится тяжелее и, как следствие меньше сносится ветром. В итоге обработка растений становится более эффективной, не требует частых

повторений и повышения концентрации гербицидов, фунгицидов, инсектицидов и т.п для достижения требуемого результата.



- ST - щелевой распылитель с углом распыла 110/80 - предназначен для скорости ветра не более 3 м/с, имеет два режима капельности.
- FL (5-ти струйный распылитель) - данную модель используют со специальной одиночной или двойной подвеской.
- AD90 - щелевой керамический распылитель с углом распыления 90 градусов.
- ID 90 воздушно-инжекторный керамический щелевой распылитель
- TTR полokonусный керамический распылитель - хорошее решение для быстрого уничтожения сорняков при опрыскивании растений с минимальными затратами
- латунный распылитель Lechler OC
- FD (дефлекторная форсунка) - новинка компании Lechler

Рисунок 3.2 – Фотографии исследуемых распылителей

На основании изучения технических характеристик (таблица 3.2) и по результатам предварительных поисковых экспериментов были определены 3

типа распылителей с различными техническими характеристиками (в таблице выделены жирным шрифтом).

Таблица 3.2 – Технические характеристики некоторых распылителей

	BCPC/ ASAE			л/мин	л/мин								
	ID	IDN	атм		5,0 км/ч	6,0 км/ч	7,0 км/ч	8,0 км/ч	10,0 км/ч	12,0 км/ч	14,0 км/ч	16,0 км/ч	18,0 км/ч
ID 120-01 90-01 (80/60 M)	Б		3,0	0,39	94	78	67	59	47	39	33	29	26
	Б		4,0	0,45	108	90	77	68	54	45	39	34	30
	Б		5,0	0,51	122	102	87	77	61	51	44	38	34
	Б		6,0	0,55	132	110	94	83	66	55	47	41	37
	С		7,0	0,60	144	120	103	90	72	60	51	45	40
	С		8,0	0,64	154	128	110	96	77	64	55	48	43
ID 120-015 90-015 (60 M)	ОБ		3,0	0,59	142	118	101	89	71	59	51	44	39
	Б		4,0	0,68	163	136	117	102	82	68	58	51	45
	Б		5,0	0,76	182	152	130	114	91	76	65	57	51
	Б		6,0	0,83	199	166	142	125	100	83	71	62	55
	Б		7,0	0,90	216	180	154	135	108	90	77	68	60
	С		8,0	0,96	230	192	165	144	115	96	82	72	64
ID 120-02 90-02 (60 M)	ОБ		3,0	0,80	192	160	137	120	96	80	69	60	53
	Б		4,0	0,92	221	184	158	138	110	92	79	69	61
	Б		5,0	1,03	247	206	177	155	124	103	88	77	69
	Б		6,0	1,13	271	226	194	170	136	113	97	85	75
	Б		7,0	1,22	293	244	209	183	146	122	105	92	81
	Б		8,0	1,30	312	260	223	195	156	130	111	98	87
IDN 120-025 ID 120-025 90-025 (60 M)		ЗБ	2,0*	0,81	194	162	139	122	97	81	69	61	54
	ОБ	ОБ	3,0	0,99	238	198	170	149	119	99	85	74	66
	ОБ	ОБ	4,0	1,15	276	230	197	173	138	115	99	86	77
	ОБ	ОББ	5,0	1,28	307	256	219	192	154	128	110	96	85
	Б	Б	6,0	1,40	336	280	240	210	168	140	120	105	93
	Б	Б	7,0	1,52	365	304	261	228	182	152	130	114	101
IDN 120-03 ID 120-03 90-03 (60 M)		ЗБ	2,0*	0,97	233	194	166	146	116	97	83	73	65
	ОБ	ЗБ	3,0	1,19	286	238	204	179	143	119	102	89	79
	ОБ	ОБ	4,0	1,37	329	274	235	206	164	137	117	103	91
	ОБ	ОБ	5,0	1,53	367	306	262	230	184	153	131	115	102
	Б	ОБ	6,0	1,68	403	336	288	252	202	168	144	126	112
	Б	Б	7,0	1,81	434	362	310	272	217	181	155	136	121
ID 120-04 90-04 (60 M)	Б	Б	8,0	1,94	466	388	333	291	233	194	166	146	129
	ЗБ		3,0	1,58	379	316	271	237	190	158	135	119	105
	ОБ		4,0	1,82	437	364	312	273	218	182	156	137	121
	ОБ		5,0	2,04	490	408	350	306	245	204	175	153	136
	ОБ		6,0	2,23	535	446	382	335	268	223	191	167	149
	Б		7,0	2,41	578	482	413	362	289	241	207	181	161
	Б		8,0	2,58	619	516	442	387	310	258	221	194	172

BCPC/ASAE Классификация размеров капель

ОМ	Очень мелкие
М	Мелкие
С	Средние
Б	Большие
ОБ	Очень большие
ЗБ	Экстремально большие

Для проведения основных экспериментов был изготовлен экспериментальный стенд (рисунок 3.3) и приготовлен раствор рабочей жидкости.

Опыты проводились в следующем порядке. Подготовленная жидкость заливается в бак 1. Включается насос 3, устанавливается минимальное давление подачи по манометру 5 (4 атм), перед входом в распылитель устанавливается мерный сосуд. Открывается кран и в течении одной минуты рабочая жидкость собирается в мерный сосуд и определяется её объем в литрах. Время измерялась механическим секундомером класса точности 0,02.



