ЛИКУЧЕВ АРТЕМ ИГОРЕВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТА ДЛЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

Научный руководитель: кандидат технических наук

Горячкина Ирина Николаевна

Официальные Старовойтова Оксана Анатольевна,

оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,

главный научный сотрудник отдела технологии и инновационных проектов, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г.

Лорха»

Иванов Борис Литта,

кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», доцент кафедры машин и

оборудования в агробизнесе

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное

научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ

ВИМ)

Защита состоится «06» декабря 2023 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.031.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом — на сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации https://vak.minobrnauki.gov.ru

Автореферат разослан «	>>		2023	Γ.
------------------------	----	--	------	----

Ученый секретарь диссертационного совета доктор технических наук, профессор



Юхин Иван Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 разработанности 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.

Задачи 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 примененияагрегата для аэрозольной

обработки посадок картофеля.

Объект исследований –процесс аэрозольной обработки пропашных культур.

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 осаждений температурной топографии Обработку аэрозоля. экспериментальных данных, проводили методами математической статистики с использованием программ: Microsoft Excel, Компас 16, Mathcad 15.0, STATISTICA 10.

Положения, выносимые на защиту:

- теоретически обоснованные параметры агрегатадля 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. В ходе исследований выводы достаточно обоснованы Полученные подтверждаются совпадениями результатов теоретических И экспериментальных исследований (сходимость –98%).

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

Вклад автора В решение поставленных задач состоит формулировании цели и задач исследований, обосновании параметров агрегата обработки ДЛЯ аэрозольной 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 \mathbb{N} 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.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель исследований. Отражены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ технологий и машин для обработки растений в период вегетации» рассмотрены современные технологии обработки семян и растений аэрозолями, проведен обзор современных биологических препаратов, машин для обработки растений аэрозолями. Из существующих способов обработки растений наиболее перспективным является аэрозольная обработка биопрепаратами. На основе анализа выполненных исследований выявлена недостаточная изученность распределения аэрозолей внутри стеблестоя растений. Так же недостаточно изучены вопросы применения технических средств обработки растений аэрозолем биопрепаратов. Таким образом, необходимо продолжить теоретические и экспериментальные исследования влияния параметров агрегата для аэрозольной обработки на диаметр капель, рабочего раствора. Ha основании проведенного расход анализа сформулированы задачи исследования.

Во второй главе «Теоретические исследования агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур» разработана конструктивно-

технологическая схема и определены рациональные параметры нового агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур.

Агрегат для аэрозольной обработки пропашных культурсостоит из сцепного устройства 1, транспортировочных колес 2, генераторов аэрозоля 3, разветвленныхсопел 4, рамы 5, каркаса 6, бакадляраствора 7. Генераторыаэрозоля закреплены на раме культиватора посредством болтового крепления, тем самым обеспечивая быструю сборку разборку устройства в поле для транспортировки и обслуживания (рисунок 1).

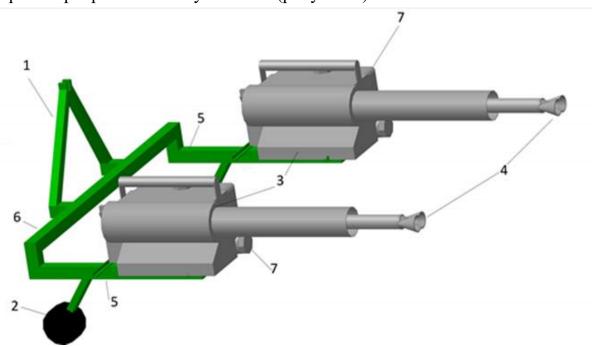


Рисунок 1 — Схема агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур

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 сопла. Настроив дозу внесения биопрепаратов агрегат с устройством для обработки аэрозолем 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 листьев, что улучшает усвояемость биопрепаратов благодаря наличию устьиц на их нижней стороне.

Скорость потока аэрозоля на выходе из жаровой трубы:

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

где v - скорость потока аэрозоля, м/с;

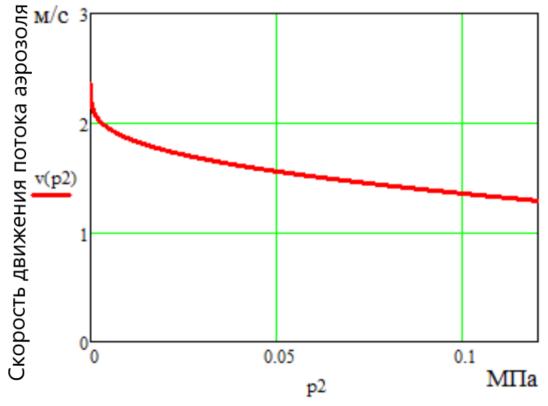
к- коэффициент, характеризующий термодинамический процесс;

 $p_1^{}$ - давление смеси топочных газов в горелке генератора аэрозоля, Па;

 $w_1^{}$ - удельный объем аэрозоля, м $^3/$ кг с;

 $p_{_{2}}$ – давление аэрозоля на выходе из сопла, Па.

