МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи

ЛИКУЧЕВ АРТЕМ ИГОРЕВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Специальность 4.3.1. - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание
ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук
Горячкина Ирина Николаевна

Рязань – 2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ……. 4

Глава 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ…….. 8

1.1 Анализ технологий защитной обработки растений препаратами……. 8

1.2 Анализ устройств и установок для обработки растений ……... 15

1.3 Анализ выполненных исследований по аэрозольной обработке ……... 26

1.4 Постановка цели и задачи исследований…… 31

Выводы по главе 1…… 31

Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР …….….. 33

2.1 Конструктивно-технологическая схема агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур ……. 33

2.2 Теоретические исследования движения потока в агрегате для аэрозольной обработки пропашных культур …….…… 34

2.3 Теоретическое обоснование параметров агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур …….. 41

Выводы по главе 2…… 46

Глава 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ …….…… 47

3.1 Методика экспериментальных исследований распределения капель аэрозоля внутри имитации растений……..… 47

3.2 Методика исследования температурного поля агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля ……..…….. 53

3.3 Методика экспериментальных исследований влияния направленного воздушного потока на распределение капель аэрозоля в рядках посадок картофеля……..…… 56

3.4 Методика полевых исследований агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля..……. 58
Выводы по главе 3…….. 65
Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ….…… 66
4.1 Результаты экспериментальных исследований распределения капель аэрозоля на имитации растений……..…….….….… 66
4.2 Результаты исследования температурного поля агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля …….…….. 73
4.3 Результаты экспериментальных исследований распределения капель аэрозоля в рядках посадок картофеля …….…… 74
4.4 Результаты полевых исследований агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля …….……..…… 77
Выводы по главе 4……. 83
Глава 5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ …….……. 85
Выводы по главе 5…….. 90
Заключение……... 91
Общие выводы и рекомендации производству…… 91
Список литературы…….. 92
ПРИЛОЖЕНИЕ…… 116

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Аэрозольная обработка растений обеспечивает защиту и способствует увеличению урожайности. Обработка заключается в комплексе воздействий на стебли и листья растений, с целью обеспечения защиты и стимуляции роста растений и их плодов, позволяя тем самым увеличить урожайность. Степень эффективности обработки растений определяется несколькими критериями: размером и числом капель, которые находятся на единице поверхности обрабатываемого растения, расходом действующего препарата и рабочего раствора.

Таким образом, актуальной научно-технической задачей является обоснование параметров агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур.

Степень разработки темы. Большой вклад в конструкции машин и рабочих органов разработку теоретических основ для обработки семян сельскохозяйственных культур биопрепаратами занимались ученые: Бышов Н.В., Груздев Г.С., Измайлов А.Ю., Костенко М.Ю., Макаров В.А., Маслов Г.Г., Мударисов С.Г., Смирнов И.Г., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Хасанов Э.Р., и др. Исследованием движения капель в потоке и их дисперсности занимались ученые: Зиганшин Б.Г., Иванов Б.Л., Ишматов А.Н., Мударисов С.Г., Хасанов Э.Р. и др.

Работа выполнена в соответствии с «Основными направлениями НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 годы», тема 1 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий» (№ гос.рег. 122020200038-8), подраздел 1.6.2. «Обоснование параметров устройств для обработки биопрепаратами растений в период вегетации».

Цель исследований – обоснование параметров агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур.

З**адачи исследований**:

– провести анализ устройств для обработки растений аэрозолями;

– теоретически обосновать параметры агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур;

- экспериментально уточнить параметры агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур (на примере посадок картофеля);

– оценить экономический эффект применения агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля.

Объект исследований - процесс обработки растений аэрозолем.

Предмет исследований – закономерности процесса обработки растений аэрозолем**.**

Научная новизна:

- теоретические зависимости величины массового расхода аэрозоля;

- аналитические зависимости обоснования параметров агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур.

Теоретическая значимость работы представлена зависимостями, выражающими обоснование параметров работы агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля.

Практическая значимость работы заключается в предложенном решении конструкции агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля (патент на полезную модель № 210619 U1 Российская Федерация, МПК A01M 7/00, A61L 2/22).

Методология и методы исследования.

Теоретические исследования проводили на основе использования положений термодинамики, гидравлики и математики. Для исследований распределения и размера капель, исследуемых образцов при обработке аэрозолем, применялись сертифицированные приборы, общепринятые методики. При обосновании параметров агрегата использовались специализированные программы и методики для определения температурной топографии осаждений аэрозоля. Обработку экспериментальных данных, проводили методами

математической статистики с использованием программ: Microsoft Excel, Компас 16, Mathcad 15.0, STATISTICA 10.

Положения, выносимые на защиту:

- теоретически обоснованные и экспериментально уточненные параметры агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля;

- результаты экспериментальных исследований обработки растений агрегатом для аэрозольной обработки пропашных культур.

Достоверность результатов исследований. Экспериментальные исследования проводились на современном сертифицированном оборудовании, с использованием стандартных методик, а также разработанных на их основе. Полученные в ходе исследований выводы достаточно обоснованы и подтверждаются совпадениями результатов теоретических и экспериментальных исследований (сходимость – 95,8%).

Реализация результатов исследования. Агрегат для аэрозольной обработки посадок картофеля применялся в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области в 2021 году.

Вклад автора состоял в формулировании цели и задач исследований, обосновании параметров агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля, проведении экспериментальных исследований, написании научных статей и оформлении патента.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева (2020, 2021 и 2022 гг.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ, в том числе: 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получен 1 патент РФ на полезную модель № 210619. Общий объем публикаций составил 2,875 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,25 п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 156 наименований и приложений, изложена на 126 страницах, включает 45 рисунков и 5 таблиц.

Глава 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

1.1 Анализ технологий защитной обработки растений препаратами

Одной из приоритетных задач развития сельского хозяйства, является повышение урожайности. Из существующих способов обработки растений не наиболее перспективной является мелкодисперсное опрыскивание аэрозольная обработка. Опрыскивание предполагает возможность регулировки размера капель, тем самым влияя на покрытие обрабатываемой листовой поверхности. Однако, такая регулировка имеет предел уменьшения размера капель в районе десятков микрон. Степень эффективности обработки растений определяется несколькими критериями: размер и число капель, которые находятся на поверхности обрабатываемого растения, расход действующего препарата и рабочего раствора и соотношение распыленного и осевшего рабочего раствора [3]. Размер капель прямо пропорционален степени проникновения рабочего раствора в листья растений [8]. Больший эффект достигается при размере капель 200-300 мкм, благодаря высокой инерционности. В случаях, когда уменьшается диаметр капель снижается расход рабочего раствора и увеличивается контакт действующих препаратов в труднодоступных местах, таких как нижняя поверхность листа, где и расположено наибольшее количество устьиц растений, но одновременно снижается инерционность и ухудшается оседание капель на поверхности листьев. Для парирования данного эффекта снижения инерционности следует учитывать наличие температурных и скоростных градиентов. Также немаловажным параметром эффективности является время осаждения капель, от которого зависит степень сноса и испаряемость и соотношение распыленного и осевшего рабочего раствора [1].

Но наряду с преимуществами следует выделить и ряд недостатков опрыскивания таких как сложность расчета нормы расхода рабочего раствора препарата и трудности соблюдения составов и нормы внесения рабочих растворов.

Также на эффективность опрыскивания негативно влияют дополнительные затраты на вспомогательные материалы и обслуживание опрыскивателя. С применением ультрамалообъемного значительно возрастает эффективность обработки, однако, это достигается путем контроля за соблюдением высоких требований к равномерности и размерам капель [9, 37].

а б в

Рисунок 1.1 – Различные типы опрыскивателей: а) ручные; б) тракторные; в) авиационные

Вместе с тем, существует также обработка растений при помощи аэрозоля - туманообразной формы раствора препаратов [120]. Такая обработка наиболее эффективна при обработке тепличных культур и в закрытых помещениях. Эффективность данной обработки зависит от условий применения, свойств растворов препаратов и параметров аэрозоля (летучесть, плотность, диффузия, сорбция на обрабатываемых поверхностях) [10, 42, 111].

Опрыскивание заключается в обработке листовой поверхности растений каплями раствора препарата. На качество данного способа обработки большое влияние оказывает концентрация препаратов в растворе, размер капель, осаждаемость на поверхности стеблестоя. [127, 144, 132, 150].

Большее распространение получило ультрамалообъемное опрыскивание (УМО), из-за применения капель препаратов мелкой дисперсии, в целях стимуляции роста и защиты растений [13, 138, 156]. В сравнении с крупными, мелкодисперсные капли показывают лучшие показатели эффективности применения защитно-стимулирующих веществ, имея много большее количество

капель и позволяя, тем самым, при одинаковом объеме рабочего раствора, обеспечить более быстрое и равномерное просачивание препаратов в стеблестои растений, за счет большей площади контакта. Таком образом, чем выше дисперсность опрыскивания, тем меньше дозировка действующего вещества препарата в рабочем растворе, что, в свою очередь, позволяет при том же объеме раствор образующих препаратов обработать большую площадь растений. При этом слишком маленькие капли легко сносятся ветром, часть из которых какое-то время парит над районом обработки и улетучиваются [11, 17].

Таким образом, на качество опрыскивания влияют следующие физико-химические параметры: защитно-стимулирующие свойства используемых веществ, «диаметр и количество капель на единице обрабатываемой поверхности, расход и концентрация рабочего раствора» [85].

«Одними из основных показателей эффективности работы опрыскивателя считаются:

- равномерное осаждение капель на обрабатываемой поверхности» [84, 137];

- количественные показатели осажденных капель на 1 $см^2$ площади листовой поверхности обработанного растения;

- эффективное осаждение капель, где эффективность оценивается в соотношении распыляемого и осевшего препарата [37, 43, 86].

При УМО обеспечивается нормой расхода действующих веществ принято считать 0,5-5 л/га, на полевых культурах - в пределах 1-2 л/га, на плодовых культурах может достигать 2-5 л/га. Такие показатели достигаются с помощью специальной опрыскивающей аппаратуры, обеспечивающей мелкое диспергирование с диаметром капель 50-100 мкм [38, 87, 135].

К недостаткам такого способа можно отнести следующее:

1 Сложность технического и организационного соблюдения норм расхода рабочего раствора и, как следствие, действующих препаратов

2 Большее количество обслуживающих специалистов относительно других способов;

3 Дополнительные затраты на обслуживание, требующее постройку специальных сооружений для приготовлений рабочих растворов и бетонированные ямы, обеспечивающие слив воды после чистки опрыскивателей, расположенные рядом с растворным узлом;

4 Сложности, связанные с приготовлением рабочих смесей.

Кроме того, значительное влияние на процесс опрыскивания оказывают метеоусловия. Например, наличие ветра существенно влияет на перемещение облака аэрозоля, высокая температура способствует интенсивному испарению раствора препарата и снижает равномерность распределения, обильные осадки провоцируют смываемость препаратов с листьев и другие.

В зависимости от характера образования различают конденсирующиеся и диспергирующиеся аэрозоли, которые в свою очередь выделяют, относительно размера капель, на грубой дисперсии (10 – 100 мкм), ультрадисперсные (0,001 – 0,01 мкм), высокой дисперсии (0,01 – 0,1 мкм), средней дисперсии (0,1 – 10 мкм) [39, 44].

Нельзя не отметить важность других технических параметров, такие как точность и равномерность распределения раствора препаратов на обрабатываемой поверхности, пленкообразуемость используемого раствора. На данный момент одним из немногих, однако, слабоизученных, отвечающим этим параметрам, является генератор аэрозоля. По размеру капель его можно отнести к ультрадисперсным аэрозольным опрыскивателям [52, 84, 122, 130].

Следует уточнить ряд вопросов, связанных с работой данного агрегата:

- Насколько эффективно и равномерно происходит осаждение капель на обрабатываемую поверхность растений при данном способе;
- Какие факторы положительно влияют на осаждение аэрозоля на растения, в частности, на обратной стороне листа, где в основном расположены устьица;
- Оптимальная концентрация применяемого препарата в растворе [114, 145].

Во время исследования стоит обратить внимание на режимы работы установки, а также на ее конструктивно-технологические особенности, а именно – температура аэрозоля, объем рабочего раствора, расход топлива. Безусловно показатели производительности установки являются немало важными моментами в нашем исследовании [2, 115, 117].

В целях улучшения осаждения из числа способов осаждения при обработке стеблестоя растений, к которым относятся инерционный, «электростатический и способ температурного градиента, ввиду ряда особенностей, таких как разница температур облака аэрозоля и обрабатываемой поверхности, во время обработки аэрозолем преимущественно инерционный и принцип температурного градиента» [42, 116].

Способ, при котором частицы аэрозоля, имея преобладающую массу относительно частиц воздуха, вследствие инерции оседают на поверхности растения, лавируя препятствия при помощи воздушных потоков, называется инерционным. Кроме того, при снижении инерционности потока аэрозоля, начинают преобладать возрастающие температурные движения. Такие движения приводят к оседанию капель распыляемого раствора в первую очередь на нижнюю поверхность листа. Этот способ основан на осаждении капель на поверхность растения, находясь в непосредственной близости от его поверхности [12, 45, 111].

Проведя анализ выполненных исследований, была выявлена малая изученность и недостаточная освещенность теории вопроса. До конца не ясен характер процесса взаимодействия и транспортирования аэрозоля. Так же недостаточно изучены вопросы данной обработки на практике. На данный момент отсутствует необходимое количество технических средств для обработки аэрозолем биопрепаратов растений [41].

Повышение дисперсности при обработке биопрепаратами, увеличение площади контакта с обрабатываемой поверхностью растений, способность просачивания веществ рабочего раствора в растения сложной формы способствует росту эффективности обработки в целом. Таким образом перспективность

высокодисперсного способа обработки состоит в относительно низком расходе биопрепаратов и равномерному покрытию стеблестоя.

Сегодня урожайность сельскохозяйственных культур зависит также от питания растений. Искусственные прикормки в виде биопрепаратов и гуминовых продуктов дают возможность повысить качество и структуру урожая. Классификация биопрепаратов достаточно обширна. Одним из вариантов является классификация по природе активного начала. В этом случае биопрепараты подразделяются на препараты на основе микроскопических грибов, бактерий, вирусов, микробных метаболитов и т.д.

Рисунок 1.2 - Биологически активные препараты

Микробиологические препараты (рисунок 1.2), основанные на веществах натурального происхождения, демонстрируют высокую эффективность в борьбе с вредителями, при этом абсолютно безопасны для человека и домашних питомцев. Также исследования показали отсутствие побочного воздействия на окружающую среду, отсутствие влияния на вкусовые особенности выращиваемой продукции,

низкий уровень фитотоксичности. Также удалось выявить очень медленно возникающую резистентность (привыкание) у вредных объектов. Такая резистентность проявляется только после использования препарата на протяжении многих лет при постоянном применении.

К таким препаратам относят регуляторы роста на органической основе, которые благодаря стимуляции выработки фитогармонов (гормонов роста) стимулируют рост растений. Данные препараты включают в себя аминокислоты, белки, прекурсоры природных фитогармонов, микро – и макроэлементы, витамины. Такой комплекс веществ способствует устойчивому созреванию, повышенной урожайности и улучшению качества продукции [37, 40, 62].

В зависимости от степени и направления ответственности за определенные процессы в развитии растений различают следующие органические стимуляторы роста.

Регуляторы роста для рассады, включают в свой состав ауксины, отвечающие за корнеобразование, рост основного побега и др. Ауксины генерируются в корне и верхних побегах растений и ускоряют созревание плодов [68, 97, 99].

Содержащие цитокинин, препараты способствуют росту скорости деления клеток и листьев растений, а также формированию почек и боковых побегов. Обработка препаратами с цитокинином тормозит процесс увядания зеленой массы [97, 100, 127].

Препараты на основе гиббереллинов, вызывают повышение уровня данного фитогармона, отвечающего за ускоренное цветение, плодоношение и рост растений. Причиной такого эффекта является способность данного фитогармона помогать накоплению полезных питательных веществ в тканях растений. Поэтому такие препараты относят к стимуляторам роста плодов [37, 59, 62].

Гуминовы препараты получили широкое распространение, так как возможно его применение на всех стадиях роста растений [72]. Особенностью такого препарата является его влияние не только на рост и иммунитет растений, но, также улучшает структуру и состав грунта. Земля после данной обработки восполняет недостатки азота и фосфора, а регулярное применение гуминового препарата

позволяет повысить уровень гумуса в почве, который, в свою очередь служит дополнительным размягчителем, уменьшает её плотность, улучшает воздухо-, водопроницаемость, повышает процессы фотосинтеза, облегчает дыхание клеток растительных культур [37, 59, 62, 99].

Максимальный эффект достигается при обработке гуматами корнеплодов (картофель, морковь, лук, др.), активизируя «ускорение роста, срока созревания плодов, увеличение их размеров, вкусовых качеств, снижение количества нитратов, повышения сахаров в составе» [30, 85, 86]. Изучением обеспечения гумусом почв и влияние на урожайность гуминовых препаратов занимался Макаров В.А. В сравнении с минеральными, биологические препараты имеют не высокую цену. А совместное применение биологических и минеральных препаратов допускает существенное снижение дозы их внесения, благодаря бактериям препаратов, повышающим усвояемость веществ растениями [37, 83, 99].

Наряду с вышеперечисленными преимуществами, нельзя не отметить простоту технологии обработки растений биопрепаратами. Обработка семян и растений биопрепаратами происходит с применением опрыскивателей и протравливателей без необходимости закупки спецтехники [29, 37, 45, 68].

Таким образом рациональное использование уже существующих групп биопрепаратов позволит улучшить экологическую обстановку и увеличить урожайность сельскохозяйственных культур

1.2 Анализ устройств и установок для обработки растений

На сегодняшний день, в агропромышленном комплексе, для защиты растений широко применяются различные сельскохозяйственные машины такие как:

- опрыскиватели (вентиляторные и штанговые, для защищенного грунта);
- генераторы аэрозоля;
- техника для дезинфекции помещений и зерноскладов [19, 20, 21, 54].

Штанговые полевые опрыскиватели, в основном, используются при малообъемном опрыскивании полевых и овощных культур пестицидами и обработкой жидкими минеральными удобрениями. В своем устройстве имеют шасси с пневматическими колесами, регулятор-распределителя с манометром, рабочий коллектор с распыливающими устройствами, насос, имеющий всасывающую и нагнетательную системы с фильтрами, позволяющими обеспечить четырехступенчатую очистку рабочей жидкости. Различают два вида полевых штанговых опрыскивателей: навесные и полуприцепные [54, 58, 61].

На рисунках 1.3 и 1.4 изображены полуприцепные опрыскиватели ОПМ-2505Н и ОПМ-2505В соответственно. При помощи металлической штанги, которая состоит из шарнирно-соединенных межу собой секций, распределяется рабочий раствор по ширине захвата. Штанги скалываются для до 5-7 м/с, благодаря инжекторным распылителям. Удельное давление колес опрыскивателя на почву не превышает нормативных требований, благодаря применению шин повышенной несущей способности и низкой удельной материалоемкости транспортировки, а также подъем и опускание их на определенную высоту выполняется с помощью гидроцилиндров, управляющихся из кабины трактора с помощью штатного гидрораспределителя [153].

Рисунок 1.3 – Общий вид опрыскивателя ОПМ-2505Н для обработки растений

Одной из интересных особенностей данных опрыскивателей является система стабилизации штанг. При данной системе штанга во время движения по неровной поверхности приобретает горизонтальное положение, а центральная секция штанги прикрепляется к рамке опрыскивателя рычажно-пружинной подвеской [79, 89, 92]. Они способны обеспечивать качественное опрыскивание при ветре. Баки обладают благодаря полиэтилену, из которого они изготовлены. Вал отбора мощности трактора с частотой вращения 540 об/мин приводит в действие насос. Совместимы с тракторами класса 1,4 и 2 [22, 47, 89].

Рисунок 1.4 – Общий вид опрыскивателя ОПМ-2505В для обработки растений

Навесные штанговые опрыскиватели оснащены полиэтиленовыми или стеклопластиковыми баками, коррозионностойкими узлами и деталями, четырехступенчатой фильтрацией рабочей жидкости. Для обеспечения дезинфекции животноводческих ферм, защиты растений, лесозащитных полос от вредителей и болезней, а также очистки сельскохозяйственного транспорта и побелки помещений также для защиты садов, виноградников, лесозащитных полос используются опрыскиватели при условии оснащения брандспойтами и барабанами для размотки шлангов (размотки шлангов (модификация ОНШ 600 С – показан на рисунке 1.5) [75, 79, 50].

Рисунок 1.5 – Навесной опрыскиватель ОНШ-600С

Вентиляторные опрыскиватели также относятся к сельскохозяйственной технике. Однако, по сравнению, с навесными шланговыми опрыскивателями, в комплектацию вентиляторных входят: насосный агрегат, бак с гидросмесителем, карданная передача. Помимо этого, вентиляторные опрыскиватели включают в себя вентиляторно-распыливающее устройство с двухпозиционными форсунками и нагнетательную коммуникацию [25, 80, 106]. Существуют садово-виноградниковые и универсальные вентиляторные опрыскиватели.

Вентиляторные садово-виноградниковые опрыскиватели (с веерной струей) применяются для химической обработки многолетних насаждений (виноградников, садов, хмельников и кустарников). На рисунках 1.6, 1.7 и 1.8 показаны модели ОВГ-2005, ОВГ-2200 и ОВГ-600 соответственно, а основные технические характеристики приведены в таблице приложения А [81, 102, 103].

Рисунок 1.6 – Общий вид вентиляторного опрыскивателя ОВГ-2005

Рисунок 1.7 – Общий вид вентиляторного опрыскивателя ОВГ-2200

Рисунок 1.8 – Общий вид вентиляторного опрыскивателя ОВГ-600

Универсальный опрыскиватель ОВГ-2006Д (представлен на рисунке 1.9) используется в целях химической обработки [18]. Обработка данными опрыскивателями позволяет в большей степени защитить от бактерий и болезней полевые культуры, высокорослые деревья неудобий и многолетние насаждения, ввиду характера бокового дутья. Возможно применение в качестве высокопроизводительной механизированной дезинфекции животноводческих помещений и складов [25, 57, 94].

Рисунок 1.9 – Универсальный опрыскиватель ОВГ-2006Д

Машины для дезинфекции помещений и зерноскладов МДП-2006 (изображены на рисунке 1.10) имеют широкое применение при дезинфицирующей обработке животноводческих помещений, зерновых складов, а также для обработки растений ядохимикатами, в садах и неудобьях [23, 36, 60]. Оснащаются химически стойким баком и коррозионностойкими узлами, и деталями, трехступенчатой системой фильтрации жидкости [35, 86, 87, 101]. В комплекте имеют рабочее оборудование: насос, гидросмесители, регулятор-распределитель с

манометром, фильтры, 2 брандспойта со шлангами по 50 м и катушки для шланга [91, 110, 130].

Такие данные можно получить, используя в своей практике тракторные распыливающие устройства для наземного УМО (рисунок 1.11).

Рисунок 1.10 - Машина для дезинфекции помещений и зерноскладов МДП-2006

Рисунок 1.11 - Опрыскиватель универсальный самоходный

Существуют специальные опрыскиватели, предназначенные для защищенного грунта, такие как ОЗГ-750, ОЗГ-400В, ОЗГ-320, ОЗГ-120 и др. Их основные технические характеристики представлены в таблице 2 приложения Б. Такие опрыскиватели служат инструментом обработки растений, выращиваемых на территориях защищенного грунта. Пестицидами обрабатываются территории с большим количеством вредителей и болезней возделываемых культур. Для рабочего раствора объем бака опрыскивателей из стеклопластика составляет 400 л, из полиэтилена – от 120 л до 320 л.

Генератор аэрозоля тоже можно считать одним из инструментов для обработки растений. Работа генератора построена на выпрыскивании дезинфектанта или рабочего раствора реагента в поток горячего содержимого (газа) [71, 93, 133]. После этого жидкость, которая распрыскивается из устройства, расщепляется на мелкие капли и улетучивается за счет высоких температур пара. «А уже к конденсации влаги приводит так называемый эффект охлаждения. Возникновение этого эффекта возможно добиться при помощи расширения газа и его соприкосновения с холодных воздухом. Выделяющиеся капли образуют густое облако или, своего рода, туман. Образовавшийся туман перемещается от исходной точки за счет скорости вырывающегося из трубы газа» [125, 136, 142].

Различают генераторы диспергационного и конденсационного типа получения аэрозоля. Генераторы конденсационного типа в большей степени предназначены для эксплуатации в закрытых помещениях. Их часто используют в сельском хозяйстве, к примеру, для обработки помещений, теплиц, складов, животноводческих помещений [124, 134, 141].

Генераторы конденсационного типа крайне редко используются на открытом воздухе. На это есть несколько причин:

1) Возможность сноса ветром облака аэрозоля;

2) Высокодисперсные частицы имеют высокую подвижность и их осаждение занимает длительное время, обеспечивая проникновение в труднодоступные зоны.

Основа работы генератора конденсационного типа заключается в испарении рабочего раствора за счет топочных газов, образующихся при сжигании бензина. Так как время нагрева рабочего раствора составляет миллисекунды, а конечная температура аэрозоля на выходе из жаровой трубы находится в пределах от 30°С до 60°С, то это не оказывает существенного влияния на биопрепараты. При этом размеры частиц аэрозоля варьируются, в зависимости от температуры аэрозоля, от 5 до 20 микрометров [46, 55, 56].

Говоря о генераторе конденсационного типа, следует помнить, что не все препараты сохраняют высокую эффективность при этих температурах [77, 131]. Перед использованием препаратов необходимо обязательно уточнять у производителей возможность применения при нагреве [10, 28, 74].

Генераторы конденсационного типа могут применяться для обработки на открытых участках в условиях отсутствия ветра и высокой удельной массы аэрозоля для создания облака у поверхности земли. Аэрозольное облако в течении некоторого времени окутывает растения обеспечивая постепенное осаждение на всей поверхности растения обеспечивая высокую эффективность препаратов контактного действия. Также такой генератор работает на бензине и не требует подключения к сети, что очень удобно в полевых условиях [27, 78].

Принцип работы генератора диспергационного типа заключается в гидродинамическом распылении рабочего раствора с последующим аэродинамическим дроблении капель в воздушном потоке. Рабочие жидкости распадаются на мельчайшие капли (не более 50 микрон), смешиваясь с воздухом. Такие мельчайшие частицы полностью заполняют помещение и оседают равномерно на поверхностях. [32, 66, 70]. В данном случае преобладает инерционное осаждение капель. Отсутствие нагрева рабочей жидкости позволяет использовать любые типы препаратов и обеспечивает высокую эффективность при обработке объектов сложной формы кустарников, деревьев [15].

По сравнению с генератором диспергационного типа, генератор конденсационного типа обеспечивает сокращение расхода препаратов и обеспечивает высокую эффективность обработки. В то же время генератор

конденсационного типа требует соблюдения определенных условий для обработки растений в условиях открытых пространств.

Комплектация генератор аэрозоля конденсационного типа ТН-130 включает в себя: бензиновый реактивно-импульсный двигатель, систему зажигания (свеча зажигания + блок зажигания), пусковой воздушный электронасос, карбюратор, бак для горючего, бак для рабочего раствора, аккумулятор (6V 4АН). Общий вид данного генератора представлен на рисунке 1.9. Также на рисунке 1.12 можно ознакомится со схемой работы ТН-130 [107, 108, 129].