Рисунок 3.3 – Экспериментальный стенд

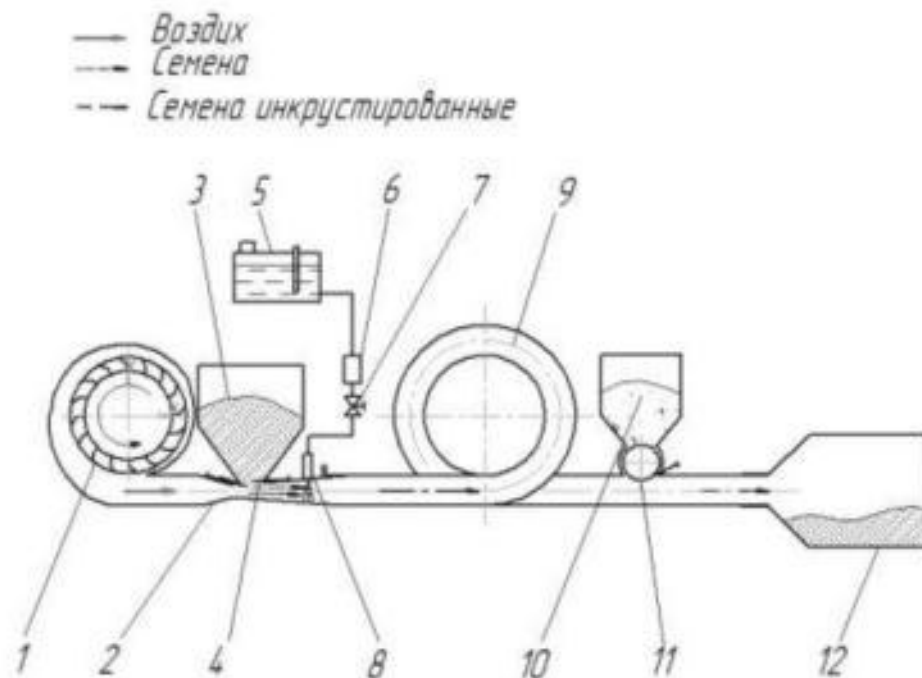
Каждый опыт повторяется пять раз. Среднеарифметическое значение полученных результатов и является фактической подачей рабочей жидкости распылителем в литрах за одну минуту. В возрастающей последовательности проводятся опыты при других значениях делений манометра (5, 6, 7 и 8 атм). Умножая полученные результаты на 60, определяется часовой расход рабочей жидкости, и вносятся в таблицу результатов определения расхода

рабочей жидкости. Статистическая обработка результатов эксперимента проводится по стандартной методике.

3.3 Методика исследования процесса протравливания в воздушном потоке

В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные исследования. Целью данных исследований являлось определение наиболее рациональных параметров спирального смесителя протравливающего модуля, а также оценка качества покрытия семян жидким препаратом при разных режимах его работы (скорость воздуха, положение смесителя, диаметр поперечного сечения, количество витков спирали, радиус кривизны спирали, шаг конической спирали и т.д.)

Для проведения экспериментов была спроектирована и изготовлена установка, представленная на рисунке 3.4.



1 – вентилятор; 2 – инжектор; 3 – бункер для семян; 4 – шибер; 5 – бак для раствора; 6 – фильтр; 7 – дозатор жидкости; 8 – распылитель; 9 – смеситель; 10 – бункер для порошка; 11 – дозатор порошка; 12 – накопитель

Рисунок 3.4 – Принципиальная схема экспериментальной установки

На экспериментальной установке была проведена обработка семян пшеницы и ячменя с разным положением и формой смесителя, а также разным сечением и длиной трубопровода.

Методика лабораторно-производственных исследований:

- 1) Перед началом опыта смесителю придавалась испытываемая форма и расположение;
- 2) Для экспериментов были взяты семена двух культур – пшеницы и ячменя;
- 3) Семена одной из культур засыпались в бункер и запускалась установка;
- 4) Анемометром замерялась скорость воздушного потока;
- 5) Дозатором устанавливалась норма расхода рабочей жидкости. В качестве рабочей жидкости использовался водорастворимый краситель;
- 6) Открытием дозирующей заслонки устанавливался рабочий режим;
- 7) После выхода установки на устоявшийся режим, закрывался накопитель (начинался отбор инкрустированных семян), при этом засекалось время опыта;
- 8) Через две минуты перекрывалась дозирующая заслонка, прекращалась подача красителя и установка останавливалась.

Для каждой формы эксперимент проводился 5 раз, после чего полученные данные были усреднены. Перед экспериментами была замерена скорость воздушного потока без смесителя, которая составила 24,2 м/с. По полученным данным был проведен расчет потери скорости и напора воздушного потока, а также определен коэффициент местного сопротивления смесителя и производительность установки. По шкале оттенка цвета было определено качество покрытия. Для оценки качества покрытия была использована известная методика (в дипломном проекте не приведена).

Коэффициент местного сопротивления определен по формуле 3.1

$$\zeta = \frac{2 \cdot \Delta P_{\text{мс}}}{\rho \cdot v^3}, \quad (3.1)$$

где $\Delta P_{\text{мс}}$ – потеря давления в местном сопротивлении (смесителе);

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

v – скорость воздуха в смесителе в м/с, при которой определялась потеря давления.

3.4 Методика обработки результатов

Экспериментальные данные лабораторных и лабораторно-производственных исследований обрабатывались известными методами математической статистики [10, 12].

Наблюдая и измеряя характеристики объекта во время экспериментов собирается первичный статистический материал. Дальнейшая задача состоит в обработке первичных данных, которые позволили бы оценить результаты проверки и выявить свойства и закономерности процесса. Достаточную информацию об эксперименте можно получить по таким характеристикам: среднее значение – $\bar{x}$; стандартное отклонение (среднее квадратическое отклонение) – S ; стандартная ошибка (ошибка средней) – $S_{\bar{x}}$; коэффициент вариации – V .

