

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА» (ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»)

НОВОКУБАНСКИЙ ФИЛИАЛ ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»
(КубНИИТыМ)

На правах рукописи

Коваль Зинаида Михайловна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ ЗАЩИТНОГО ОПРЫСКИВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (по техническим наукам)

Диссертация
на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант: доктор технических наук, **Киреев Иван Михайлович**

Новокубанск – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЫСКИВАНИЯ.....	14
1.1 Методы и средства защиты растений и их эффективность.	14
1.2 Техничко-технологические решения, снижающие снос капель	39
1.3 Анализ конструкций распылителей опрыскивателей	46
1.4 Методы и средства исследований характеристик распылителей.....	47
1.5 Системы контроля концентрации аэрозоля.....	55
1.6 Цель и задачи исследований.....	61
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЫСКИВАНИЯ РАСТЕНИЙ РАСТВОРАМИ ПЕСТИЦИДОВ.....	63
2.1 Устройство для определения углов факела распыляемой жидкости	65
2.2 Устройство для моделирования процесса работы распылителей штанговых опрыскивателей	67
2.3 Устройство для испытания распылителей жидкости современных технологий штанговых опрыскивателей	70
2.4 Устройство для определения концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим способом	74
2.5 Обоснование конструктивно – технологических характеристик пневматических устройств для опрыскивания растений.....	76
2.5.1 Обоснование конструктивно – технологических характеристик пневматического распылителя жидкости.....	76
2.5.2 Пневмогидравлическое устройство усеченной конструкции с плоским сходящимся соплом и двумя щелевыми распылителями.....	83
2.5.3 Теория пневмогидравлического устройства со щелевыми распылителями	85
2.5.4 Скорость истечения воздуха из сопла пневмогидравлического	

устройств в зависимости от создаваемого давления и особенности образования полидисперсных капель в факелах щелевых распылителей жидкости на штанговых опрыскивателях	89
2.5.5 Снижение коагуляции капель факела распыливаемой жидкости воздушным потоком струи в пневмогидравлическом устройстве.....	91
2.5.6 Предложенный способ нанесения капель распыливаемой жидкости на объекты назначения	97
2.5.7 Воздействие воздушного напора на факел распыла жидкости при движении опрыскивателя.....	100
2.5.8 Анализ процесса опрыскивания растений пневмомеханическим устройством	102
2.5.9 Теоретическая оценка процесса защитного опрыскивания растений пневмогидравлическим устройством	105
2.6 Выводы по главе.....	108
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПРЫСКИВАНИЯ РАСТЕНИЙ РАСТВОРАМИ ПЕСТИЦИДОВ	110
3.1 Задачи экспериментальных исследований	110
3.2 Методики экспериментальных исследований характеристик распыливаемой жидкости в условиях моделирования режимов работы распылителей в составе стендового оборудования	110
3.2.1 Комплект приборов и измерительных средств, используемых в исследованиях.....	110
3.2.2 Методика по определению расхода жидкости щелевыми распылителями	116
3.2.3 Методика определения угла факела распыливаемой жидкости щелевыми распылителями штанговых опрыскивателей	119
3.2.4 Методика определения диаметра капель распыливаемой жидкости	122
3.2.5 Методические положения работы пневматического устройства к стендовому оборудованию при исследовании параметров	

распылителей в опрыскивателях	124
3.2.6 Методика определения коэффициента растекания капель на поверхности контрольных карточек	125
3.2.7 Методика определения концентрации частиц аэрозоля с использованием динамической аэрозольной камеры.....	125
3.2.8 Методика лабораторных исследований качества работы распылителей на стендовом оборудовании с новой элементной базой	127
3.2.9 Методика лабораторных исследований качества осаждения жидкости в условиях сноса ее капель воздухом.....	130
3.2.10 Методика лабораторных исследований и расчета концентрации мелкодисперсного аэрозоля при моделировании функциональных параметров процесса работы распылителя штангового опрыскивателя	134
3.2.11 Методики лабораторных и полевых исследований работы распылителей на опрыскивании растений	136
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИМИ И ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИМИ РАСПЫЛИТЕЛЯМИ ЖИДКОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОПРЫСКИВАНИЯ	141
4.1 Результаты моделирования работы распылителей при их испытании на стендовом оборудовании.....	141
4.2 Результаты обработки фотографий факела распыла от щелевых распылителей жидкости с пластиковыми соплами в статическом положении	152
4.3 Результаты моделирования технологического процесса работы распылителей на стенде.....	154
4.4 Результаты исследований концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим принципом действия	175
4.5 Результаты лабораторных исследований по дальности транспортирования капель и их распределению по ширине опрыскивания растений с применением пневмомеханических и пневмогидравлических устройств .	177

4.6 Результаты лабораторных исследований пневмогидравлического щелевого устройства по нанесению капель распыливаемой жидкости на объекты обработки	180
4.7 Результаты лабораторных и лабораторно - полевых исследований экспериментального штангового опрыскивателя	185
4.8 Результаты лабораторных и лабораторно – полевых исследований опытного образца штангового опрыскивателя с новым способом нанесения капель распыливаемой жидкости пневмогидравлическими устройствами на объекты обработки	217
4.9 Экологическая нагрузка на природу при применении пестицидов для защиты растений, методы и средства ее снижения	245
4.10 Выводы по главе.....	248
5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОПРЫСКИВАНИЮ РАСТЕНИЙ	250
5.1 Экономическая эффективность использования метода моделирования работы распылителей штанговых опрыскивателей на базе рекомендованного состава стендового оборудования	250
5.2 Экономическая эффективность внедрения усовершенствованных средств опрыскивания растений.....	255
5.3 Экономическая эффективность выполнения работ по опрыскиванию сельскохозяйственных растений в хозяйственных условиях	258
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	264
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	267
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	268
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	290

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В соответствии с постановлением № 996 от 25 августа 2017 г. Правительством Российской Федерации большая роль отводится проблемам модернизации технологии возделывания сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности, в том числе особое внимание уделяется защите растений от вредителей, болезней и сорняков. В этом важное значение приобретает совершенствование не только конструкции опрыскивателей и их распылителей, но и методов оценки их функционирования. Такая оценка должна быть применима к авиации, генераторам, вентиляторам и штанговым опрыскивателям в части негативного воздействия пестицидов на человека и окружающую среду

Поэтому совершенствование технологии, методов и технических средств опрыскивания сельскохозяйственных растений растворами пестицидов представляет собой весьма важную народно-хозяйственную проблему.

Степень разработанности темы исследований. Изучению опрыскивания растений при их защите от сорняков, вредителей и болезней посвящены труды ученых: В.А. Абубикерова, И.Б. Борисенко, И.Н. Велецкого, Ю.М. Веретенникова, В. А. Вялых, В.С. Григорьева, В.Ф. Дунского, П.А. Догоды, В.М. Дринчи, Н.С. Лепехина, А.К. Лысова, А.В. Клочкова, В.С. Клочковой, К.П. Куценого, Н.В. Никитина, К.В. Новожилова, М.С. Раскина, С.С. Санина, Д.Г. Скалова, М.С. Соколова, Ю.Я. Спиридонова, С.П. Старостина, Л. Я. Степука, Ю.А. Уткова, В.Ф. Федоренко, Н.А. Фукса, А.А. Цымбала, В. Г. Шестакова, E.Y. Bals, W.Y. Maas, G.A. Mattews, и др.

Несмотря на большое количество исследований и значительные успехи ученых и научных коллективов нашей страны и за рубежом в области защиты растений, многие ее вопросы все еще далеки от совершенства. Не решены вопросы оценки качества опрыскивания растений и работы опрыскивателей в целом, а также входящих в их состав распылителей различных конструкций. При испытании опрыскивателей на машиноиспытательных станциях с большой трудоемкостью и значительными затратами материальных средств определяется только дисперсность капель на карточ-

ках подкрашенной жидкости. Из-за отсутствия методической и приборной базы при испытании опрыскивателей на машиноиспытательных станциях (МИС) не определяется снос капельной жидкости, содержащейся в мелкодисперсном аэрозоле, за пределы обрабатываемого объекта. Современные технологии базируются на статистических данных дисперсности распылителей опрыскивателей, приведенной в каталогах. Моделирование распылителей жидкости для технологий опрыскивания не исследуется. В процессе движения распылителя жидкости в составе опрыскивателя происходит изменение спектрального распределения капель в факелах распыла жидкости в результате их коагуляции, происходящей под влиянием встречного воздушного напора. Применение воздушных струй между распылителями для исключения сноса и испарения капель дает только частичное решение. Опрыскиватели с воздушным сопровождением капель дорогие и сложные по конструкции. Применение экранов к распылителям также не решает существующую проблему.

Это еще раз свидетельствует о том, что обоснование перспективных направлений совершенствования технологии, методов и средств опрыскивания растений растворами пестицидов, обеспечивающих их защиту, представляет собой крупную научно-техническую **проблему, имеющую важное хозяйственное значение.**

Цель работы: Повышение эффективности защиты сельскохозяйственных растений путем разработки научных основ совершенствования технологии, методов и средств опрыскивания растений растворами пестицидов по критериям ресурсосбережения и экологической безопасности с использованием моделирования процесса распыления жидкости с управляемым воздушным сопровождением нанесения капель на растения.

Задачи исследований:

1. Обосновать схемы и параметры технических средств для испытания, исследования и оптимизации работы опрыскивателей растений.
2. Усовершенствовать пневмомеханические и пневмогидравлические распылители жидкости с воздушным сопровождением капель к объектам обработки, исключаящие их снос в окружающую среду.

3. Теоретически обосновать процесс работы пневмогидравлического опрыскивателя.

4. Обосновать параметры воздухораспределительной системы с пневмогидравлическими распылителями жидкости в технологии с использованием штангового опрыскивателя и воздушного сопровождения, и осаждения капель на растения.

5. Разработать методики экспериментальных исследований распылителей жидкости в составе стендового оборудования с нанесением капель подкрашенной жидкости на предметные карточки, а также методику агротехнической оценки борьбы с сорной растительности опрыскиванием их с помощью пневмогидравлических устройств.

6. Провести экспериментальные исследования методов и средств оценки моделирования технологических процессов работы распылителей и результатов опрыскивания растений с применением усовершенствованных пневмомеханических и пневмогидравлических устройств.

7. Дать экономическую оценку использования усовершенствованной технологии, методов и технических средств в условиях сельскохозяйственного производства, разработать предложения производству и рекомендации по дальнейшему научному развитию основных вопросов проблемы.