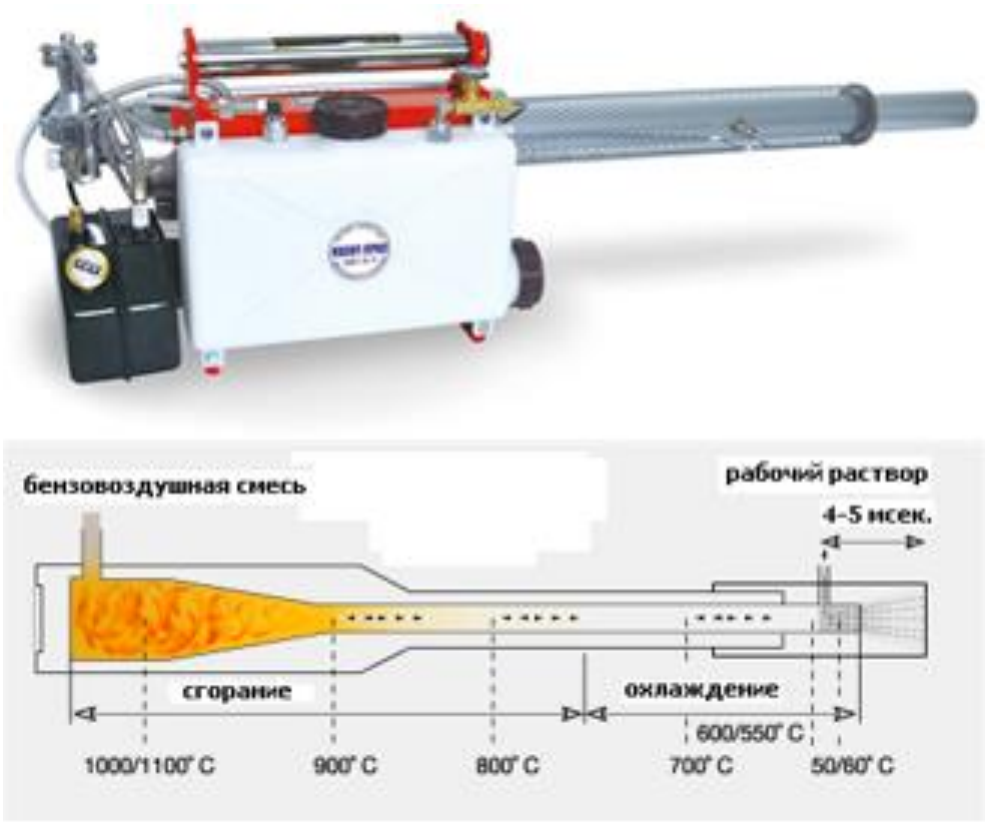


Рисунок 1.12 – Генератор аэрозоля ТН-130

Данный генератор аэрозоля может работать как с использованием водных растворов, так и с растворами на масляной основе [123].

В целом, принцип работы всех генераторов аэрозоля конденсационного типа однотипен (рисунки 1.13 и 1.14). Различие заключается в компоновке и взаиморасположении рабочих узлов.

Рисунок 1.13 – Генератор аэрозоля модель 120

Рисунок 1.14 – Генератор аэрозоля модель SM FOG 400

В процессе анализа современных технологических средств для обработки растений, было выявлено что причиной высокой перспективности обработки генератором аэрозоля, ввиду высокой дисперсности частиц раствора препаратов и, как следствие, более низкий расход используемого раствора веществ, также происходит дополнительный подогрев раствора на стадии распыла, не нанося вреда растениям, а лишь положительно сказывается на результате обработки [109, 111, 126].

Однако, более мелкие частицы жидкости легче сносятся ветром, при данной технологии обработки, что, в свою очередь, указывает на затруднительное использование генератора аэрозоля конденсационного типа в сильно ветреную погоду [127].

Нельзя не отметить, высокий потенциал технологии обработки растений для защиты аэрозолем биопрепаратов, несмотря на недостаточную изученность.

1.3 Анализ выполненных исследований по аэрозольной обработке

Ключевым методом исследования движения аэрозолей считается метод псевдожидкости. Метод псевдожидкости – это исследование, основанное на взаимопроникновении двух сплошных сред (газа и аэрозольных частиц). Для использования данного метода в исследовании движения аэрозоли необходимо прибегнуть к уравнениям аэромеханики частиц.

Основным примером описания механики движения частиц аэрозолей является поступательное равномерное движение капель сферической формы под воздействием определенных постоянных сил. Уравнение такого движения описывается с помощью основных положений аэродинамики [147]. В процессе решения задач, при соприкосновении воздушной среды и движущихся аэрозольных частиц, установлено, что температура окружающего воздуха неизменна и постоянна, а аэрозоль не ограничен давлением, решение рассчитывается из уравнения Навье-Стокса [113, 117, 128].

Это обуславливает возможность экспериментального исследования распределения аэрозоля техническими устройствами для обработки растений. Инерционный характер оседания частиц аэрозоля способствует просачиванию внутрь растений. С помощью преобладающего веса относительно частиц воздуха, капли аэрозоля, при пересечении траектории движения с препятствием, оседает на нем [118, 121, 154].

Тем не менее, даже при отсутствии учета инерционного осаждения, когда траектория капли аэрозоля не пересекается с препятствием, а находится на определенном расстоянии от нее происходит оседание. [114, 122, 148].

Исходя из вышесказанного, можно прийти к выводу, что сегодня теоретическая сторона вопроса образования аэрозоля, тема его перемещения и взаимодействия с дезинфицирующими веществами и средствами для предпосевной обработки недостаточно изучены. Мы также можем выдвинуть предположение, что на сегодняшний момент отсутствуют математические модели, которые позволяют обнаружить возникновение капель аэрозоля с помощью распылителей [117, 119].

Необходимость изучения теории работы распылителей, образования высокодисперсного аэрозоля и параметров технологического процесса связана с учётом взаимодействия воздушной среды потоком капель биопрепаратов [4, 58].

Дринча В.М. и Груздев Г.С. исследовали в своих трудах конструктивные особенности протравливателей, кроме того, представлена их классификация. Ими были сформулированы принципы предпосевной обработки, обеззараживания и защиты, обоснованы необходимые дозировки и необходимые объемы вносимых растворов рабочих препаратов [24, 28, 31].

В работах Измайлова А.Ю., Московского М.Н. и Жалнина Э.В. присутствует оценка влияния электромагнитных излучений на семена растений. А Измайлов А.Ю. изучал воздействие малоинтенсивного лазерного излучения на всхожесть семян [83, 91, 98].

В работах Маслова Г.Г. и Хасанова Э. Р. рассматривалось диспергирование аэрозоля для протравливания семян с помощью дисковых распылителей. [73, 139,

140]. В исследованиях Лекомцева П.Л., посвященных теме использования электроаэрозоля в целях защиты растений в грунте рассмотрены вопросы эффективности аэрозольного способа защитной обработки гуматами [155]. Отмечены также дешевизна, высокая продуктивность и качество данного способа. Кроме того, исследованы различные режимы работы электроаэрозольного генератора [63, 64, 65, 144].

Вопросами движения и осаждения частиц аэрозолей занимались Л.С. Ивлев и Ю.А. Довгалюк [58]. Иванов Б.Л. исследовал распределение капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности [84, 85, 151, 152].

Старовойтова О. А. и Старовойтов В.И. занимались исследованиями внесения минеральных удобрений и средств защиты при возделывании картофеля, а также технического обеспечения [11, 17, 111].

Большой вклад в изучение теплообменных процессов воздушно-водяных смесей и двухфазных потоков внесла Хутская Н.Г [108].

В целях повышения эффективности обработки аэрозолем, необходимо обеспечение условий для образования пленки действующего раствора на обрабатываемой поверхности, что в свою очередь достигается регулировкой концентрации вещества используемого препарата в аэрозоле. Для расчёта концентрации вещества в воздушном аэрозоле Дресвянникова Е.В. предлагает следующую формулу [32]:

$$m_в = \rho_в V_в \frac{0{,}133 \cdot 10^8 (\varphi_2 - \varphi_1) p \mu_v A}{\mu_a (133\varphi_1 A - 100p)(133\varphi_2 A - 100p)}, \quad (1.1)$$

где A= exp(0,06(353T-89450)/T); T – температура воздуха, К; φ_1 и φ_2 –значения относительная влажность до и после обработки соответственно; p –давление атмосферы, Па; $p_в$ – плотность воздуха, кг/м^3; $V_в$ – объем обрабатываемого помещения, м^3; μ_a – молекулярная масса воздуха, кг/моль [65, 67, 112].

Для достижения высокой эффективности обработки немаловажным фактором является время осаждения капель аэрозоля. Согласно Лекомцеву П.Л. для расчета времени осаждения разумно воспользоваться следующей формулу:

$$\tau = \frac{9h\eta}{2r^2 gp}, \quad (1.2)$$

uде, h – высота распыления облака аэрозоля, м; η – динамическая воздушная воздуха, Н·с/м^2; r – радиус облака аэрозоля, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; p – жидкостная плотность, кг/м^3 [53, 64, 89].

«При обработке аэрозолями важно обеспечить высокую дисперсность капель. Хутская Н.Г. в своих исследованиях, рассматривала тему влияния чисел Рейнольдса, чисел Нуссельта и чисел Прандтля на дисперсность частиц потока и представлена следующая критериальная зависимость» [33, стр. 27]:

$$Nu = f(Re, Pr), \quad (1.3)$$

«где Nu – критерий Нуссельта, Re – критерий Рейнольдса, Pr – критерий Прандтля» [33, 104, 105].

Степень воздействия биопрепаратов и влияния аэрозоля на растения невозможно в полной мере оценить существующими методиками, а параметры обработки семян аэрозолем на настоящее время не определены .Органическое сельское хозяйство является экологически безопасным видом сельскохозяйственной деятельности, принципы которого основываются на развитии биологической активности почвы, внедрение которых будет стимулировать улучшение качества продукции, экологическую обстановку, а также способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства.

Стоит отметить, что органическое земледелие подразумевает значительное сокращение использования пестицидов и ядохимикатов, поэтому применение веществ органического происхождения для дезинфекции транспорта, предназначенного для перевозки сельскохозяйственной продукции, является актуальной задачей. Такими веществами могут стать гуматы, широкий спектр применения которых, вызывает интерес у исследователей и ученых.

В работах А.Ю. Измайлова и других отражены вопросы производства гуматов, а также актуальность их применения в растениеводстве [108]. Стоит отметить, помимо того, что гуматы повышают влагосодержание и газопроницаемость почвы, способствуют детоксикации, восстановлению и

рекультивации зараженных земель, являются стимуляторами роста для различных сельскохозяйственных культур, обладают оздоровительным эффектом при лечении различных заболеваний животных и птиц, входят в состав многочисленных кормовых добавок, но и обладают дезинфицирующими свойствами, подавляют и препятствуют развитию и росту бактериям группы кишечной палочки (БГКП), энтерококков, различных плесневых грибов, розовых дрожжей, мезофильно аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (МАФАнМ), патогенной микрофлоры, в том числе St. aureus, сальмонелл [63].

Большой вклад в изучение дезинфицирующих свойств аэрозоля формальдегида внесли работы М.П. Бутко, П.И. Гончарова, А.В. Айдашкина, С.И. Воинова и А.А. Закомырдина. Ими установлен расход аэрозоля, а также концентрация формальдегида при дезинфекции транспортных средств [64].

Существенный вклад в изучении проблемы дезинфекции животноводческих помещений внесли работы Т.Ш. Купешева, А.А. Шахбанова, А.А. Закомырдина. Ими предложен способ дезинфекции овцеводческих помещений гипохлором и гипохлоритом кальция, а также раствором хлорной извести [65].

Денисенко Е.А., Шевченко А.А., Сапрунова Е.А., занимались вопросами устойчивости бактерий и плесневых грибов в среде дезинфицирующего газа. Работами Денисенко Е.А установлено эффективное использование озона на бактерии и плесневые грибы. Так же Денисенко Е.А. рассмотрены вопросы эффективности применения дезинфицирующего газа для кормовых добавок, в частности влияние озона на биотехнологические субстраты кормовых добавок [63].

В работах Коба В.Т., Брагинеца Н.В., Мурусидзе Б.Н., Некрашевича В.Ф освещаются вопросы дезинфекции в условиях современного сельского хозяйства, представлены различные технологии и технические средства для реализации этих целей, описаны режимы работы установок [91].

Несмотря на то, что все перечисленные вопросы достаточно актуальны, вопросы аэрозольной обработки растений в сельском хозяйстве биопрепаратами не рассмотрены. Поэтому необходимо более подробно изучить влияние давления на скорость потока аэрозоля в генераторе аэрозоля, и величины массового расхода

аэрозоля в зависимости от параметров генератора аэрозоля, а также распределение и размер капель при обработке растений. Исследовать влияние параметров агрегата на эффективность обработки растений, рассмотреть вопросы, связанные с топографией температурного поля облака устройства для обработки растений.

1.4 Постановка цели и задач исследований

Аэрозольная обработка растений обеспечивает защиту и способствует увеличению урожайности. Обработка заключается в комплексе воздействий на стебли и листья растений, с целью обеспечения защиты и стимуляции роста растений во время созревания, позволяя тем самым увеличить урожайность.

Цель исследований – обоснование параметров агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур.

З**адачи исследований**:

– провести анализ устройств для обработки растений аэрозолями;

– теоретически обосновать параметры агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур;

- экспериментально уточнить параметры агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур (на примере посадок картофеля);

– оценить экономический эффект применения агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля.

Выводы по главе 1

1. Анализ технологий аэрозольной обработки растений показал, что повышение дисперсности при обработке биопрепаратами, увеличение площади контакта с обрабатываемой поверхностью растений, способность проникновения и осаждения капель рабочего раствора в растения сложной формы способствует росту эффективности обработки в целом. Таким образом перспективность высокодисперсного способа обработки состоит в относительно низком расходе

биопрепаратов и равномерному покрытию стеблестоя. Кроме того, рациональное использование уже существующих групп биопрепаратов позволит улучшить экологическую обстановку и увеличить урожайность сельскохозяйственных культур.

2. В процессе анализа современных технологических средств для обработки растений, было выявлено что высокая эффективность обработки генератором аэрозоля обеспечивается высокой дисперсностью капель раствора препаратов и более низким расходом используемого рабочего раствора.

3. Вопросы аэрозольной обработки растений биопрепаратами в сельском хозяйстве представляют большой интерес. Поэтому необходимо более подробно изучить влияние давления на скорость потока аэрозоля в генераторе аэрозоля, и величины массового расхода аэрозоля в зависимости от параметров генератора аэрозоля, а также распределение и размер капель при обработке растений. Исследовать влияние параметров агрегата на эффективность обработки растений, рассмотреть вопросы, связанные с топографией температурного поля облака устройства для обработки растений.

Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

2.1 Конструктивно-технологическая схема агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур

Агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур состоит из сцепного устройства 1, бензобака с насосом-дозатором 2, бака для рабочего раствора 3, жаровой трубы 4 с раздваивающимся соплом 5, которые установлены на подвижной раме культиватора 6 и имеющей опорные колеса 7. Генераторы аэрозоля закреплены на подвижной раме культиватора посредством болтового крепления, тем самым обеспечивая быструю сборку разборку устройства в поле для транспортировки и обслуживания (рисунок 2.1) [90].

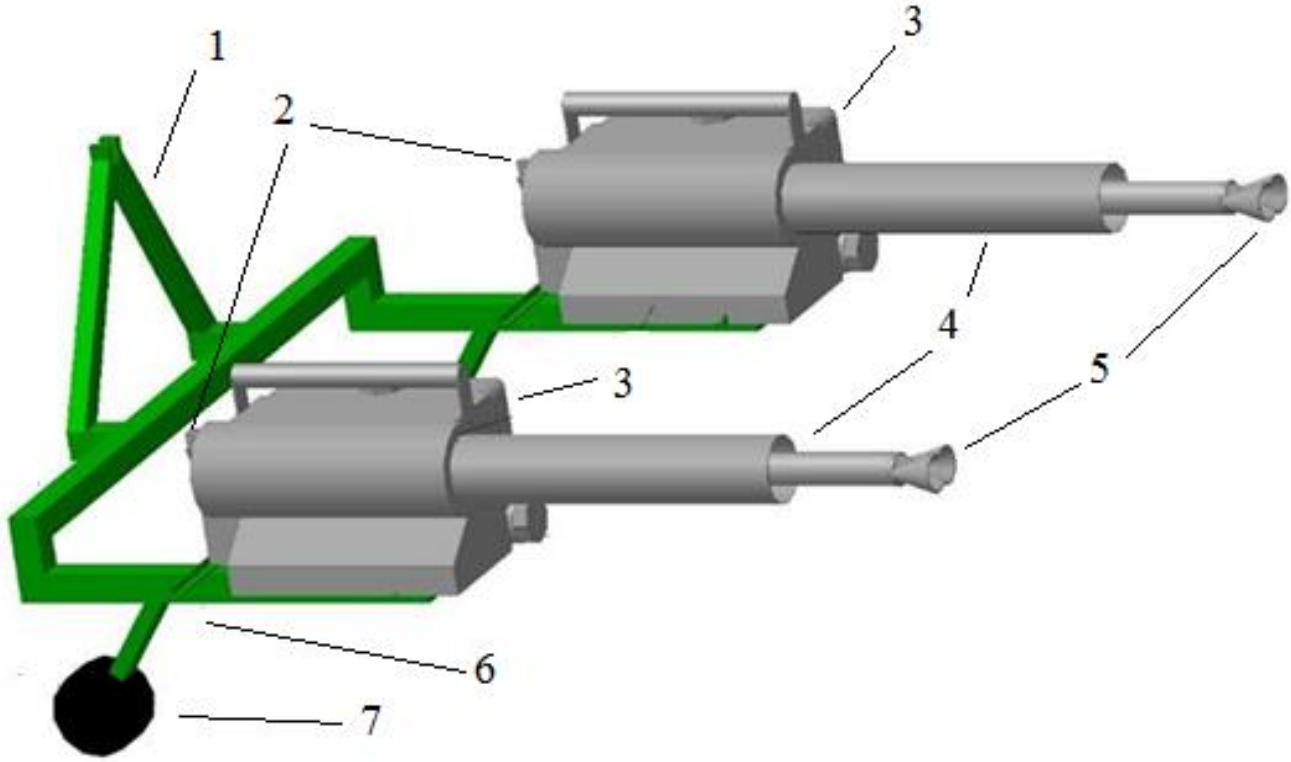


Рисунок 2.1 – Схема агрегата аэрозольной обработки пропашных культур

Запуск генератора аэрозоля осуществляют, включая подачу бензина с помощью насоса дозатора в горелку с одновременным зажиганием смеси искрой с

помощью свечи [95, 147]. При воспламенении горючей смеси в камере сгорания образуется повышенное давление, которое передается по системе трубок в бак для рабочего раствора. После выхода горелки генератора на рабочий режим открывают подачу рабочего раствора в жаровую трубу, где он подхватывается смесью топочных газов и горячего воздуха. Раствор биопрепаратов мгновенно испаряется в жаровой трубе и после выхода из сопла охлаждаясь окружающим воздухом конденсируется, образуя аэрозоль. Дисперсность капель аэрозоля определяется подачей рабочего раствора биопрепаратов в жаровую трубу [96,143]. Настроив дозу внесения биопрепаратов агрегат с устройством для обработки аэрозолем биопрепаратов растений движется по междурядьям посадок картофеля, копируя микрорельеф с помощью опорных колес. На жаровой трубе генератора аэрозоля закреплены распределительные сопла, которые направляют поток аэрозоля на два рядка растений картофеля. При формировании восходящих потоков аэрозоля происходит осаждение капель на поверхность листа, что улучшает усвояемость биопрепаратов благодаря наличию устьиц на нижней стороне листа [146,149].

Для улучшения осаждения и распределения потока аэрозоля над зоной обработки на генератор аэрозоля вмонтировано сопло. Наличие сопла генератора аэрозоля позволяет обеспечить движение потоков в заданном направлении тем самым обеспечивая лучшее осаждение капель аэрозоля на растения [4].

2.2 Теоретические исследования движения потока в агрегате для аэрозольной обработки пропашных культур

Истечение аэрозоля можно рассмотреть, как общий случай перемещения аэрозоля в пространстве за счет разницы давлений в горелке и окружающем пространстве за пределами жаровой трубы. Введем следующие допущения: поток аэрозоля является стационарным, т.е. в любой момент времени количество смеси в любом поперечном сечении будет постоянным m1=m2=m3=const, также параметры смеси неизменны во времени.

Определим расход аэрозоля исходя из скорости потока и его поперечного сечения:

$$m = A\,v\rho = A\,\frac{v}{w} \tag{2.1}$$

где m – массовый расход аэрозоля, кг/с;

A - площадь поперечного сечения жаровой трубы генератора аэрозоля, м^2;

v - скорость потока аэрозоля, м/с;

ρ - плотность аэрозоля, кг/м^3;

w - удельный объем аэрозоля, м^3/кг.

Исходя из условий неразрывности потока аэрозоля запишем следующие выражения параметров аэрозоля в различных поперечных сечениях:

$$A_1 v_1 \rho_1 = A_2 v_2 \rho_2 = A_3 v_3 \rho_3 \tag{2.2}$$

$$\frac{A_1 v_1}{w_1} = \frac{A_2 v_2}{w_2} = \frac{A_3 v_3}{w_3} \tag{2.3}$$

Для упрощения вычислений рассмотрим одномерное течение потока аэрозоля, учитывая, что параметры аэрозоля могут изменятся вдоль направления потока. Также введем допущение что в поперечном сечении жаровой трубы поток аэрозоля движется с одинаковой средней скоростью.

Для описания потоков аэрозоля воспользуемся уравнением первого закона термодинамики:

$$dq = du + d\left(\frac{V^2}{2}\right) + g\,dh + d(pw) + dl_{тех} \tag{2.4}$$

где dq – изменение количества теплоты, Дж;

g dh - изменение потенциальной энергии, Дж;

p – давление потока давление аэрозоля, Па;

$dl_{тех}$ – изменение внешней технической работы, Дж;

du – изменение внутренней энергии, Дж.

Так как, при установившемся режиме генератора аэрозоля изменение внутренней энергии незначительно, изменение внешней потенциальной энергии также незначительно, а аэрозоль не совершает никакой работы, то уравнение (2.4) можно записать в виде:

$$dq = dh + d\left(\frac{v^2}{2}\right) \quad (2.5)$$

В установившемся режиме тепловые потери генератора аэрозоля не превышают 2%, так как жаровая труба омывается потоком окружающего воздуха, который затем попадает в камеру сгорания. Поэтому процесс движения потока аэрозоля в жаровой трубе является адиабатным, в результате можем записать:

$$d\left(\frac{v^2}{2}\right) = -\,dh \quad (2.6)$$

Проинтегрировав дифференциальное уравнение (2.6), получим:

$$\frac{v_1^2 - v_1^2}{2} = h_1 - h_2 \quad (2.7)$$

Таким образом, увеличение энтальпии при адиабатном течении потока аэрозоля будет определятся уменьшением скорости.

С другой стороны, течение потока аэрозоля будет подчинятся законам аэродинамики и гидравлики, используя уравнение Бернулли можно установит связь между давлением и скоростью потока. Учитывая, что трение аэрозоля о стенки жаровой трубы при дозвуковых скоростях незначительно, уравнение Бернулли запишется в виде:

$$-w\,dp = d\left(\frac{v^2}{2}\right) \quad (2.8)$$

Изменение кинетической энергии потока аэрозоля будет определятся давлением аэрозоля в жаровой трубе и отдачи энергии на испарение рабочего раствора в жаровой трубе.

Движение потока аэрозоля при взаимодействии с внешней средой может меняться, из-за встречи с препятствиями может сопровождаться изменением не только давления, но и удельного объема аэрозоля $w=f(p)$; $w \neq const$, тогда уравнение Бернулли запишется в следующем виде

$$l' = \frac{v_2^2 - v_1^1}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w\,dp \quad (2.9)$$

где l' -работа по увеличению кинетической энергии потока аэрозоля при адиабатном термодинамическом процессе.

Для определения правой части выражения (2.9) необходимо установить соотношение между изменениями удельного объема и давления. Воспользуемся

тем, что характер первого динамического процесса в жаровой трубе генератора аэрозоля является адиабатным, тогда запишем следующее выражение:

$$p_1 w_1^k = p_2 w_2^k = const \tag{2.10}$$

где k- коэффициент, характеризующий термодинамический процесс;

const – некоторое постоянное число.

Преобразовав выражение (2.10) можно записать

$$w = \frac{const^{\frac{1}{k}}}{p^{\frac{1}{k}}} \tag{2.11}$$

Таким образом увеличение кинетической энергии с учетом выражений (2.9) и (2.11) запишется в виде:

$$l' = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w\,dp = Const^{\frac{1}{k}} \int_{p_2}^{p_1} \frac{dp}{p^{\frac{1}{k}}} \tag{2.12}$$

Проинтегрировав выражение (2.12), получим

$$l' = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w\,dp = \frac{k}{k-1}(p_1 w_1 - p_2 w_2) \tag{2.13}$$

или

$$l' = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left(1 - \frac{p_2 w_2}{p_1 w_1}\right) \tag{2.14}$$

Использовав соотношения параметров термодинамического процесса, имеем

$$\frac{p_2 w_2}{p_1 w_1} = \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k \cdot 1}{k}} \tag{2.15}$$

Тогда работа по увеличению кинетической энергии потока аэрозоля при адиабатном термодинамическом процессе будет выглядеть

$$l' = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w\,dp = \frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] \tag{2.16}$$

Таким образом, работа по увеличению кинетической энергии потока определяется расширением аэрозоля при адиабатном течении, то есть увеличением скорости потока.

Так как, начальные параметры аэрозоля в генераторе остаются неизменными, то выполняется условие $p_1 > p_н$ и $p_2 \geq p_н$, где p_1 - давление аэрозоля в жаровой трубе, Па;

Так как, скорость движения потока аэрозоля в горелке и начале жаровой трубы незначительна в сравнении со скоростью в конце жаровой трубы, то ею можно пренебречь $v_1=0$. В этом случае конечная скорость потока аэрозоля будет равна скорости истечения $v_2=v$.

Тогда выражение (2.16) можно записать в виде

$$l' = \frac{v^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w\,dp = \frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] \quad (2.17)$$

Выразим из уравнения (2.17) скорость потока аэрозоля

$$v = \sqrt{2\frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \quad (2.18)$$

где p_1- давление аэрозоля в горелке генератора аэрозоля, Па;

w_1 - удельный объем аэрозоля, м^3/кг;

p_2 – давление аэрозоля на выходе из жаровой трубы, Па.

Проведем расчет скорости движения потока аэрозоля от давления на выходе из жаровой трубы в программе Mathcad, задавшись параметрами (p_1 =250 кПа; w_1=1,38 м^3/кг; k=1,33) генератора аэрозоля (рисунок 2.2).

Анализ рисунка 2.2 показал, что при давлении около 0,1 МПа на выходе из жаровой трубы скорость аэрозоля составляет 1,5 м/с. Применение сопла на конце жаровой трубы ведет к увеличению давления и будет способствовать снижению скорости аэрозоля, что ухудшает условия осаждения капель на листья растений инерционным способом. Поэтому для увеличения скорости аэрозоля необходимо, чтобы выходное отверстие сопла было не меньше диаметра выходного отверстия жаровой трубы.