Проведен расчет скорости движения потока аэрозоля от давления на выходе из жаровой трубы в программе Mathcad, при заданных параметрах (p_1 =250 кПа; w_1 =1,38м /кг; k=1,33) генератора аэрозоля (рисунок 2).



Давление на выходе из жаровой трубы

Рисунок 2 — Зависимость скорости движения потока аэрозоля от давления на выходе из жаровой трубы

Анализ рисунка 2 показал, что при давлении около 0,1 МПа на выходе из сопла скорость аэрозоля составляет 1,5 м/с.

Массовый расход аэрозоля на выходе из сопла определяется выражением

$$m = A \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \frac{p_1^2}{RT_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$
 (2)

где т – массовый расход аэрозоля, кг/с;

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

A - площадь поперечного сечения сопла генератора аэрозоля, M^2 .

Проведен расчет массового расхода от температуры аэрозоля в программе Mathcad, при заданных параметрах (p_1 =250 кПа; p_2 =101 кПа; R=8,31 Дж/(моль·К); k=1,33) генератора аэрозоля (рисунок 3).

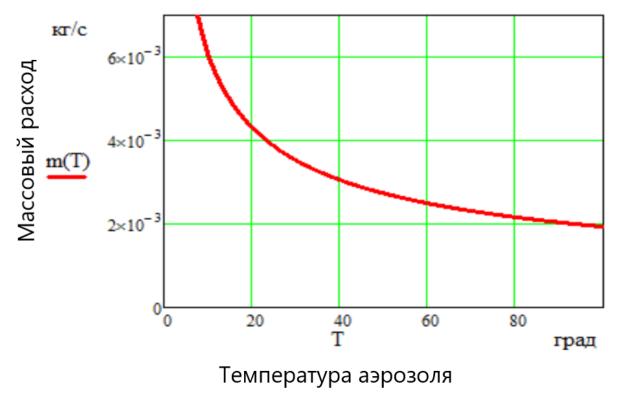


Рисунок 3 – Зависимость массового расхода от температуры аэрозоля

Из рисунка 3, видно, что для образования аэрозоля температурой около $30\text{-}40~^{0}\mathrm{C}$ массовый расход раствора препаратов составляет около $0{,}0034~\mathrm{kr/c}$ или $0{,}204~\mathrm{kr/muh}$.

Таким образом массовый расход аэрозоляопределяется начальной температурой топочных газов в горелке и разницей давлений на входе и выходе сопла.

С учетом производительности агрегата для аэрозольной обработки объемный расход топочных газов определен выражением

$$v_{T\Gamma} = \frac{e_1 \mu W_{\Gamma T} k_n}{(1 - e_1)} \tag{3}$$

где v_{TT} – объемный расход топочных газов, м³/с;

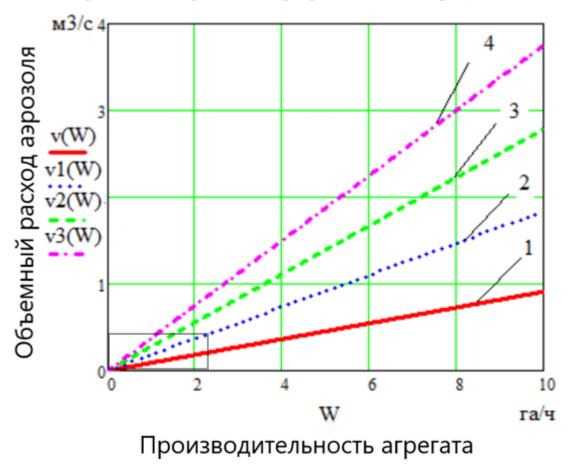
 e_1 - концентрация рабочего раствора в аэрозоле;

 μ – коэффициент равномерности распределения аэрозоля;

 $W_{\Gamma T}$ – производительность агрегата по обработке растений, га/ч;

 k_n - норма внесения препарата, л/ га.

Проведен расчет объемного расхода аэрозоля от производительности агрегата для аэрозольной обработки в программе Mathcad (рисунок 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 4 — Зависимость объемного расхода аэрозоля от производительности агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур

Анализ рисунка 4 показал, что производительность агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур выбирается исходя из тепловой производительности генератора аэрозоля и концентрации рабочего раствора в аэрозоле. Для производительности агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур 2,1 га/ч рациональное значение объемного расхода аэрозоля составляет 0,4 м 3 /с, что соответствует производительности двух генераторов аэрозоля марки BF-150.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований агрегата для аэрозольной обработки посадок картофеля» рассмотреныметодики лабораторных и полевых исследований.