Рабочая гипотеза: повышение показателей защиты растений опрыскиванием возможно совершенствованием конструкции и процесса работы распылителей на основе воздушного сопровождения и осаждения на них капель пестицидов.

Научная гипотеза: повышения эффективности защиты сельскохозяйственных растений можно добиться теоретическим и экспериментальным обоснованием процесса работы и оптимизацией основных параметров усовершенствованных технических средств опрыскивания их растворами пестицидов.

Объект исследования – технологический процесс опрыскивания растений пневмомеханическими и пневмогидравлическими устройствами опрыскивателей.

Предмет исследования – закономерности процесса подачи воздушно-дисперсной смеси пестицидов на сельскохозяйственные растения как объекты назначения.

Методология и методы проведенного исследования. Решение теоретических задач осуществлялось на основе фундаментальных физических законов гидравлики, пневматики, динамики и механики жидких и газообразных сред. Обоснование процессов работы технических средств обработки растений опрыскиванием пестицидами и их параметров производилось с использованием основ математического анализа оптимизации параметров и режимов работы усовершенствованных устройств и технологических линий, оценкой достоверности результатов.

Экспериментальные исследования выполнены с привлечением стандартных и частных методик, приборов и оборудования. Обработка результатов проведена с применением электронных программ к ЭВМ ROv-03, «Технолог», AutoCAD, Statistika-2010 и др.

Научную новизну работы составляют:

- усовершенствованная технология опрыскивания растений применением способов и средств моделирования работы распылителей в условиях пневматического транспортирования дисперсных сред, обеспечивающих соблюдение экологических требований;
- критерий оценки процессов работы опрыскивателей и опрыскивания растений по величине медианно-массового диаметра капель раствора пестицидов в потоке воздуха при транспортировании их к растениям;
- аналитические зависимости и математические модели формирования факела распыла, скоростей течения воздуха, инъекции дробления капель, расхода воздуха, параметров щелевых распылителей и пневмотранспортной системы;
- метод моделирования режимов работы распылителей в усовершенствованных конструкциях опрыскивателей;
- способ воздушно-капельного нанесения распыляемого раствора на целевые объекты с помощью щелевых распылителей;

- научно-методические и технологические разработки обеспечения комплекса экспериментальных исследований по повышению эффективности пестицидной обработки растений и критериальной оценки степени загрязнения окружающей среды.

Практическую значимость представляют следующие результаты:

- усовершенствованная технология обработки сельскохозяйственных растений растворами пестицидов;

- новые технические решения по конструкции пневмомеханических и пневмогидравлических распылителей растворов пестицидов, систем объемного опрыскивания растений, устройств для испытания распылителей;

- способы испытания опрыскивателей, контроля аэрозоля и нанесения монодисперсных капель жидкости;

- устройство и процесс работы исследовательской аэрозольной камеры;

- результаты теоретических и экспериментальных данных по комплексу вопросов механизации процессов рациональной защиты растений путем их опрыскивания.

Технические решения подтверждены патентом на изобретение и 12^ю патентами на полезную модель.

В первой главе дан анализ технологии защиты растений, методов и средств получения информационных сведений о рациональных технологиях применения распылителей штанговых опрыскивателей растений. Сформулированы цель и задачи исследований.

Вторая глава «Теоретическое исследование и обоснование методов контроля технических средств реализации технологии опрыскивания растений растворами пестицидов» посвящена исследованию и обоснованию конструктивно-технологических параметров пневматических средств для моделирования работы распылителей жидкости и разработаны устройства:

- для испытаний работы распылителей опрыскивателя;
- для определения концентрации мелкодисперсного аэрозоля;
- монодисперсного дискового распылителя;

– пневмомеханических и пневмогидравлических устройств.

Получены расчетные уравнения для конструктивно-технологических параметров предложенных устройств.

В третьей главе представлена программа и изложены методики экспериментальных исследований процесса опрыскивания растений. Дано описание применяемых приборов и экспериментальных установок.

Четвертая глава посвящена изложению и анализу результатов экспериментальных исследований обработки растений пневмомеханическими и пневмогидравлическими распылителями жидкости в технологии их опрыскивания.

В пятой главе представлены результаты расчёта экономической эффективности внедрения предлагаемых решений по совершенствованию технологии опрыскивания растений в сравнении с общепринятой.

Реализация результатов исследований. Технология испытания распылителей и опрыскивания растений внедрены в стендовом оборудовании и опытных образцах опрыскивателей в КубНИИТиМ.

Положения, выносимые на защиту.

- усовершенствованная технология опрыскивания растений при возделывании сельскохозяйственных культур;
- процесс моделирования работы распылителей опрыскивателей применительно к технологии опрыскивания растений;
- основные параметры пневматических устройств в технологических линиях опрыскивания растений;
- методики проведения лабораторных и полевых опытов при исследовании усовершенствованной технологии опрыскивания растений;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию рациональных условий работы штанговых опрыскивателей;
- результаты технико-экономической оценки эффективности внедрения предлагаемых разработок.

Обоснованность научных положений и **достоверность** результатов исследований подтверждается наличием и объемом исследовательского материала и

апробацией результатов исследований; согласованностью экспериментальных данных по дисперсности лабораторно-полевых и лабораторных результатов исследований; использованием поверенных электронных средств; результатами статистической обработки программой «статистика» достаточного объема экспериментальных данных и методик их оценки, методологией исследования на теоретическом и практическом уровнях.

Апробация работы. Исследования по теме диссертации осуществлялись в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы, проводимой КубНИИТГМ 2014-2017 г.г. Результаты исследований были неоднократно доложены и одобрены на научно-технических советах в Новокубанском филиале ФГБНУ «Росинформротех (КубНИИТГМ) (протоколы НТС № 15 от 23.10. 2014 г., № 15 от 27.10. 2015 г., № 12 от 19.10.2016 г. и № 15 от 24.10.2017г.).

Основные положения диссертационной работы были дважды доложены, обсуждены и получили положительную оценку на Международной научно-технической конференции ВНИИТГМЭСХ: г. Зерноград, 2007 г. и 2009 г.; VII Международной научно-технической конференции г. Зерноград: ГНУ «СКНИИТГМЭСХ», 2012 г.; VIII и IX Международных научно-практических конференциях г. Зерноград: ГНУ «СКНИИТГМЭСХ», 2013 г. и 2014 г.; XIII и XIV Международных научно-практических конференциях ГНУ ВНИИТГН, г. Тамбов, 2005 г. и 2007 г.; Международной научно-технической конференции ФГБНУ «ВИИМ» г. Москва, 2015 г.; X Международной научно – практической конференции, г. Углич, (16-17 сентября 2008 г.); Международных научно-практических конференциях, М-во обр. и науки РФ, г. Тамбов, 2013 и 2014 г.г.; I International Scientific Conference, Chicago, USA, 2013; VII International Research and Practice Conference, Munich, Germany, 2014; I International scientific and practical conference «Science and Education-2014», Belgorod – Sheffield, S Yorkshire, England, 2014; III международной научно-практической конференции, г. Москва – North Charleston, SC, USA, 2015; X и XII Международных научно-практических конференциях «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия», г. Новосибирск, 2015 г.; XIII Международной научно-практической конференции «Современные концепции

научных исследований», Москва, 2015 г.; X Международной научно-практической конференции «Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков» г. Новосибирск, 2015 г.; VI Международной научно-практической конференции ГНУ СибФТИ аграрных проблем, п. Краснообск Новосибирской обл., 2015 г.; IX Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2017» ФГБНУ «Росинформагротех», п. Правдинский Московской обл., 2017 г.; VII Международной научно-практической конференции ГНУ СибФТИ аграрных проблем, п. Краснообск Новосибирской обл., 2018. г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 60 печатных работ, в том числе: 17 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, 12 статей без соавторства. Суммарный объем 26,744 п.л. (из них автора диссертации – 16,012 п.л.) По результатам исследований получен 1 патент на изобретение и 12 патентов на полезные модели.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 266 страницах машинописного текста, включает 150 рисунков, 58 таблиц, перечень сокращений и обозначений, библиографический список из 199 наименований на 22 страницах и 6 приложений на 30 страницах.

Автор выражает искреннюю благодарность научному консультанту д-ру техн. наук И.М. Кирееву за оказанную помощь при подготовке материалов диссертационной работы.

1. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ОПРЫСКИНИЯ

1.1 Методы и средства защиты растений и их эффективность

Защита растений от сорной растительности, болезней и вредителей растений может вестись агротехническими, биологическими, физическими, механическими, биофизическими методами, применением генетических мер борьбы, селекции растений, а также химическим методом. Анализ современного и будущего состояния агротехнических, биологических, физических, генетических, селекционных методов приведен в литературных источниках [27, 53а] и в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Методы, способы и средства борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями растений

Методы	Способы и средства	Применение
Агротехнические	Севообороты, культивации, выбор сроков полевых работ, регуляция водоснабжения и др.	Не заменяют обработки пестицидами
Биологические	Использование вирусов, бактерий, грибов, насекомых, биологических препаратов и т. п.	Борьба только с вредными организмами
Физические	Использование механических или электромагнитных сил	В стадии научных исследований
Механические	Отлов, уничтожение вредителей и грызунов	Не имеет технологических решений
Биофизические	Воздействия на вредные биологические индивидуумы, например токами высокой частоты, ультразвуком, температурой и др.	Является проблемным
Генетические	Вмешательство в репродуктивную систему вредителей	Не имеет будущего
Селекция растений	Создание устойчивых сортов растений к отдельным видам насекомых или фитопатогенов	Не пригодна для борьбы с сорняками
Химический	Опрыскивание растений растворами пестицидов	Развивается

По причине неполной реализованности, изложенных в таблице 1.1 методов, способов и средств защиты растений, в наибольшей степени используется хими-

ческий метод опрыскивания растений, [27], с объемом работ более 95 %. Критерии методов опрыскивания приведены в таблице 1.2) [59, 168, 173].

Таблица 1.2 – Критерии методов опрыскивания

Метод опрыскивания, размер капель	Диаметры капель, мкм	Норма расхода рабочей жидкости, дм ³ /га
		Полеводство
Большеобъемное, крупнокапельное	Более 300	300
Обычное, крупно и среднекапельное	От 150 до 300	От 150 до 300
Малообъемное (далее МО), мелкокапельное	От 50 до 150	От 25 до 100
Ультрамалообъемное (УМО), аэрозольное	До 50	До 50

Как указано [53а] для большеобъемного и обычного крупнокапельного опрыскивания присущи большие расходы жидкости. По сопоставлению с большеобъемным и обычным опрыскиванием МО мелкокапельное опрыскивание широко используется при производстве сельскохозяйственной продукции [173].