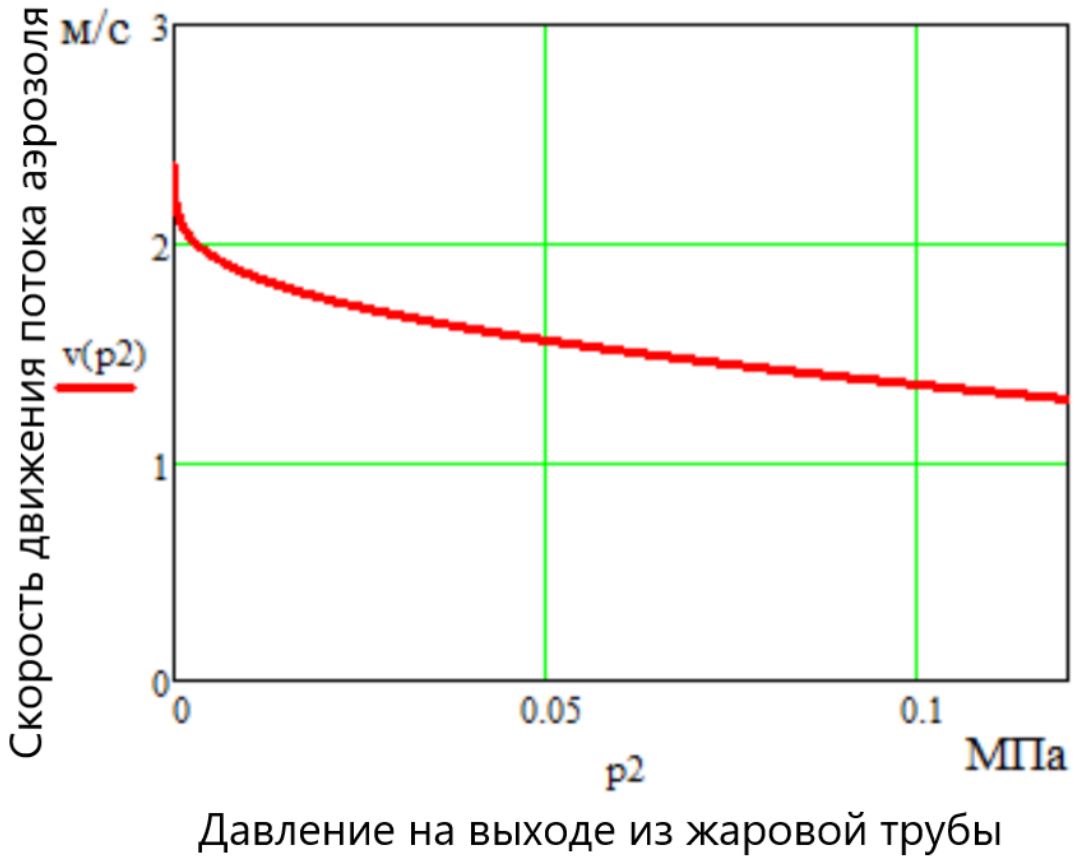


Рисунок 2.2 – Зависимость скорости движения потока аэрозоля от давления на выходе из жаровой трубы

Учитывая, что в горелке генератора аэрозоля скорость топочных газов не велика, а также с учетом выражения (2.7) можем записать что скорость на выходе из жаровой трубы генератора аэрозоля будет определяться следующим образом

$$v = \sqrt{2(h_1 - h_2)} \tag{2.19}$$

где h_1 – значение энтальпии аэрозоля в начале жаровой трубы, Дж/кг;

h_2 – значение энтальпии аэрозоля на выходе из жаровой трубы, Дж/кг.

Таким образом, секундный расход аэрозоля на выходе из жаровой трубы определяется выражением

$$m = A\,V\rho_2 = f\,\frac{V}{w_2} \tag{2.20}$$

где V - скорость аэрозоля, м/с;

f - площадь сечения жаровой трубы, м^2;

ρ_2 - плотность аэрозоля на выходе из жаровой трубы, кг/м^3;

w_2 - удельный объем аэрозоля на выходе из жаровой трубы, м^3/кг.

Для адиабатного процесса термодинамического процесса в жаровой трубе можем записать

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^k \tag{2.21}$$

отсюда

$$w_2 = w_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{k}} \tag{2.22}$$

Тогда массовый расход аэрозоля с учетом выражений (2.1), (2.18) и (2.22) определится выражением

$$\mathrm{m} = A\sqrt{2\frac{\mathrm{k}}{\mathrm{k}-1}\frac{p_1}{w_1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \tag{2.23}$$

При небольших перепадах давления в жаровой трубе генератора аэрозоля соотношение параметров аэрозоля запишется

$$\frac{\mathrm{p}_1}{\mathrm{w}_1} = \frac{\mathrm{p}_1^2}{\mathrm{p}_1\mathrm{w}_1} = \frac{\mathrm{p}_1^2}{\mathrm{RT}_1} \tag{2.24}$$

Где R – универсальная газовая постоянная Дж/(моль·К).

Тогда массовый расход аэрозоля определится как

$$\mathrm{m} = \mathrm{A}\sqrt{2\frac{\mathrm{k}}{\mathrm{k}-1}\frac{\mathrm{p}_1^2}{\mathrm{RT}_1}\left[\left(\frac{\mathrm{p}_2}{\mathrm{p}_1}\right)^{\frac{2}{\mathrm{k}}} - \left(\frac{\mathrm{p}_2}{\mathrm{p}_1}\right)^{\frac{\mathrm{k}+1}{\mathrm{k}}}\right]} \tag{2.25}$$

Проведем расчет массового расхода от температуры аэрозоля в программе Mathcad, задавшись параметрами (p_1 =250 кПа; p_2 =101 кПа; R=8,31 Дж/(моль·К); k=1,33) генератора аэрозоля (рисунок 2.3).

Анализируя рисунок 2.3, видно, что для образования аэрозоля температурой около 30-40 ^{0}С массовый расход раствора препаратов составляет около 0,0034 кг/с или 0,204 кг/мин. Значительное увеличение массового расхода препарата ведет к ухудшению условий для образования аэрозоля и увеличению размеров капель [7, 76].

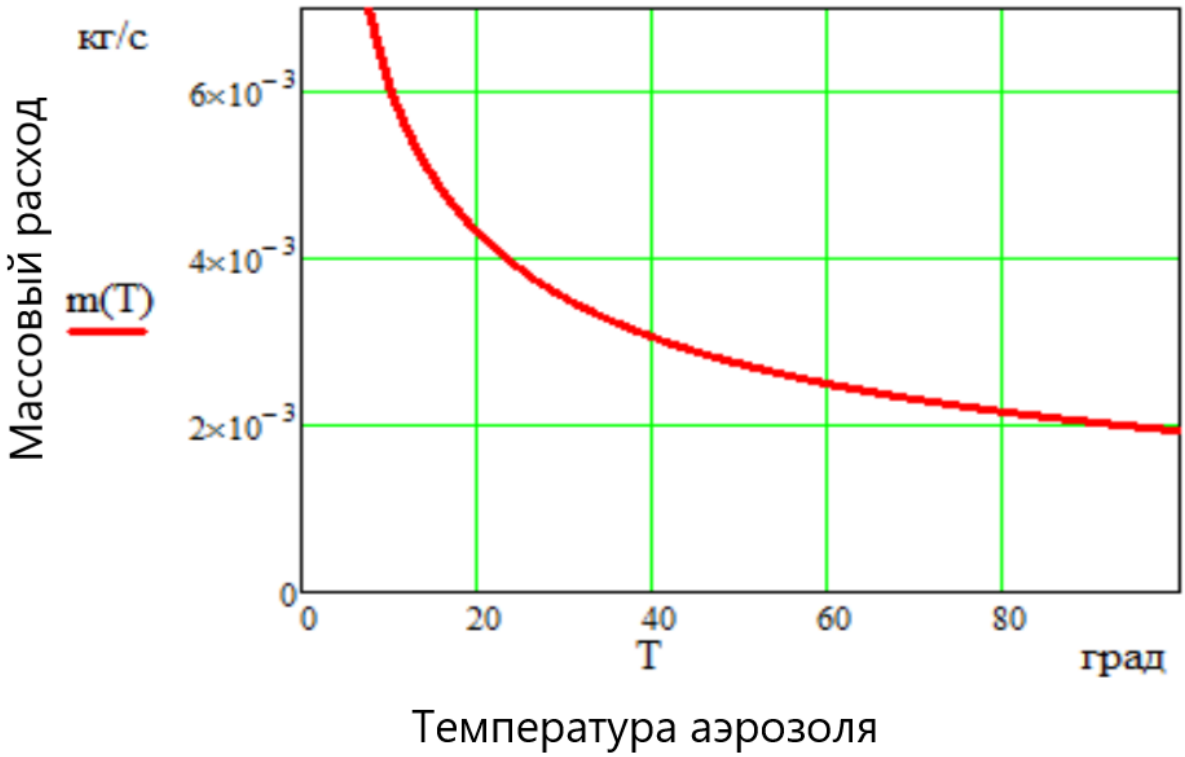


Рисунок 2.3 – Зависимость массового расхода от температуры аэрозоля

Таким образом массовый расход аэрозоля будет определяться начальной температурой топочных газов в горелке и разницей давлений на входе и выходе жаровой трубы.

2.3 Теоретическое обоснование параметров агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур

При работе генератора аэрозоля перегретый аэрозоль и препаратов встречается с атмосферным воздухом. В результате резкого охлаждения происходит конденсация паров и образуются капельки жидкости. Таким образом, на выходе из жаровой трубы образуется поток аэрозоля. Аэрозоль является двухфазной дисперсной средой, состоящей из топочных газов атмосферного воздуха и рабочего раствора препаратов.

Общепризнанной практикой принято рассматривать аэрозоль как однородную субстанцию. При этом, свойства данной субстанции будут определяться усредненными параметрами. Рассмотрим плотность аэрозоля

$$\rho_{ГТ} = \frac{m_{ГТ}}{v_{ГТ}} \tag{2.26}$$

«где $m_{ГТ}$ – массовый расход аэрозоля, кг/с;

$v_{ГТ}$ – объемный расход аэрозоля, м^3/с» [5, стр. 19].

«Так как аэрозоль представляет собой смесь топочных газов и рабочего раствора, поэтому средняя плотность определяется следующим образом» [5, стр. 19]:

$$\rho_{ГТ} = \frac{m_{ТГ}+m_{\text{РР}}}{v_{ТГ}+v_{\text{РР}}} \tag{2.27}$$

«где $m_{ТГ}$ – массовый расход топочных газов, кг/с;

$v_{рр}$ – объемный расход рабочего раствора, м^3/с» [5, стр. 19].

Температура и давление топочных газов будут определять их плотность и влиять на параметры аэрозоля [5]. Так как, на выходе из жаровой трубы давление потока незначительно отличается от атмосферного давления можно записать, что массовый расход топочных газов определится выражением:

$$m_{ТГ} = \rho_{ТГ} v_{ТГ} \tag{2.28}$$

где $\rho_{ТГ}$ – средняя плотность топочных газов на выходе из жаровой трубы, кг/м^3.

Таким образом, средняя плотность аэрозоля на выходе из жаровой трубы определится выражением:

$$\rho_{ГТ} = \rho_{\text{РР}} \frac{v_{\text{РР}}}{v_{ТГ}+v_{\text{РР}}} + \rho_{\text{ТГ}} \frac{v_{\text{ТГ}}}{v_{ТГ}+v_{\text{РР}}} \tag{2.29}$$

где $\rho_{ГТ}$ - средняя плотность аэрозоля, кг/м^3;

$\rho_{рр}$ – средняя плотность рабочего раствора, кг/м^3.

Определим долю рабочего раствора (капель) в аэрозоле

$$e_1 = \frac{v_{\text{РР}}}{v_{ТГ}+v_{\text{РР}}} \tag{2.30}$$

Тогда среднюю плотность аэрозоля можно определить из выражения:

$$\rho_{ГТ} = \rho_{\text{РР}} e_1 + \rho_{\text{ТГ}}(1 - e_1) \tag{2.31}$$

Где e_1 - концентрация рабочего раствора в аэрозоле.

С учетом среднего объема (размера) капель рабочего раствора определим концентрацию рабочего раствора в аэрозоле.

$$e_1 = N v_k \tag{2.32}$$

«где N– среднее число частиц рабочего раствора в единице объема аэрозоля, 1/м^3;

$v_к$ – средний объем капли рабочего раствора, м^3» [47, стр. 48].

«Так как в аэрозоле могут содержаться капли различного фракционного состава, то объемная доля рабочего раствора (концентрация) определится выражением» [47, стр. 14]:

$$e_1 = \frac{\pi}{6} \sum_{i=1}^{n} X_i d_i^3 \tag{2.33}$$

«где x_i – число капель *i-й* фракции рабочего раствора в объеме аэрозоля, 1/м^3;

d_i –диаметр капли *i-й* фракции;

n –количество фракций капель в аэрозоле» [47, стр. 22].

«С учетом смешивания топочных газов рабочего раствор и нагретого воздуха объемная доля нагретого воздуха будет определяться» [47, стр. 17]:

$$e_2 = \frac{v_{\text{ГВ}}}{v_{\text{ГВ}} + v_{\text{ГТ}}} = \frac{v_{\text{ГВ}}}{v_{\text{ТГ}} + v_{\text{ГВ}} + v_{\text{РР}}} \tag{2.34}$$

«где $v_{ГВ}$ – объемный расход нагретого воздуха, м^3/с;

$c_{ГВ}$–теплоемкость нагретого воздуха, Дж/(м^3·К);

$T_{ГВ}$ – температура нагретого воздуха, К» [47, стр. 22].

«Массовый расход нагретого воздуха будет определяться объемным расходом и средней плотностью нагретого воздуха» [47, стр. 22]:

$$m_{ГВ} = v_{ГВ} \rho_{ГВ} \tag{2.35}$$

где $\rho_{ГВ}$ – средняя плотность нагретого воздуха, кг/м^3.

Тогда общий расход смеси топочных газов капель рабочего раствора и нагретого воздуха (аэрозоль) будет иметь следующую плотность:

$$\rho_{ГТ} = v_{ТГ} + v_{\text{РР}} + v_{\text{ГВ}} = v_{ТГ} + e_1 v_{ТГ} + e_2 (v_{ТГ} + e_1 v_{ТГ}) =$$
$$= v_{ТГ}(1 + e_1 + e_2 + e_1 e_2) \tag{2.36}$$

Исходя из неразрывности потока температура аэрозоля выглядит следующим образом [53, 110]:

$$T_{\text{ГТ}} = \frac{v_{\text{ТГ}}c_{\text{ТГ}}T_{\text{ТГ}} + v_{\text{ГВ}}c_{\text{ГВ}}T_{\text{ГВ}} + v_{\text{РР}}c_{\text{РР}}T_{\text{РР}}}{v_{\text{ГТ}}c_{\text{ГТ}}} \quad (2.37)$$

где c'_{pp} – теплоемкость рабочего раствора, Дж/(м^3·К);

$v_{ГТ}$ – объемный расход аэрозоля, м^3/с;

$c_{ГТ}$ –теплоемкость аэрозоля, Дж/(м^3·К);

$T_{ГТ}$ – температура аэрозоля, К.

Так как аэрозоль стоит из нескольких компонентов то его теплоемкость определится выражением

$$c_{\text{ГТ}} = \frac{v_{\text{ТГ}}c_{\text{ТГ}} + v_{\text{ГВ}}c_{\text{ГВ}} + v_{\text{РР}}c_{\text{РР}}}{v_{\text{ГТ}} + v_{\text{ГВ}} + v_{\text{РР}}} \quad (2.38)$$

Аэрозоль распределяется на растения при движении по полю, поэтому объемный расход аэрозоля будет определяться производительностью агрегата по обработке растений [91, 56, 110]:

$$v_{\text{РР}} = \mu W_{ГТ} k_n \quad (2.39)$$

где μ – коэффициент равномерности распределения аэрозоля;

$W_{ГТ}$ – производительность агрегата по обработке растений, га/ч;

k_n - норма внесения препарата, л/ га.

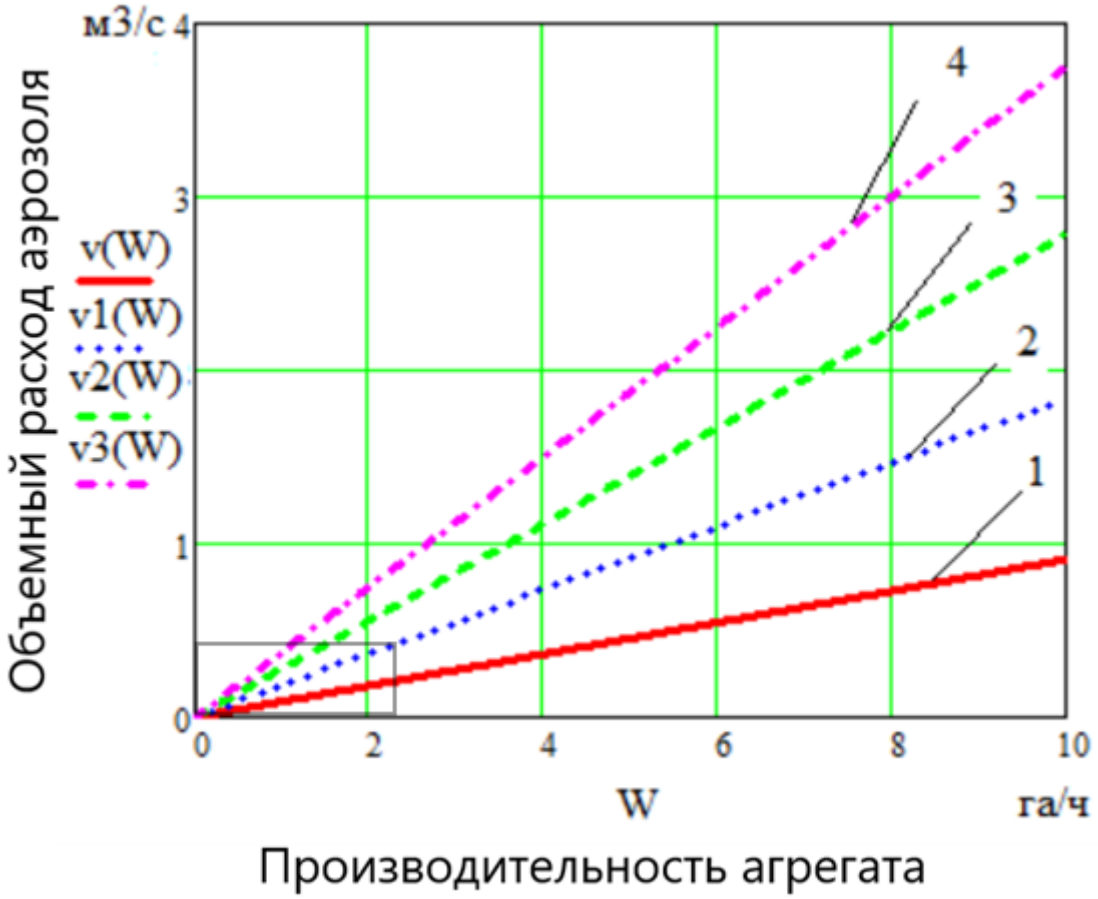
Также существует взаимосвязь между количеством сгораемого топлива, параметрами аэрозоля и производительностью агрегата для обработки растений. Необходимый объем топочных газов (сгораемого топлива) определится выражением

$$v_{ТГ} = \frac{e_1}{1-e_1} v_{\text{РР}} \quad (2.40)$$

С учетом производительности агрегата для обработки растений объемный расход топочных газов определится выражением

$$v_{ТГ} = \frac{e_1 \mu W_{ГТ} k_n}{(1-e_1)} \quad (2.41)$$

Проведем расчет объемного расхода аэрозоля от производительности агрегата для аэрозольной обработки в программе Mathcad (рисунок 2.4).



1- концентрация рабочего раствора в аэрозоле 1%; 2- концентрация рабочего раствора в аэрозоле 2%; 3- концентрация рабочего раствора в аэрозоле 3%; 4- концентрация рабочего раствора в аэрозоле 4%.

Рисунок 2.4 – Зависимость объемного расхода аэрозоля от производительности агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур

Анализ рисунка 2.4 показал, что производительность агрегата по обработке растений выбирается исходя из тепловой производительности генератора аэрозоля и концентрации рабочего раствора в аэрозоле. Уменьшение концентрации будет способствовать увеличению дисперсности капель и повышению температуры аэрозоля. Для производительности агрегата по обработке растений 2,1 га/ч рациональное значение объемного расхода аэрозоля составляет около 0,4 м^3/с, что соответствует производительности двух генераторов аэрозоля марки BF – 150.

Таким образом, производительность агрегата по обработке растений будет определяться тепловой мощностью генератора аэрозоля, концентрацией рабочего

раствора в аэрозоле, размером капель и необходимой дозой внесения биопрепаратов.

Выводы по главе 2

1. Теоретические исследования показали, что при давлении около 0,1 МПа на выходе из жаровой трубы скорость аэрозоля составляет 2,8-3 м/с. Применение сопла на конце жаровой трубы ведет к увеличению давления и будет способствовать снижению скорости аэрозоля, поэтому сопло не должно уменьшать сечение на выходе из жаровой трубы.

2. Установлено, что для образования аэрозоля температурой около 30-40 ^{0}С массовый расход раствора препаратов составляет около 0,0034 кг/с или 0,204 кг/мин. Значительное увеличение массового расхода препарата ведет к ухудшению условий для образования аэрозоля и увеличению размеров капель.

3. Теоретическими исследованиями установлено, что производительность агрегата по обработке растений выбирается исходя из тепловой производительности генератора аэрозоля и концентрации рабочего раствора в аэрозоле. Уменьшение концентрации будет способствовать увеличению дисперсности капель и повышению температуры аэрозоля. Для производительности агрегата по обработке растений 2,1 га/ч рациональное значение объемного расхода аэрозоля составляет около 0,4 м^3/с, что соответствует производительности двух генераторов аэрозоля марки BF – 150.

Глава 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ

Обработка растений высокодисперсными аэрозолями повышает эффективность применяемых препаратов и уменьшает их расход. Программа экспериментальных исследований включала проведение лабораторных и полевых исследований. Задачами лабораторных исследований являлись:

- исследование равномерности распределения капель аэрозоля внутри имитации растений;
- исследование температурного поля агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля;
- исследование влияния параметров сопла на распределение капель аэрозоля в рядках посадок картофеля.

Основными задачами полевых испытаний являлись:

- экспериментальное уточнение параметров агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур;
- производственные исследования экспериментального агрегата, оснащенного двумя генераторами аэрозоля для оценки экономических показателей работы.

3.1 Методика экспериментальных исследований распределения капель аэрозоля внутри имитации растений

При оценке размера и распределения капель на объекте следует учитывать поверхностное натяжение рабочего раствора на определенную поверхность для удобства оценки размера и распределения капель нами использовались стекла для микропрепаратов марки Сп-7102. Учитывая, что мелкие капли аэрозоля быстро испаряются в качестве рабочего раствора мы использовали насыщенный водный раствор поваренной соли NaCl [17]. Площадь капель на стекле определяется

силами поверхностного натяжения, поэтому при сопоставлении результатов были проведены исследования сил поверхностного натяжения для растворов гумата (100 г. Гумата на 10 л воды) калия и насыщенного раствора NaCl (200 г соли на 1 л воды). Поверхностное натяжение определяли путем измерения массы бюксы с раствором до и во время отрыва покровного стекла 24×24×0,17 мм для микроскопических исследований (рисунок 3.1)

1 – штатив; 2 – штанга; 3 – выдвижной шток; 4 – нить; 5 – механизм подъема-опускания; 6 – покровное стекло; 7 – бюкс; 8 – весы

Рисунок 3.1 – Лабораторная установка для определения сил поверхностного натяжения рабочих растворов

В бюкс наливали рабочий раствор и с помощью подъема-опускания погружали покровное стекло в рабочий раствор и взвешивали. Затем постепенно поднимая покровное стекло измеряли вес бюкса в момент отрыва от поверхности раствора и рассчитывали поверхностное натяжение по формуле:

$$\sigma = \frac{x \cdot y \cdot z \cdot \rho_p \cdot g + \Delta m \cdot g}{2(x+y)} \quad (3.1)$$

где σ – поверхностное натяжение рабочего раствора, Н/м;

x, y, z – размеры покровного стекла, м;

ρ_p – плотность рабочего раствора, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с$^{-2}$;

Δm – изменение массы бюкса при отрыве стекла, кг.

При опускании пластины на поверхность раствора происходит смачивание и уравновешиваются силы поверхностного натяжения, и архимедова сила что обеспечивает. При отрыве пластины измеряют максимальное изменение массы бюксы на весах. Для получения достоверных результатов измерение производят многократно [16].

В процессе обработки растений аэрозолем важно обеспечить равномерное покрытие листовой поверхности растений во всем объеме стеблестоя. Важно обеспечить обработку труднодоступных зон и особенно нижней части листовой пластины, где находятся устьица. Для исследования были разработаны имитации растений, которые обеспечивали сопротивление перемещению аэрозоля, а между растениями в труднодоступных зонах были расположены стекла для микропрепаратов марки Сп-7102, на которые осаживался аэрозоль биопрепаратов. Общий вид имитации растений представлен на рисунке 3.2.

а б

а – генератор аэрозоля диспергационного типа KASEI 3W – 30; б – генератор аэрозоля конденсационного типа BF – 150 [87]

Рисунок 3.2 Общий вид имитации растений при исследовании распределения капель аэрозоля

Учитывая, что высокодисперсные капли аэрозоля быстро испаряются, в качестве рабочего раствора применяли 20% раствор NaCl. При испарении капель солевого раствора на стеклах для микропрепаратов остаются кристаллы солевого остатка. Так как при испарении капель получаемые кристаллы имеют меньший размер, то для оценки размеров капель использовались следующие выражения [48]:

$$D = \frac{d}{\sqrt[3]{\frac{C_{пр} \cdot \rho_р}{\rho_{пр}}}} \quad (3.2)$$

где D – диаметр капли;

d– средний диаметр кристалла NaCl;

$C_{пр}$– концентрация NaCl в воде;

$\rho_{пр}$ – плотность кристалла NaCl;

$\rho_{р}$ – плотность 20% раствора NaCl.

Так как кристаллизация солевого раствора происходит неравномерно, получаемые кристаллы имеют неправильную форму, поэтому для оценки размеров кристаллов эквивалентный диаметр определяют на основе изменения площади кристалла на снимке микроскопа (рисунок 3.3), а затем рассчитывали по формуле [49]:

$$d \approx 2\sqrt{s\ /\ \pi} \tag{3.3}$$

где S – площадь кристалла.

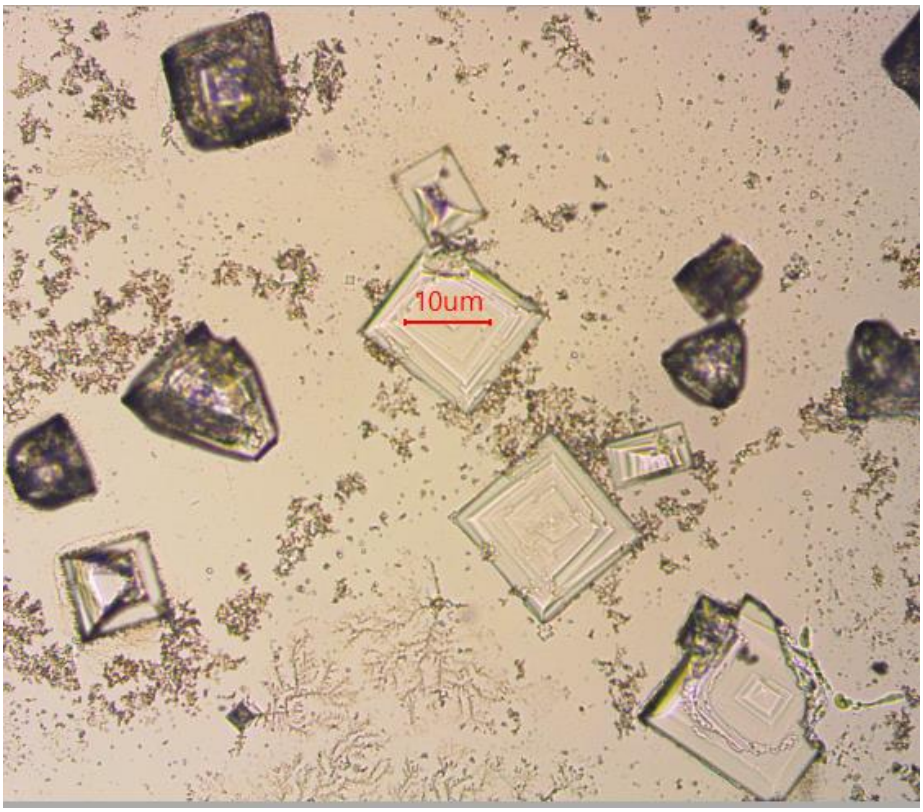


Рисунок 3.3 – Общий вид маркированных стекол с кристаллами NaCl под микроскопом

«На основании изучения предметных стекол под микроскопом получены данные по распределению и размерам капель аэрозоля на единице площади:

1. Среднее значение диаметра кристаллов вычисляли по формуле» [49]:

$$d_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_{cp}}{n} \quad (3.4)$$

«где d_i – диаметр i-го кристалла, мкм;

d_{cp}– средний диаметр кристаллов, мкм» [49];

n–число кристаллов на контролируемом участке, шт.