При n измерениях одной и той же величины получаются результаты $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, которые могут отличаться друг от друга. Поэтому вычисляют величину наиболее близкую к истинному значению, которую называют средней арифметической – сумма всех зафиксированных значений, деленную на их количество:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}. \quad (3.7)$$

Среднее квадратическое отклонение – в статистике наиболее распространённый показатель рассеивания значений случайной величины относительно её математического ожидания, т.е. к средней арифметической:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}, \quad (3.8)$$

где x – значение отдельных вариантов;

$\bar{x}$ – средняя арифметическая;

n – количество вариантов.

Среднее квадратическое отклонение выражается в тех же единицах, что и данные измерения. Это затрудняет сравнение разноразмерных признаков для оценки степени их варьирования. Для сравнения рассеивания двух и более признаков, имеющих различные единицы измерения, используют коэффициент вариации:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (3.9)$$

При любом статистическом наблюдении могут встретиться ошибки. При проведении выборочных исследований полученный результат не обязательно совпадает с результатом, который мог бы быть получен при исследовании всей генеральной совокупности. Между этими величинами существует определенная разница, называемая ошибкой, то есть погрешность. Прямая проверка этого, как правило, невозможно. Однако, теория математической статистики дает возможность с определенной вероятностью установить пределы, в которых находится средняя генеральной совокупности. Для этого вычисляется ошибка средней:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (3.10)$$

Эта величина, выраженная в тех же единицах измерения, что и средняя арифметическая.

Конечной целью выборочного наблюдения является характеристика генеральной совокупности. При малых объемах выборки параметры могут существенно отклоняться от их истинных значений. Поэтому возникает необходимость установить границы, в пределах которых для выборочных значений параметров лежат истинные значения. Нижняя граница доверительного интервала определяется путем вычитания средней ошибки из средней арифметической, а верхняя — путем ее добавления.

$$\bar{x} - tS_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + tS_{\bar{x}}, \quad (3.11)$$

где μ – средняя генеральной совокупности,

t – критерий Стьюдента (выбирается по таблице).

Полученные значения экспериментальных данных отображаются в виде графиков построенных на ЭВМ в операционной среде «MS Windows XP» с помощью программы «Microsoft Excel 2007».

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты лабораторных экспериментов

4.1.1 Определение пропускной способности бункера для семян

Целью лабораторных экспериментов является определение пропускной способности бункера для семян. Как уже отмечалась ранее, пропускная способность бункера семян должна быть больше, чем максимальная производительность протравливателя. По результатам теоретических исследований, для обеспечения максимальной производительности в 10 т/ч, диаметр выгрузного отверстия должно быть не менее 100 мм. Для проведения опытов по определению пропускной способности был изготовлен бункер (рисунок 2.5), оборудованным дозирующим устройством (рисунок 3.1).

Лабораторные эксперименты по определению пропускной способности бункера для семян проводились по методике, описанной в подразделе 3.2.1. Результаты опытов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты экспериментального определения пропускной способности бункера-дозатора

Номер деления на шкале	Площадь отверстия, 10^{-6} м^2	Пропускная способность, т/ч					Среднее значение пропускной способности, т/ч	Среднее квадратическое отклонение, S	Коэффициент вариации, V
		Номер опыта							
		1	2	3	4	5			
1	1073	0,78	0,72	0,76	0,81	0,75	0,74	0,04	5,4
2	2129	2,83	2,97	3,0	2,84	2,94	2,89	0,082	2,8
3	3150	4,5	4,65	4,53	4,6	4,72	4,6	0,089	1,9

4	4120	5,65	5,72	5,5	5,7	5,43	5,6	0,109	1,9
5	5021	7,70	7,92	8,06	8,11	7,89	7,90	0,136	1,7
6	5838	9,65	9,5	9,6	9,5	9,24	9,5	0,176	1,8
7	6553	10,5	9,85	10,5	10,55	9,6	10,2	0,674	6,6
8	7148	11,4	11,0	11,35	11,75	11,5	11,4	0,391	3,4
9	7599	12,0	12,4	12,3	12,2	11,6	12,1	0,316	2,6
10	7850	13,5	13,0	12,85	13,7	13,95	13,4	0,465	3,5

Результаты экспериментальных исследований показывают, что пропускная способность бункера удовлетворяет требуемой производительности протравливателя.

4.1.2 Измерение площади поверхности семян

Изучение диаметра и площади поверхности зерна необходимо для проведения теоретических исследований по обоснованию минимально необходимого количества расхода рабочей жидкости для покрытия поверхности семян. Сравнительное изучение данных признаков затрудняется тем, что поверхность семян зерновых культур представляет собой различные формы (шар, эллипс, тетраэдра). Поэтому зерновку представим в форме шара, объем которого эквивалентен объему зерновки.

Отбор образцов и выделение порции семян зерновых культур проводились по ГОСТ 12036-85. Как было отмечено в третьей главе, для выполнения исследований применялся районированный сорт пшеницы «Экада 109». Лабораторные эксперименты по определению площади поверхности семян проводились по методике, описанной в подразделе 3.2.2. Результаты экспериментов приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты экспериментального определения площади поверхности семян

Порция семян, шт	100			200			300		
Количество повторений	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Объем семян, $\times 10^{-6} \text{ м}^3$	3,0	3,4	3,1	6,2	6,5	6,3	9,7	9,6	9,8
Средний объем семян, $\times 10^{-6} \text{ м}^3$	3,2			6,3			9,7		
Среднее квадратическое отклонение объема, $S \times 10^{-6}$	0,21			0,16			0,1		
Коэффициент вариации $V, \%$	6,5			2,5			1		
Ошибка средней $S_{\bar{x}}, \times 10^{-6} \text{ м}^3$	0,12			0,09			0,06		
Средняя генеральная совокупность $\mu, \times 10^{-6} \text{ м}^3$	$3,2 \pm 0,52$			$6,3 \pm 0,39$			$9,7 \pm 0,26$		
Объем одной зерновки, $\times 10^{-6} \text{ м}^3$	0,032			0,0315			0,032		
Средний объем одной зерновки, $\times 10^{-6} \text{ м}^3$				0,032					
Среднее квадратическое отклонение объема, $S \times 10^{-6} \text{ м}^3$				0,00035					
Коэффициент вариации $V, \%$				1,1					
Ошибка средней $S_{\bar{x}}, \times 10^{-6} \text{ м}^3$				0,0002					
Средняя генеральная совокупность $\mu \times 10^{-6}$				$0,032 \pm 0,00036$					
Диаметр одной зерновки, м				0,0039					
Площадь поверхности зерновки, $\times 10^{-3} \text{ м}^2$				0,48					

Анализ результатов экспериментов показывает, что средняя генеральная совокупность при измерении площади поверхности семян находится в допустимых пределах при выбранном значении критерия Стьюдента $t=4,30$.