«УМО препятствует значительный унос капель в окружающую среду. Так, например, при скорости ветра 3 м/с количество сносимого в мелких каплях препарата достигает 50 %.

В то же время, анализ критериев методов опрыскивания показывает, что при опрыскивании размер капель дисперсной системы в значительной степени предопределяет эффективность действия химиката. С уменьшением размера капель, расход рабочей жидкости и химического вещества, сокращается.

При *обработке аэрозолями* по сравнению с опрыскиванием в десятки раз сокращается расход пестицидов, увеличивается производительность труда и улучшается качество работ. Однако, положительному применению аэрозолей препятствует снос мелких капель с воздушными потоками в стороны и вверх, который весьма опасен для полезных насекомых и птиц. Анализируемые критерии методов опрыскивания не позволяют получить капли одинакового размера. Объекты для опрыскивания распыляемой рабочей жидкостью имеют весьма обширный диапазон. Поэтому, обеспечение в достаточной степени нанесения препарата

на целевые объекты является актуальной задачей. Максимально приближенная точность в данном случае не осуществима, т.к., характер осаждения аэрозоля имеет решающее значение [118]. Требования к параметрам распыла с целью достижения наилучших результатов зависят от способности удерживаться на объектах мелких капель [118]. Уменьшение размера капель вдвое, приводит к восьмикратному их повышению и увеличению площади покрытия листьев до 4 раз [118], т.к. мелкие капли лучше осаждаются на внешней и внутренней поверхности растений. При обработке злаковых и вертикально растущих культур крупные капли проникают до нижних листьев, а мелкие капли остаются сверху. В случае широколиственных культур, например, картофеля, крупные капли удерживаются наверху, а мелкие проникают вглубь. Показатели качества опрыскивания растений классифицируются по количеству капель/см² и диаметру отпечатков, мкм на предметных карточках в соответствии с данными рисунка 1.1 [21] (Приложение А). При опрыскивании соблюдаются требования [17, 18, 53а, 119]» в части рельефа поля, "скорости ветра до 3 м·с⁻¹ (УМО) и до 4 м·с⁻¹ (МО), при высоте обработки растений не более 50 см, а также медианно– массового диаметра (ММД) – основного критерия опрыскивания" [32, 53а].

Выполнение указанных выше требований обуславливает применяемые методы и средства современных технологий нанесения растворов пестицидов на растения [58]. Методы нанесения растворов пестицидов в жидко-капельном виде на обрабатываемые объекты реализуются технологиями защиты растений с применением различных технических средств.

Инсектициды, фунгициды		Гербициды
<div data-bbox="293 347 663 512" style="border: 1px solid black; background-color: yellow; padding: 5px; text-align: center;"> $N \leq 50$ D - любой </div> <p data-bbox="367 533 533 564" style="text-align: center;">ПОТЕРЯ</p>	<p data-bbox="1099 316 1211 347" style="text-align: center;">БРАК</p> <p data-bbox="958 360 1352 485" style="text-align: center;">Требуется регулировка параметров режимов опрыскивания</p> <p data-bbox="972 533 1339 564" style="text-align: center;">БИОЛОГИЧЕСКОЙ</p>	<div data-bbox="1626 347 1995 512" style="border: 1px solid black; background-color: yellow; padding: 5px; text-align: center;"> $N \leq 40$ D - любой </div> <p data-bbox="1610 533 1977 564" style="text-align: center;">ЭФФЕКТИВНОСТИ</p>
<div data-bbox="304 595 663 743" style="border: 1px solid black; background-color: green; padding: 5px; text-align: center;"> $50 \leq N \leq 200$ $80 < D \leq 360$ </div>	<p data-bbox="1050 647 1263 692" style="text-align: center;">НОРМА</p>	<div data-bbox="1632 595 2029 743" style="border: 1px solid black; background-color: green; padding: 5px; text-align: center;"> $40 \leq N \leq 100$ $100 < D \leq 360$ </div>
<p data-bbox="315 770 730 839" style="text-align: center;">Возможно сокращение нормы расхода препарата на 50 %</p> <div data-bbox="338 863 674 1002" style="border: 1px solid black; background-color: yellow; padding: 5px; text-align: center;"> $N > 250$ $80 < D \leq 360$ </div>	<p data-bbox="913 858 1397 948" style="text-align: center;">НОРМА ПЕСТИЦИДОВ ЗАВЫШЕНА</p>	<p data-bbox="1458 770 2119 839" style="text-align: center;">Возможно сокращение нормы расхода препара- та на 25 %</p> <div data-bbox="1632 850 2024 1002" style="border: 1px solid black; background-color: yellow; padding: 5px; text-align: center;"> $N > 110$ $100 < D \leq 360$ </div>
<div data-bbox="338 1023 696 1190" style="border: 1px solid black; background-color: lightblue; padding: 5px; text-align: center;"> $D \geq 1000$ или залитые карточки </div> <p data-bbox="322 1225 651 1257" style="text-align: center;">ЭКОЛОГИЧЕСКИ</p>	<p data-bbox="1016 1038 1301 1070" style="text-align: center;">ОСТАНОВИСЬ!</p> <p data-bbox="976 1102 1341 1182" style="text-align: center;">Требуется настройка режима опрыскивания</p> <p data-bbox="1061 1233 1256 1265" style="text-align: center;">ОПАСНОЕ</p>	<div data-bbox="1637 1038 2024 1206" style="border: 1px solid black; background-color: lightblue; padding: 5px; text-align: center;"> $D \geq 1000$ или залитые карточки </div> <p data-bbox="1621 1225 1951 1257" style="text-align: center;">ОПРЫСКИВАНИЕ</p>

N – количество капель/см²; D – диаметр капель (мкм)

Рисунок 1.1 – Показатели опрыскивания растений [21]

Анализ существующей дисперсной системы методов и средств опрыскивания растений показывает, что ее можно классифицировать в следующем виде (рисунок 1.2).

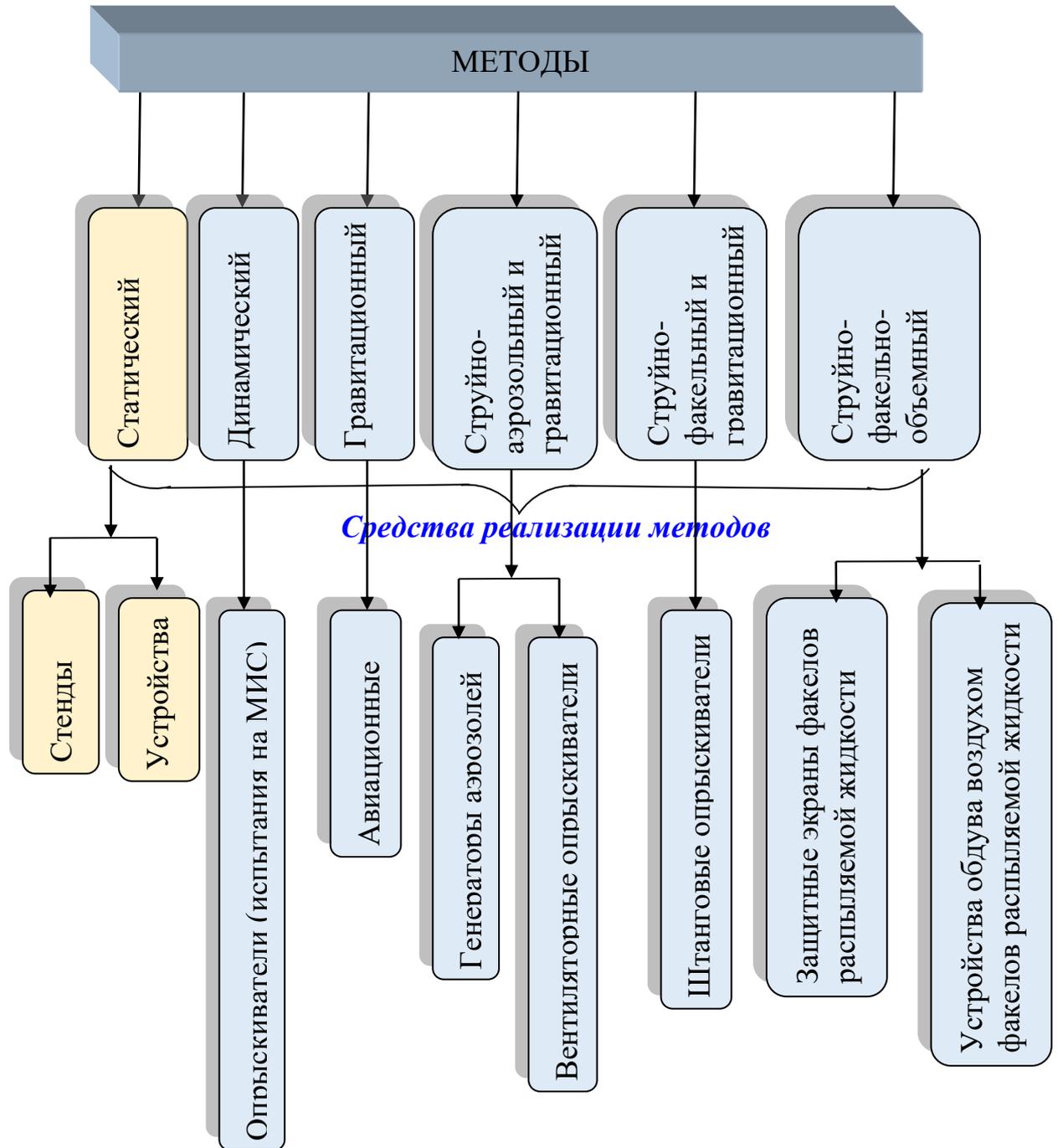


Рисунок 1.2 - Система методов и средств их реализации для технологии опрыскивания растений

Однако, практически, из-за несовершенства существующих технологий применения пестицидов лишь 20-25 % их используется по прямому назначению,

остальная часть загрязняет почву, водоемы, атмосферу, оказывая негативное воздействие на здоровье населения и полезную энтомофауну [26, 61].

Поэтому в настоящей работе рассмотрены *технологические возможности технических средств защиты растений*.