2. Среднее квадратическое отклонение диаметра кристаллов на стекле для микропрепаратов σ:

$$\sigma = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(d_{cp} - \mathrm{di})}{n-1}} \quad (3.5)$$

3. Коэффициент вариации v_y диаметров кристаллов:

$$v_{y=}\frac{\sigma}{d_{cp}} 100\% \quad (3.6)$$

В результате измерений установлено, что диаметр кристаллов NaCl в 2,2 раза меньше капель аэрозоля.

Для сравнения условий проникновения и осаждения капель аэрозоля в имитации растений использовались два типа устройств для образования аэрозолей: генератор аэрозоля диспергационного типа KASEI 3W – 30 и генератор аэрозоля конденсационного типа BF – 150 [88, 99]. Режим обработки имитации растений учитывал скорость движения аэрозольных генераторов относительно обрабатываемых растений и одинаковую дозу внесения солевого раствора.

Имитация растений представляют собой полиэтилентерефталат, разрезанный на полоски размером не более 1 см. Элементы имитации растений размещали на поддонах, с учетом возможной густоты сельскохозяйственных растений. В стеблестое растений в нижней части закрепляли стекла для микропрепаратов. На каждом поддоне размещали по 9 стекол в три ряда по сетке с шагом 0,3 м для обеспечения необходимой скорости тележки с устройством для обработки аэрозолем растений. После прохода маркированные стекла измеряли с помощью микроскопа (рисунок 3.4).

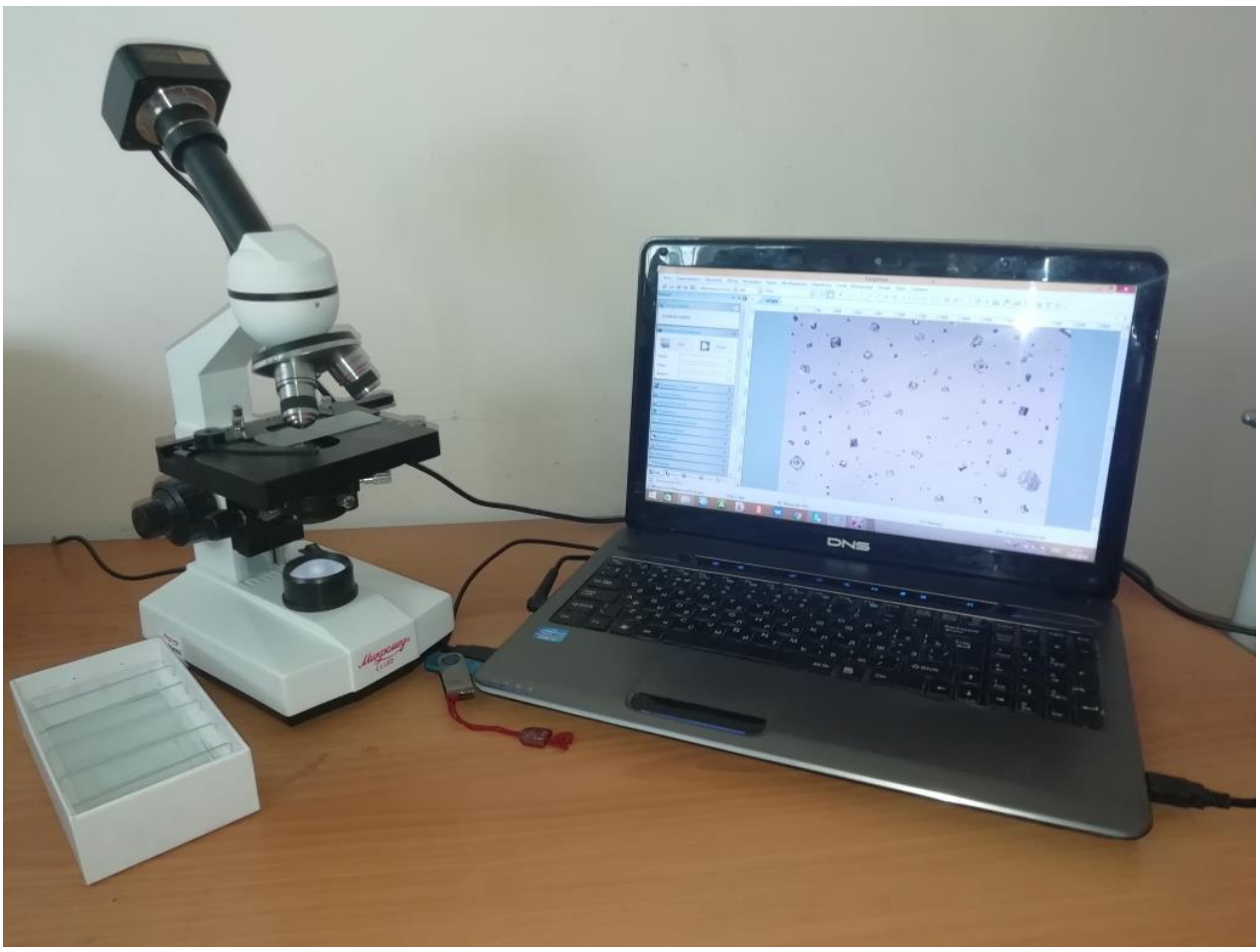


Рисунок 3.4 – Общий вид установки для измерения кристаллов на маркированных стеклах

3.2 Методика исследования температурного поля агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля

Температурные характеристики аэрозоля определяются не только тепловой мощностью генератора, но и количеством рабочего раствора и конфигурацией сопла агрегата для обработки растений. Так как, в процессе образования аэрозоля и его распределения возникает множество дополнительных факторов, которые влияют на температурное поле аэрозоля. Скорость и температура аэрозоля оказывают значительное влияние на размер капель и их осаждение на листья растений. Для изучения температурного поля устройства для обработки растений аэрозолем использовали тепловизор марки RGK TL-40. Съемку осуществляли в совмещенном режиме, когда тепловизионное изображение накладывалось на

фотографию объекта. Для оценки распределения температурного поля устройства для обработки аэрозолем растений использовался инфракрасный режим. Общий вид тепловизора представлен на рисунке 3.5.

1 – экран; 2 – пульт управления; 3 – гнездо для подключения шлейфа; 4 – кнопка фиксации изображения; 5—инфракрасная камера.

Рисунок 3.5 - Общий вид тепловизора при исследовании температурного поля

Генератор аэрозоля с различными соплами снимали в остановившемся режиме работы генератора при этом учитывали не только температуру аэрозоля, но и его распределение по ширине сопла (рисунок 3.6). Сопла представляют собой сплющенные конусы из оцинкованной стали. Выходная щель сопла имела следующую конфигурацию, в средней части она имела меньшую величину, а по краям расширялась чтобы обеспечить распределение потока аэрозоля на две стороны для обработки растений соседних рядков.

а б

а) генератор аэрозоля с соплом; б) сменные сопла

Рисунок 3.6 – Лабораторная установка для исследования формы распределяющего устройства на топографию теплового потока

Съемку температурного поля производили в установившемся режиме генератора аэрозоля, когда все элементы нагревались до рабочего состояния и изменение температуры не происходило. Картина температурных полей позволит косвенно оценить эффективность работы отдельных элементов: генератора аэрозоля и сопла, а также определить возможное расположение устройства относительно растений, с учетом наилучшего распределения капель и исключения ожогов растений.

3.3 Методика экспериментальных исследований влияния направленного воздушного потока на распределение капель аэрозоля в рядках посадок картофеля

Распространение аэрозоля в стеблестое растений определяется летучестью аэрозоля, плотностью паров и дисперсностью капель. Под летучестью аэрозоля понимают содержание пара биопрепаратов в смеси воздуха и топочных газов, причем, чем меньшее количество биопрепаратов поступает в жаровую трубу генератора, тем выше температура аэрозоля и выше его дисперсность. Большую роль оказывает плотность паров биопрепарата. Более плотные туманы получают на масляной основе. Плотность аэрозоля на водной основе будет определяться температурой. Так как для обработки растений применяется низкотемпературный аэрозоль, то он обладает остаточной плотностью, чтобы распространяться в зоне расположения невысоких растений, например, картофеля. Также, следует учитывать, что осаждения капель аэрозоля на листья зависит от их инерционности и температурного градиента. Учитывая, что разница температур листьев и аэрозоля не велика следует повышать скорость движения аэрозоля за счет нагнетания дополнительного воздушного потока. Лабораторная установка для обработки растений аэрозолем оснащенная соплами представлена на рисунке 3.7.

Для оценки распределений капель аэрозоля внутри рядков растений стекла для микропрепаратов располагали в рядках растений ориентируя их параллельно направлению потока из сопла. Скорость перемещения и норму внесения аэрозоля выбирали в соответствии с необходимой дозой для обработки в соответствии с инструкцией препаратов. Исследование маркированных стекол для микропрепаратов проводили аналогично как в разделе 3.1.

1 – лабораторная тележка; 2 – аэрозольный генератор; 3 – рядки искусственных растений; 4 – конусное сопло

Рисунок 3.7 – Общий вид лабораторной установки для обработки растений аэрозолем, оснащенной соплами

Лабораторная установка для обработки аэрозолем растений (рисунок 3.7) работает следующим образом. Сгорание топлива в горелке генератора аэрозоля при сгорании топлива образуется поток высоко температурных топочных газов, которые смешиваются с нагретым воздухом, и при движении по жаровой трубе в него вводится раствор препарата. Под действием высоких температур раствор препарата превращается в пар и при выходе из жаровой трубы мгновенно конденсируется при охлаждении атмосферным воздухом. Так как время нахождения рабочего раствора в жаровой трубе незначительно, то на выходе из жаровой трубы температура аэрозоля составляет менее 60°С. В сопле аэрозоль смешивается с потоком окружающего воздуха. В результате интенсивного воздействия потока воздуха уменьшается размер капель жидкости аэрозоля и происходит разделение потока генератора аэрозоля на два направления для обработки соседних рядков пропашных культур. Полученные потоки генератора

аэрозоля способствуют равномерному распределению и инерционному осаждению капель препарата на соседние рядки растений.

3.4 Методика полевых исследований агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля

Полевые исследования различных способов обработки растений с помощью генераторов аэрозоля диспергационного и конденсационного типов проводились ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Для обработки использовались «генератор аэрозоля диспергационного типа марки KASEI 3W – 30 и генератор аэрозоля конденсационного типа марки BF – 150» (рисунок 3.8) [51].

Обработку семенных клубней проводили биопрепаратами Фитоспорин М и Гумат калия во время «доработки клубней на картофелесортировальном пункте перед промежуточным хранением» [51].

а б

Рисунок 3.8 – Обработка семенных клубней с помощью генератора аэрозоля диспергационного типа марки KASEI 3W – 30 (а) и генератора аэрозоля конденсационного типа марки BF-150 (б) [47]

Обработку осуществляли на транспортере загрузчике ТЗК-30, устанавливая специальную камеру над транспортером для обработки генератором диспергационного и конденсационного типа аэрозолем (рисунок 3.8). Расход

рабочего препарата устанавливали с учетом равномерного увлажнения семенных клубней с учетом рекомендаций производителей биопрепаратов для данного вида обработки. Температура аэрозоля составляла 50 - 60°С что способствовало небольшому нагреву клубней и последующему их высыханию за счет испарения воды. Генераторы аэрозоля конденсационного типа и генераторы аэрозоля диспергационного типа обеспечивают высокодисперсный раствор, что существенно снижает расход рабочего раствора и обеспечивает эффективную обработку.

Обработанный картофель затаривали в мягкие контейнеры типа Биг-Бэг и маркировали, указывая препарат и вид обработки (рисунок 3.9). Посадку обработанных клубней осуществляли 22.05.2021 г. сажалкой Grimme GL 34 T на глубину 4-5 см (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9 – Затаривание в мягкие контейнеры типа Биг-Бэг обработанные клубни картофеля и их маркировка

Посадка семенных клубней картофеля сорта Лилли, обработанных разными способами и препаратами осуществлялась на специально отделенных под испытания делянках, используя определенный порядок учета посадки в следующем очередности: «аэрозоль Гумата калия диспергационного типа, аэрозоль Гумата калия (предпосадочная обработка) конденсационного типа, аэрозоль Гумата калия конденсационного типа (обработка растений до смыкания листьев), аэрозоль Фитоспорина М диспергационного типа, аэрозоль Фитоспорина М конденсационного типа (предпосадочная обработка), аэрозоль Фитоспорина М конденсационного типа (обработка растений до смыкания листьев), контроль» [50, стр. 15].

Рисунок 3.10 - Посадка обработанных семенных клубней картофеля

Обработка кустов картофеля аэрозолем конденсационного типа в период вегетации проводилась с помощью навесного культиватора, оснащенного двумя генераторами аэрозоля конденсационного типа (рисунок 3.11). Благодаря возможности изменения положения генераторов аэрозоля по высоте и ширине междурядий достигалась равномерность покрытия биопрепаратами

обрабатываемой поверхности растений. Оснащение генераторов аэрозоль распределителями потока в виде разветвителей сопла жаровой трубы позволило удвоить количество обрабатываемой поверхности. Вместе с тем, образование подогретого облака защитно-стимулирующих веществ высокой дисперсности (менее 20 мкм), обеспечило равномерное обволакивание стеблестоя растений как сверху, так и снизу, где, в свою очередь, расположено наибольшее число устьиц листьев. тем самым благоприятно влияя на усвояемость биопрепаратов.

Полевые экспериментальные исследования проводились на базе ООО «Авангард». Что подтверждается соответствующим актом (приложение В) Испытания проводились во время уборки картофеля. В процессе исследований на поле выделялся опытный участок.

1 - культиватор-окучник; 2 – аэрозольный генератор; 3- конусное сопло

Рисунок 3.11 – Общий вид агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля биопрепаратами [34]

Экспериментальный агрегат представляет собой навесной аэрозольный опрыскиватель пропашных культур в период вегетации, снабженный двумя генераторами аэрозоля конденсационного типа с жаровой трубой, эжектором и насадками, направляющими облако биопрепаратов к растениям, установленными

на несущей раме, снабженной транспортировочными колесами и прицепным устройством [51, 69]. Размещенные на регулируемой раме для изменения ширины междурядий, генераторы прикреплены болтовыми соединениямис возможностью их снятия для очистки и ремонта (рисунок 3.12) [3].

Навесной аэрозольный опрыскиватель имеет в своем составе, непосредственно, прицепное устройство для сцепки с трактором типа «треугольник», транспортировочные колеса, два генератора аэрозоля конденсационного типа, сопла-разветвители потока аэрозоля биопрепаратов. Подвижная рама закреплена на несущем каркасес возможностью их регулировки по ширине междурядий. Для этогона подвижной раме имеются скобы с болтовыми соединениями на несущем каркасе, что также позволяет регулировать расстояние между генераторами аэрозоля по ширине междурядий. Насадка крепится на жаровой трубе генератора винтовым соединением и содержит разветвитель потоков аэрозоля биопрепаратов [51]. На данное устройство существует патент (приложение Г).

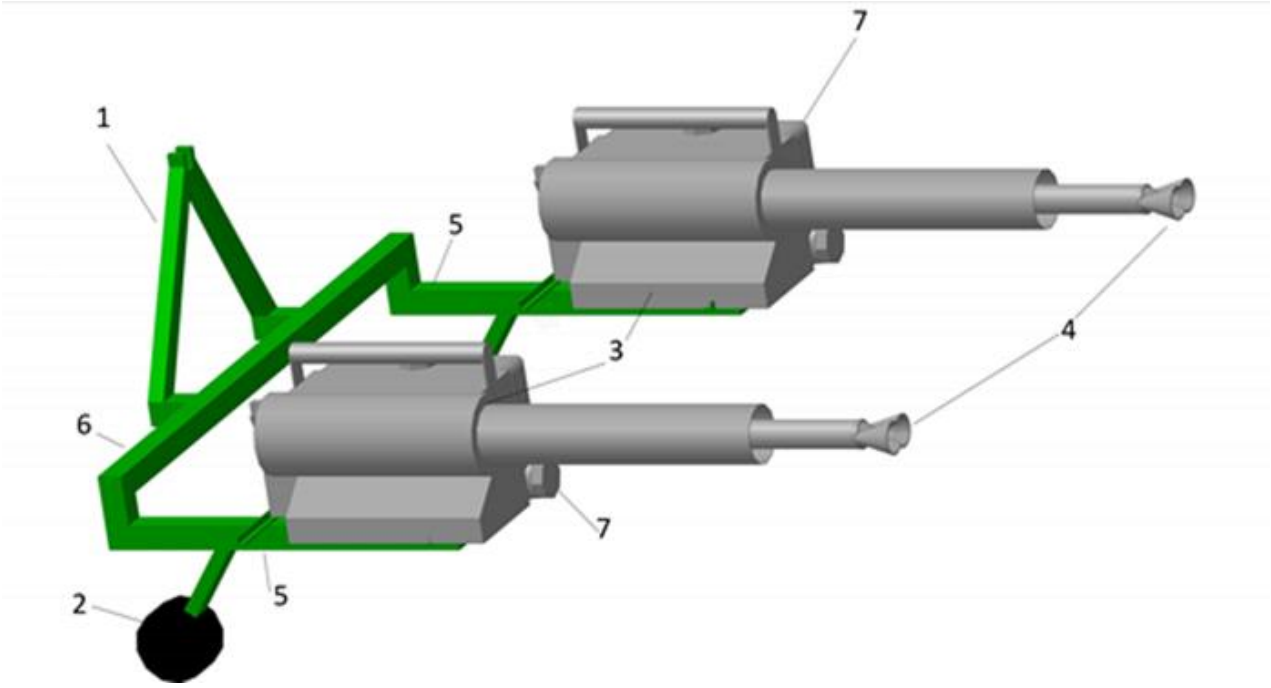


Рисунок 3.12 - Аэрозольный опрыскиватель пропашных культур

общий вид: 1 – сцепное устройство; 2– транспортировочные колеса; 3 – генераторы аэрозоля;4 – разветвленные сопла; 5 – подвижная рама; 6 – несущий каркас; 7 – бака для рабочего раствора

Работает предлагаемый навесной аэрозольный опрыскиватель пропашных культур следующим образом. При движении прицепного аэрозольного опрыскивателя пропашных культур в сцепке с трактором (рисунок 3.13), несущий каркас надвигается на рядки растений, а разветвленные сопла генератора остаются в пространстве между ними. Одновременно с этим рабочая смесь из бака для раствора препаратов, путем нагнетания давления рабочего раствора, создаваемого агрегатом в процессе сгорания топлива, поступает в жаровую трубу парогенератора через эжектор, где преобразуется в аэрозоль дисперсностью менее 50 мкм, который поступает через сопла-разветвители и заполняет их, тем самым образуя облако аэрозоля защитно-стимулирующих препаратов которое полностью покрывает растения, находящиеся по бокам от генераторов. [39, стр. 13]

В ходе проведённого полевого эксперимента по определению эффективности обработки растений биопрепаратом в период вегетации при помощи разработанного аэрозольного опрыскивателя пропашных культур был выявлен ряд преимуществ от его использования [39]. Так при общем снижении расхода биопрепарата на 10-15% наблюдалось увеличение урожайности картофеля на 8,5%, в сравнении с контрольными участками обработанными штанговыми опрыскивателями.

Рисунок 3.13 – Агрегат для аэрозольный обработки пропашных культур [73]

Данное преимущество достигается тем, что навесной аэрозольный опрыскиватель пропашных культур, снабженный регулируемой рамой для изменения ширины междурядий и двумя генераторами аэрозоля, содержащими насадки направляющие облака биопрепаратов к растениям, способствуя их равномерной обработки со всех сторон [73, стр. 11].

Равномерность обработки достигается благодаря, создаваемым генератором аэрозоля турбулентным потокам, в центральной части которых располагаются, как правило, более крупные капли, которые, встречаясь с поверхностью растения оседают на ней, из-за высокой инерции, а более мелкие капли с меньшей инерцией при встрече с препятствием увлекаются воздушным потоком и осаждаются на обратной поверхности препятствия [45, 50].

Таким образом использование предлагаемого навесного аэрозольного опрыскивателя пропашных культур позволяет повысить равномерность распределения раствора биопрепаратов по поверхности стеблестоя растений, увеличить их усвоение и повысить качество обработки, а также производить одновременную обработку гербицидами от сорной растительности, минимизируя их угнетающее влияние на культурные растения.

В целях учета показателей обработки на специально отведенном поле было выделено «несколько учетных делянок, чередуя их по ширине захвата агрегата для обработки посадок картофеля аэрозолем биопрепаратов (рисунок 3.10) » [59].

«Для оценки достоверности и воспроизводимости полученных данных применяли критерий Кохрена. Расчетное значение критерия Кохрена рассчитывали по формуле» [59, стр. 18]:

$$K_{kp} = maxD_i / \sum_i^T \mathrm{Di} \qquad (3.7)$$

«где $maxD_i$ – наибольшее значение дисперсий из числа рассматриваемых параллельных т серий;

$\sum^{т} D_i$ –сумма дисперсий т серий. Рекомендуется принимать

$2 \leq т \leq 4$. Опыты считают воспроизводимыми при $K_{kp} \leq K_{kт}$,

где $K_{кт}$ – табличное значение критерия Кохрена, принимаемое в зависимости от доверительной вероятности P_d и числа степеней свободы q=n-1. Здесь т –число серий опытов; n – число измерений в серии» [62, стр. 18].

Эффективность применения разрабатываемых устройств напрямую зависит от повышения урожайности сельскохозяйственных культур с учетом всех затрат, которые состоят из стоимости генератора аэрозоля и культиватора окучника, расхода топлива и биопрепаратов.

Выводы по главе 3

Методики экспериментальных исследований основаны на теоретических предпосылках с использованием стандартных и разработанных методик для обработки аэрозолем биопрепаратов растений. Для экспериментальных исследований изготавливали специальное оборудование для изучения распределения капель аэрозоля внутри стеблестоя растений. Для исследований применяли сертифицированные приборы.

Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ

4.1 Результаты экспериментальных исследований распределения капель аэрозоля на имитации растений

Поверхностное натяжение рабочих растворов проводили при температуре 25^0С и влажности 63%. По результатам исследования поверхностного натяжения рабочих растворов был построена диаграмма (рисунок 4.1).

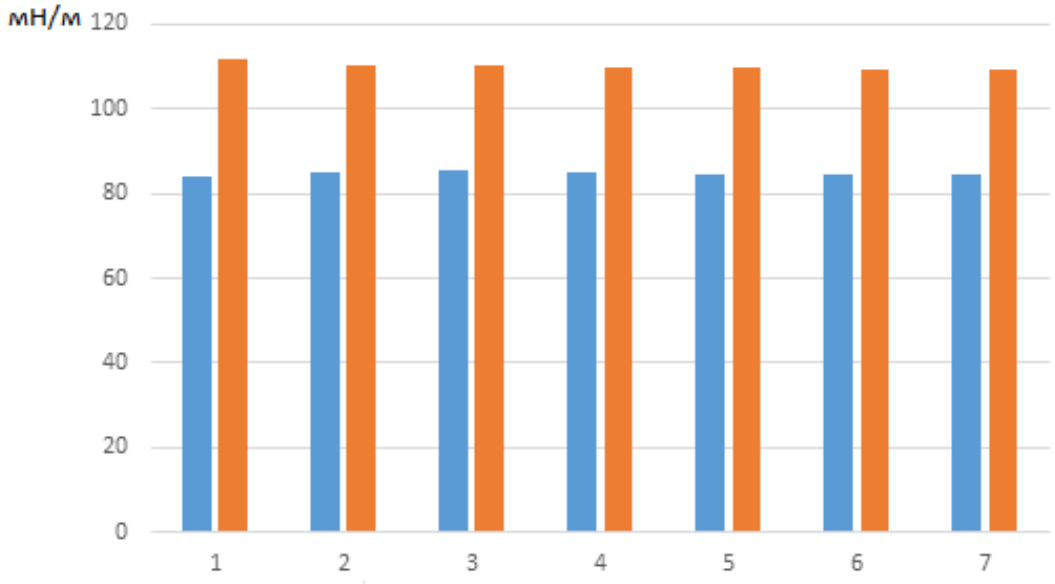


Рисунок 4.1 – Величина поверхностного натяжения водных растворов гумата калия и соли NaCl

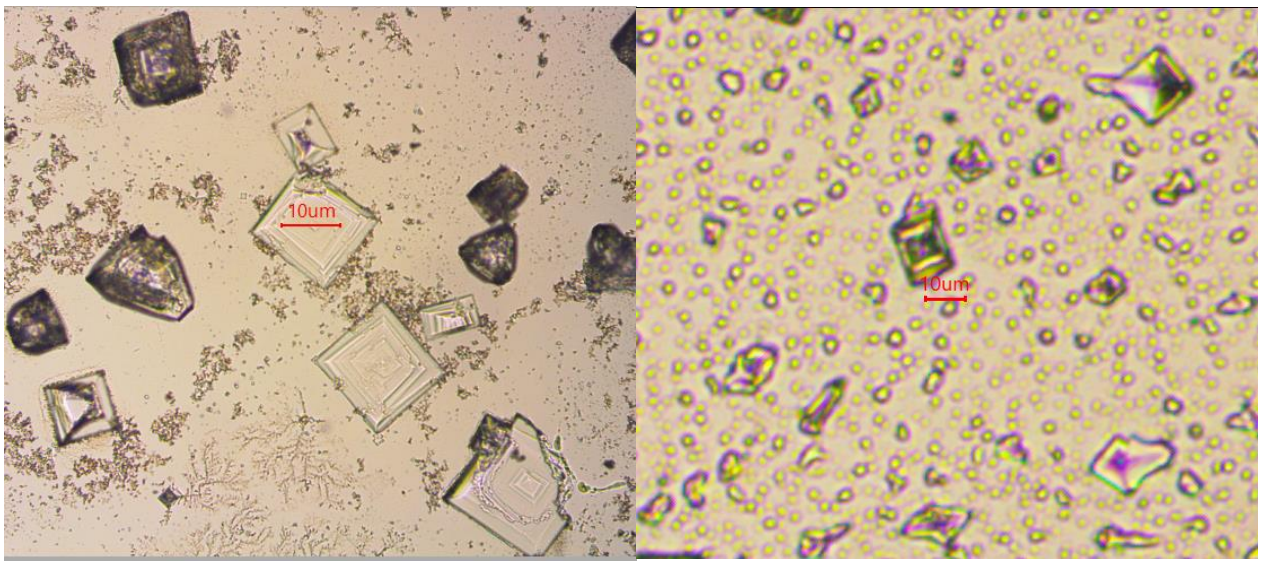
Анализ рисунка показал, что поверхностное натяжение 1% раствора гумата калия составляет 84,7 мН/м, среднее квадратическое отклонение 0,40 мН/м, 20% раствора NaCl – 110,0 мН/м, среднее квадратическое отклонение 0,78 мН/м. 20% раствор NaCl имеет поверхностное натяжение на 29,4% больше, чем 1% раствор Гумата калия. С уменьшением поверхностного натяжения площадь капель на стекле увеличивается, обеспечивая большую контактную поверхность.

Исследование распределения капель проводили на имитациях растений, затрудняющих движение аэрозоля. Имитации растений были изготовлены из

полиэтилентерефталата (пластиковых бутылок), который был нарезан на полоски шириной 0,01 м и закрепленных с помощью резинок в пучки. Формирование необходимой густоты имитации растений было обеспечено за счет креплений пучков искусственных стеблей на определенном расстоянии. Внутри имитации растений в определенном порядке были закреплены стекла для микропрепаратов, на которых осаждались капли аэрозоля. Над поддонами с имитацией растений проезжала тележка с определенной скоростью с генераторами аэрозоля диспергационного и конденсационного типа. После каждого прохода тележки стекла с поддонов подсушивали отправляли на исследование распределения и размера капель.