Результаты данных экспериментов могут быть использованы при теоретических расчетах требуемого количества расхода рабочей жидкости для покрытия поверхности любого количества семян.

4.1.3. Исследование распылителей, обеспечивающих мелкодисперсную подачу требуемого количества рабочей жидкости в камеру протравливания

В результате анализа технических характеристик, принципа работы, конструктивно – технологических параметров, наиболее рациональными для использования в разрабатываемой конструкции с точки зрения обеспечения требуемого расхода рабочей жидкости, мелкодисперсного распыла и наибольшего охвата факелом распыла объёма камеры протравливания являются распылители типа Air Mix 110-01, Air Mix 110-02 и Air Mix 110-025 с диаметром отверстия соответственно 1 мм, 2мм и 2,5 мм и плоским факелом распыла с углом раскрытия 110° .

Выбранными тремя распылителями проведены опыты по исследованию расхода рабочей жидкости при различных значениях делений манометра по методике, описанной в подразделе 3.2.3.

Результаты экспериментальных данных приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты экспериментальных исследований расхода рабочей жидкости

Распылитель	Давление, атм	Расход, л/ч			Среднее значение расхода, л/ч	Среднее квадратическое отклонение, %	Коэффициент вариации V, %
		Q ₁	Q ₂	Q ₃			
1	2	3	4	5	6	7	8
Air Mix 110-01	4	37,5	35,7	38,6	37,3	1,46	3,9
	5	40,3	45,6	44,7	43,5	2,84	6,5
	6	49,8	53,2	51,2	51,1	1,25	2,5
	7	57,8	55,3	58,4	57,2	1,64	2,9
	8	60,4	61,6	63,8	61,9	1,72	2,8

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Air Mix 110-02	4	67,5	70,3	69,2	69,0	1,41	2,0
	5	75,4	76,3	73,5	75,2	1,47	2,0
	6	83,1	78,8	85,3	82,4	3,31	4,0
	7	93,2	90,5	89,1	90,9	2,67	2,9
	8	95,5	96,8	97,4	96,6	0,97	1,0
Air Mix 110-025	4	86,3	87,4	83,2	85,6	2,18	2,5
	5	90,5	89,6	93,0	91,0	1,76	1,9
	6	97,8	99,1	102,1	99,7	2,21	2,2
	7	105,4	104,3	107,5	105,7	1,62	1,5
	8	114,3	111,8	113,4	112,2	1,10	1,2

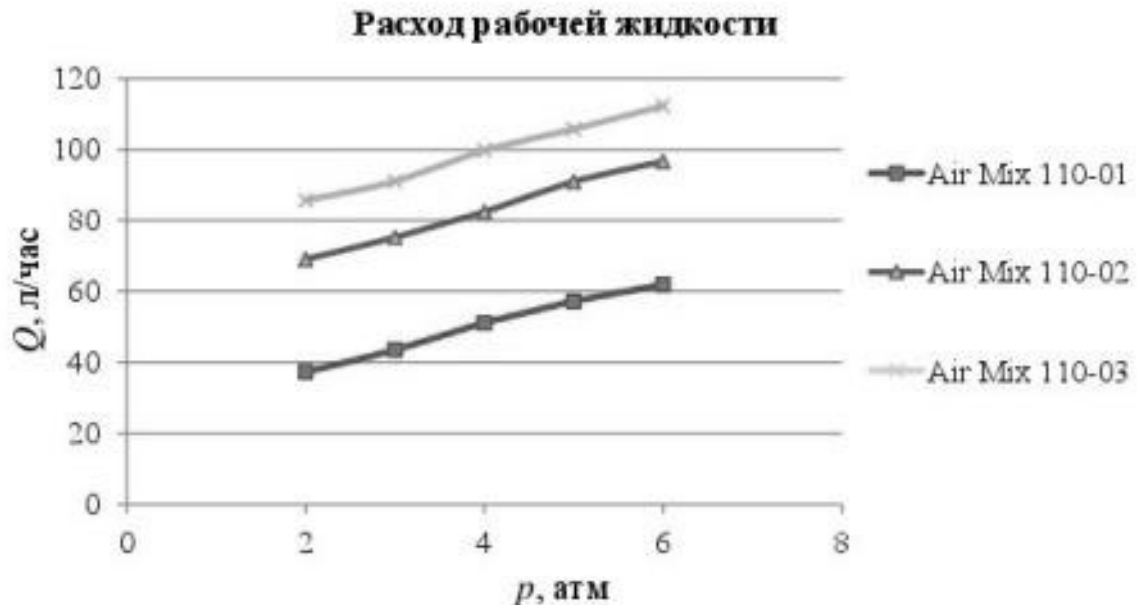


Рисунок 4.1 – Графики расхода рабочей жидкости распылителей при различных значениях давления распыливаемой жидкости

При теоретических исследованиях было обосновано, что необходимое количество рабочей жидкости для качественной работы протравливателя с производительностью 10 т/ч составляет 75...100 л/ч. Экспериментами установлено, что мелкодисперсную подачу заданного количества рабочей

жидкости могут обеспечивать все рассмотренные распылители Air Mix. При этом надо учитывать то, что чем больше давление распыла, тем меньше будет размер распыленных частиц рабочей жидкости. Соответственно, при работе на протравливателе с малой производительностью или с меньшим расходом, целесообразно применять распылитель с меньшим диаметром отверстия, так как в этом случае давление распыла будет максимальной и распыл получится мелкодисперсной, что в свою очередь способствует повышению качества протравливания семян.