Современное сельское хозяйство немислимо без применения технических средств защиты растений, а биологическая и экономическая эффективность пестицидов во многом обусловлена способностью машин, предназначенных для химической защиты растений, точно соблюдать дозу внесения препаратов, равномерно распределять рабочую жидкость по площади поля и по поверхности обрабатываемого объекта. Эффективность применения пестицидов зависит не только от технического состояния машины, умелой ее эксплуатации, но и во многом от качества выполнения технологического процесса. Слагаемыми качества опрыскивания являются: равномерность распределения препарата (рабочей жидкости) по обрабатываемому объекту, дисперсность распыла (размер капель), степень покрытия и густота покрытия обрабатываемой поверхности [23, 58, 119, 130].

В себестоимости мероприятий по защите растений основную долю затрат (иногда до 90 % составляют расходы на препараты). Поэтому высокая эффективность химической защиты может быть достигнута за счет прогрессивных технологий применения пестицидов. Инженерная цель решения этой задачи заключается в рациональном их использовании опрыскивателями [18].

На сельскохозяйственном рынке России представлено более 350 опрыскивателей самых разных исполнений. Среди них: более 160 (25 российских, 138 зарубежных) – прицепных опрыскивателей, 74 (17 российских, 57 зарубежных) – навесных опрыскивателей, 47 (3 российских, 44 зарубежных) – самоходных опрыскивателей, 7 российских опрыскивателей – с роторными (дисковыми) распылителями, 27 зарубежных опрыскивателей – с воздушным рукавом

Несмотря на многообразие мобильных машин для химической защиты, все они выполнены по единой принципиальной схеме, предусматривающей последовательное осуществление дозирования пестицида, его распыливания на объект обработки. При этом дозирующие устройства должны обеспечивать заданный расход (дозу внесения) пестицида на единицу обрабатываемой площади, а распы-

ливающие устройства равномерно распределять его по поверхности обрабатываемого объекта.

При движении агрегата пестицид (рабочая жидкость, концентрат, порошок), находящийся в емкости (резервуаре, бункере), с помощью питающего устройства (насоса или питателя) подается к распыливающему устройству. Распылители дробят его на мелкие частицы (капельки, пылинки) и с помощью воздушной струи или с помощью сообщенной частицам кинетической энергии транспортируют их на объекты обработки. Мобильные машины для химической защиты имеют одинаковые по назначению, но разные по устройству конструктивные элементы емкости для пестицида, насосы и питатели, распыливающие устройства.

Опрыскиватели распыляют раствор пестицида на растения с целью борьбы с сорняками, вредителями и болезнями. При интенсивных технологиях опрыскиватели применяют для обработки посевов жидкими минеральными удобрениями, регуляторами роста (ретардантами) и микроудобрениями.

По назначению различают опрыскиватели *специальные* (для обработки садов, виноградников, полевых культур, хлопчатника, плантаций чая, цитрусовых) и *универсальные*, которые оснащают сменными распыливающими устройствами, что позволяет применять их для обработки разнообразных культур.

По технологическому процессу опрыскиватели делят на *гидравлические (штанговые)* и *вентиляторные*. В штанговых опрыскивателях рабочая жидкость распыливается под действием давления. В вентиляторных опрыскивателях рабочая жидкость дробится под действием давления и воздушной струи, создаваемой вентилятором.

По расходу рабочей жидкости опрыскиватели делят на *ультрамалобъемные* (расход до 5 дм³/га), *малобъемные* (75...100 дм³/га) и *обычные* (до 300 дм³/га).

По роду источника, приводящего опрыскиватель в действие, различают *ранцевые ручные, тачечные с двигателем, тракторные* и *авиационные*.

По способу агрегатирования тракторные опрыскиватели *бывают прицепные, навесные и устанавливаемые на трактор*.

Вентиляторные опрыскиватели применяют для обработки многолетних на-

саждений (садов, виноградников), а также полевых культур.

Штанговые опрыскиватели предназначены для обработки зерновых культур, возделываемых по интенсивным технологиям. Эти машины характеризуются высокой равномерностью распределения пестицида по поверхности растений и наименьшим отклонением распыляемой жидкости. Отечественная промышленность выпускает штанговые опрыскиватели прицепные (ОП-2000-2-01) и монтируемые на тракторе (ОМ-630-2, ОМ-320-2 и др.).

Для защиты растений применяют также авиационные средства

Авиационные средства опрыскивания растений

Преимущество авиационных обработок заключается в высокой производительности, в отсутствии механических повреждений растений колесами трактора и опрыскивателя и уплотнения почвы колесами агрегатов, в возможности проведения обработок в условиях высокой влажности почвы, когда движение наземных машин затруднено.

Технологические характеристики авиаспрыскивания против вредителей и болезней растениеводческих культур приведены в таблице 1.3 [180].

Таблица 1.3 – Технологические характеристики авиаспрыскивания против вредителей и болезней растениеводческих культур.

Элементы технологии	Самолет Ан – 2	Вертолет Ка – 26	Вертолет Ми – 2
Емкость бака рабочей жидкости, л		800	
Расход рабочей жидкости, дм ³ /га	25 – 50	25 – 50	25 – 50
Сечение или диаметр выходного отверстия распылителя, мм	2x5, 3x5 (целевые)	3 (1 для УМО) (центробежные)	3 (центробежные)
Ширина захвата, м	30 – 60	30 – 60	30 – 60
Скорость полета, км/ч	150 – 160	60 – 80	60 – 80
Высота полета над растениями, м	3 – 5	5	5
Максимально допустимая скорость ветра, м·с ⁻¹			
– опыливание	2	2	2
– опрыскивание, 25 дм ³ /га и УМО	3	3	3
– опрыскивание, 50 дм ³ /га	4	4	4

В то же время, каждый вид авиационных работ имеет свои особенности и четко определенные технологические параметры, включающие ограничения по

температуре наружного воздуха, силе ветра, атмосферным осадкам, учитывается также физическое состояние препаратов, их летучесть, испаряемость, норма внесения на единицу площади. При этом, массово – медианный диаметр капель, мкм, и густота покрытия каплями объектов обработки, капель/см², при различных видах работ находятся в пределах от 220 до 330 мкм и от 50 до 150 капель/см² соответственно [18].

Следует отметить, что авиационная борьба с вредителями и сорняками, дефолиация и десикация разрешается только там, где есть условия для обеспечения безопасности полетов и применения пестицидов. С экономической и хозяйственной точки зрения, использование авиации выгодно лишь в тех случаях, когда проявляются ее преимущества – высокая производительность, сжатые сроки обработок, высокая экономия затрат труда [19].

К непригодным для пестицидной обработки, например, с самолета АН-2 (им выполняется более 95% общего объема авиационно-химических работ) относятся поля [108, 181]:

- с неровным рельефом и с углом наклона свыше 6°;
- сложной конфигурации;
- имеющие на самой территории или подходах к ней препятствия, не позволяющие осуществлять полеты на высотах, предусмотренных в инструкциях и указаниях по технологии авиационных работ;
- расположенные (по периметру) ближе, чем в одном километре от населенных пунктов, ферм и животноводческих комплексов и в два километра от рыбохозяйственных водоемов;
- поперек или по диагонали которых проходят электросиловые линии;
- имеющие препятствия, ограничивающие длину гона до 500 м.

При этом решающими являются такие факторы, как безопасность и экономическая целесообразность.

При организации авиационной борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками очень важно заранее определять поля, пригодные для использования летных машин.

Производительность авиации при УМО опрыскивании повышается на 40-60% в том случае, если обработки ведутся на объединенных участках.

Группы полей подбираются с таким расчетом, чтобы были выдержаны основные требования (продолжительность одного полета, количество разворотов, дальность полетов и перелетов между участками).

Пригодность полей для одновременной обработки их самолетом АН-2 определяется по средней затрате времени между ними (с учетом ширины поля), которая не должна превышать 1,6 мин, иначе производительность самолетов будет меньше, чем при раздельном опрыскивании полей.

Максимальное расстояние между участками не должно превышать 3,8 км, а раствора должно хватать до конца гона.

Для контроля химических работ, агротехнических и санитарно-гигиенических требований нужно иметь инструкции, наставления, приборы для определения температуры, скорости ветра и других показателей (анемометр, секундомер, высотомер, рулетка, эклиметр, транспортер и термометр).

Решающими факторами при авиаопрыскивании являются метеорологические условия: температура и относительная влажность воздуха, скорость ветра. Мелкокапельное опрыскивание следует прекращать при температуре выше 26 °С и относительной влажности в момент обработки ниже 50%. Необходимо соблюдать скорость ветра – при мелкокапельном и УМО опрыскивании – не более 3 м·с⁻¹, а при средне – и крупнокапельном – 4 м·с⁻¹.

Данные исследователей [18, 159] показывают, что волна аэродисперсного облака в высоту превышает 25 м от поверхности почвы, и сносимые капли распыленной жидкости могут переноситься на большие расстояния (иногда до 20 км). Поэтому применение гербицидов авиационными опрыскивателями должно производиться лишь там, где нет возможности использовать наземную технику, с учетом всех мер предосторожности, т.е. без ущерба сельскому хозяйству и окружающей среде.

Во многих районах нашей страны, в ряде зарубежных стран, где нет условий для безопасного применения авиации, химическая прополка авиационным

способом запрещена.

Во – первых, опрыскивать поля необходимо с определенной малой высоты (иначе воздушно-капельная смесь высохнет от восходящих от поля воздушных потоков, или будет унесена ветром и т.д.). На малой же высоте летать всегда опасно, нельзя отвлечься, расслабиться ни на секунду. На пути летчика могут оказаться деревья, постройки, крупногабаритная сельхозтехника, неровности ландшафта, провода и столбы линий электропередачи и др.

Во – вторых, летать нужно не по прямой, а постоянно маневрировать, разворачиваясь, менять скорость и высоту полета, заходить на поле с разных направлений относительно солнца и воздушных потоков, чтобы последовательно обработать всю его площадь.

В – третьих, в зависимости от размера поля, объема баков с рабочим раствором, расхода раствора, аппарат должен многократно садиться для дозаправки и вновь взлетать, а каждая посадка – это рискованный и сложный элемент пилотирования.

В – четвертых, летать необходимо на предельно низких скоростях, чтобы аккуратно распределить рабочий раствор по всей поверхности поля и при этом не зайти за его границы. Именно из-за совокупности этих ограничений происходят «заваливания» самолетов и дельтапланов на разворотах и другие аварии.