Исследование распределения капель внутри имитации растений проводили на водном растворе соли NaCl концентрацией 20%. Это позволяет оценивать быстро испаряющиеся капли по кристаллам соли, которые остаются на стеклах для микропрепаратов. Лабораторные исследования проводились на имитации рядков растений с шириной междурядий 0,75 м. Размер и количество кристаллов на заданной площади с помощью микроскопа марки Микромед. Благодаря высокой концентрации соли NaCl в водном растворе размер капель аэрозоля и солевых кристаллов был минимальным. Размер капель аэрозоля рассчитывали на основании формул, приведенных в разделе 3.1. Общий вид кристаллов после обработки генераторами диспергационного и конденсационного типа показан на рисунке 4.2

Оценку распределения капель и определение размеров проводили на участке стекла для микропрепаратов площадью 0,25 мм^2. Достоверность результатов опыта оценивали с помощью критерия Кохрена. Значение критерия Кохрена рассчитывали на основе отношения максимальной дисперсии к сумме дисперсий по серии опытов. Расчетное значение критерия Кохрена по результатам исследований составила 0,36, что меньше табличного значения критерия 0,76 для данной серии экспериментов.



а б

а - кристаллы соли NaCl, образованные генератором диспергационного типа; б - кристаллы соли NaCl, образованные генератором конденсационного типа

Рисунок 4.2 - Общий вид кристаллов аэрозоля при увеличении 40Х

На основе полученных данных по размеру кристаллов на определенной площади и их количеству, а также расположения стекол для микропрепаратов на поддонах были построены зависимости. Зависимости размеров капель и их количества, распределенных по площади поддонов с имитацией растений представлены на рисунках 4.3 и 4.4.

Анализ рисунка 4.3 показал, что кристаллы соли (следы от капель) распределены по поверхности стекла для микропрепаратов, относительно равномерно с коэффициентом вариации 7,3%. Средняя величина кристаллов составляет 4,7 мкм, что соответствует размеру капель аэрозоля 14 мкм [10, 82].

В то же время распределение размеров капель по обрабатываемой площади весьма неравномерно. Основной поток крупных капель располагается непосредственно у сопла, мелкие капли, благодаря подвижности, располагаются дальше от сопла, коэффициент вариации в этом случае составляет 44,08%. Поэтому для равномерности распределения по площади размеров кристаллов аэрозоля обработки необходимо использовать сопло [2, 6, 57].

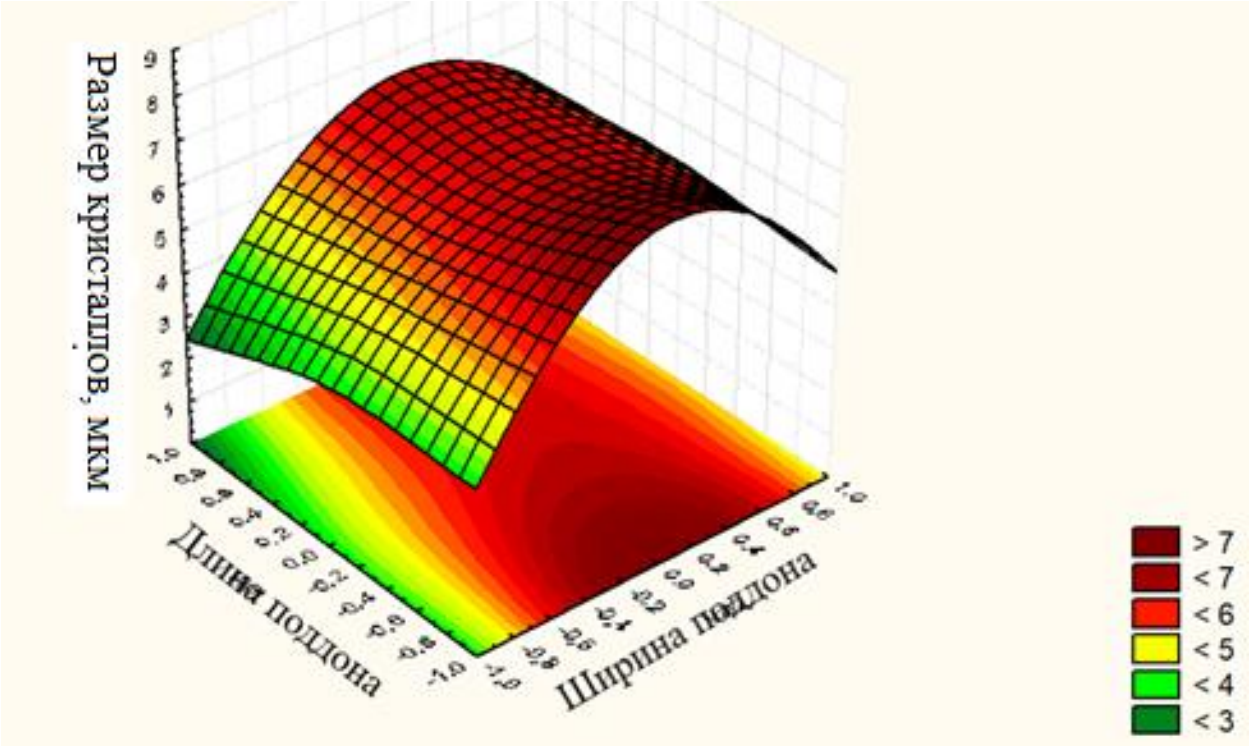


Рисунок 4.3 – Распределение по обрабатываемой площади размеров кристаллов аэрозоля конденсационного типа

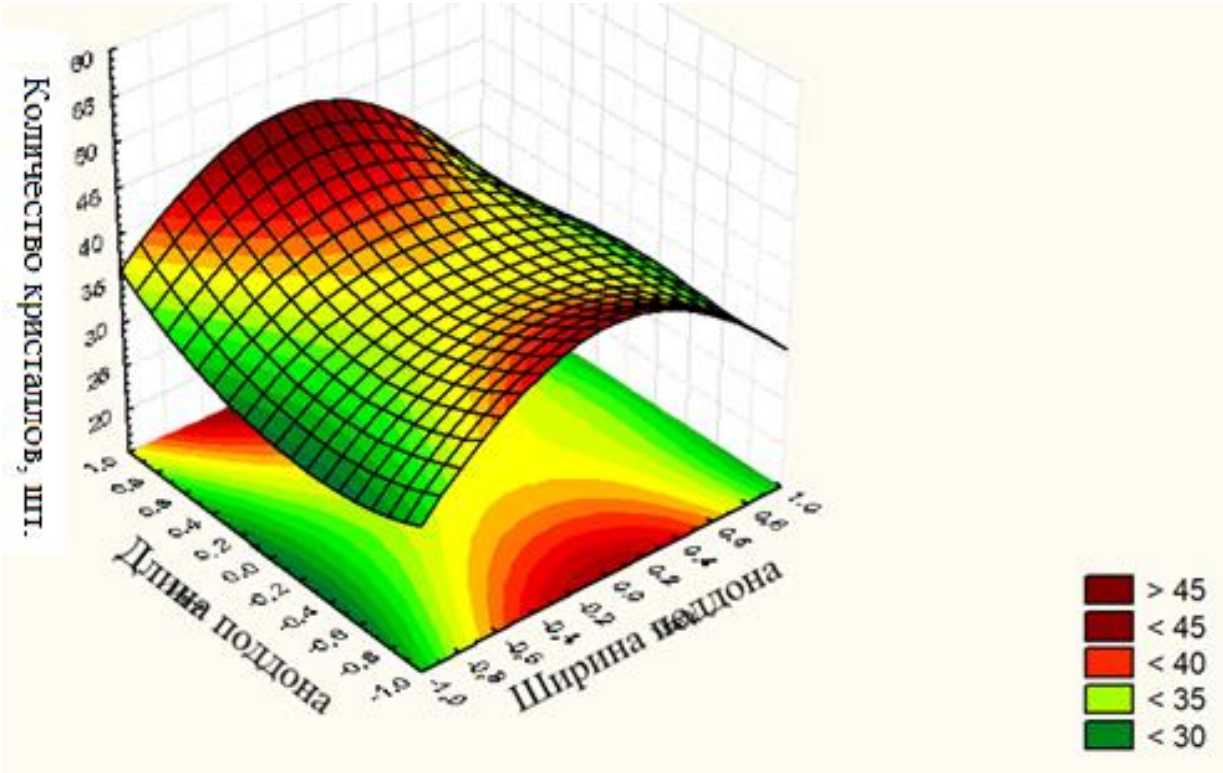


Рисунок 4.4 – Распределение по обрабатываемой площади количества кристаллов аэрозоля конденсационного типа

Анализ рисунка 4.4 показал, что количество кристаллов аэрозоля относительно равномерно распределяется по обрабатываемой площади, не смотря на незначительную ширину сопла, учитывая, что ширина сопла составляет 0,05 м, а ширина обрабатываемого участка имитации растений 1 м. Коэффициент вариации для данного распределения равен 26,41%. Несмотря на высокую плотность имитации растений (1600 листов на 1 м^2) высокодисперсные капли аэрозоля хорошо распределяются внутри стеблестоя растений.

Также было проведено исследование распределения размеров и количества кристаллов диспергационного типа, результаты которого приведены на рисунках 4.5 и 4.6.

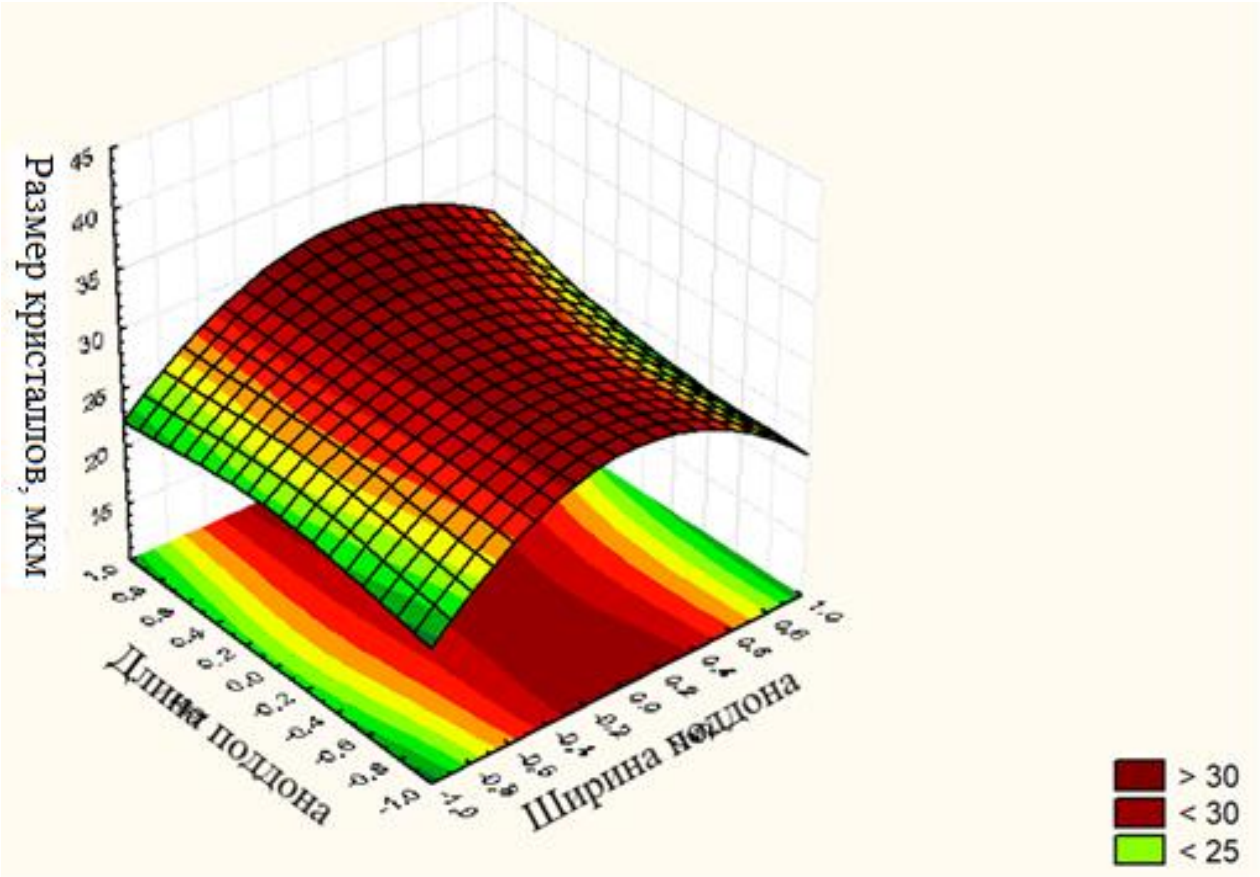


Рисунок 4.5 – Распределение по обрабатываемой площади размеров кристаллов аэрозоля диспергационного типа

Анализ рисунка 4.5 показал, что распределение размеров кристаллов соли по обрабатываемой площади для генератора аэрозоля диспергационного типа

происходит более равномерно, благодаря наличию вентиляторной установки. Интенсивный воздушный поток обеспечивает лучшую транспортировку капель аэрозоля по обрабатываемой площади при этом коэффициент вариации составил 27,19%.

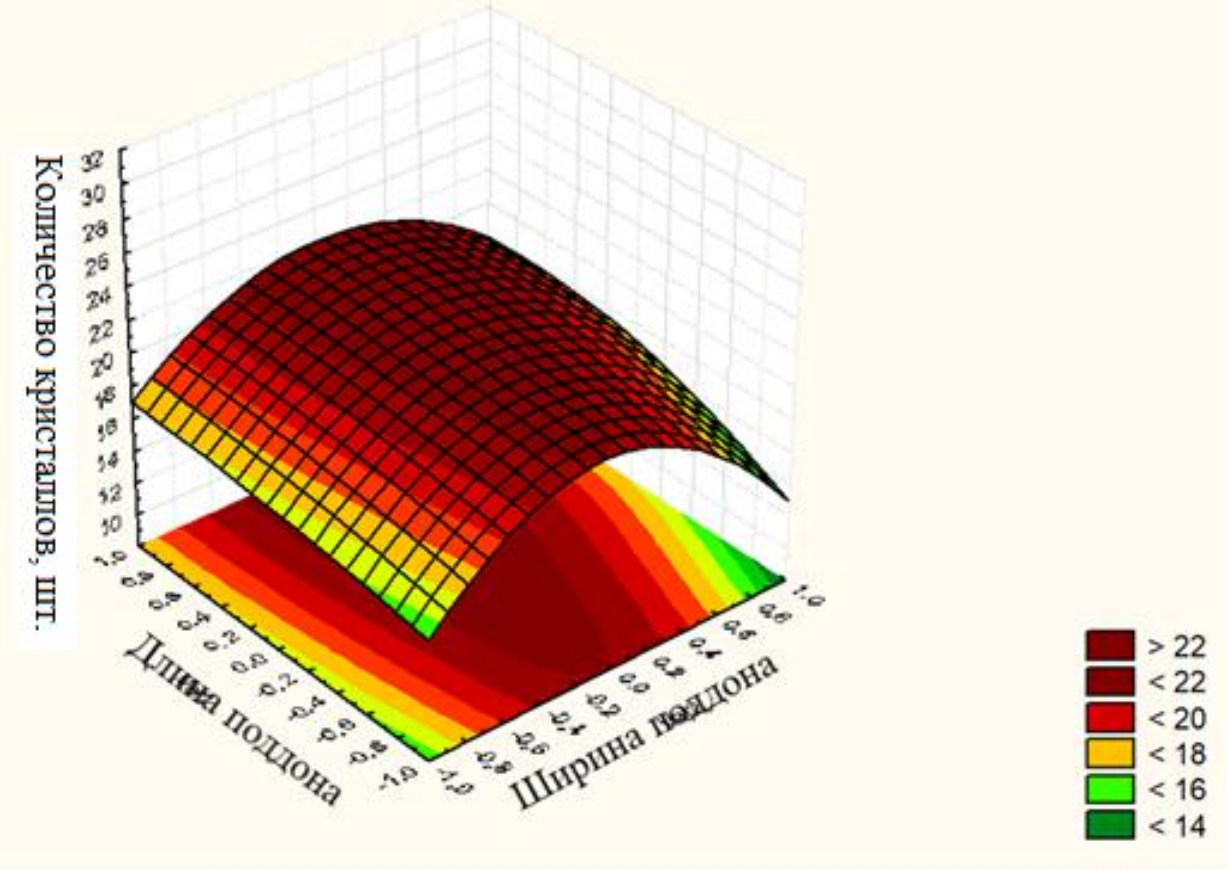


Рисунок 4.6 – Распределение по обрабатываемой площади количества кристаллов аэрозоля диспергационного типа

Анализ рисунка 4.6 показал, относительно высокую равномерность распределения кристаллов аэрозоля диспергационного типа по обрабатываемой площади. Эффективность транспортировки капель аэрозоля на значительной ширине обеспечивается потоком воздуха, создаваемым вентилятором генератора аэрозоля диспергационного типа. Коэффициент вариации составил 28,68%. Таким образом применение вентилятора, создающего направленный воздушный поток, способствует равномерному распределению капель как диспергационного, так и конденсационного аэрозоля. При обработке имитации растений установлено, что на стеклах для микропрепаратов осаждается большее количество капель аэрозоля

конденсационного типа в сравнении с обработкой генератором диспергационного типа. Количество капель при обработке генератором конденсационного типа составляло 13912 шт/см^2, а диспергационного типа 7168 шт/см^2, что в 1,94 раза больше. В тоже время средний размер капель аэрозоля диспергационного типа 54 мкм, а средний размер капель аэрозоля конденсационного типа 14 мкм. Генератор диспергационного типа покрывает каплями в 2 раза большую площадь, чем генератор конденсационного типа, в то же время расход рабочего раствора у генератора диспергационного типа на покрытие обрабатываемой площади в 38 раз больше, чем у генератора конденсационного типа. Высокая дисперсность капель аэрозоля конденсационного типа позволяет снизить расход рабочего раствора в 19 раз на обработанной единице площади, таким образом уменьшив расход препарата, что особенно важно при использовании препаратов контактного действия. Кроме того, высокодисперсные капли хорошо проникают в стеблестой и обеспечивают обработку в труднодоступных зонах стеблестоя растений. Анализ характеристик обработок каплями аэрозоля диспергационного и конденсационного типа, а также их сравнительные показатели приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Эффективность обработок каплями аэрозоля диспергационного и конденсационного типа имитации растений

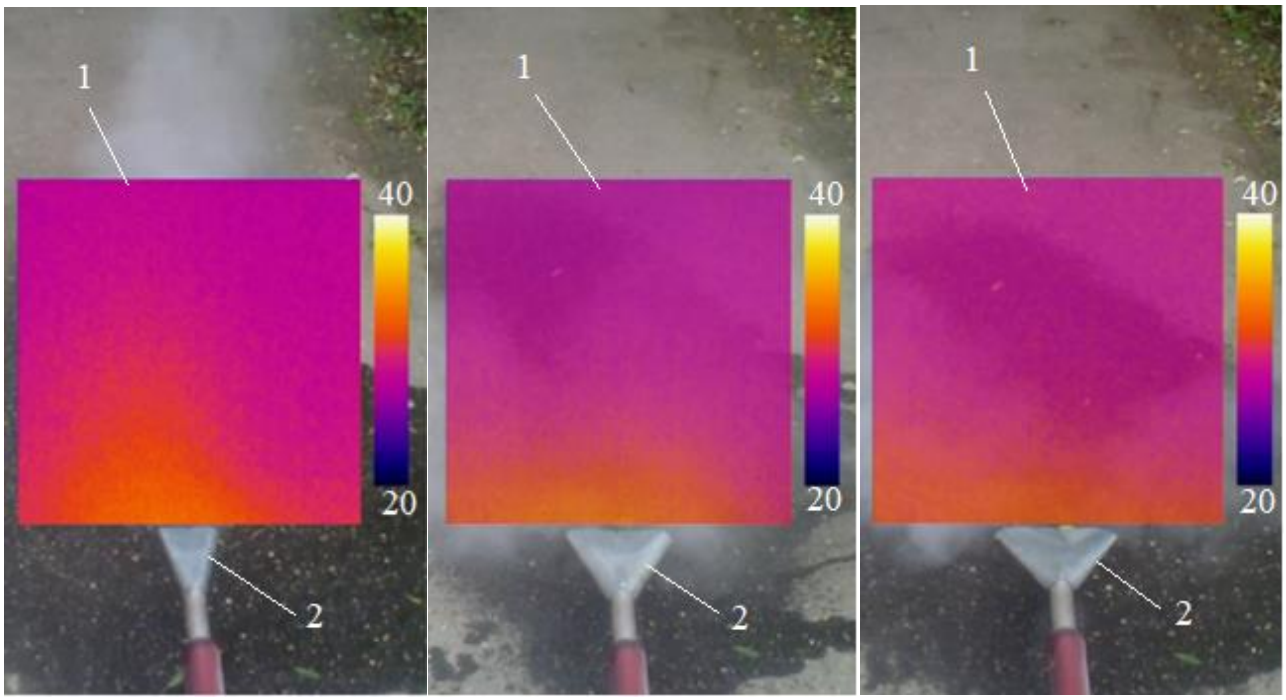
Вид обработки	Размер кристаллов		Количество кристаллов на 1 см^2		Общая площадь капель, мкм^2 на 1 см^2 подложки	Общий объем капель, мкм^3	Соотношение объема к площади капель, мкм
	Средний размер, мкм	Среднее квадратич. отношение, мкм	Среднее количество, шт	Среднее квадратич. отношение, шт			
Диспергационный	25,52	6,94	7168	2056,08	27824	62337018	2240,40
Конденсационный	4,87	2,147	13912	3673,68	14336	841258	58,68
Сравнительное отношение	5,24	-	0,515	-	1,94	74,10	38,18

Экспериментальные исследования показали, что на равномерность распределения внутри стеблестоя влияет размер капель, чем он меньше, тем легче

капли мигрируют внутри стеблестоя. Направленный воздушный поток улучшает равномерность распределения капель внутри растений, а также равномерность размеров капель по ширине захвата генератора диспергационного и конденсационного типа. Таким образом для повышения эффективности обработок следует выбрать режим подачи рабочего раствора генератора конденсационного типа.

4.2 Результаты исследования температурного поля агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля

Исследование температурного поля устройства для обработки аэрозолем растений проводили на кафедре ТМ и РМ ФГБОУ ВО РГАТУ. Температура воздуха в помещении при исследованиях составляла 20 °С, влажность 48%. Изображения с экрана тепловизора приведены на рисунке 4.7.



а б в

1 – температурное поле аэрозоля; 2 – конусное сопло
а – угол конуса сопла 30°; б – угол конуса сопла 45°; в – угол конуса сопла 60°

Рисунок 4.7 - Общий вид изображений при исследовании температурного поля аэрозоля при различных углах конуса сопла

Исследование температурного поля осуществляли на установившемся режиме устройства для обработки аэрозолем растений. Для оценки температур отдельных элементов устройства использовали 2 режима работы тепловизора: совмещенный и инфракрасный. Инфракрасный режим позволяет оценить разницу температур элементов устройства и потока аэрозоля с указанием максимальной и минимальной температуры. Совмещенный режим тепловизора представляет собой сочетание визуального изображения и инфракрасной картинки в центре него. Совмещенный режим позволяет более точно определить границы и расположение теплового поля.

Анализ температурных полей аэрозоля позволил установить, что температура на выходе из сопла составляет около 33°С. Наибольшее значение температуры, а, следовательно, и наибольшее количество аэрозоля сосредоточено в сопле. Установлено, что температурное поле аэрозоля определяется углом конуса сопла и подачей рабочего раствора.

4.3 Результаты экспериментальных исследований распределения капель аэрозоля в рядках пропашных растений

В ходе проведения испытаний лабораторной установки, оснащенной генератором аэрозоля с соплом, были выявлены зависимости размеров и количества капель на обрабатываемой поверхности от угла конуса сопла и подачи рабочего раствора (рисунок 4.8 и 4.9). Размер капель солевого раствора при обработке имитации растений генератором аэрозоля получили на основании обработки опытных данных. Построение уравнения регрессии проводили в программе STATISTICA v10. Коэффициент детерминации равный R^2=0,76 и коэффициент регрессии – R=0,87 показали адекватность уравнения регрессии опытным данным. Наиболее значимым фактором эксперимента, влияющим на размер капель, является расход рабочего раствора.

$$d_k=14,3993-0,1448\theta-1,1617G-0,3741\theta^2+0,2038G\theta-0,221G^2 \quad (4.1)$$

где d_k – средний размер капель, мкм;

Θ – угол конуса сопла, код. зн.;

G – расход рабочего раствора, код. зн..

На основе уравнения регрессии был построен график зависимости размеров капель аэрозоля от параметров агрегата аэрозольной обработки (рисунок 4.8).

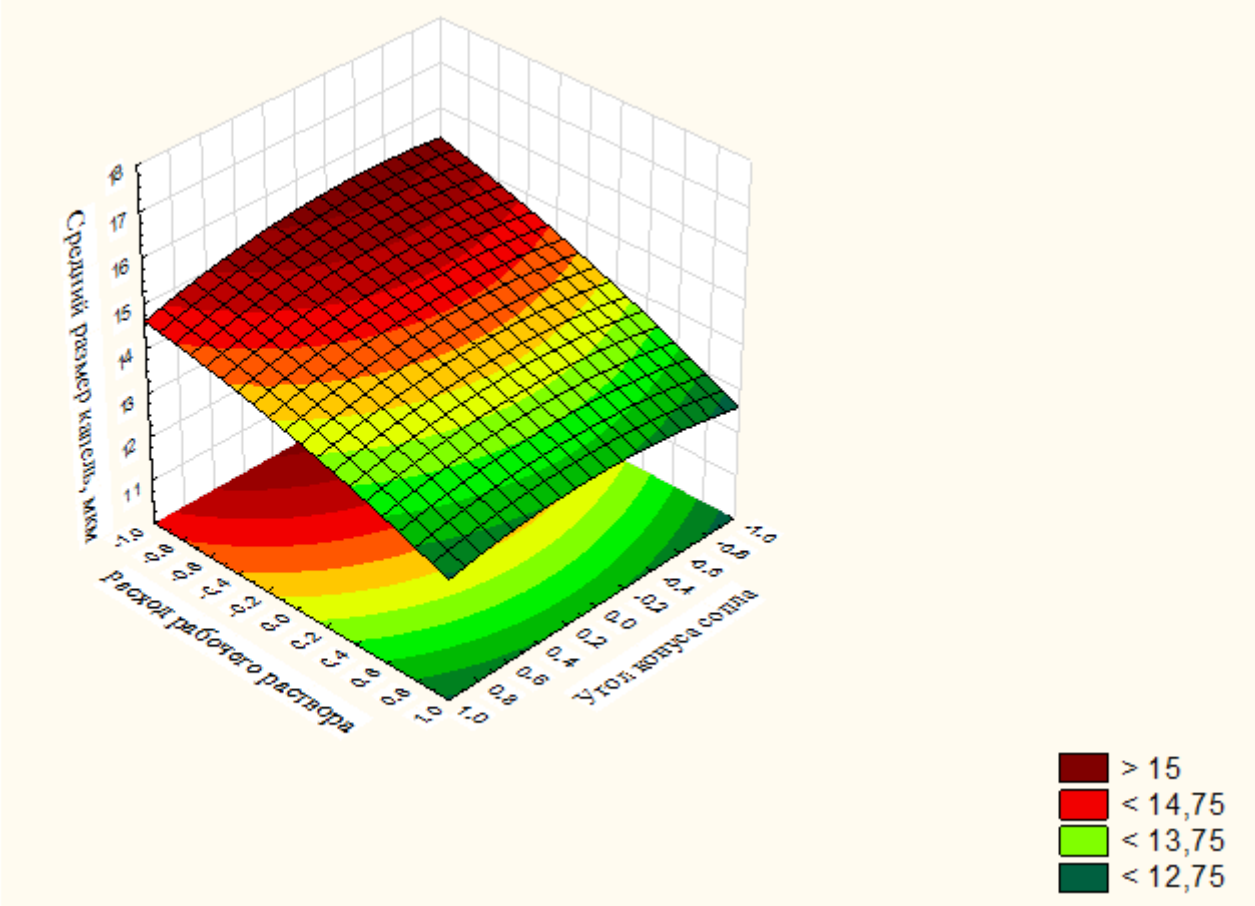


Рисунок 4.8 – Зависимость размеров капель аэрозоля от расхода рабочего раствора и угла конуса сопла

На рисунке видно, что на размер капель наибольшее значение оказывает расход рабочего раствора, чем он выше, тем больше диаметр капель. Средняя величина капель составила 14 мкм (Приложение Д).