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 аэрозоляв рядках посадок картофеля.

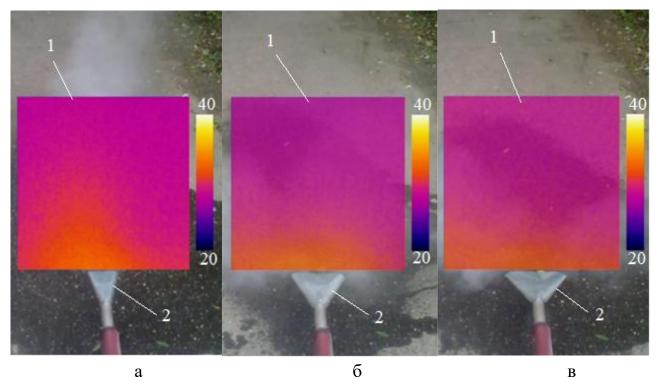
Основными задачами полевых испытаний являлись:

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

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля» рассмотрена методика и результаты полевых экспериментальных исследований агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур.

Исследование температурного поля агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур проводили на кафедре ТМ и РМ ФГБОУ ВО РГАТУ. Температура воздуха в помещении при исследованиях составляла 20°C, влажность 48%. Изображения с экрана тепловизора приведены на рисунке 5.

Исследование температурного поля осуществляли на установившемся режиме агрегата для аэрозольной обработки растений картофеля. Для оценки температур отдельных элементов устройства использовали 2 режима работы тепловизора: совмещенный и инфракрасный. Инфракрасный режим позволяет оценить разницу температур элементов агрегата 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.



1 — температурное поле аэрозоля; 2 — конусное сопло a — угол конуса сопла 30° ; 6 — угол конуса сопла 45° ; 60 — угол конуса сопла 60°

Рисунок 5 - Общий вид изображений при исследовании температурного поля аэрозоля при различных углах конуса сопла

Для исследования распределения размера и количества капель аэрозоля применялись полиэтилентерефталата, полоски имитирующие растения, которые обеспечивали сопротивление перемещению аэрозоля, в труднодоступных зонах были расположены стекла для микропрепаратов марки Сп-7102, на которые осаживался аэрозоль. Капли аэрозоля быстро испаряются, поэтому в качестве рабочего раствора применяли 20% раствор NaCl. Водный 20% раствор NaCl имеет поверхностное натяжение чем 1% раствор гумата 29,4% больше, калия. C уменьшением поверхностного натяжения площадь капель на стекле увеличивается, обеспечивая большую контактную поверхность. Изучение под микроскопом стекол для микропрепаратов Сп-7102 позволили определить количество и размер капель аэрозоля на единицу площади. Лабораторные исследования проводились на имитации рядков растений с шириной междурядий 0,75 м (рисунок 6).

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 7 и 8). Размер капель солевого раствора при обработке искусственных растений генератором аэрозоля получили на основании обработки опытных данных.



1 – лабораторная тележка; 2 – аэрозольный генератор; 3 – рядки искусственных растений; 4 – конусное сопло
Рисунок 6 – Общий вид лабораторной установки для обработки растений аэрозолем, оснащенной соплами

$$d_k$$
=14,3993-0,1448 θ -1,1617G-0,3741 θ ²+0,2038G θ -0,221G² (6) 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 для аэрозольной обработки (рисунок 7).

Установлено, что на размер капель аэрозоля наибольшее значение оказывает расход рабочего раствора. Чем он выше, тем больше диаметр капель. Средняя величина капель составила 14 мкм.

В процессе эксперимента оценивали количество капель на стеклах для микропрепаратов Количество капель на стекле для микропрепаратов, определяется подачей рабочего раствора и углом конуса сопла. Зависимость количества капель от факторов варьирования представлена в уравнении регрессии (7).

 $N=36,4668-0,5673\theta-0,9154G-1,4497\theta^2+0,9409G\theta-0,7473G^2$ (7) где N — среднее количество капель, шт/площадь $(2,5\cdot10^{-7}\,\text{m}^2)$; Θ — угол конуса сопла, код. зн.; G — расход рабочего раствора, код. зн..