В – пятых, температурный режим также накладывает свои ограничения на безопасность полетов. Каждый двигатель надежно работает только при определенных интервалах температуры. Вот почему опрыскивание проводится утром или вечером, а не в течение светового дня. Теоретически можно было бы летать ночью, ориентируясь по приборам, но авиационными правилами ночные полеты на малых скоростях и высотах запрещены.

Потери пестицидов из-за их сноса достигают 90 %. При авиаобработках до 70 % распыленной рабочей жидкости пестицидов не достигает целевого объекта и за пределами обрабатываемого поля на расстоянии 1 км осаждается около 60 %. При работе авиационных опрыскивателей величина сноса обуславливается не только размерами капель и скоростью ветра, но и значительной высотой полета

(самолета, вертолета).

Установлено [18], что при авиаобработках, даже при идеальных погодных условиях, от 20 % до 60 % пестицидов не попадают на защищаемое поле, что естественно сказывается на чистоте окружающей среды.

Из всех наземных средств, предназначенных для опрыскивания полевых культур, наиболее высокую производительность обеспечивают вентиляторные опрыскиватели, работающие по методу нанесения пестицида «по ветру».

Вентиляторные опрыскиватели растений

Механизация МО опрыскивания осуществляется вентиляторными опрыскивателями: навесными ОН-400-3 и прицепными – ОВТ-1В и ОВТ-1А, работающими с расходом рабочей жидкости 15 – 50 дм³/га. Однако из-за высокой неравномерности распределения препарата по ширине захвата и большого сноса распыленной жидкости МО опрыскиванием с помощью вентиляторных машин не рекомендуется на химической прополке и при обработке участков небольших размеров и неправильной конфигурации [16].

При дистанционном опрыскивании распыленная жидкость наносится на обрабатываемый объект воздушным потоком, в том числе ветром. Во время обработки опрыскиватель движется перпендикулярно к направлению ветра или под углом не менее 45°. Рабочим органом опрыскивателя является сопло, в которое нагнетается воздух от вентилятора. Распыл жидкости в одних машинах достигается гидравлическими форсунками, устанавливаемыми в воздушном потоке (опрыскиватели ОВТ-1А), в других – пневматическим способом (опрыскиватели ОП-450, ОН-400-3, ОВТ-1В). В зависимости от угла наклона сопла к горизонтальной поверхности распыленная жидкость забрасывается на определенную высоту, затем ветром переносится на расстояния в несколько десятков метров от машины, где осаждается благодаря турбулентной диффузии. Достоинства этого способа опрыскивания: простота конструкций машин и их обслуживания, высокая маневренность, большая ширина захвата и, следовательно, высокая производительность. Несмотря на отмеченные достоинства, этот способ не может быть рекомендован для широкого при-

менения на химической прополке, так как имеет существенные недостатки: значительный снос распыленной жидкости и большую неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата [117], которая зачастую превышает допустимую агротехническими требованиями. Это снижает эффективность обработок и сдерживает широкое применение высокопроизводительного метода опрыскивания. Неравномерность распределения пестицидов по ширине захвата при применении гербицидов [16] опрыскивателями ОН-400-3 составляла от 76 до 142 %, ОП-450 – от 78 до 155 % и ОВТ-1А – от 62 до 91 %. К тому же ширина захвата дистанционных опрыскивателей, зависящая от скорости и направления ветра, – величина не постоянная, что также влияет на равномерность распределения препарата.

Высокая неравномерность [16] распределения препарата на обрабатываемом объекте присуща опрыскивателям дистанционного типа. Этот недостаток особенно проявляется на культурах, чувствительных к гербицидам. Существенный недостаток дистанционных опрыскивателей – снос распыленной жидкости за

пределы обрабатываемого участка. Так, например, при работе опрыскивателя ОН-400-3 при скорости ветра $3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ количество сносимой жидкости в процентах к количеству, осажденному на ширине захвата (60 м), на расстоянии 0 – 100 м составило 69 % при расходе $5 \text{ дм}^3/\text{га}$ и 62,97 % – при расходе $25 \text{ дм}^3/\text{га}$.

Приведенные данные [16] показывают, что снос распыленной жидкости при использовании дистанционных опрыскивателей значителен. Основное количество распыленной жидкости оседает на расстоянии до 200 м от края рабочего захвата машины, а мелкие капли сносятся на расстояния до 1 км и более.

Таким образом, при наземном вентиляторном, как и авиационном опрыскивании капли всех фракций сносятся на расстояние 1000 метров и более.

Поэтому опрыскивание растений в наибольшей степени осуществляется с применением штанговых опрыскивателей.

Штанговые опрыскиватели

Многочисленными исследованиями доказано, что наиболее рациональное использование пестицидов достигается при штанговом способе опрыскивания со

сниженными на 25 % – 50 % дозировками [17, 161].

Непрерывно совершенствуется технология МО опрыскивания штанговыми опрыскивателями с расходом рабочей жидкости от 50 до 100 дм³/га.

Исследованиями технологии УМО опрыскивания, применяемой в штанговых опрыскивателях, установлено, что в борьбе с вредителями и болезнями растений сокращается расход пестицидов, увеличивается производительность опрыскивателей, снижаются затраты труда. Широкими исследованиями установлено также, что при УМО опрыскивании (с расходом не разбавленного препарата от 0,5 до 5 дм³/га) достигается высокая эффективность – такая же, как при МО опрыскивании, исключается процесс приготовления рабочей жидкости, а заправка опрыскивателя сводится к одной за смену. Производительность машин при этом повышается на 20... 30 % [122].

Наряду с преимуществами УМО технологии выявлены и недостатки. Основными из них являются:

- большой снос распыленной жидкости, так как УМО опрыскивание осуществляется при высоком ее диспергировании (среднемассовый диаметр каплей составляет от 50 до 120 мкм);
- сложность дозирования рабочей жидкости;
- отсутствие визуального наблюдения за работой распылителя;
- высокая “агрессивность” препаратов УМО опрыскивания к материалам, применяемым в машиностроении;
- проникновение распыленных пестицидов к рабочему месту.

Все это привело к тому, что технология УМО опрыскивания, осуществляемая наземными машинами, не нашла пока широкого практического применения ни в одной стране мира, хотя этот способ опрыскивания известен давно, а в ряде стран разработаны промышленные образцы машин.

Устранение указанных недостатков может осуществляться следующим образом. Снос распыленной жидкости может быть уменьшен принудительным осаждением ее на обрабатываемый объект (воздушным потоком или путем электризации частиц).

Для дозирования препаратов УМО опрыскивания необходимы специальные

дозаторы, дроссели и расходомеры. Для обеспечения санитарно-гигиенических требований к условиям труда при УМО опрыскивании должны быть разработаны герметичные кабины тракторов с фильтрацией поступающего воздуха и адсорбцией химикатов. Для УМО опрыскивания необходимо синтезировать более широкий ассортимент препаратов, стоимость которых должна быть на уровне существующих. Успешное внедрение в практику сельского хозяйства прогрессивной технологии УМО опрыскивания возможно лишь при разрешении этих задач [122].

Многими специалистами отмечается перспективность этих способов, но их массовое применение (внедрение) требует высокой квалификации специалистов, выбора оптимальных доз пестицида, норм расхода жидкости, кратности обработок, увязки со стадией развития растений и степенью зараженности их вредителями и болезнями.

Штанговые опрыскиватели в основном оборудуются вращающимися и гидравлическими распылителями.

Штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями

В большинстве стран с развитым сельским хозяйством (США, Англия, Франция, Италия и др.) были разработаны, исследованы и испытаны фермерами несколько моделей штанговых опрыскивателей с вращающимися распылителями с гидро- и электроприводом. Они эксплуатировались на полидисперсных режимах распыления и без принудительного отделения мелких капель, но позволяли регулировать в образующемся спектре требуемый средний диаметр капель в пределах 50÷300 мкм при норме расхода жидкости в диапазоне 7–60 дм³/га. В зарубежной литературе появился термин (CDA Controlled Drop Application) – контролируемое капельное опрыскивание [183–186, 193–195].

Наибольшее распространение получили распылители с горизонтальным факелом распыла «Micromax» английской фирмы «Micron Sprayer» [185, 195]. Английские фермеры проводили сравнительные производственные испытания CDA и традиционных опрыскивателей. Результаты испытаний показали, что при правильно выбранном спектре размеров капель в конкретной ситуации можно без снижения биологической и хозяйственной эффективности снижать не только норму расхода рабочей жидкости

(с 200 до 10 $\text{дм}^3/\text{га}$), но и в 1,2–2 раза уменьшать рекомендуемые дозы некоторых пестицидов [185, 195]. Рекомендуемая область применения и норма расхода рабочей жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$: гербициды – 25 – 40 $\text{дм}^3/\text{га}$; фунгициды – 20 – 30 $\text{дм}^3/\text{га}$; инсектициды – 4 – 6 $\text{дм}^3/\text{га}$

Анализ развития отечественных и зарубежных технологий обработки гербицидами показывает, что тенденцией их совершенствования является постоянное снижение нормы расхода рабочих жидкостей и предотвращение отрицательного воздействия на окружающую среду [41, 126].

Многолетние исследования биологической и хозяйственной эффективности этого прогрессивного метода с расходом жидкости 10–50 $\text{дм}^3/\text{га}$ были завершены еще в 70-е годы.

“Первый опытно-промышленный штанговый опрыскиватель с вращающимися насадками испытан ГСКБ «Львовхимсельмаш» и ВНИИФ [42]. Оценка влияния нормы расхода гербицидов приведена в работах” [41, 128]. Результаты опытов [41, 50, 129, 160, 161, 165, 166] подтвердили, что отличие по норме расхода рабочего раствора 200–300 $\text{дм}^3/\text{га}$ и 5–50 $\text{дм}^3/\text{га}$ существенно не сказывается на эффективности используемых гербицидов.

Основные показатели штанговых опрыскивателей с вращающимися распылителями различных изготовителей, обеспечивающими норму расхода рабочей жидкости 15–30 $\text{дм}^3/\text{га}$, приведены в таблице 1.4 [125].