4.2 Результаты лабораторно-производственных исследований

В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные исследования. Целью данных исследований являлось определение наиболее рациональных параметров спирального смесителя протравливающего модуля, а также оценка качества покрытия семян жидким препаратом при разных режимах его работы (скорость воздуха, положение смесителя, диаметр поперечного сечения, количество витков спирали, радиус кривизны спирали, шаг конической спирали и т.д.)

Для проведения экспериментов была спроектирована и изготовлена установка, представленная на рисунке 3.4.

На экспериментальной установке была проведена обработка семян пшеницы и ячменя с разным положением и формой смесителя, а также разным сечением и длиной трубопровода.

Результаты экспериментов представлены на рисунке 4.2.

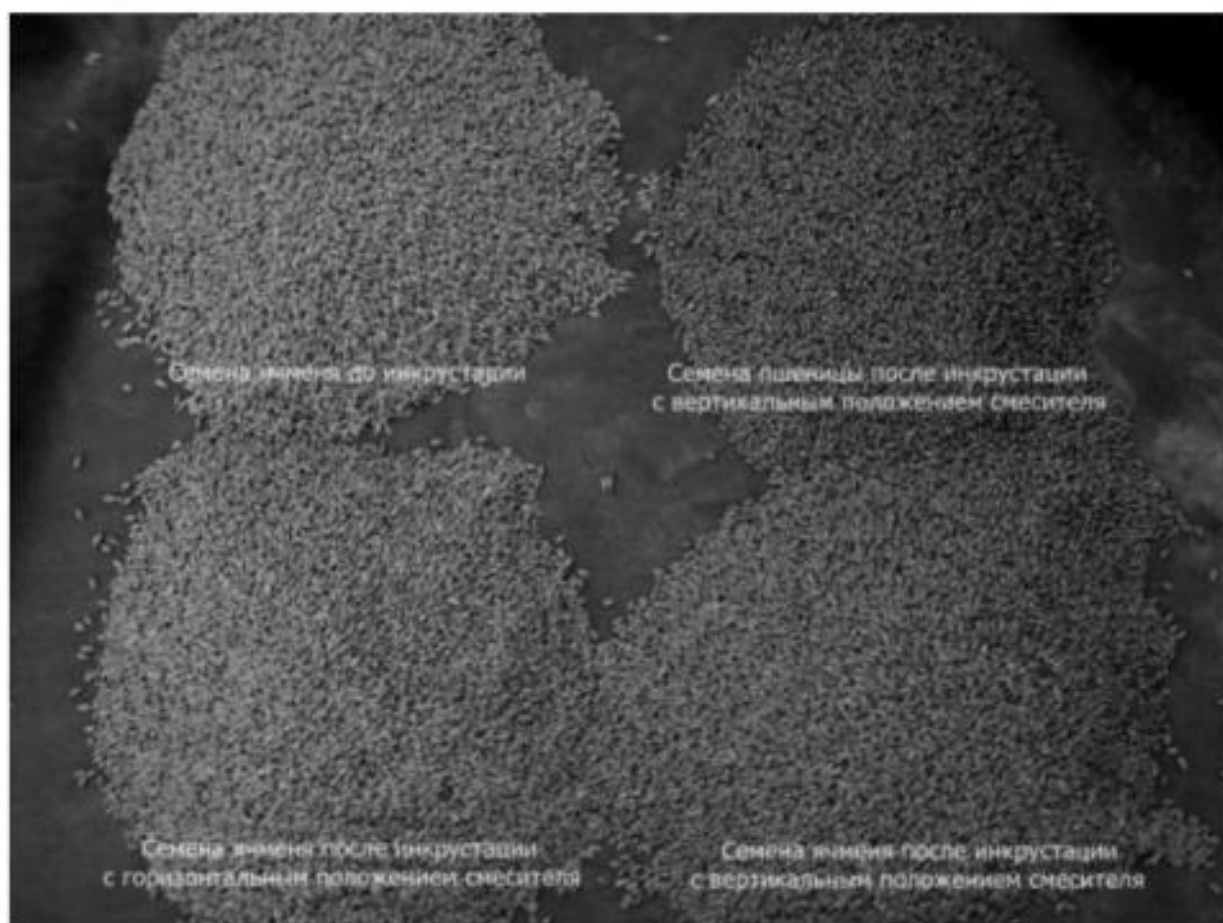


Рисунок 4.2 – Образцы семян до и после протравливания на экспериментальной установке

Обработанные результаты экспериментов приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 Результаты экспериментов и вычислений по определению падения давления в смесителе и коэффициентов местного сопротивления

Начальный радиус кривизны смесителя, мм	Угол закрутки спирали, град.	Скорость воздушного потока, м/с	Падение скорости, м/с	Падение давления, Па	Коэффициент местного сопротивления ζ
-	0	18,3	5,9	250,4	1,25
200	360	17,8	6,4	268,8	1,41
	720	16,6	7,6	310,0	1,87
300	360	18,0	6,2	261,6	1,35
	720	17,2	7,0	289,8	1,63

Анализ полученных после обработки экспериментальных данных показал:

- 1) Наиболее эффективным является вертикальное положение смесителя;
- 2) 95% аэрозоли осаждаются на стенке смесителя после прохождения одного витка смесителя диаметром 600 мм, при скорости воздуха 17 м/с;
- 3) Хорошее качество покрытия обеспечивается начиная с поворота спирали 360° и постепенно возрастает с его увеличением до 720° , с дальнейшим продолжением поворота спирали заметного улучшения качества не наблюдалось;
- 4) Рациональный шаг завивки спирали равен внутреннему диаметру воздухопровода;
- 5) Технологический процесс протравливания в воздушном потоке позволяет равномерно обрабатывать семена с нормой расхода рабочей смеси от 2 л/т;
- 6) Слипание семян и налипание их на стенки не происходит с нормой расхода рабочей смеси до 20-25 л/т;
- 7) Препарат, налипший на стенки смесителя, счищается семенами и дальнейшее утолщение стенок не происходит;
- 8) Форма смесителя влияет на коэффициент местного сопротивления в смесителе меньше, чем длина его воздухопровода.