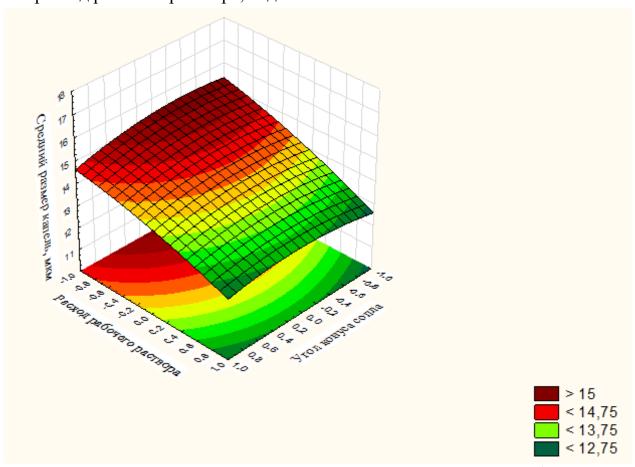


Рисунок 7 — Зависимость размеров капель аэрозоля от расхода рабочего раствора и угла конуса сопла

На основе уравнения регрессии был построен график зависимости количества капель аэрозоля от параметров агрегата для аэрозольной обработки (рисунок 8).

Анализ рисунка 8 показал, что использование сопла позволило повысить равномерность распределения количества капель аэрозоля по рядкам обрабатываемых растений. Рациональным значением угла конуса сопла является кодированное значение -0,5, что соответствует углу θ =37,5 градусов. Рациональным значением подачи рабочего раствора является кодированное значение -1, что соответствует подаче 0,200 кг/мин.

В ходе полевого эксперимента по определению эффективности применения на растениях картофеля в период вегетации агрегата для аэрозольной обработки пропашных культур произведено исследование веса клубней на учетных делянках, что позволило рассчитать биологическую урожайность картофеля сорта Лилли (рисунок 9).

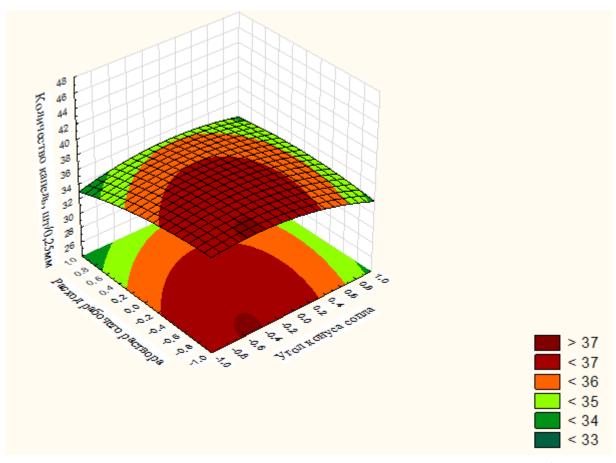


Рисунок 8 — Зависимость количества капельаэрозоля от расхода рабочего раствора и угла конуса сопла



1 - культиватор-окучник; 2 — аэрозольный генератор; 3- конусное сопло Рисунок 9—Агрегатдля аэрозольныйобработкипропашных культур

Анализ урожайности показал, что наибольший эффект показала двойная обработка семенных клубней и растений аэрозолем Гумата калия. Она составила 293 ц/га, что превышает урожайность на контрольном участке на 26,3%.

В пятой главе «Экономический эффект аэрозольной обработки растений картофеля» представлен расчет экономического эффекта от внедрения предлагаемого агрегата, который 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 35^{0} С массовый расход раствора препаратов составляет около 0.0034 кг/с или 0.204кг/мин.
- 3. Экспериментальными исследованиями установлено, что рациональным значением угла конуса сопла является значение θ =37,5 градусов. Рациональным значением расхода раствора препаратов является значение 0,200кг/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.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Статьи в рецензируемых изданиях из списка ВАК РФ:

1. 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.
- Лабораторные исследования дисперсности аэрозоля ДЛЯ механизированной обработки растений / И. Н. Горячкина, А. И. Ликучев, Юмаев // Вестник Рязанского Д. M. Ги др.] государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14. – № 3. - C. 85-93. - DOI 10.36508/RSATU.2022.94.92.011. - EDN WFYRXI.

Патент

3. Патент на полезную модель № 210619 U1 Российская Федерация, МПК А01М 7/00, А61L 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.

Статьи в материалах конференций и других изданиях

- 4. 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.
- 5. 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.
- 6. Ликучев, А. И. Особенности обработки растений в период вегетации / А. И. Ликучев // Наука молодых будущее России : сборник научных статей 7-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых

ученых, Курск, 12–13 декабря 2022 года / Р. Том 5. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. — С. 501-503. — EDN OTXOPL.

7. 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. Том Часть І. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 149-154. – EDN NLAFWG.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ №1567 подписано в печать 06.10.2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»

> 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1 Отпечатано в издательстве учебной литературы и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1