а) – общий вид “штангового опрыскивателя «Заря ОП-2000Г» на базе автомобиля ГАЗ-66 (ширина захвата 28 м, шаг установки распылителей 1,5 м);
б) – общий вид вращающегося механического распылителя «Заря»

Рисунок 1.3 – Штанговый опрыскиватель с распылителем «Заря» «Заря ОП-2000Г» на базе автомобиля ГАЗ-66 [125]

Т а б л и ц а 1.4 – Основные показатели по ширине захвата и норме расхода жидкости 15–30 дм³/га для штанговых опрыскивателей, оснащенных вращающимися распылителями

Тип опрыскивателя	Изготовитель, координаты	Ширина захвата, м	Норма расхода жидкости, дм ³ /га
1	2	3	4
ОН-600, ОП-2000	Группа компаний «Заря», г. Миасс Челябинской обл.	12–21	10–100
ОП-2000Г, ОП-2500Г на базе автомобиля ГАЗ-66		24–30	
Комплекты переоборудования опрыскивающей системой «Заря»		12–18	
«Туман-21»	ОАО «Оптрон», г. Ставрополь	12–18	-
«Туман-22» на базе автомобиля ГАЗ-66		24	-
Универсальные опрыскивающие системы УОС	НПП «ЮНА ВЭК.С», г. Ставрополь	18–24	10–140
КР.02.95. УОС КР.03.02			
Комплекты с опрыскивающей системой «Радуга»	СП ООО «Интер Агротех» г. Миасс Челябинской обл.	12–18	10–100
ОРЭН-18		18	
ОРЭА-21 на базе автомобиля ГАЗ-66		21	
АМО «Кубань» на базе автомобиля ГАЗ-66	ООО ТПК «АСГАРД», Кубань	30	
Навесные, прицепные: «Виктория» и на базе автомобиля ГАЗ-66	ООО «АгроПромЭнерго», г. Краснодар	14–24	10–300
ОНМ-600	ООО «Ставропольский экспериментальный завод».	18	10–30
ОП УМО-01-21 – опрыскивающая система КР0295 на базе автомобиля ГАЗ-66	Аэросоюз-01	21	15–20
Пневмоход на базе автомобиля ГАЗ-60	ООО НПО Хозинфекционный центр», г. Пенза	-	-

Штанговый опрыскиватель с распылителями «Заря» марки «Заря ОП-2000Г» на базе автомобиля ГАЗ-66 представлен на рисунке 1.3.

Удерживание капель на целевом объекте, образующихся вращающимися распылителями «Радуга», «Заря», «Плодородие» и «Юнавекс», происходит за счет качественного распыления рабочих растворов жидкостей [39, 127, 115, 182]. Общий вид этих распылителей приведен на рисунке 1.4 [120].



«Радуга»



«Заря»



«Плодородие»



«Юнавекс»

Рисунок 1.4 – Механические вращающиеся распылители (общий вид)

Анализ результатов исследований (рисунок 1.3) [127, 83, 31, 36, 60, 113, 115, 116, 119, 125, 130, 163, 182], показывают, что:

– осаждение капель на обрабатываемые растения размером < 60 мкм трудно;

– при равных дозах пестицида эффективность опрыскивания вегетирующих растений системными фунгицидами или гербицидами зависит от плотности отложения капель (густоты покрытия каплями обрабатываемой горизонтальной поверхности, капель/см²) и не зависит от нормы расхода жидкости. Оптимальные параметры при опрыскивании гербицидами составляют $pt = 150\text{--}250$ мкм и $N \geq 30$ капель/см², а фунгицидами – $opt = 100\text{--}150$ мкм и $N \geq 50$ капель/см², что соответствует норме расхода рабочей жидкости 5–10 дм³/га;

– при внесении почвенных гербицидов (в отсутствии растений), с целью создания так называемого «защитного экрана», размер капель не имеет решающего значения и требуемый уровень дискретности лимитируется лишь условиями минимального сноса частиц ветром. Оптимальный размер капель при этом составляет 250–300 мкм, плотность покрытия $N \geq 20$ капель/см², что также соответствует норме расхода жидкости 5–10 дм³/га;

– при борьбе с вредителями оптимальный размер капель рабочего раствора инсектицида не является постоянной величиной и зависит от характера биологической активности препарата, размера насекомого, способа его питания и морфологии, места обитания, типа растительного покрова, фазы развития защищаемой культуры. Оптимальная величина капель колеблется при этом от 10–20 мкм для мелких насекомых, обитающих в густой растительности с устойчивым состоянием приземного слоя атмосферы, и до 50–80 мкм для крупных летающих насекомых в открытой местности в условиях неустойчивой атмосферы.

Теоретически и экспериментально установлено, что равномерность распределения жидкости по ширине захвата и осаждение ее на растениях начинает ухудшаться с увеличением диаметра капель $d > 70$ мкм, поскольку мелкие капли сильно подвержены сносу ветром, это может являться ограничением, способствующим повышению равномерности распределения препарата по обрабатываемому объекту [38].

Штанговые опрыскиватели с гидравлическими плоскофакельными распылителями

“Импортные гидравлические плоскофакельные распылители, изготавливаемые различными фирмами, взаимозаменяемы, стандартизированы. ” Стандартный и антисносный распылитель должен иметь расход 1,18 дм³/мин при давлении 0,3 Мпа [123].

“Комплектуемыми изделиями производства Италии и Германии оснащаются тракторные штанговые полуприцепные (ОПМ-2001, ОПМ-2505 В) и навесные (ОНШ-400, ОНШ-600, ОНШ-750) опрыскиватели с шириной захвата от 6 до

24 м". На рисунке 1.5 показана одна из последних моделей таких опрыскивателей.

Прицепной полевой опрыскиватель ОПМ-2505 В предназначен для МО опрыскивания растений [123].



Рисунок 1.5 – Прицепной опрыскиватель ОПМ-2505 В

Сравнительная техническая характеристика подобного класса опрыскивателей приведена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Сравнительная техническая характеристика штанговых опрыскивателей

Показатели	ОПМ-2505В	ОП-18-2500 (ООО «Влад-маш», г. Москва)	ОП-2500М-24 «Булгар» (ОАО «Казанская сельхозтехника»)	824 (фирма «John Deere» США)
Производительность, га/ч	10,8...21,6	12...21,6	17...22	н.д.
Ширина захвата, м	18;22;24	18...22	24	15...30
Рабочая скорость, км/ч	6...10	8...12	до 10	10...15
Вместимость рабочего бака дм ³	2500	2500	2500	2400
Расход рабочей жидкости, дм ³ /га	75...300	75...300	75...300	н.д.
Производительность насоса, дм ³ /мин	150...260	130	200	280
Габаритные размеры, мм	5320x2690x2500	5200x2500x2300	5100x2650x2250	2550x3440 (ширина x высота)
Масса, кг	1450	1258	2500	3350

Примечание: данные предприятий-изготовителей

По сравнению с приведенными в таблице 1.4 данными "прицепные опрыскиватели JNUMA MARATHON (Германия) имеют вместимость рабочих резервуаров до 14 тыс. литров и ширину захвата штанги" до 37 м (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Общий вид прицепного опрыскивателя JNUMA MARATHON

В практическом использовании этого опрыскивателя (рисунок 1,6) колебания штанги создают проблему по распределению рабочего раствора по ширине опрыскивания, так и возможности поломки штанги.

На российский рынок поставляется "Dammann" с шириной захвата 24–42 м и рабочей емкостью 4–10 тыс. литров (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Самоходный опрыскиватель фирмы DAMMANN (Германия) с вместимостью резервуаров до 10 тыс. литров и шириной захвата до 42 м

Опрыскиватель фирмы DAMMANN (Германия) оборудован системой контроля агротехнологических процессов. Однако такому опрыскивателю присущи недостатки прицепного опрыскивателя JNUMA MARATHON.

Компания «Беловеж» предлагает сверхлегкий самоходный полевой опрыскиватель ОПШ-05 на шинах-оболочках низкого давления (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Самоходный опрыскиватель ОПШ-05 на шинах-оболочках низкого давления

Высокая скорость опрыскивателя ОПШ-05 в поле (15 – 50 км/ч) выполняет обработку до 200–300 га за смену. Однако при высокой скорости факелы распыляемой жидкости значительно изгибаются, что «хорошо наблюдается с краев штанги, и капли в значительной степени сносятся в окружающую среду. За техническим средством, создаваемая значительная турбулентность воздушного потока способствует неуправляемому распространению капель».

Поток воздуха захватывает более легкие медленно движущиеся капли и не дает им возможности попасть на листья растений. Чем выше скорость перемещения современных опрыскивателей, тем больше создаваемый поток воздуха. При увеличении поступательной скорости вдвое – коэффициент турбулентности возрастает в 4 раза.

Высокая скорость опрыскивателя возможна при соответствующей высоте расположения штанги. Высота штанги и ее колебания в горизонтальной и вертикальной плоскостях влияют на равномерность распределения рабочей жидкости на эффективной ширине захвата, а также на снос распыленной жидкости ветром [118]. Кроме того, на равномерность распределения рабочей жидкости, влияют неровности микрорельефа почвы при различной высоте распылителей относительно обрабатываемой поверхности и степень воздействия турбулентных потоков воздуха при порывах ветра на капли распыляемой рабочей жидкости. При изменении высоты штанги всего на 10 см норма расхода в зоне перекрытия увеличивается на 40%, а в остальной зоне снижается на 30%. Такие изменения высоты штанги приводят к снижению урожайности из-за недостаточного контроля сорняков в зоне «недовнесения» и возможной токсичности из-за передозировки. Особенно сильное влияние высоты штанги проявляется при работе со сниженными и минимальными нормами препаратов. Увеличение высоты штанги на 10 см увеличивает потери препарата из-за сноса в 2 раза, которые дополнительно увеличиваются при сильном ветре. На неравномерность распределения препарата сказываются также колебания скорости трактора, работа насоса, регулятора давления и т.д. При скорости движения машинно-тракторного агрегата (МТА) более 8 км/ч амплитуда колебания штанги длиной 12 м может достигать ± 20 см. Идеальной считается высота штанги, при которой пересечение факелов распыла происходит на середине расстояния между штангой и почвой (либо уровнем обрабатываемой поверхности). Высота штанги определяется фактическим углом факела распыла жидкости. Для распылителей с углом факела распыла $110...^{\circ}$ - $120...^{\circ}$ оптимальная высота штанги должна составлять 50 см

Испытания компании «Сингента» показали, что для злаковых культур на стадии GS 31 (начало выхода в трубку) при снижении высоты штанги с 66 см до 33 см над уровнем растительности количество препарата, попавшего на широколиственные сорняки, увеличивается на 30%. В то же время все производители распылителей считают, что высота 40 см – минимальная допустимая при использовании целевых распылителей с углом факела распыла $110...^{\circ}$. Оптимальная высота штанги для плоскофакельных целевых распылителей составляет 50 см над

поверхностью целевого объекта [118].