Также в процессе эксперимента оценивали количество капель на стеклах для микропрепаратов. Коэффициент детерминации равный R^2=0,82 и коэффициент регрессии – R=0,91 показали адекватность уравнения регрессии опытным данным. Количество капель на стекле для микропрепаратов, определяется подачей рабочего

раствора и углом конуса сопла. Зависимость количества капель от факторов варьирования представлена в уравнении регрессии 4.2.

$$N=36,4668-0,5673\theta-0,9154G-1,4497\theta^2+0,9409G\theta-0,7473G^2 \qquad (4.2)$$

где N – среднее количество капель, шт/площадь ($2,5\cdot10^{-7}$ м^2);

Θ – угол конуса сопла, код. зн.;

G – расход рабочего раствора, код. зн..

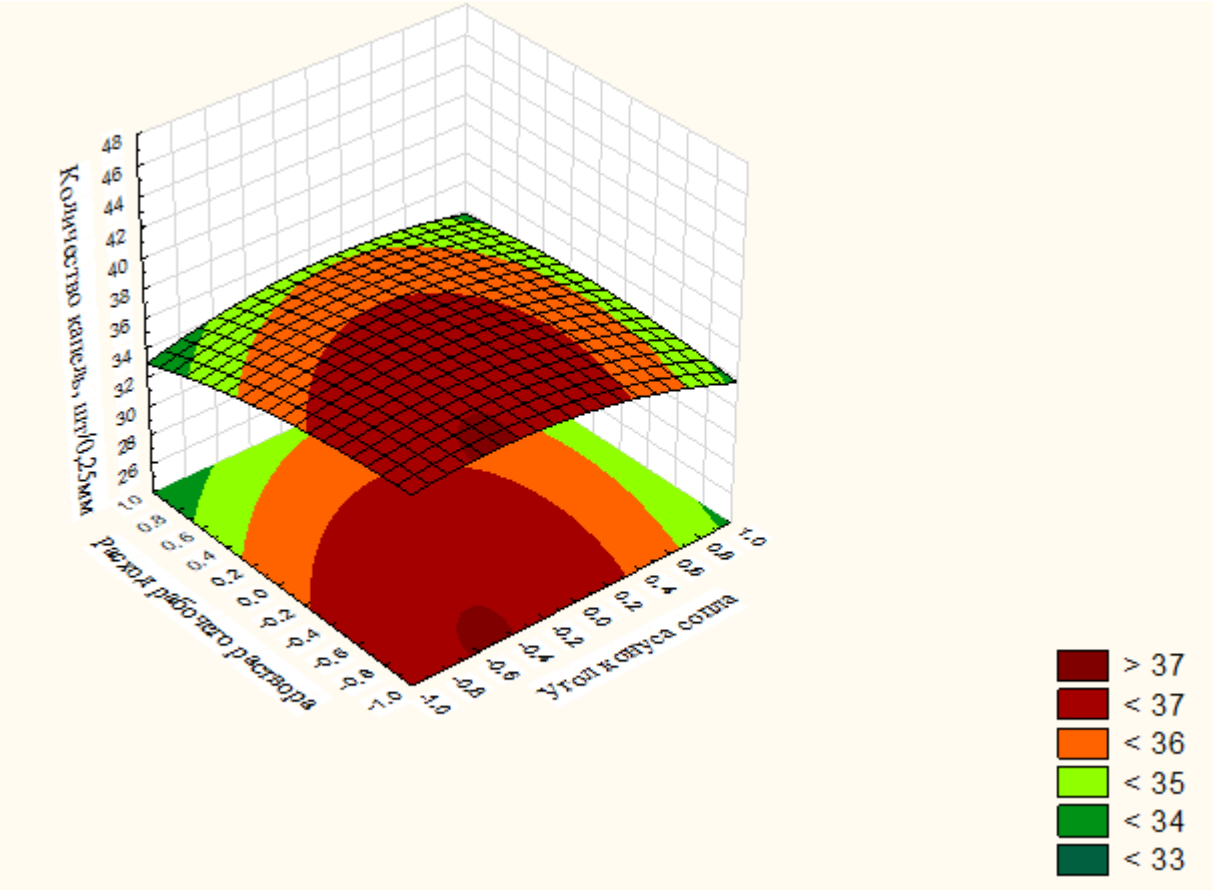


Рисунок 4.9 – Зависимость количества капель аэрозоля от расхода рабочего раствора и угла конуса сопла

Анализ рисунка 4.9 показал, что использование сопла позволило повысить равномерность распределения количества капель аэрозоля по рядкам обрабатываемых растений, благодаря увеличенной ширине сопла. Рациональным значением угла конуса сопла является -0,5, что соответствует углу θ=37,5 градусов. Рациональными значениями подачи рабочего раствора является значение -1, что соответствует подаче 0,20 кг/мин. Подставив полученные значения в уравнение

регрессии 4.2 получим количество капель на 0,25 мм^2 стекла для микропрепаратов, которое равно N=37,0266, что соответствует 14810,64 капель на см^2.

Таким образом в результате лабораторных исследований установлено, что наилучшую эффективность обработки рядков растений обеспечивают генератор аэрозоля с подачей 0,20 кг/мин, снабженный соплом с углом конуса сопла 37,5 градусов.

4.4 Результаты полевых исследований агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля

При обработке посадок картофеля аэрозолем гумата калия важно обеспечить распределение капель внутри массива растений. Это определяется положением генератора аэрозоля внутри гребневых посадок картофеля. В процессе проведения обработки осуществлялось позиционирование генератора аэрозоля относительно сформированной гребневой поверхности, с учетом развития растений. Для определения размеров гребней на учетных делянках проводили измерения с помощью металлических линеек (рисунок 4.10).

По результатам измерений посадок картофеля установлено, что ширина междурядий 75±0,8 см, средняя высота растений 27,4 см, высота расположения сопла от дна борозды 29 см. Таким образом, расположение сопла устанавливается на ½ высоты растений картофеля и дополнительно регулируется углом наклона жаровой трубы аэрозольного генератора. При рациональном выборе режимов аэрозольного генератора и его позиционировании относительно растений обеспечивается хорошее покрытие растений аэрозолем препаратов (рисунок 4.11)

Рисунок 4.10 - Позиционирование сопла генератора аэрозоля относительно растений картофеля

Рисунок 4.11 – Распределение облака аэрозоля при обработке растений картофеля

Для оценки биологической урожайности на учетных делянках выкапывали образцы клубневых гнезд картофеля для оценки развития при различных способах обработки семенного материала и растений. Образцы клубневых гнезд упаковывали в отдельные мешки и маркировали (рисунок 4.12).

Рисунок 4.12 – Взятие образцов клубневых гнезд на учетных делянках

Для оценки развития клубней картофеля вели учет клубней массой более 30 г и размером более 28 мм. Для оценки воспроизводимости опытов применяли критерий Кохрена, рассчитывая дисперсию для каждой серии и определяли расчетное значение критерия Кохрена, а затем сравнивали его с табличным значением. Так для различных делянок размерновесовые характеристики клубней имели критерий Кохрена 0,57, а табличное значение составляло 0,71, таким образом была доказана воспроизводимость опытных данных. Размер клубня рассчитывали с помощью формулы [89]:

$$d_{\text{ср}} = \frac{l + b + c}{3}, \qquad (4.3)$$

«где l – длина клубня, мм;

b – ширина клубня, мм;

c – толщина клубня, мм» [57, 59, 62].

На основе исследования размеров клубней при различных способах обработки была построена составная диаграмма (рисунок 4.13).

В опыте по применению биопрепаратов использовались следующие варианты: обработка генератором аэрозоля диспергационного типа препаратом «Гумат калия», обработка генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумат калия», двойная обработка генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумат калия» (семенных клубней и растений), обработка генератором аэрозоля диспергационного типа препаратом «Фитоспорин М», обработка генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Фитоспорин М», двойная обработка генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Фитоспорин М» (семенных клубней и растений) [61, 62]. Установлено, что обработка аэрозолем биопрепаратов семенных клубней и растений улучшает развитие растений и увеличивает размеры клубней картофеля.

На рисунке 4.13 применены распределения размеров клубней в зависимости от видов обработки и препаратов. «Сравнение применения препаратов Гумата калия и Фитоспорина М показало, что Гумат калия имеет большее влияние на развитие растений и клубней при различных видах обработки (предпосадочная обработка на 15,3 %, предпосадочная обработка + повторная обработка на 3,8 %). Обработка генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумат калия» семенных клубней способствовала увеличению среднего размера клубней на 11,2 % в сравнении с обработкой генератором аэрозоля диспергационного типа препаратом «Гумата калия» и на 33,8% в сравнении с контролем. Повторная обработка растений до смыкания листьев генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумата калия» способствовала увеличению среднего размера клубней на 8,1% в сравнении с предпосадочной обработкой семенных клубней генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумата калия» и на 44,7% в сравнении с контролем» [59, стр.32].

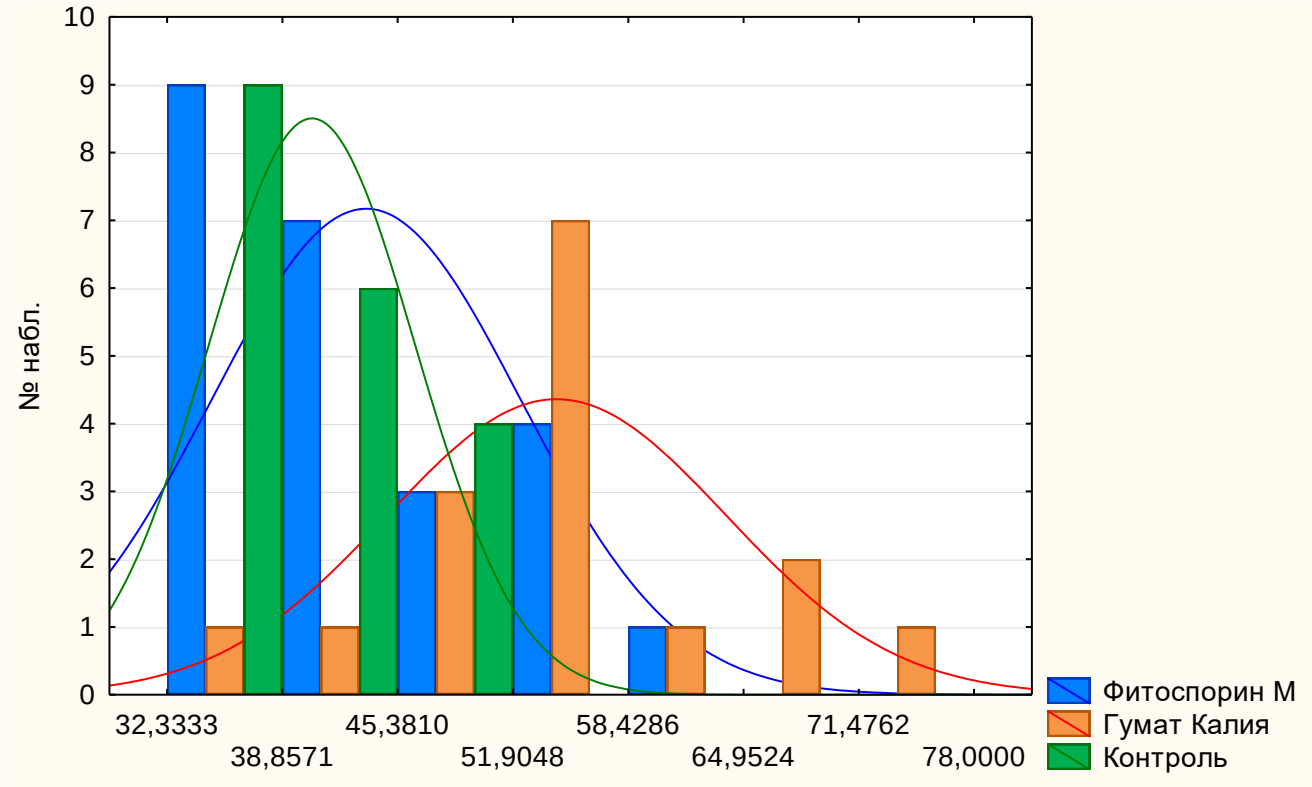


Рисунок 4.13 – Распределение размеров клубней при различных способах обработки аэрозолем растений картофеля сорта Лилли

Также для оценки качественных показателей урожая картофеля проводилось сравнение масс клубней, обработанных различными способами и препаратами. Воспроизводимость опыта оценивали с помощью критерия Кохрена, расчетное значение которого составило 0,64, а табличное значение 0,71, что удовлетворяет условию. Взвешивание производилось на весах ВК-600 с точностью до 0,01 г. В результате опытов установлено влияния обработок аэрозолем биопрепаратов на массу клубней. На основании опытных данных была построена гистограмма зависимости массы клубней от вида биопрепарата и способа обработки (рисунок 4.14).

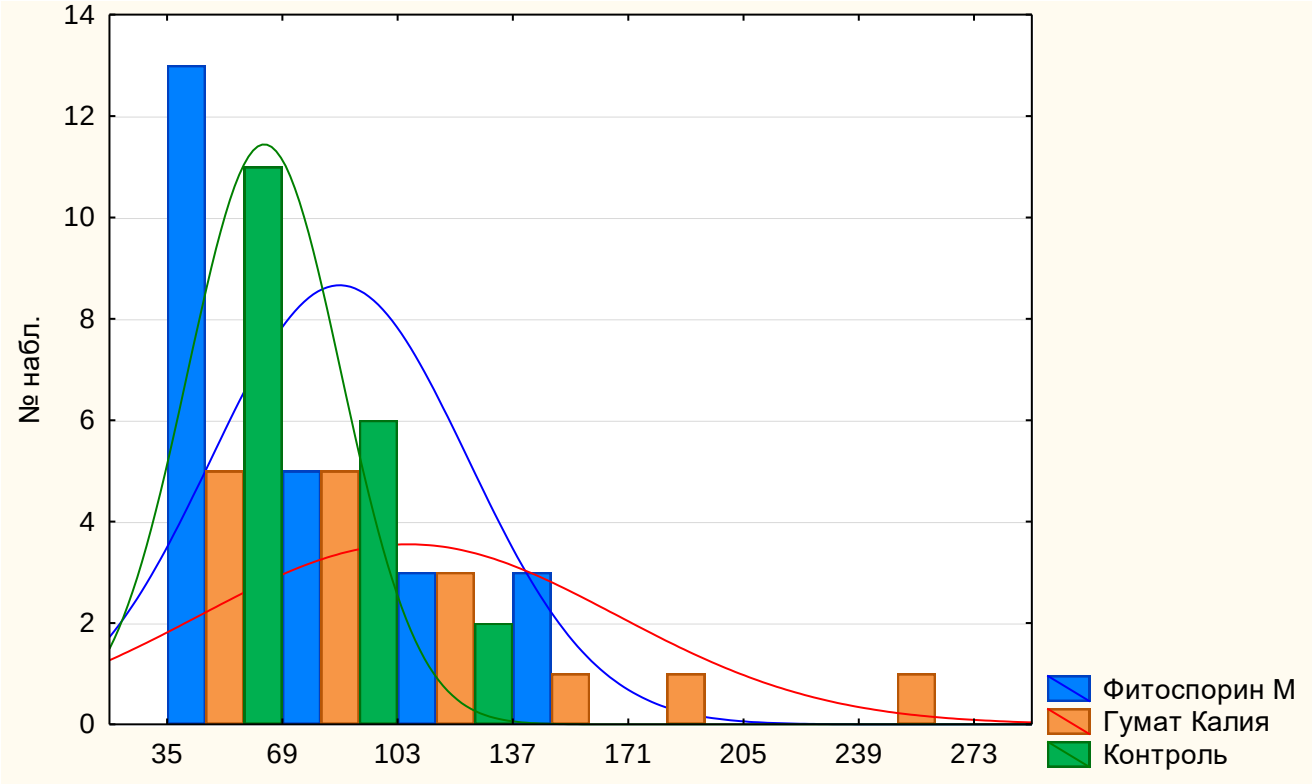


Рисунок 4.14 – Распределение массы клубней при различных способах обработки аэрозолем растений картофеля сорта Лилли

«Применение препарата «Фитоспорин М» оказало большее влияние на массу клубней при предпосадочной обработке в сравнении с препаратом «Гумат калия» (на 2,0 %). Предпосадочная обработка семенных клубней совместно с обработкой растений до смыкания листьев генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумата калия» показала увеличение массы клубней на 17,7 % в сравнении с аналогичными обработками препаратом «Фитоспорин М». Это связано с особенностями препарата «Гумат калия», который является биоудобрением и помимо этого проявляет защитные свойства. Предпосадочная обработка семенных клубней совместно с обработкой растений до смыкания листьев генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумат калия» показала увеличение массы клубней на 102,2 % в сравнении с контролем. Следует отметить, что увеличение массы клубней способствовало уменьшению количества товарных клубней на одном растении» [59, стр. 33].

Исследование общего веса клубней на учетных делянках позволил рассчитать биологическую урожайность картофеля сорта Лилли при различных способах обработки и видах препаратов. Анализ урожайности на участках с различными видами биопрепаратов и способов обработки показал, что наибольший эффект показала двойная обработка семенных клубней и растений генератором аэрозоля конденсационного типа Гумата калия и составила 293 ц/га, что превышает урожайность на контрольном участке на 26,3 % [89].

Выводы по главе 4

1. Установлено, что поверхностное натяжение 1% раствора гумата калия составляет 84,7 мН/м, среднее квадратическое отклонение 0,40 мН/м, 20% раствора NaCl – 110,0 мН/м, среднее квадратическое отклонение 0,78 мН/м. 20% раствор NaCl имеет поверхностное натяжение на 29,4% больше, чем 1% раствор Гумата калия. С уменьшением поверхностного натяжения площадь капель на стекле увеличивается, обеспечивая большую контактную поверхность.

2. При обработке имитации растений установлено, что на стеклах для микропрепаратов осаждается большее количество капель после обработки генератором аэрозоля конденсационного типа в сравнении с обработкой генератором аэрозоля диспергационного типа. Количество капель при обработке генератором аэрозоля конденсационного типа составляло 13912 шт/см^2, а генератором аэрозоля диспергационного типа 7168 шт/см^2, что в 1,94 раза больше. В тоже время размер капель аэрозоля диспергационного типа 54 мкм, а размер капель аэрозоля конденсационного типа 14 мкм. Генератор аэрозоля диспергационного типа покрывает каплями в 2 раза большую площадь, чем генератор аэрозоля конденсационного типа, в то же время расход рабочего раствора у генератора аэрозоля диспергационного типа на покрытие обрабатываемой площади в 38 раз больше, чем у генератора аэрозоля конденсационного типа. Высокая дисперсность капель аэрозоля конденсационного типа позволяет снизить расход рабочего раствора в 19 раз на обработанной единице площади, таким образом уменьшив расход препарата, что особенно важно при

использовании препаратов контактного действия. Кроме того, высокодисперсные капли хорошо проникают в стеблестой и обеспечивают обработку в труднодоступных зонах стеблестоя растений.

3. Рациональным значением угла конуса сопла является θ=37,5 градусов. Рациональными значениями подачи рабочего раствора является 0,200 кг/мин. Подставив полученные значения в уравнение регрессии 4.2 получим количество кристаллов на 0,25 см^2 стекла для микропрепаратов, которое равно N=37,0266. Установлено, что в результате использования сопла средняя величина кристаллов составила 14 мкм.

4. Анализ температурных полей аэрозоля позволил установить, что температура на выходе из сопла составляет около 33°С. Наибольшее значение температуры, а, следовательно, и наибольшее количество аэрозоля сосредоточено в сопле. Установлено, что температурное поле аэрозоля определяется углом конуса сопла и подачей рабочего раствора.

5. По результатам измерений посадок картофеля установлено, что ширина междурядий 75±0,8 см, средняя высота растений 27,4 см, высота расположения сопла от дна борозды 29 см. Таким образом, сопла устанавливаются на ½ высоты растений картофеля и дополнительно регулируется углом наклона жаровой трубы аэрозольного генератора.

6. Повторная обработка растений до смыкания листьев генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумата калия» способствовала увеличению среднего размера клубней на 8,1% в сравнении с предпосадочной обработкой семенных клубней генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумата калия» и на 44,7% в сравнении с контролем

7. Установлено, что обработка генератором аэрозоля конденсационного типа препаратом «Гумат калия» семенных клубней и растений оказало наибольшее влияние на урожайность, которая составила 293 ц/га, что на 26,3 % выше, чем на контрольном участке.

Глава 5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ

«Экономические показатели по агрегату для аэрозольной обработки пропашных культур определяют в расчете на единицу наработки 40 га» [21].

«Затраты труда на единицу вида работы $З_{тр_i}$, чел.-ч/га, вычисляют по формуле» [21, стр. 5]

$$З_{тр_i} = \frac{\lambda_{мех_i}}{W_{см_i}}, \quad (5.1)$$

где $\lambda_{мех_i}$ - «количество основного и вспомогательного персонала (механизаторы и вспомогательные рабочие), обслуживающего МТА в течение смены на обработке растений картофеля, чел. (1 механизатор);»

$W_{см_i}$ - «производительность агрегата за 1 ч сменного времени на обработке растений картофеля, га/ч.»

При расчете затрат на внедрение и использование агрегата аэрозольной обработки пропашных культур принято, что для обслуживания агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур в течении смены на обработке растений картофеля необходим один механизатор.

«Прямые эксплуатационные затраты денежных средств, приходящиеся на выполнение единицы наработки при обработке растений картофеля $З_{экс_i}$, руб/га, вычисляют по формуле» [21 стр. 6]

$$З_{экс_i} = З_{о.т_i} + З_{тсм_i} + З_{р_i} + А_i + И_{в.м._i}, \quad (5.2)$$

где $З_{о.т_i}$ - «затраты денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала, руб /га;»

$З_{тсм_i}$ - «затраты денежных средств на оплату горюче-смазочных материалов (далее - ГСМ), руб/га;»

$З_{р_i}$ - «затраты денежных средств на ремонт и техническое обслуживание, руб /га;»

$А_i$ - «амортизационные отчисления, руб /га;»

$И_{в.м_i}$ - «издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы, руб /га.»

«Затраты денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала $З_{о.т_i}$ вычисляют по формуле» [21, стр. 7]

$$З_{о.т_i} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{мех}} \lambda_k \tau_k K_з}{W_{см_i}}, \quad (5.3)$$

где λ_k - «количество обслуживающего персонала k-й квалификации, чел.;»

τ_k - «часовая оплата труда обслуживающего персонала k-й квалификации, руб/чел.-ч (использовать единую усредненную норму часовой заработной платы, которая сложилась в аграрной отрасли конкретного государства в период, предшествующий периоду испытаний машины);»

$K_з$ - «коэффициент, учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты, регламентируемых законодательством конкретного государства;»

$n_{мех}$ - «число обслуживающего персонала, чел.»

При расчете затрат денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала исходили из расчёта среднестатистической заработной платы по Рязанской области по состоянию на 2023 год, при учете что на обслуживание агрегата для аэрозольной обработки требуется один человек обслуживающего персонала [26].

«Затраты денежных средств на оплату ГСМ вычисляют по формуле» [21, стр. 8]

$$З_{тсм_i} = g_{т_i} Ц_т К_{см.м}, \quad (5.4)$$

где $g_{т_i}$ - «удельный расход моторного топлива, кг /га;»

$Ц_т$ - «цена моторного топлива, руб/кг;»

$К_{см.м}$ - «коэффициент учета цены смазочных материалов.»

Цена моторного топлива бралась из расчёта на апрель 2023 года и составляла 53 руб/л. Расход дизельного топлива составлял 10 л/га

«Затраты денежных средств на ремонт и техническое обслуживание техники $З_{р_i}$ вычисляют по формуле» [21, стр. 8]

$$З_{р_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_м} Б_{м_j} К_{р_j}}{W_{эк_i}} 10^{-4}, \quad (5.5)$$

где $n_м$ - «число техники, входящей в МТА, шт.»

$Б_{м_j}$ - «цена агрегата с генераторами аэрозоля (без НДС), руб;»

$K_{р_j}$ - «значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены агрегата с генераторами аэрозоля на 100 ч ее работы, принятый в конкретном государстве, %;»

$W_{эк_i}$ - «производительность агрегата аэрозольной обработки пропашных культур за 1 ч эксплуатационного времени, га.»

Для аэрозольной обработки применялось 2 аэрозольных генератора. Стоимость каждого на 2023 год составляла 37000 рублей и один культиватор окучник – 30000 руб..

«Амортизационные отчисления A_i вычисляют по формуле» [21, стр. 10]

$$A_i = \frac{1}{W_{\text{эк}_i}} \sum_{j=1}^{n_{\text{м}}} \frac{\text{Б}_{\text{м}_j}}{R_{\text{м}_j}}, \quad (5.7)$$

где $R_{\text{м}_j}$ - «значение амортизационного ресурса агрегата аэрозольной обработки пропашных культур, ч.

«Издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы $\text{И}_{\text{в.м}_i}$ вычисляют по формуле» [21, стр. 10]

$$\text{И}_{\text{в.м}_i} = \sum_{f=1}^{n_{\text{в.м}}} g_f \text{Ц}_{\text{в.м}_f}, \quad (5.8)$$

где g_f - «удельный расход f -го вспомогательного технологического материала, кг /га;»

$\text{Ц}_{\text{в.м}_f}$ - «цена единицы f -го вспомогательного технологического материала, руб/кг;»

$n_{\text{в.м}}$ - «число наименований вспомогательных материалов, шт.»

«Совокупные затраты денежных средств на выполнение единицы наработки на обработке растений картофеля (себестоимость выполнения единицы на обработке растений картофеля) $\text{З}_{\text{сов}_i}$, руб/га, вычисляют по формуле» [21, стр. 11]

$$\text{З}_{\text{сов}_i} = \text{З}_{\text{экс}_i} + \text{И}_{\text{п}_i}, \quad (5.9)$$

где $\text{И}_{\text{п}_i}$ - «издержки денежных средств от потерь сельскохозяйственной продукции, руб /га.»

В формуле 5.9 нами были исключены следующие издержки денежных средств от повреждения сельскохозяйственной продукции, от нерационального использования посевного материала и на охрану окружающей среды.

Таблица 5.1 – «Показатели экономической оценки на обработке растений картофеля» [21, стр. 12]

Наименование показателя	Значение показателя по	
	аналогу	новой технике
Вид механизированной работы	Обработка растений картофеля	Обработка растений картофеля
Марка техники (состав МТА)	МТЗ-82+2 генератора аэрозоля диспергационного типа	МТЗ-82+2 генератора аэрозоля конденсационного типа
Производительность МТА за 1 ч сменного времени, га/ч	1,68	1,68
Удельный расход моторного топлива, кг /га	6,55	6,55
Совокупные затраты денежных средств (себестоимость выполнения работы) всего, руб/га, в том числе: - затраты на ГСМ (электроэнергию, газ) - затраты на ремонт, техническое обслуживание - амортизационные отчисления - затраты на вспомогательные материалы - издержки от потерь основной продукции	 481,15 56,77 103,17 116,11 -	 481,15 51,31 93,25 130,22 452300,8
Затраты труда, чел.-ч/га	0,60	0.60

«Издержки денежных средств от потерь сельскохозяйственной продукции $И_{п_i}$, вычисляют по формуле» [21, стр. 11]

$$И_{п_i} = 0{,}01 У_{сх} Х_{сх_i} Ц_{сх}, \quad (5.10)$$

где $У_{сх}$ - «урожайность сельскохозяйственной продукции, т/га;»

$Х_{сх_i}$ - «потери сельскохозяйственной продукции от применения агрегата аэрозольной обработки пропашных культур, %;»

$Ц_{сх}$ - «рыночная цена полноценной сельскохозяйственной продукции, руб/т.»