Качество покрытия было оценено, как хорошее и отвечающим агротехническим требованиям к протравливанию семян.

5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТРАВЛИВАЮЩЕГО МОДУЛЯ-ПРИСТАВКИ

5.1 Энергетическая оценка разработанной конструкции

Энергетический анализ позволяет оценивать как существующие и планируемые технологии, их перспективность с точки зрения энергетической эффективности по сравнению с применяемым. За основной критерий энергетической оценки технологий при переработке продукции растениеводства принимают показатель энергетической эффективности.

Оценка эффективности проводилась по коэффициенту энергетических затрат:

$$K_{\text{эп}} = \frac{E_{\text{пр}}}{E_{\text{баз}}}, \quad (5.1)$$

где $E_{\text{пр}}$, $E_{\text{баз}}$ – затраты энергии на производство единицы переработанного продукта, МДж/т.

Полные затраты энергии на производство единицы переработанного продукта:

$$E = E_{\text{п}} + \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{об}} + E_{\text{з}}}{W_{\text{см}}}, \quad (5.2)$$

где E – совокупные затраты энергии, МДж/т;

$E_{\text{п}}$ – прямые затраты энергии, МДж/т;

$E_{\text{ж}}$ – затраты энергии живого труда, МДж/ч;

$E_{\text{об}}$ – энергоемкость технологического оборудования, МДж/т;

$E_{\text{з}}$ – энергоемкость помещений, МДж/т

$W_{\text{см}}$ – сменная производительность оборудования, т/ч.

Прямые затраты энергии можно найти по формуле:

$$E_{\pi} = \frac{H_{\text{э}}}{M_{\pi}} \cdot K_{\text{э}}, \quad (5.3)$$

где E_{π} – прямые затраты энергии, МДж/т;

$H_{\text{э}}$ – затраты электроэнергии на переработку продукта за контрольное время, кВт·ч;

M_{π} – масса переработанного продукта за контрольное время, т;

$K_{\text{э}}$ – коэффициент перевода 1 кВт·ч в 1 МДж ($K_{\text{э}} = 3,6$).

Прямые затраты энергии составят:

$$E_{\text{п.баз}} = \frac{5,6}{10} \cdot 3,6 = 2,0 \text{ МДж/т.}$$

$$E_{\text{п.пр}} = \frac{4,75}{10} \cdot 3,6 = 1,7 \text{ МДж/т.}$$

Затраты энергии живого труда определяют по формуле:

$$E_{\text{ж}} = n_{\text{ч}} \alpha_{\text{ж}}, \quad (5.4)$$

где $E_{\text{ж}}$ – затраты живого труда, МДж/ч;

$n_{\text{ч}}$ – число основных рабочих, чел;

$\alpha_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент затрат живого труда основных рабочих, МДж/чел·ч ($\alpha_{\text{ж}} = 0,9$);

$$E_{\text{ж}} = 1 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ МДж/ч.}$$

Энергоемкость технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{об}} = \frac{\alpha_{\text{об}} \cdot G}{100} \left(\frac{a_{\text{об}}}{T_{\text{об}}} \right), \quad (5.5)$$

где $E_{\text{об}}$ – энергоемкость оборудования, МДж/т;

$\alpha_{об}$ – энергетический эквивалент оборудования, МДж/м²;

G – масса оборудования, м²;

$a_{об}$ – амортизационные отчисления за год, %;

$T_{об}$ – период использования оборудования в году, ч.

Энергоемкость технологических оборудования составят:

$$E_{об.баз} = \frac{104 \cdot 750}{100} \left(\frac{16,2}{50} \right) = 252,7 \text{ МДж/т.}$$

$$E_{об.пр} = \frac{104 \cdot 350}{100} \left(\frac{16,2}{50} \right) = 117,9 \text{ МДж/т.}$$

Энергоемкость производственных помещений рассчитывают по формуле:

$$E_3 = \frac{\alpha_3 \cdot F_3}{100} \left(\frac{a_3}{T_{3п}} \right), \quad (5.6)$$

где E_3 – энергоемкость производственных помещений, МДж/т;

α_3 – энергетический эквивалент производственных помещений, МДж/м²;

F_3 – площадь оборудования, м²;

a_3 – амортизационные отчисления за год, %;

$T_{3п}$ – период использования помещения при работающем оборудовании в году, ч.

$$E_3 = \frac{5025 \cdot 6}{100} \left(\frac{4,7}{50} \right) = 28,3 \text{ МДж/т.}$$

Полные затраты энергии на производство единицы переработанного продукта:

$$E_{\text{баз}} = 2,0 + \frac{0,9 + 252,7 + 18,9}{10} = 29,3 \text{ МДж/т},$$

$$E_{\text{пр}} = 1,7 + \frac{0,9 + 117,9 + 18,9}{10} = 15,5 \text{ МДж/т}.$$

Определяем коэффициент энергетических затрат по формуле (5.1):

$$K_{\text{эл}} = \frac{15,5}{29,3} = 0,53.$$

Техническая характеристика экспериментального пневмомеханического протравливателя и протравливателя ПС-10АМ, а также расчетные энергетические показатели представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Техническая характеристика и энергетическая оценка протравливающего модуля-приставки