Испытания компании «Сингента» показали, что для злаковых культур на стадии GS 31 (начало выхода в трубку) при снижении высоты штанги с 66 см до 33 см над уровнем растительности количество препарата, попавшего на широколиственные сорняки, увеличивается на 30%. В то же время все производители распылителей считают, что высота 40 см – минимальная допустимая при использовании щелевых распылителей с углом факела распыла $110...^\circ$. Оптимальная высота штанги для плоскофакельных щелевых распылителей составляет 50 см над поверхностью целевого объекта [118].

Испытания Silsoe Research Institute показали, что дрейф капель из факела распыла резко возрастает при высоте штанги свыше 70 см. Для распыления на стадии обработки по колосу с использованием распылителя amistar Nozzle устанавливать штангу необходимо на высоте 50 см от целевого объекта с целью максимального попадания препарата на верхнюю часть растений.

Опрыскивание при высоте расположения штанги от целевого объекта 1 м резко снижает эффективность обработки и категорически не рекомендуется.

Влияние высоты расположения штанги от целевого объекта на снос распыленной жидкости ветром иллюстрируется фрагментами технологического процесса работы опрыскивателя на рисунке 1.9 при высоте штанги от целевого объекта 50 см (вид а)) и 80 см (вид б)).

По рисунку 1.9 (вид б)) хорошо видно, что при высоте штанги над целевым объектом 80 см увеличивается снос капель в окружающую среду.

Кроме расположения по высоте штанги на качество распыла также влияет и скорость перемещения опрыскивателя. В опрыскивателях, оборудованных автоматическим управлением подачей рабочей жидкости, при увеличении скорости движения МТА ее давление увеличивается пропорционально квадрату увеличения скорости. Для небольшого увеличения скорости требуется значительное увеличение давления ради поддержания необходимого расхода рабочей жидкости на гектар.



а) –высота штанги над растениями 50 см;



б) –высота штанги над растениями 80 см;

Рисунок 1.9 – Высота расположения штанги при использовании щелевых распылителей с углом факела распыла $110 \dots^\circ$ [3]

Таким образом, высокое давление рабочей жидкости приводит к формированию мелкодисперсного распыла и значительному увеличению ее сноса [118]. Чем выше скорость опрыскивателя, тем меньше проникающая способность капель вглубь злаковых культур. По данным этих исследований это плохо сказывается при гербицидных обработках против злаковых сорняков на ранних стадиях развития.

При этом исходить при выборе оптимальной скорости необходимо из нескольких факторов, учитывая снос капель.

При скорости движения МТА более 12-15 км/ч эффективность обработки будет значительно ниже. При высокой скорости МТА происходит резкое увеличение колебаний штанги, которые сказываются на неравномерности жидкости по ширине опрыскивания.

Приведенные выше сведения свидетельствуют о том, что наиболее рациональной высотой штанги над целевым объектом рекомендуется 50 см, при которой скорость опрыскивателя не должна превышать 14 км/ч.

1.2 Техничко-технологические решения, снижающие снос капель

Для устранения недостатков существующей системы методов и средств их реализации для технологии опрыскивания растений известны конструктивно-технологические решения, которые можно классифицировать данными, приведенными на рисунке 1.10.

Прежде всего, к таким устройствам [40], относится дисковый распылитель по рисунку 1.11, с патрубком воздуховода в форме конфузора и соосно расположенный с ним вращающийся диск 2.

Работа по опрыскиванию растений состоит в следующем [53а].

Поступающий раствор пестицида в центр вращающегося диска растекается в виде тонкой пленки, смачивая всю его поверхность. В результате вращения дискового распылителя, создаваемые монодисперсные капли раствора пестицида сбрасываются с кромки диска центробежными силами, обдуваются соосным воздушным потоком и переносятся к поверхности почвы и растениям.

Основным недостатком его является то, что патрубок воздуховода в форме конфузора, соосно расположенный над диском, не обеспечивает достаточную ширину распределения раствора пестицида на поверхности почвы и растениях из-за ограниченной возможности распространения кольцеобразной струи в ее поперечном направлении.

Например, при диаметре диска $0,16$ м, ширине кольцевого сечения $0,01$ м и расстоянии до объектов обработки $0,6$ м, диаметр следа капель на поверхности почвы составляет всего $0,44$ м.

Например, при диаметре диска $0,16$ м, ширине кольцевого сечения $0,01$ м и расстоянии до объектов обработки $0,6$ м, диаметр следа капель на поверхности почвы составляет всего $0,44$ м.

Диаметр следа капель D_x , м, пневмотранспортируемых на расстоянии x , м, с учетом закономерностей распространения воздушного потока, выходящего из кольцевого сечения, определяется по формуле [40]:

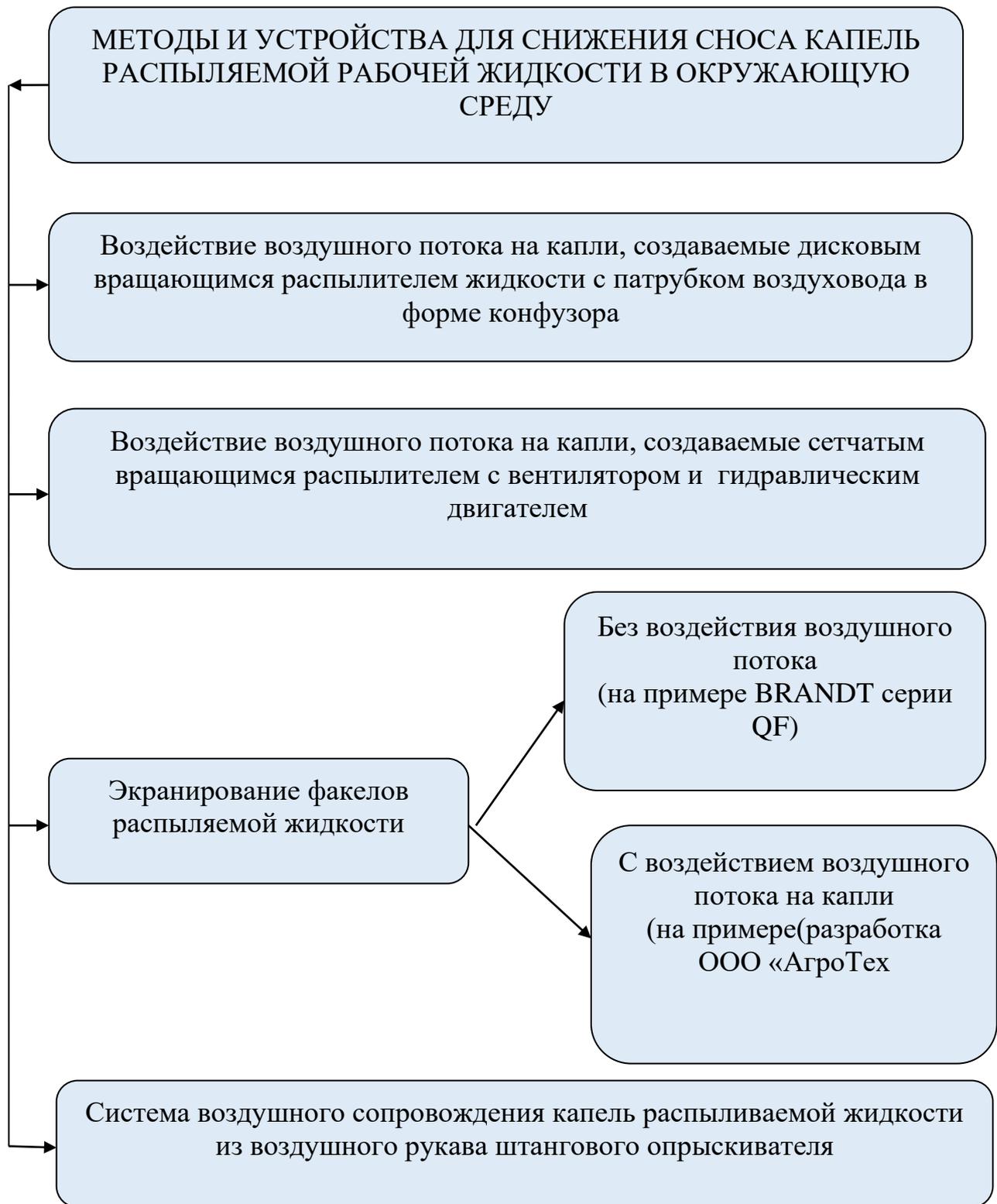
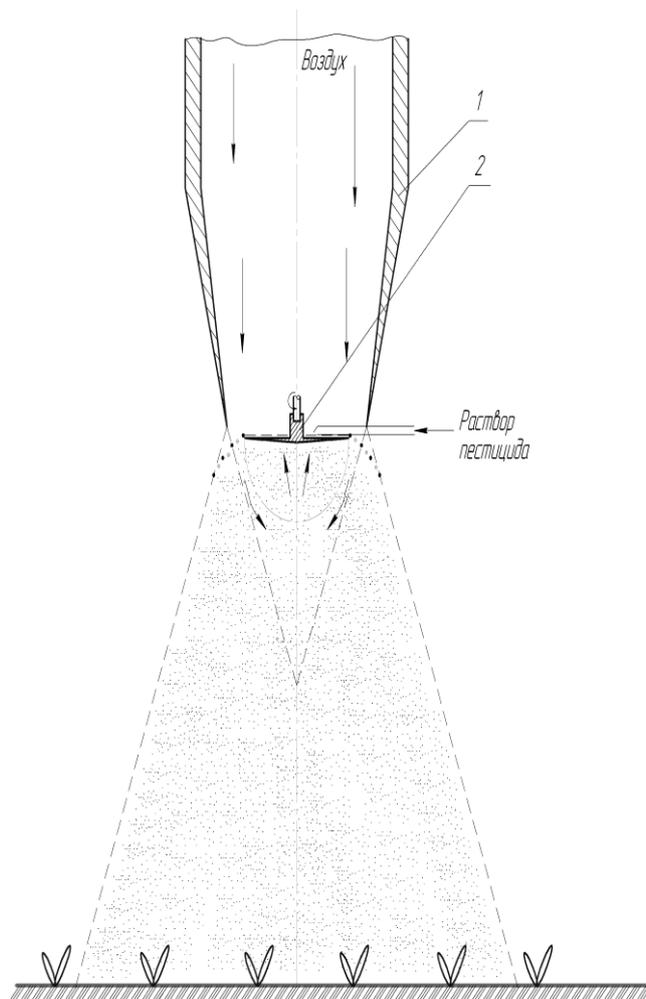