«Совокупные затраты денежных средств за годовой условный объем обработки растений картофеля (себестоимость годового условного объема обработки растений картофеля) $З^{г}_{сов.р_i}$, руб, вычисляют по формуле» [21, стр. 13]

$$З^{г}_{сов.р_i} = З_{сов_i} F^{г}_{у}, \quad (5.11)$$

где $F^{г}_{у}$ - «годовой условный объем агрегата аэрозольной обработки пропашных культур, на обработке растений картофеля га.» [21].

«Годовую экономию совокупных затрат денежных средств в расчете на годовой условный объем обработки растений картофеля $Э_{г.р_i}$, руб, вычисляют по формуле» [21].

$$Э_{г.р_i} = З^{г.а}_{сов.р_i} - З^{г.н}_{сов.р_i}, \quad (5.12)$$

где $З^{г.а}_{сов.р_i}$, $З^{г.н}_{сов.р_i}$ - «совокупные затраты денежных средств в расчете на годовой условный объем работы по аналогу и новой технике соответственно, руб.»

Таким образом годовая экономия совокупных затрат денежных средств составила 4524059,9 руб. в расчете на 10 га.

Выводы по главе 5

Доход от применения усовершенствованной технологии обработки биопрепаратами достигается за счёт снижения расхода биопрепаратов и увеличения урожайности. Экономический эффект от внедрения предлагаемого агрегата составил для картофеля 4524059,9 руб. в расчете на 10 га

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа устройств для обработки растений аэрозолями, было выявлено, что эффективность обработки аэрозолем обеспечивается повышением дисперсности капель раствора препаратов.

2. Теоретическими исследованиями установлено, что для образования аэрозоля температурой 350С массовый расход раствора препаратов составляет около 0,0034 кг/с или 0,204 кг/мин.

3. Экспериментальными исследованиями установлено, что рациональным значением угла конуса сопла является значение θ=37,5 градусов. Рациональным значением расхода раствора препаратов является значение 0,200 кг/мин.

4. Полевыми исследованиями установлено, что обработка агрегатом для аэрозольной обработки растений картофеля позволила получить урожайность 293 ц/га, что на 26,3 % выше, чем на контрольном участке.

5. Экономический эффект от внедрения предлагаемого агрегата составил для картофеля 4524059,9 руб в расчете на 10 га.

Рекомендации производству:

Для повышения дисперсности капель аэрозоля и снижения тепловых потерь необходимо использовать сопла с термоизоляцией и вентилятором.

Перспективы дальнейшей разработки темы:

Продолжить научные исследования в направлении совершенствования агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур.

Список литературы

1. Абделфаттах А.Х. Исследование некоторых параметров капельного орошения путем гидравлической оценки капельниц / А.Х. Абделфаттах, Б.Л. Иванов, Б.Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2 (53). С. 72-76.

2. Аксенова, Е.Н. Методы оценки погрешностей при измерениях физических величин: учебно-методическое пособие / Е. Н. Аксенова, Н. П. Калашников. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 40 с.

3. Анализ биологических препаратов для защиты растений и повышения урожайности сельскохозяйственных культур / М. Ю. Костенко, И. Н. Горячкина, А. И. Ликучев, Н. В. Липатов // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года / МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА». – Рязань: Рязанского государственного агротехнологического университета, 2020. – С. 63-69. – EDN YOBYNU.

4. Анализ режимов работы роботизированной платформы с аэрозольным генератором горячего тумана в плодовом саду / Д. О. Хорт, И. Г. Смирнов, А. И. Кутырев [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2021. – № 5. – С. 44-54. – DOI 10.31676/0235-2591-2021-5-44-54. – EDN JNMVAT.

5. Анализ способов обработки растений в период вегетации горячим туманом биопрепаратов / А. И. Ликучев, О. А. Тетерина, В. С. Тетерин, М. Ю. Костенко // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет

им. П.А. Костычева, 2021. – С. 149-154. – EDN NLAFWG. 3. Патент на полезную модель № 210619 U1 Российская Федерация, МПК A01M 7/00, A61L 2/22. Агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур: № 2021137209: заявл. 14.12.2021: опубл. 22.04.2022 / Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина, Г. К. Рембалович [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN GDEHDW.

6. Анализ существующих систем электростатического опрыскивания на БПЛА / И. Г. Смирнов, Р. К. Курбанов, Л. А. Марченко, Д. М. Горшков // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67, № 2(39). – С. 67-73. – DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-2-67-73. – EDN EQJKPX.

7. Архипов В.А. Физико-химические основы процессов тепломассообмена: Учебное пособие / В.А. Архипов // Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 199 с.

8. Беспилотный летательный аппарат на базе гироплана для внесения пестицидов и удобрений / Л. А. Марченко, И. Г. Смирнов, В. В. Краснобородько [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 2(35). – С. 45-51. – EDN XRKBRU.

9. Биологически активные полифункциональные полимерные соединения при возделывании картофеля / О. А. Старовойтова, Н. Э. Шабанов, О. С. Хутинаев, А. А. Манохина // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Актуальные проблемы животноводства : Материалы международной научно-практической конференции, в честь 5-летия Центра Российско-Белорусского сотрудничества, дополнительного образования, содействия трудоустройству обучающихся, Нижний Новгород, 26 сентября 2019 года. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА», 2020. – С. 166-170. – EDN QZHKZN.

10. Виноградов Л.В. Средства и методы управления качеством: Учебное пособие / Л.В. Виноградов, В.П. Семенов, В.С. Бурылов// М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 220 с.

11. Влияние микроэлементов в хелатной форме при выращивании клубнеплодов картофеля и топинамбура / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14, № 1(68). – С. 61-70. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_1_61. – EDN BTEORJ.

12. Влияние микроэлементов на урожайность и хранение при выращивании картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, В. А. Чайка // Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 13–15 октября 2021 года. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2021. – С. 109-114. – EDN SXBODV.

13. Влияние стабилизации динамических нагрузок на эффективность МТА / Е. С. Воронцова, А. А. Карсаков, С. Д. Фомин, Д. С. Гапич // Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях - продолжение научного наследия Листопада Г.Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), доктора технических наук, профессора, Волгоград, 06–07 ноября 2018 года. Том 3. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. – С. 53-58. – EDN ZKFLZZ.

14. Влияния режимов работы генератора горячего тумана на микробиологические показатели [Текст] / И. Н. Горячкина, В. С. Мельников, В. С. Тетерин, Ф. М. Муродов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского агротехнологического университета имени П. А. Костыева. – 2015. – С. 146-150.

15. Водянников, В.Т. Экономика сельского хозяйства: учебник / В. Т. Водянников, Е. Г. Лысенко, Е. В. Худякова, А. И. Лысюк. – 2-е изд., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 544 с.

16. Волосухин, Я.В. Планирование научного эксперимента: Учебник/ В.А. Волосухин, А.И. Тищенко// 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 176 с.

17. Выращивание картофеля и топинамбура с применением микроэлементов / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, В. А. Чайка // Вестник ИрГСХА. – 2022. – № 108. – С. 41-52. – DOI 10.51215/1999-3765-2022-108-41-52. – EDN ZZMJPT.

18. Гапич, Д. С. Технический Сервис машин и оборудования в АПК : учебное пособие / Д. С. Гапич, И. А. Несмиянов, Г. А. Любимова. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. – 124 с. – ISBN 978-5-4479-0350-3. – EDN DQPFUH.

19. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): Учебник / А.Д. Гиргидов// М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 704 с.

20. ГОСТ 24055-2016. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – .:Стандартинформ, 2018 – 61с.

21. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки – М.: Стандартинформ, 2019

22. ГОСТ 34631-2019. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М.: Стандартинформ, 2021 –11с.

23. ГОСТ ISO 15883-2-2011 Машины моюще-дезинфицирующие. Часть 2. Общие требования, термины, определения и испытания. – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.

24. Груздев Г.С. Химическая защита растений. Учебник для вузов. [Текст] – М.: Агропромиздат, 1987. – 415с.

25. Дифференцированная обработка сельхозугодий с помощью БПЛА / И. Г. Смирнов, Р. К. Курбанов, Л. А. Марченко, Д. М. Горшков // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 4(37). – С. 30-35. – EDN LFOUDJ.

26. Долгов, В.С. Экономика сельского хозяйства: учебник / В. С. Долгов. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 124 с.

27. Дорохов, А. С. Теоретические Исследования повышения качества уборки корнеплодов и картофеля сепарирующей системой, использующей теплоту отработавших газов / А. С. Дорохов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев // Вестник

Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1(57). – С. 12-17. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-12-17. – EDN NASAWS.

28. Дринча В.М. Протравливатель семян [Текст] / Техника и оборудование для села. – № 3, 2000.– С. 10 – 12.

29. Дринча, В. М. Потенциальные опасности и уменьшение рисков в процессах обработки и хранения зерна / В. М. Дринча, И. Н. Аммосов // Ларионовские чтения-2021 : Сборник научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции, Якутск, 25 февраля 2021 года. Том 2. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2021. – С. 109-115. – EDN MCFTLX.

30. Дринча, В. М. Технологические особенности гидравлических распылителей и их применение в штанговых опрыскивателях / В. М. Дринча, С. С. Черкашин // Ларионовские чтения-2022 : СБОРНИК НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ИТОГАМ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Якутск, 18 февраля 2022 года. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2022. – С. 147-161. – EDN DDVVKK.

31. Дринча, В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий и их подготовки. [Текст] – Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК». – 2006. – 384 с.

32. Дринча, В.М. Основные принципы предпосевного химического протравливания и физического обеззараживания семян [Электронный ресурс] / В. М. Дринча, Б. Цыдендоржиев, Е. Кубеев // Аграрный эксперт – 2009. – № 3 – Режим доступа: http:www.perfectagro.ru/pdf/rasteniya/rasteniya_4.html.

33. Зависимость качества урожая картофеля от вида предпосевной обработки биопрепаратами / Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина, К. Н. Дрожжин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 176. – С. 36-48. – DOI 10.21515/1990-4665-176-003. – EDN YLOHCB.

34. Зазимко, В.А. Тензорный анализ в газовой динамике: учебное пособие / В. А. Зазимко, П. Д. Горохова. – Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2018. – 73 с.

35. Заявка 2012106318 Российская Федерация, МПК A01M7/00. Способ дезинфекции помещения и опрыскивания растений [Текст] / заявитель и автор Ламердонов Замир Галимович. - № 2012106318 ; заявл. 21.02.2012 ; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24. – 1 с.

36. Иванов, Б.Л. Аэрозольная дезинфекция животноводческих помещений / Б.Л. Иванов, А.И. Рудаков, Р.Ф. Шарафеев, H. Karadag // Аграрная наука XXI Века. Актуальные исследования и перспективы. Труды III международной научно-практической конференции. 2019. С. 114-117.

37. Иванов, Б.Л. Дезинфекция производственных помещений и оборудования / Б.Л. Иванов, А.И. Рудаков, Н.Х. Зиннатуллин, М.А. Лушнов // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 21. С. 130-133.

38. Иванов, Б.Л. Классификация и морфологический анализ структуры распылителей жидкостей / Б.Л. Иванов, М.А. Лушнов, И.Р. Сагбиев, Р.Ф. Шарафеев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. 2019. С. 149-156.

39. Иванов, Б.Л. Оценка распределения капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности / Б.Л. Иванов, Б.Г. Зиганшин, А.И. Рудаков, М.А. Лушнов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 3 (54). С. 103-107.

40. Иванов, Б.Л. Пневматический вихревой распылитель жидкости / Б.Л. Иванов, А.И. Рудаков, Р.Ф. Шарафеев // Современные достижения аграрной науки. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 93-98.

41. Иванов, Б.Л. Применение генератора тепла и холода в сельском хозяйстве / Б.Л. Иванов // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях

глобальных рисков. Материалы научно-практической конференции. 2016. С. 201-204.

42. Иванов, Б.Л. Современные средства и методы дезинфекции сельскохозяйственных помещений и оборудования / Б.Л. Иванов, И.Н. Сафиуллин, А.А. Мустафин, И.И. Кашапов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: Технологии, инновации, рынки, кадры. Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90- летию Казанской зоотехнической школы. 2020. С. 131-136.

43. Иванов, Б.Л. Современные технологии дезинфекции животноводческих помещений и оборудования / Б.Л. Иванов, И.Н. Сафиуллин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики. Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.э.н., профессора Н.С. Каткова. Казань, 2020. С. 86-89.

44. Иванов, Б.Л. Теплогенератор с функцией увлажнения и обеззараживания воздуха в помещениях / Б.Л. Иванов, Б.Г. Зиганшин, А.И. Рудаков // Современные достижения аграрной науки. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 88-93.

45. Иванов, Б.Л. Эжекторный распылитель для дезинфекции сельскохозяйственных помещений / Б.Л. Иванов, А.И. Рудаков, Н.З. Мингалеев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: Технологии, инновации, рынки, кадры. Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. 2020. С. 32-36.

46. Исследование влияния гуматов на микробиологическую среду рулонов прессованного сена [Текст] / Н. В. Бышов, М. Ю. Костенко, В. С. Тетерин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. - № 4. - С. 52-55.

47. Исследование влияния обработки горячим туманом биопрепаратов растений в период вегетации / И. Н. Горячкина, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк [и

др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 174. – С. 92-105. – DOI 10.21515/1990-4665-174-010. – EDN LMGSVO.

48. Исследование влияния обработки семян ячменя горячим туманом биологических препаратов и гуминовых продуктов / М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, И. Н. Горячкина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 93-99. – DOI 10.36508/RSATU.2019.30.21.016. – EDN TGFVSN.

49. Исследование влияния параметров и режимов работы генератора горячего тумана на эффективность дезинфекции фургонов [Электронный ресурс] / В. С. Мельников, И. Н. Горячкина, М. Ю. Костенко [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. - № 107 (03). – С. 1-14. - Режим доступа : http://cyberleninka.ru/

50. Исследование работы генератора горячего тумана при обработке стеблестоя / М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 87-92. – DOI 10.36508/RSATU.2019.23.11.015. – EDN JXJQBZ.

51. Исследование топографии температурного поля облака генератора горячего тумана [Текст] / М. Ю. Костенко, И. Н. Горячкина, В. С. Мельникова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. - № 3. – С. 65-68.

52. Ишматов А.Н., Ворожцов Б.И. Исследование развития высокодисперсного аэорозоля жидкости с учетом влияния слабоиспа- ряемой примеси // Краткие сообщения по физике. ФИАН – Москва. – № 1 – 2010. – С. 22-27.

53. Карпенко, А.Н., Сельскохозяйственные машины. [Текст] / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский –М.: Агропромиздат, 1989. – 527с.

54. Кленин, Н. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Электронный ресурс] / Н. Кленин В. Егоров, // Колос С, – 2005. Режим доступа http://k-a-t.ru/sxt/3-zashita2_PS-10/index.shtml.

55. Климов, С. М. Предпосевная обработка семян с применением зернопогрузчиков / С. М. Климов, К. К. Горохов, В. М. Дринча // Инновационная деятельность в АПК: состояние, проблемы, перспективы : Сборник материалов научно-практической конференции «XIV Ларионовские чтения». Электронный ресурс, Якутск, 25 февраля 2020 года. Том Часть 2. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2020. – С. 139-146. – EDN ODXEIB.

56. Коротченя, В. М. Цифровизация технологических процессов в растениеводстве России / В. М. Коротченя, Г. И. Личман, И. Г. Смирнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13, № 1. – С. 14-20. – DOI 10.22314/2073-7599-2018-13-1-14-20. – EDN YWZJNJ.

57. Костенко, М. Ю. Исследование влияния обработки семян ячменя горячим туманом биологических препаратов и гуминовых продуктов / М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, И. Н. Горячкина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 93-99. – DOI 10.36508/RSATU.2019.30.21.016.

58. Костенко, М. Ю. Исследование траекторий движения капель дождевальной машины / Г. К. Рембалович, А. И. Рязанцев, М. Ю. Костенко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4(40). – С. 138-142.

59. Костенко, М. Ю. Установка для нанесения аэрозоля гуматов в потоке сельскохозяйственной продукции / И. Н. Горячкина, О. А. Тетерина, М. Ю. Костенко [и др.] // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 4(29). – С. 124-128.

60. Крючков, А. В. Технические средства для проведения аэрозольной дезинфекции помещений / А. В. Крючков, М. Б. Смирнов, В. М. Бакулин // Дезинфекционное дело. – 2019. – № 1(107). – С. 5-11. – EDN YZIKIP.

61. Кузнецов, В.И. Физическая и математическая модели рабочего процесса вихревой трубы: монография / В. И. Кузнецов, В. В. Макаров. – Омск: ОмГТУ, 2018. – 232 с.

62. Лабораторные исследования дисперсности аэрозоля для механизированной обработки растений / И. Н. Горячкина, А. И. Ликучев, Д. М. Юмаев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 85-93. – DOI 10.36508/RSATU.2022.94.92.011. – EDN WFYRXI.

63. Лекомцев, П. Л. Математическое моделирование процесса осаждения электроаэрозоля на растениях [Текст] / П. Л. Лекомцев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». - 2013. - № 2. - С. 22-23.

64. Лекомцев, П.Л. Малообъемный пневматический электроаэрозольный генератор / П.Л. Лекомцев, Е.В. Дресвянникова, А.С. Корепанов, М.Л. Шавкунов // Сельский механизатор. – 2020. – № 11. – С. 22-23.

65. Лекомцев, П.Л. Осаждение электроаэрозольной струи в растительном слое / П. Л. Лекомцев, А. М. Ниязов, Е.В. Дресвянникова // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 6(57). – С. 21.

66. Лепявко, А.П. Средства измерений расхода жидкости и газа / А. П. Лепявко. – Москва: АСМС, 2015. – 252 с.

67. Ли, Р. И. Основы научных исследований [Текст] : учеб. пособие / Р. И. Ли. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2013. – 190 с

68. Ликучев, А. И. Анализ современных технологических средств для обработки сельскохозяйственных культур / А. И. Ликучев, М. Ю. Костенко // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: МАТЕРИАЛЫ Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В., Рязань, 09 декабря 2020 года. – Рязань: Рязанский государственный

агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 259-265. – EDN URIVLJ.

69. Ликучев, А. И. Применение защитно-стимулирующих биопрепаратов при обработке растений картофеля / А. И. Ликучев, И. Н. Горячкина, М. Ю. Костенко // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2020 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 159-164. – EDN GMDYFH.

70. Листопад И.А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства. [Текст] – М.: Агропромиздат, 1989. – 88с.

71. Листопад, Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов и др. –М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

72. Макаров, В.А. Влияние гуминового препарата на агрохимические показатели почвы и урожайность картофеля [Текст] / В.А. Макаров,. В.А. Хрипин, О.И. Журавлева // В сборнике: Картофелеводство Материалы научно-практической конференции. Под редакцией С.В. Жеворы. – 2017. – С. 178–187.

73. Маслов, Г. Г. Контроль качества внесения твердых минеральных удобрений / Г. Г. Маслов, В. В. Цыбулевский, Н. В. Малашихин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 165. – С. 99-110. – DOI 10.21515/1990-4665-165-010. – EDN LEPPEL.

74. Мельников В.С. Технология для очистки и дезинфекции фургонов и помещений на предприятиях АПК // Инновационные методы решения научных и

технологических задач Рязанской области: Тез. докл, II региональная конференция молодых ученых, 2014 г. / РГРТУ. – Рязань, 2014. – С. 95 – 100.

75. Мельников, В. С. Способ дезинфекции фургонов и помещений[Текст] / В. С. Мельников, И. Н. Горячкина, М. Ю. Костенко // Современная наука глазами молодых ученых : материалы межвузовской научно-практической конференции. – Рязань : Изд-во ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 81-86.

76. Мельников, В.С. Исследование влияния параметров и режимов работы генератора горячего тумана на эффективность дезинфекции фургонов / В.С. Мельников, И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 107. – С. 419-432.

77. Методика исследования обеззараживающих свойств различных материалов для дезинфекции автомобильных фургонов [Текст] / М. Ю. Костенко [и др.] // Сборник научных работ студентов РГАТУ: материалы науч.-практ. конф. 2012 г. - Рязань, 2012. - С. 18-22.

78. Минаков, И. А. Экономика отраслей АПК: учебник для вузов / И. А. Минаков. – 4-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 356 с.

79. Мударисов, С.Г. Обоснование параметров системы дозирования устройства для внесения жидких комплексных удобрений в почву / С.Г. Мударисов, Р.Р. Гараев // Достижения науки – агропромышленному производству. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2014. – С. 199-202.

80. Набатов, В.В. Методы научных исследований: учебник / В. В. Набатов. – Москва: МИСИС, 2020. – 328 с.

81. Нарышкин Д.Г. Химическая термодинамика с Mathcad. Расчетные задачи: Учебное пособие / Д.Г. Нарышкин// М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 199 с/

82. Нефедов, Б.А. Тепло-массообменные процессы при аэрозольной обработке семян / Б. А. Нефедов, С. Д. Полищук, М. Б. Угланов, М.Ю. Костенко,

О.А. Тетерина // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 4(36). – С. 99-103.

83. Новая технологическая линия для производства комплексных удобрений на основе гуминовых [Текст] / А. Ю. Измайлов, М. А. Гайбарян, К. Н. Сорокин, О. В. Ушаков // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 3 (213). - С. 17-20.

84. Нурсубин, М.С. Газодинамическая теория эжекторной ступени ЖКВН с пульсирующим движением активного потока / М.С. Нурсубин, А.И. Рудаков, И.Р. Нафиков, Б.Л. Иванов // Вестник КНГХТУ, 2014, №4 с.121-124

85. Основы разработки автоматизированных машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки овощных культур и картофеля с цифровыми системами управления / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т. 32, № 1. – С. 145-173. – DOI 10.15507/2658-4123.032.202201.145-173. – EDN DGSWFA.

86. Оценка распределения капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3(54). – С. 103-107. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655. – EDN HNUTDX.

87. Пат. 2554770 Российская Федерация, МПК A61L2/07, A61L2/18. Способ обработки рабочих поверхностей дезинфицирующим раствором с помощью водяного пара и установка для его осуществления [Текст] / Горячкина Ирина Николаевна, Костенко Михаил Юрьевич, Мельников Владимир Сергеевич, Тетерин Владимир Сергеевич ; заявитель и патентообладатель Горячкина Ирина Николаевна. - № 2014110969/15 ; заявл. 21.03.2014 ; опубл. 27.06.2015, Бюл. № 18. – 14 с. : ил.

88. Пат. 142474 Российская Федерация, МПК A61L2/07. Установка для обработки рабочих поверхностей дезинфицирующим раствором с помощью водяного пара [Текст] / Мельников В.С., Костенко М.Ю., Горячкина И.Н.;

патентообладатель: Мельников В.С. - № 2014111358/15; заявл. 25.03.2014; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18. – 3 с. : ил.

89. Патент № 2690431 C1 Российская Федерация, МПК A01B 35/00. Культиватор : № 2018137777 : заявл. 25.10.2018 : опубл. 03.06.2019 / Р. А. Косульников, Д. С. Гапич, А. Н. Цепляев [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ). – EDN LLVKSQ.

90. Патент № 2743379 C1 Российская Федерация, МПК A01B 35/24, A01B 63/26. Узел крепления стойки рабочего органа культиватора : № 2020120744 : заявл. 16.06.2020 : опубл. 17.02.2021 / И. Б. Борисенко, Г. О. Чамурлиев, В. М. Дринча [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ). – EDN JXPJCG.

91. Патент № 2748996 C1 Российская Федерация, МПК A01C 23/00, A01M 7/00, A01G 25/09. Машина для дифференцированного внесения пестицидов, жидких минеральных удобрений и других агрохимикатов : № 2020131413 : заявл. 24.09.2020 : опубл. 02.06.2021 / А. Ю. Измайлов, Л. А. Марченко, И. Г. Смирнов, А. Ю. Спиридонов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ". – EDN VYCVZS.

92. Патент № 2759322 C1 Российская Федерация, МПК A01C 7/00. Устройство для посева с одновременным внесением основного удобрения : № 2021100250 : заявл. 11.01.2021 : опубл. 11.11.2021 / Г. Г. Маслов, Д. А. Ушаков ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина". – EDN VGUGAV.

93. Патент № 2765628 C2 Российская Федерация, МПК A01C 1/06. Способ предпосевной обработки семян и устройство для осуществления : № 2020111173 : заявл. 17.03.2020 : опубл. 01.02.2022 / С. М. Климов, И. Н. Аммосов, К. К. Горохов

[и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Якутская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN BLAVZH.

94. Патент № 2777664 C1 Российская Федерация, МПК A01C 1/00. Способ повышения иммунитета растений картофеля : № 2021108946 : заявл. 01.04.2021 : опубл. 08.08.2022 / В. Н. Зейрук, Ю. А. Масюк, С. В. Жевора [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха". – EDN WJXEIS.

95. Патент на полезную модель № 210604 U1 Российская Федерация, МПК A01C 1/08. устройство для обработки семян горячим туманом : № 2021137210 : заявл. 14.12.2021 : опубл. 22.04.2022 / Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN UTYLAV.

96. Патент на полезную модель № 210619 U1 Российская Федерация, МПК A01M 7/00, A61L 2/22. Агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур: № 2021137209: заявл. 14.12.2021: опубл. 22.04.2022 / Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина, Г. К. Рембалович [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN GDEHDW.

97. Патент на полезную модель № 210619 U1 Российская Федерация, МПК A01M 7/00, A61L 2/22. агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур : № 2021137209 : заявл. 14.12.2021 : опубл. 22.04.2022 / Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN GDEHDW.

98. Патент на промышленный образец № 124658 Российская Федерация. Роботизированный гусеничный опрыскиватель для обработки сельскохозяйственных культур : № 2020503036 : заявл. 03.07.2020 : опубл. 06.04.2021 / А. Ю. Измайлов, А. С. Дорохов, Р. С. Федоткин [и др.] ; заявитель

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». – EDN KTHTLS.

99. Пелевин В. Ф. Метрология и средства измерений: Учебное пособие/ В. Ф. Пелевин// М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2013. - 272 с.

100. Применение биологически активных полифункциональных полимерных соединений при возделывании картофеля / Н. Э. Шабанов, О. С. Хутинаев, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2019. – № 3(91). – С. 45-50. – DOI 10.34677/1728-7936-2019-3-45-50. – EDN JDUNOR.

101. Разработка технологии контроля работы распределителей твердых минеральных удобрений и качества их распределения / А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, Н. С. Панферов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 12. – С. 106-111. – DOI 10.28983/asj.y2022i12pp106-111. – EDN WGXXOT.

102. Разработка центробежного рабочего органа разбрасывателя минеральных удобрений / Н. С. Панферов, М. Ю. Костенко, В. С. Тетерин [и др.] // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 6. – С. 47-53. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-6-47-53. – EDN JHFUXB.

103. Ревякин, Е.Л. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях: науч. аналит. Обзор [Текст] / Е.Л. Ревякин, Н.Н. Краховецкий – М.: ФГНУ «Росинформагротех», – 2010. – 124 с.

104. Рыжаков, В.В. Планирование эксперимента и статистический анализ данных в управлении качеством продукции [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Рыжаков, Н.М. Боклашов, М.Ю. Рудюк// Пенза : ПензГТУ, 2013. – 124 с.