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Числовые значения	
			ПС-10АМ	ПМП
1	Масса	кг.	750	350
2	Потребная мощность	кВт	5,6	4,75
3	Количество обслуживающего персонала	чел.	1	1
4	Разряд работ	-	IV	IV
5	Норма амортизации	%	16,2	16,2
6	Годовая загрузка	час.	50	50
7	Прямые затраты энергии	МДж/т	2,0	1,7
8	Энергозатраты живого труда	МДж/т	0,9	0,9
9	Энергоемкость оборудования	МДж/т	252,7	117,9
10	Энергоемкость здания	МДж/т	28,3	28,3
11	Совокупные затраты	МДж/т	29,3	15,5
12	Коэффициент энергетических затрат	-	-	0,53

Расчеты показывают, что разработанный экспериментальный протравливающий модуль-приставка имеет совокупные затраты энергии на 45% меньше, чем базовый протравливатель ПС-10АМ. Это объясняется тем, что новый протравливатель имеет малую потребляемую мощность и меньшую массу конструкции.

5.2 Бизнес-план организации производства протравливающего модуля-приставки к зерновой сеялке

Идея бизнес-плана

Инженерный проект представляет собой разработку протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке. Основная идея бизнес-плана – организовать производство протравливающего модуля-приставки, рассчитать основные экономические показатели и обосновать эффективность производства.

Характеристика объекта проектирования

Объектом проектирования является производство протравливающего модуля-приставки к зерновым сеялкам. Разработанная протравливающая модуль-приставка, позволяет проводить протравливание во время посева, что необходимо при обработке биопрепаратами. Модуль предназначен для установки на пневматические зерновые сеялки с общей схемой распределения, с диаметром центрального семяпровода от 100 до 120 мм.

Анализ рынка

В настоящее время защита и стимуляция роста сельскохозяйственных растений осуществляется преимущественно химическими методами, тогда как все более развивающиеся биологические методы, наиболее безопасны, экологичны и эффективны. Самым эффективным способом применения биологических методов защиты и стимуляции роста растений является обработка семян биопрепаратами.

На сегодняшний день, обработку семян биопрепаратами производят лишь 3% хозяйств, причем доля протравленных семян химическими препаратами в данных хозяйствах высок. В то же в России достаточное количество крупнейших производителей биопрепаратов, стимуляторов ростовых процессов, микроудобрений и гумматов, такие препараты как ГУМИ, Фитоспорин, Ризоторфин и др. Применение в растениеводстве биопрепаратов сдерживается полным отсутствием специализированных машин, способных качественно обрабатывать семена данными препаратами. Главным требованием к биообработке являются, кратчайшие сроки ее выполнения, необходимость обработки в день посева, что практически не достижимо существующими на рынке машинами.

В данной работе разработана оригинальная конструкция протравливающего модуля, не имеющего аналогов в мире. Прямых конкурентов на рынке машин для обработки и посева семян зерновых культур не обнаружено.

Производственный план

Для производства разработанного протравливающего модуля планируется открыть малое предприятие, которое будет осуществлять весь цикл производства, от разработки конструкции до реализации конечному потребителю. Планируется реконструировать здание под производственную площадку площадью не менее 100 м². Стоимость реконструкции находится в пределах 1200 тыс. руб. На приобретение и монтаж оборудования необходимо 500 тыс. руб. Осуществлять производство будут два работника и один управленец.

С учетом ожидаемой себестоимости и спроса на рынке сбыта, отпускную цену протравливающего модуля предлагается установить в размере 250 тысяч рублей за единицу.

Заем средств для реализации проекта планируется осуществить через Россельхозбанк, по государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

Оценка рисков проекта

Проект относится к новой осваиваемой области производства и имеет средний уровень риска в данной области предпринимательства. Проект имеет высокую вероятность технического успеха в получении продукта, 100% объема продукции предназначено для продаж. Прогнозируемая рентабельность составляет 110,28%.

В процессе реализации проекта могут возникнуть следующие риски:

- риск истратить всю наличность до получения заказа на продукт;
- риск снижения цен из-за действий конкурентов;
- возможные тенденции в развитии отрасли;
- риск превышения запланированных затрат на разработку и производство продукта;
- невыход на намеченный объем продаж;
- срыв графика разработки продукта;
- трудности в поставках сырья и комплектующих;
- трудности в получении банковского кредита;
- риск оказаться без наличности после массового поступления заказов.

Наиболее опасными из перечисленных рисков являются: риск превышения запланированных затрат на разработку и производство продукта и риск невыхода на намеченный объем продаж. При превышении запланированных затрат на разработку и производство продукта необходимо:

- пересмотреть номенклатуру используемых материалов и комплектующих, а также технологию производства на предмет оптимизации и снижения затрат;

- пересмотреть ценообразование на готовый продукт и скорректировать отпускную цену на обеспечение запланированной рентабельности.

При невыходе на заданный объем производства необходимо произвести поиск новых рынков сбыта и использовать рекламу для привлечения новых покупателей. Трудности с получением банковского кредита являются критическим риском, которые нужно решать в первую очередь. Для уменьшения ущерба, связанного с производственными рисками, необходимо прибегнуть к страхованию имущества, транспортных перевозок и рисков, заложенных в коммерческих контрактах на заключаемые сделки.

Период расчета интегральных показателей – 24 месяца.

По результатам расчетов показателей эффективности проекта при ставке дисконтирования 10% период окупаемости составил 11 месяцев, средняя норма рентабельности 110,285, чистый приведенный доход 1954028 руб., индекс рентабельности 2,11, модифицированная норма рентабельности 52,4%, что в целом отвечает требованиям организации нового производства.

Данный проект может быть рекомендован к реализации.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате анализа способов протравливания, факторов, определяющих качество протравливания, и существующих конструкций протравливателей, на основе которой научно обоснованы функциональная и конструктивно-технологическая схемы протравливающего модуля-приставки для пневматической зерновой сеялки.

2. В результате теоретических анализов исследований процесса взаимодействия семян и жидких препаратов в воздушном потоке выявлено, что взаимодействие частиц аэрозоля с семенным материалом происходит за счет инерционного осаждения: аэрозольные капли, обладая по сравнению с частицами воздуха более значительным весом, при изменении траекторий линий тока перед препятствием производят движение по траекториям, пересекающим линии тока, при этом оседая на препятствия.

3. Разработана конструктивно-технологическая схема протравливающего модуля-приставки к пневматической зерновой сеялке, позволяющего производить технологический процесс протравливания во время посева. Обоснованы конструктивные параметры рабочих органов протравливающего модуля.

4. Лабораторными экспериментами определена средняя площадь поверхности семян ячменя сорта «Орлан», которая составляет $0,42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, установлено, что для обеспечения производительности $10 \dots 12 \text{ т/ч}$ диаметр выпрузного отверстия бункера-дозатора составляет 100 мм , выбраны распылители, обеспечивающие мелкодисперсную подачу рабочей жидкости в камеру протравливания из расчета $7 \dots 10 \text{ л/т}$.

5. Лабораторно-производственными исследованиями установлено, что наиболее эффективным является вертикальное положение смесителя; 95% аэрозоля осаждаются на стенке смесителя после прохождения одного витка смесителя диаметром 600 мм , при скорости воздуха 17 м/с ; хорошее

качество покрытия обеспечивается начиная с поворота спирали 360° и постепенно возрастает с его увеличением до 720° , с дальнейшим продолжением поворота спирали заметного улучшения качества не наблюдалось; рациональный шаг завивки спирали равен внутреннему диаметру воздухопровода; технологический процесс протравливания в воздушном потоке позволяет равномерно обрабатывать семена с нормой расхода рабочей смеси от 2л/т; слипание семян и налипание их на стенки не происходит с нормой расхода рабочей смеси до 20-25л/т; препарат, налипший на стенки смесителя, счищается семенами и дальнейшее утолщение стенок не происходит; форма смесителя влияет на коэффициент местного сопротивления в смесителе меньше, чем длина его воздухопровода. Качество покрытия было оценено, как хорошее и отвечающим агротехническим требованиям к протравливанию семян.

6. Оценка эффективности разработанной конструкции показала, что энергоемкость разработанного экспериментального протравливающего модуля на 13...15% меньше, чем у существующих протравливателей. Срок окупаемости протравливателя составляет 2,2 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 2 [Текст]: справочник. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 559 с.
2. Джалилов, Ф.С. Биологическая защита растений [Текст]: учеб. пособие / Ф. С. Джалилов, И. В. Андреева ; под. ред. М. В. Штерншис. – М. : КолосС, 2004. – 264 с.
3. Валы гибкие с броней. Технические условия [Текст]: ТУ 22-178-02-90 - М.: Стандартиформ, 2006. – 11 с.
4. Вараксин, А.Ю. Турбулентные течения газа с твердыми частицами [Текст]: труды / А.Ю. Вараксин. – М.: Физматлит, 2003. – 192 с.
5. Вентиляционные и пневмотранспортные установки [Текст]: рекомендации / [М.Р. Вайсман, И.Я. Грубиян]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1977. – 247 с.
6. Газодинамика двухфазных сред [Текст] / [М.Е. Дейч, Г.А. Филиппов]. – Под. ред. – М. : Энергониздат, 1981. – 472 с.
7. Ганиев, Н.М. Химические и биологические средства защиты растений / Н.М. Ганиев В. Д. Недорезков [Текст]. – Уфа: БГАУ, 2000. – 310 с.
8. Дейч, М.Е. Техническая газодинамика [Текст]. – Изд. 2-е, переработ. – М.: Госэнергостат, 1961. – 676 с.
9. Дзядзю, А.М. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях / А.М. Дзядзю, А.С. Кеммер [Текст]. – 2 – е изд. – М.: Колос, 1967. – 362 с.
10. Иофинов, А.П. Основы научных исследований [Текст]. – Уфа: БГАУ, 2001. – 114 с.
11. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины [Текст] / Н.И. Кленин С.Н, Киселев, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2008. – 816 с.

12. Пищук, В. Н. Экспериментальное и математическое моделирование популяционной динамики ризосферных бактерий в условиях кадмиевого стресса [Текст] / В. Н. Пищук, Н. И. Воробьев. – М. : Микробиология, 2005. – 74 с.
13. Поздняков, Ю.В. Механизация защиты семенного материала от болезней и вредителей [Текст]. – Екатеринбург: УрГСХА, - 2003 с.
14. Практикум по расчетному курсу сельскохозяйственных машин [Текст] / А.П. Иофинов, А.С. Самигуллин, Э.В. Хангильдин ; Под ред. А.С. Самигулина. – Уфа : БГАУ, 2007. – 236 с.
15. Разумов, И.М. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов [Текст]. – М. : Химия, 1972. – 240 с.
16. Руководство по эксплуатации сеялок прямого высева Amazone Primera DMC [Текст], 2010г. – 132с.
17. Листопад, Г.Е. Сельскохозяйственные и мелноративные машины [Текст]; Под ред. Г.Е. Листопада. – М. : Агропромиздат, 1986. – 688с.
18. Турбулентные течения газовзвесей [Текст] / Шрайбер А.А., Гавин Л.Б., Наумов В.А., Яценко В.П. – Киев: Думка, 1987. – 239 с.
19. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины [Текст] / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М. : КолосС, 2003 – 495 с.