105. Сафин, Р. Г. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента : учебное пособие / Р. Г. Сафин, А. И. Иванов, Н. Ф. Тимербаев. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - 156 с. - ISBN 978-5-7882-1412-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214122.html

106. Секция культиватора адаптивного принципа действия / Д. С. Гапич, С. М. Головчанский, Ю. А. Швабауэр, С. И. Субботин // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке : материалы Национальной научно-практической конференции, Волгоград, 10 ноября 2020 года. Том 2. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. – С. 9-12. – EDN EODUOE.

107. Семенов, С.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: учебное пособие / С. А. Семенов. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва: РТУ МИРЭА, 2021. – 48 с.

108. Смирнов, И. Г. Алгоритм расчета параметров штангового садового опрыскивателя для внесения пестицидов / И. Г. Смирнов, Г. И. Личман, Л. А. Марченко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 26-33. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-26-33. – EDN YNMIGJ.

109. Совершенствование технологии и средств применения биологических удобрений и биопрепаратов, а также гуминовых продуктов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества растениеводческой продукции. – Текст: электронный // МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ : официальный сайт. – 2023. – URL: https://apknet.ru/sovershenstvovanie-texnologii-i-sred/ (дата обращения: 05.04.2023).

110. Современные технические средства для внесения биопрепаратов при уходе за растениями / А. И. Ликучев, М. Ю. Костенко, И. Н. Горячкина, Р. В. Безносюк // Инновационные научно-технические разработки и исследования молодых учёных для АПК : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, проводимой в рамках Совещания Советов молодых учѐных и специалистов аграрных вузов Центрального федерального округа, Рязань, 07–08 апреля 2021 года / МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА» СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2021. – С. 103-109. – EDN XNFZUX.

111. Создание устойчивой среды при выращивании картофеля / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, В. А. Чайка // Агроинженерия. – 2020. – № 5(99). – С. 15-20. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-5-15-20. – EDN LEQLIQ.

112. Сокращение объёма используемых пестицидов за счёт применения аэрозольного опрыскивателя для обработки пропашных культур / В. С. Тетерин, Н. С. Панферов, О. А. Тетерина, М. Ю. Костенко // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития : Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 184-189. – EDN SLGTGR.

113. Старик, Д.Э. Как рассчитать эффективность инвестиций [Текст] / Д.Э. Старик. – М.: Финстатинформ, 1996. – 92 с.

114. Старовойтова, О. А. Влияние удобрений на возделывание картофеля в зависимости от почвенного плодородия / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК : сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курган, 18 февраля 2021 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 913-916. – EDN TYUOOU.

115. Старовойтова, О. А. Возделывание картофеля с применением биологически активных полифункциональных полимерных соединений / О. А. Старовойтова, О. С. Хутинаев, А. А. Манохина // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного

комплекса : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Терентия Семеновича Мальцева, Курган, 05 ноября 2020 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2020. – С. 330-335. – EDN JJQXCY.

116. Старовойтова, О. А. Дифференцированное внесение удобрений и средств защиты при возделывании картофеля / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Инновационные технологии в АПК: теория и практика : сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 11 марта 2021 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 203-207. – EDN JBTVRW.

117. Старовойтова, О. А. Техническое обеспечение внесения минеральных удобрений и средств защиты при возделывании картофеля / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Актуальные вопросы совершенствования систем земледелия в современных условиях : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Махачкала, 26–27 ноября 2020 года. – Махачкала: ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», 2020. – С. 243-247. – EDN RBFCJZ.

118. Теоретические исследования теплового потока в диспергирующем устройстве / В. С. Мельников, И. Н. Горячкина, М. Ю. Костенко [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 222-236. – EDN TFWSDR.

119. Тепловой баланс генератора горячего тумана с устройством для диспергирования [Электронный ресурс] / В. С. Мельников [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – №102. - С. 864 – 876. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/54

120. Тетерина О.А. Обоснование параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов: диссертация кандидата технических наук: 05.20.01 / Тетерина Ольга Анатольевна; [Место защиты: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева]. - Рязань, 2019. - 138 с.: ил.

121. Тетерина О.А. Обоснование параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Тетерина Ольга Анатольевна; [Место защиты: ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева]. - Рязань, 2019. - 20 с.

122. Тетерина О.А. Установка для нанесения аэрозоля гуматов в потоке сельскохозяйственной продукции [Текст] / О.А. Тетерина, И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.А. Юхин // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 4 (29). – С. 124-128.

123. Тетерина О.А. Установка для обработки корнеклубнеплодов аэрозолем гуматов в потоке [Текст] / О.А. Тетерина, И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.А. Юхин // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. – № 4 (25).– С. 269 – 273.

124. Тетерина О.А. Установка для предпосевной обработки семян зерновых культур [Текст] / О.А. Тетерина // В сборнике: Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства Материалы 52-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 200-летию со дня рождения профессора Ярослава Альбертовича Линовского. Под редакцией В.Г. Сычева. 2018. – С. 191 – 193.

125. Тетерина О.А. Эффективность аэрозольной обработки семенного зерна защитно-стимулирующими веществами [Текст] / О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, В.С. Тетерин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. – № 2 (71). – С. 83-90.

126. Тетерина О.А., Исследование температурного поля в камере обработке при аэрозольной обработке семян [Текст] / О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, В.С. Тетерин, Б.А. Нефедов, Д.В. Иванов. // Вестник АПК Ставрополья. 2017. – № 4 (28). – С. 10 – 14.

127. Тетерина, О.А. Аэрозольная обработка семенного зерна стимуляторами на основе Гуматов [Текст] / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, М.Ю. Костенко // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "«язанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева"» 2016. – С. 88 – 91.

128. Тетерина, О.А. Аэрозольная обработка семян стимуляторами роста [Текст] / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, М.Ю. Костенко // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2016. – № 2 (3). – С. 6–10.

129. Тетерина, О.А. Влияние аэрозольной обработки гуминовыми препаратами на посевные качества семян зерновых культур / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, С.В. Митрофанов [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30. – № 2. – С. 254-267.

130. Тетерина, О.А. Исследование влияния гуматов на микробиологическую среду рулонов прессованного сена [Текст] / О.А. Тетерина, Н.В. Бышов, М.Ю. Костенко, В.С. Тетерин, Г.К. Рембалович // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. – №4. – С. 52–55.

131. Тетерина, О.А. Исследование движения зерна по наклонным полкам [Текст] / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, М.Ю. Костенко // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» –2017. – С. 526–530.

132. Тетерина, О.А. Исследование температурного поля в смесительной камере при аэрозольной обработке семян / О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, В.С. Тетерин [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. – 2017. – № 4(28). – С. 10-14.

133. Тетерина, О.А. Тепло-массобменные процессы при аэрозольной обработки семян [Текст] / О.А. Тетерина, Б.А. Нефедов, С.Д. Полищук, М.Б. Угланов, М.Ю. Костенко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. – № 4 (36). – С. 99 – 103.

134. Тетерина, О.А. Эффективность аэрозольной обработки семенного зерна защитно-стимулирующими веществами / О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, В.С. Тетерин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – № 2(71). – С. 83-90.

135. Технология внесения пестицидов и удобрений беспилотными летательными аппаратами в цифровом сельском хозяйстве / Л. А. Марченко, А. А. Артюшин, И. Г. Смирнов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13, № 5. – С. 38-45. – DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-5-38-45. – EDN EQJDLL.

136. Технология механизированных сельскохозяйственных работ: метод. указания для практических занятий. Часть IV [Текст] / Средства механизации для защиты растений от вредителей и болезней / А.В. Мысливченко, С.П. Лаврентьев, Н.А. Усатых; – Новосиб. гос. аграр. ун-т: Инженер. ин-т. – Новосибирск, 2007. – 27с.

137. Утков, Ю. А. Технологические и технические требования к сельскохозяйственным опрыскивателям : Монография / Ю. А. Утков, В. В. Бычков, В. М. Дринча. – Москва : Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук, 2015. – 186 с. – EDN XQAJCT.

138. Филиппов, Р. А. Устройство для обработки гербицидами приствольных зон в садах / Р. А. Филиппов, Д. О. Хорт, И. Г. Смирнов // Сельский механизатор. – 2020. – № 4. – С. 6-8. – EDN IEMIUL.

139. Хасанов, Э.Р. Моделирование процесса образования монодисперсного аэрозоля при предпосевной обработке семян / Э.Р. Хасанов, С.Г. Мударисов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(48). – С. 72-74.

140. Хасанов, Э.Р. Образование монодисперсного аэрозоля при предпосевной обработке семян / Э.Р. Хасанов, С.Г. Мударисов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2(30). – С. 90-94.

141. Шемякин, А. В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств [Текст] : дис. … д-ра техн. наук : 05.20.03 / Шемякин Александр Владимирович; [Место защиты: Мичурин. гос. аграр. ун-т]. - Мичуринск 2014, с.

142. Шиляев М.И. Аэродинамика и тепломассообмен газодисперсных потоков: Учебное пособие/М.И. Шиляев// М.: Форум, НИЦ ИНФРА. – М, 2015. – 288 с.

143. Шиплюк А.Н. Методы оптимизации в задачах аэрогазодинамики /С.А. А.Н. Шиплюк // Новосиб.: НГТУ, 2014. - 107 с.

144. Электроаэрозольное увлажнение воздуха. особенности подбора параметров работы генератора [Текст] / А. В. Савушкин, П. Л. Лекомцев, Е. В. Дресвянникова, А. М. Ниязов // Инженерный вестник Дона. - 2012. - Т. 20. - № 2. - С. 672-675.

145. Эффективность применения микроэлементов в хелатной форме в технологии выращивания картофеля сорта Колобок / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, Н. В. Воронов [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 2(99). – С. 157-164. – DOI 10.24411/0131-5226-2019-10160. – EDN RQCSFR.

146. Akhalaia, B.H., Shogenov Y.K., The turbulent airstream influence on the seeding quality, Bulletin of the Russian agricultural Science, no. 1, 2018, pp. 54-57.

147. Balakhanov D.M. Metrological support for measurements of the disperse parameters of aerosols, suspensions, and powdered materials. Al'manac of Modern Metrology, no. 1 (6), 2016, pp. 87-97.

148. Hartung, J. Risks caused by bio-aerosols in poultry houses / J. Hartung, J. Schulz // Poultry in the 21st Centry. – 2007. – C.1- 11.

149. Hoppenheidt, K. Bioaerosole als Bestandteile von Feinctauben / K. Hoppenheidt // Tagungsband zur Fachtagung, 14.2. 2002, Munchen.

150. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture / Canellas L.P.[etal.]// Scientia Horticulturae. 2015. 196. P. 15-27

151. Ivanov B.L., Ziganshin B.G., Dmitriev A.V., Lushnov M.A. and Binelo M.O. Numerical modeling of the effect of energy-separation in the Ranque-hilsch tube. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources". BIO Web Conf., vol. 27, 2020, p. 00109.

152. Ivanov V.Yu., Baranova A.A., Speranskaya A.A., Gantseva E.N. Automation of the cell counting process in the Goryaev chamber. Materials of the X International Scientific and Practical conference, 2008, p. 384-388.

153. Ivanov, B.L. Droplet size of virocide disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for rural development : 20th International Scientific Conference. – Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2021. – P. 564-571.

154. Julanov Yu.V, Lushnikov A.A., Zagaynov V.A. Diffusion aerosol spectrometer. Atmospheric Research, vol. 62, 2002, pp. 295-302.

155. Lekomtsev, P.L. Study of aerosol charging in electro-aerosol generator P. L. Lekomtsev, A. V. Savushkin, E. V. Dresvyannikova, A. M. Niyazov // Journal of Applied Engineering Sciences. – 2017. – Vol. 7. – No 2(20). – P. 69-77.

156. Liu H. Science and Engineering of Droplets - Fundamentals and Applications. – William Andrew Publishing: Noyes, 2000. – 508 p. 13.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А

«Таблица - Основные технические характеристике вентиляторных опрыскивателей» [91]

Показатели	ОВГ-2005	ОВГ-2200	ОВГ-600
Тип	Полуприцепной		Навесной
Производительность за 1 час работы, га	4,8…6,4		
Рабочая скорость, км/ч	6…8		
Емкость бака, л	2000	2200	600
Материал бака	Полиэтилен	Нерж. Сталь	Полиэтилен
Рабочее давление (макс МПа)	2…5		
Расход рабочей жидкости, л/га	100…1000		
Производительность насоса, л/мин	115…142		
Габаритные размеры, мм	4300x1730x1800		1700x1300x1600

Приложение Б

«Таблица – Основные технические характеристики опрыскивателей для защищенного грунта» [91]

Показатели	ОЗГ-750	ОЗГ-400В	ОЗГ-320	ОЗГ-120
Производительность за 1 ч основного времени, кв.м.	До 1420			
- при внекорневой подкормке				
Объем бака, Л	750	400	320	120
Производительность насоса, л/мин	25…60	25…60	20…25	
Привод	От электродвигателя			
Габаритные размеры, мм	2600x1200x1400	1810x940x1130		1400x865x725
Масса(конструкционная), кг	250	205	180	65

Приложение В

«УТВЕРЖДАЮ»
Главный инженер
ООО «Авангард»
Рязанского района
Рязанской области
_____ Липатов Н.В.
«___» _____ 2021 года

АКТ

испытаний агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области

Комиссия в составе: представителей ООО «Авангард» главного инженера Липатова Н.В., агронома по картофелеводству и семеноводству Егоровой И.В. и представителей ФГБОУ ВО РГАТУ профессора кафедры ТМ и РМ Костенко М.Ю., доцента кафедры ТМ и РМ Безносюка Р.В. и аспирантов кафедры ТМ и РМ Ликучева А.И., Юмаева Д.М., Желтоухова А.А. составила настоящий акт о том, что агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур проходил экспериментальное внедрение 24 июня 2021 года в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области.

В результате было выявлено, что по совокупности показателей наиболее эффективными является обработка растений картофеля агрегатом аэрозольной обработки пропашных культур препаратом Гумата калия. Обработка агрегатом аэрозольной обработки пропашных культур препаратом Гумата калия растений способствовала увеличению среднего размера клубней на 33,8 % в сравнении с контролем.

Внедрение агрегата аэрозольной обработки пропашных культур позволило повысить урожайность картофеля, которая составила 293 ц/га, что

Продолжение приложения В

превышает урожайность на контрольном участке на 26,3 %. Общая площадь, обработанная устройством, составила около 1,2 га.

Подписи:

Главный инженер ООО «Авангард» _____ Липатов Н.В.

Агроном по картофелеводству
и семеноводству ООО «Авангард» _____ Егорова И.В.

Профессор кафедры
ТМ и РМ ФГБОУ ВО РГАТУ _____ Костенко М.Ю.

Доцент кафедры
ТМ и РМ ФГБОУ ВО РГАТУ _____ Безносюк Р.В.

Аспирант кафедры
ТМ и РМ ФГБОУ ВО РГАТУ _____ Ликучев А.И.

Аспирант кафедры
ТМ и РМ ФГБОУ ВО РГАТУ _____ Юмаев Д.М.

Аспирант кафедры
ТМ и РМ ФГБОУ ВО РГАТУ _____ Желтоухов А.А.

Приложение Г

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **210 619** (13) **U1**

(51) МПК
A01M 7/00 (2006.01)
A61L 2/22 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01M 7/00 (2022.02); A61L 2/22 (2022.02)

(21)(22) Заявка: **2021137209, 14.12.2021**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.12.2021

Дата регистрации:
22.04.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **14.12.2021**

(45) Опубликовано: **22.04.2022** Бюл. № **12**

Адрес для переписки:
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО РГАТУ, Безносюк Р.В.

(72) Автор(ы):
Безносюк Роман Владимирович (RU),
Горячкина Ирина Николаевна (RU),
Рембалович Георгий Константинович (RU),
Костенко Михаил Юрьевич (RU),
Шемякин Александр Владимирович (RU),
Борычев Сергей Николаевич (RU),
Тетерин Владимир Сергеевич (RU),
Ликучев Артем Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2731577 C1, 04.09.2020. JPH 11253856 A, 21.09.1999. CN 111406727 A, 14.07.2020. SU 1090312 A, 07.05.1984.**

(54) АГРЕГАТ ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

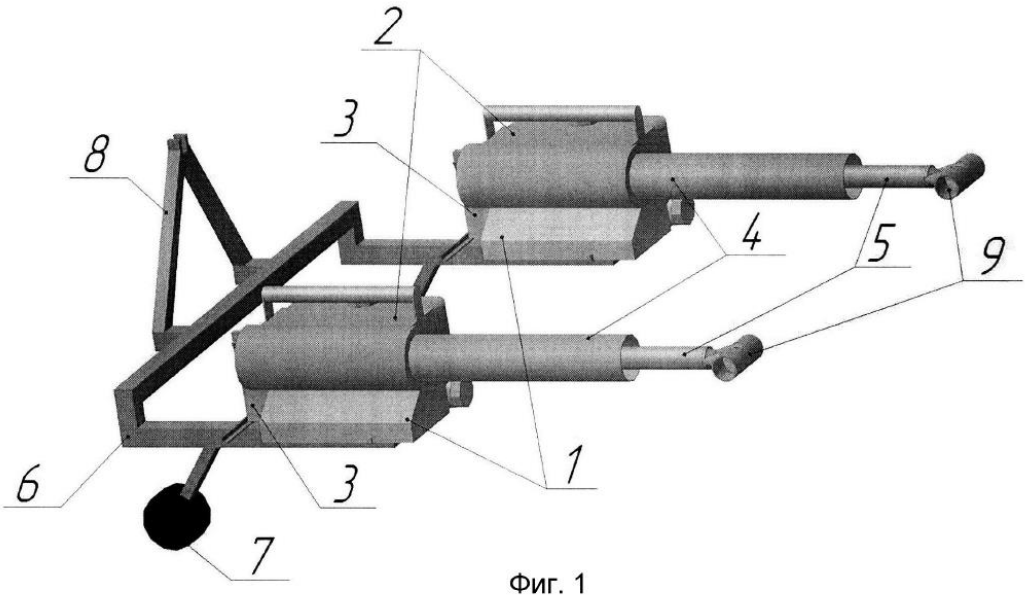
(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к машинам для химической обработки растений, и может быть использована при обработке пропашных культур. Агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур содержит резервуар для рабочего раствора защитно-стимулирующих препаратов, газовые баллоны, насос-дозатор, установленные на несущей раме, имеющую транспортировочные колеса и снабженную сцепными устройствами, тоннельные укрытия закреплены на металлическом каркасе, который установлен на несущей раме. Тоннельные укрытия снабжены генераторами горячего тумана, имеющими эжектор и сопло, соединены трубопроводами с газовыми баллонами и снабжены запорной арматурой. Рабочий раствор подается по трубопроводу и снабжен регулятором расхода, установленным перед каждым генератором горячего тумана. Использование агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур позволяет повысить равномерность покрытия растений защитно-стимулирующими препаратами, повысить их усвояемость культурами за счет лучшего их проникновения через устьица растений и тем самым повысить качество обработки.

RU 210619 U1

RU 210619 U1

Продолжение приложения Г



Фиг. 1

RU 210619 U1

RU 210619 U1

RU 210 619 U1

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к машинам для химической обработки растений, и может быть использована при обработке пропашных культур.

Известно устройство для химической обработки растений (патент RU 2400066, МПК A01M 7/00, МПК 2009 г.). Известное устройство для химической обработки растений содержит тоннельные укрытия над рядами растений, снабженные регулируемыми щитками по высоте, улавливающими емкостями с воронками, трубопроводом и насосом для отвода в резервуар отработавшей жидкости. Форсунки для подвода жидкостных препаратов во внутреннее пространство тоннельных укрытий расположены по их контуру в средней части с возможностью регулировки их положения и количества в зависимости от размеров кроны насаждений.

Недостатками данного устройства является сложность конструкции.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемой полезной модели является агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур с установленным на нем резервуаром, насосом, трубопроводами и распылителями для подвода жидкостных препаратов во внутреннее пространство тоннельных укрытий над рядами растений, при этом последние выполнены в едином блоке цельнометаллического каркаса, установлены с возможностью изменения расстояний между собой, причем распылители выполнены в виде сопел генератора горячего тумана, причем каждое сопло снабжено индивидуальным генератором горячего тумана. Каждый генератор горячего тумана соединен с баллонами сжиженного газа с помощью газовых трубопроводов с запорной арматурой, причем сопло каждого генератора горячего тумана соединены трубопроводами подачи рабочего раствора с резервуаром и имеют регулятор расхода.

Недостатками данного устройства является сложность конструкции.

Целью предлагаемой полезной модели является упрощение конструкции и снижение ее стоимости.

Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в равномерном распределении потока горячего тумана защитно-стимулирующих препаратов из одного сопла генератора горячего тумана на два рядка.

Технический результат предлагаемой полезной модели достигается за счет применения агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур с установленным на нем резервуаром, трубопроводами и распылителями, выполненными в виде сопел генератора горячего тумана для подвода жидкостных препаратов к рядам растений, причем каждое сопло генератора горячего тумана снабжено распределителем потока горячего тумана, а распределитель потока горячего тумана выполнен в виде двух зеркально расположенных горизонтальных сопел, причем сопла противоположно направлены.

Заявленный агрегат отличается от прототипа

каждое сопло генератора горячего тумана снабжено распределителем потока горячего тумана, что позволяет распределить поток горячего тумана на два рядка;

распределитель потока горячего тумана выполнен в виде двух зеркально расположенных горизонтальных сопел, что позволяет направить горячий туман на возделываемые культуры на соседних рядках.

На фиг. 1 представлен агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур, на фиг. 2 - генератор горячего тумана с распределителем потока.

Агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур содержит генераторы горячего тумана 1, состоящие из резервуара 2 для рабочего раствора защитно-стимулирующих препаратов, топливного бака 3, жаровой трубы 4 с соплом 5, установленные на несущей раме 6, имеющую опорные колеса 7 и снабженную сцепным

устройством 8, причем каждое сопло генератора горячего тумана снабжено распределителем потока 9 горячего тумана.

Работает предлагаемый агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур следующим образом.

При движении агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур в сцепке с трактором подается горячий туман защитно-стимулирующих препаратов.

Из топливного бака 3 по трубопроводам с запорной арматурой в камеру сгорания (на фигуре не показаны) генератора горячего тумана 1 подается горючая смесь, которая при сгорании создает поток высокотемпературных газов, в которую одновременно из резервуара 2 по трубопроводу подачи рабочего раствора подается рабочий раствор защитно-стимулирующих препаратов, который преобразуется в горячий туман дисперсностью менее 30 мкм в жаровой трубе 4. Образовавшийся горячий туман поступает в сопло 5 генератора горячего тумана 1 и подается равномерно распределителем потока 9 на два соседних рядка обрабатываемых пропашных культур.

Несущая рама 6 соединяется с трактором посредством сцепного устройства 8, позволяющего с помощью опорных колес 7 устанавливать на необходимой высоте сопла 5 генератора горячего тумана 1, чтобы облако горячего тумана подавалось в область расположения растений и охватывало его по всему объему. Это способствует попаданию горячего тумана к нижней части листьев, где расположено устьице, что способствует лучшему поглощению защитно-стимулирующих препаратов.

Использование агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур позволяет за счет установки распределителя потока горячего тумана одним генератором горячего тумана обрабатывать одновременно два рядка, и за счет этого в конструкции агрегата уменьшается количество генераторов горячего тумана, что упрощает конструкцию и снижает ее стоимость.

(57) Формула полезной модели

1. Агрегат для аэрозольной обработки пропашных культур с установленным на нем резервуаром, трубопроводами и распылителями, выполненными в виде сопел генератора горячего тумана для подвода жидкостных препаратов к рядам растений, отличающийся тем, что каждое сопло генератора горячего тумана снабжено распределителем потока горячего тумана.

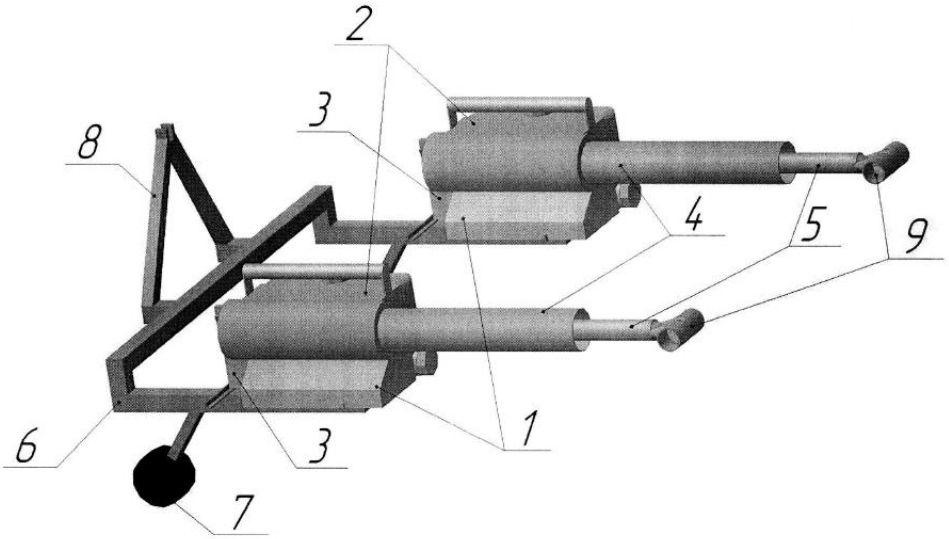
2. Агрегат по п.1, отличающийся тем, что распределитель потока горячего тумана выполнен в виде двух зеркально расположенных горизонтальных сопел, причем сопла противоположно направлены.

Продолжение приложения Г

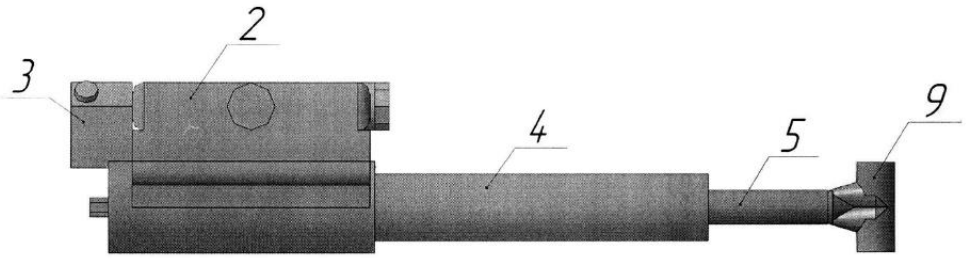
RU 210 619 U1

1

Фигура 1



Фигура 2



Приложение Д

«Таблица - Матрица планирования эксперимента по оценке влияния угла конуса сопла и подачи раствора на размер и количество капель» [91]

Угол конуса сопла		Подача раствора		Размер капель, мкм	Количество капель на единице площади
Кодированное значение	Натуральное значение, град	Кодированное значение	Натуральное значение, кг/мин		
+1	60	+1	0,6	16,6	38
+1	60	0	0,4	15,3	41
+1	60	-1	0,2	14	45
0	45	+1	0,6	15,6	42
0	45	0	0,4	16,5	43
0	45	-1	0,2	7,8	43
-1	30	+1	0,6	16	37
-1	30	0	0,4	14,5	41
-1	30	-1	0,2	14	44
+1	60	+1	0,6	16,3	34
+1	60	0	0,4	11	36
+1	60	-1	0,2	17	28
0	45	+1	0,6	15,7	31
0	45	0	0,4	17,4	36
0	45	-1	0,2	16	32
-1	30	+1	0,6	8,2	33
-1	30	0	0,4	17	35
-1	30	-1	0,2	15	34
+1	60	+1	0,6	13,6	27
+1	60	0	0,4	16,7	25
+1	60	-1	0,2	15	27
0	45	+1	0,6	9,2	31
0	45	0	0,4	8,1	30
0	45	-1	0,2	8,6	31
-1	30	+1	0,6	8,7	28
-1	30	0	0,4	18,2	28
-1	30	-1	0,2	16	32