Рисунок 1.10 – Классификация известных методов и устройств для воздушного воздействия на капли распыляемой рабочей жидкости и экранирования факелов распыла, уменьшающие снос капель в окружающую среду



1 – патрубок воздуховода в форме конфузора; 2 – вращающийся диск

Рисунок 1.11 – Схема дискового распылителя растворов пестицидов на растения

$$D_x = 4,8ax + 2\delta_o + d_{\text{диска}} + d_{\text{щели}}, \quad (1.1)$$

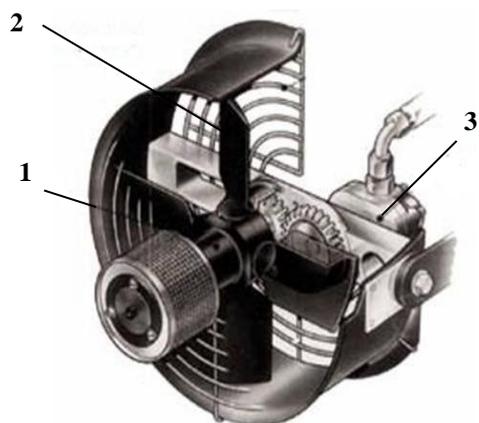
где $d_{\text{диска}}$, $d_{\text{щели}}$ – диаметр диска и щели устройства, м, соответственно;

$a = 0,09 - 0,12$ – коэффициент структуры струи;

δ_o – полуширина щелевого сопла, м.

Применение устройства (рисунок 1.9) обусловлено значительными затратами материальных средств.

Для снижения сноса капель распыляемой жидкости вращающимися распылителями с обдувом направленным воздушным потоком известна конструкция штангового опрыскивателя, приведенного на рисунке 1.12 [122].



1 – распылитель сетчатый; 2 – подвижная лопасть вентилятора;

3 – гидравлический двигатель

а)

б)

Рисунок 1.12 – Конструкция вращающегося распылителя, обтекаемого потоком воздуха, (вид а)) и внешний вид штангового опрыскивателя (вид б))

Обдув капель факела распыла, создаваемый вращающимся сетчатым распылителем, осуществляется в нем скоростным воздушным потоком осевого вентилятора.

Однако несмотря на надежные многолетние результаты исследований штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями пока не получили широкого распространения» [120].

С учетом этого совершенствование методов и средств внесения пестицидов опрыскивателями с вращающимися распылителями представляет в настоящее время весьма актуальную народно-хозяйственную проблему.

Однако пока сниженный на 25 % - 50 % расход пестицидов [36] наиболее рационально используется с гидравлическими распылителями при штанговом способе опрыскивания.

Известен также прицепной штанговый опрыскиватель с защитными экранами факелов распыляемой рабочей жидкости (BRANDT серии QF) (рисунок 1.13).

Опрыскиватели Brandt серии QF имеют опорные колеса на штанге, что гарантирует улучшенное копирование рельефа поля. Предназначены они специально для технологии No-Till.

Однако опрыскиватели Brandt серии QF ограничены в универсальном применении современных технологий (в выборе скоростей движения и снижения расходов рабочей жидкости).



Рисунок 1.13 – Штанговый опрыскиватель с защитными экранами факелов распыляемой рабочей жидкости (BRANDT серии QF)

Для использования воздушного потока при опрыскивании растений компанией ООО «АгроТех» (г. Краснодар) разработан экспериментальный образец навесного штангового опрыскивателя с аналогичными защитными экранами (рисунок 1.14).



Рисунок 1.14 – Общий вид экспериментального образца навесного штангового опрыскивателя с защитными экранами и воздушным сопровождением капель факелов распыляемой рабочей жидкости к объектам обработки (разработка ООО «АгроТех»)

Опыты по использованию такого опрыскивателя показали, что при обтекании воздушным потоком корпуса и факела распыляемой жидкости образующиеся турбулентные завихрения обуславливают коагуляцию капель и непроизводительные потери дорогих препаратов. Расход воздушного потока из-за гидравлических сопротивлений в пневмопроводах разной длины различен, что также влияет на количество капель в факелах распыла и на равномерность их распределения по ширине обработки. Количество распылителей на штанге не сокращается и расход рабочего раствора не снижается.

ЗАО «Агриматко» поставляет навесные, прицепные и самоходные опрыскиватели компании «Jacto» с шириной захвата 18–24 м и вместимостью рабочих резервуаров 0,6–2,5 тыс. л) и воздушным рукавом (рисунок 1.15).



Рисунок 1.15 – Опрыскиватель с воздушным рукавом
ADVANCE VORTEX 2000E [122]

Прицепные и самоходные опрыскиватели выпускают так же компании «HARDI», «JACTO», «BERTHOUD» и др [60]. Мелкие капли ($d < 50$ мкм), наиболее подверженные сносу, ведут себя в соответствии с физическими закономерностями инерционного осаждения на обтекаемом препятствии; только небольшая их часть оседает на растениях, остальные сносятся за пределы обрабатываемого участка [39, 8].

"Исследованиями, проведенными во ВНИИФ, установлена гербицидная активность препаратов" [156, 164].

С принудительным осаждением капель факела распыла на объекты обработки опрыскиватели, по мнению их производителей, позволяют работать на более высоких скоростях до 12 км/ч и при ветре до $8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ в сочетании с быстрым изменением угла атаки штанги по отношению к земле. Штанга может изменять свое положение относительно оси, разворачиваясь вперед и назад.

Таким образом, анализ предшествующих исследований показал, что применение методов и средств опрыскивания объектов назначения должно быть основано не только на результатах испытаний, а также в результате исследований.

1.3 Анализ конструкций распылителей опрыскивателей

Анализ конструкций распылителей опрыскивателей показывает, что в настоящее время для защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур наибольшее применение получили щелевые распылители рабочей жидкости с углом факела распыла от 60...° до 120 ...° [59, 114, 169].

Большая часть мелких капель от щелевых распылителей полидисперсной жидкости теряется вследствие сноса мелких капель, испарения рабочей жидкости (на водной основе), осаждения за пределы обрабатываемого участка (объекта), а также стекания крупных капель на почву. Мелкие капли (порядка 30-40 мкм) уносятся ветром, а крупные (350-800 мкм) стекают на почву (как при обработке веником) и только 10-20 % распыляемых пестицидов (капли 80-300 мкм) используется полезно.

Следует отметить, что в рекламных проспектах по применению распылителей приводятся данные по расходу рабочего раствора ($\text{дм}^3/\text{га}$) в зависимости от создаваемого давления для различных типов сопел распылителей. В то же время, отсутствуют сведения о дисперсности и количестве осаждения капель на нормативную площадь (1 см^2) обрабатываемой поверхности в зависимости от высоты расположения распылителя над объектами обработки (300, 400, 500, 600, 700, 800 мм и более) [33] и рабочей скорости движения опрыскивателя.

Актуальность исследований в области разработки методов и средств испытаний распылителей опрыскивателей обусловлена появлением на Российском рынке различных конструкций распылителей, как отечественного, так и зарубежного производства. В инструкциях и рекомендациях по их применению не в полном объеме представляется номенклатура показателей качества выполнения технологического процесса. Традиционно используемые в настоящее время щелевые распылители имеют большое количество недостатков, связанных с созданием постоянного распределения рабочих капель и необходимостью использования большого количества воды. Не отражена взаимосвязь таких характеристик как дисперсность, густота покрытия каплями обрабатываемых объектов и неравномерность распределения параметров по ширине факела распыла в зависимости от

скорости движения опрыскивателя, высоты расположения распылителей над объектами и установки выходных щелей распылителей под углом относительно продольной оси штанги.

Современная техника обеспечивает точную навигацию и позволяет управлять расходом рабочей жидкости в зависимости от скорости движения опрыскивателя. Однако вопрос качества технологического процесса опрыскивания является актуальным до сих пор.

Недостатком таких подходов является качественная оценка по результатам исследований классов размеров капель в статическом положении факела распыла жидкости. В технологическом процессе распылителя опрыскивателя существует зависимость от многих факторов вредного организма и защищаемой растительности, а также физических свойств и препаративной формы вещества. Поэтому получение информации о технологиях возможно в результате испытаний и процесса работы распылителей с применением соответствующих методов и средств.

1.4 Методы и средства исследований характеристик распылителей

Классификация показателей и средств их определения для технологии опрыскивания представлена схемой на рисунке 1.16 [32, 33, 59].

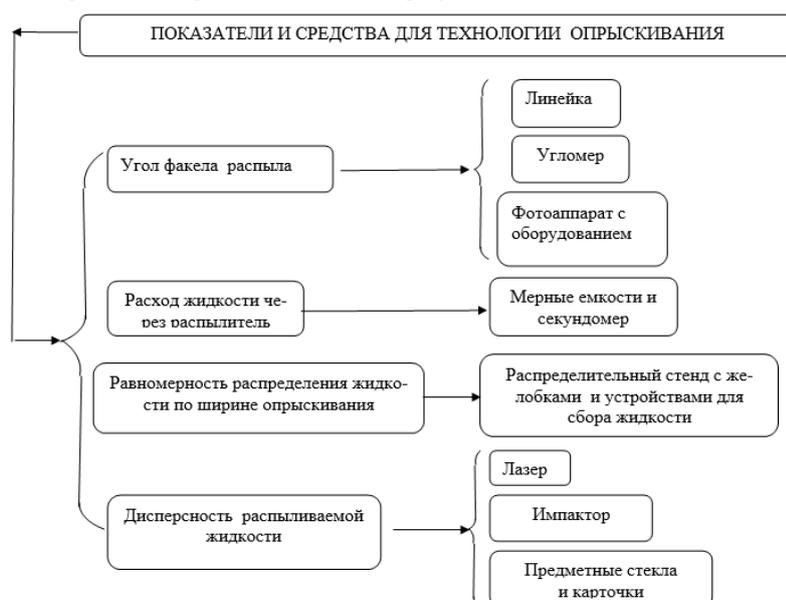


Рисунок 1.16 – Классификация показателей и средств их определения для технологии опрыскивания

Важнейшим показателем для защитного опрыскивания растений является угол факела распыла жидкости, схема которого приведена на рисунке 1.17 [59].

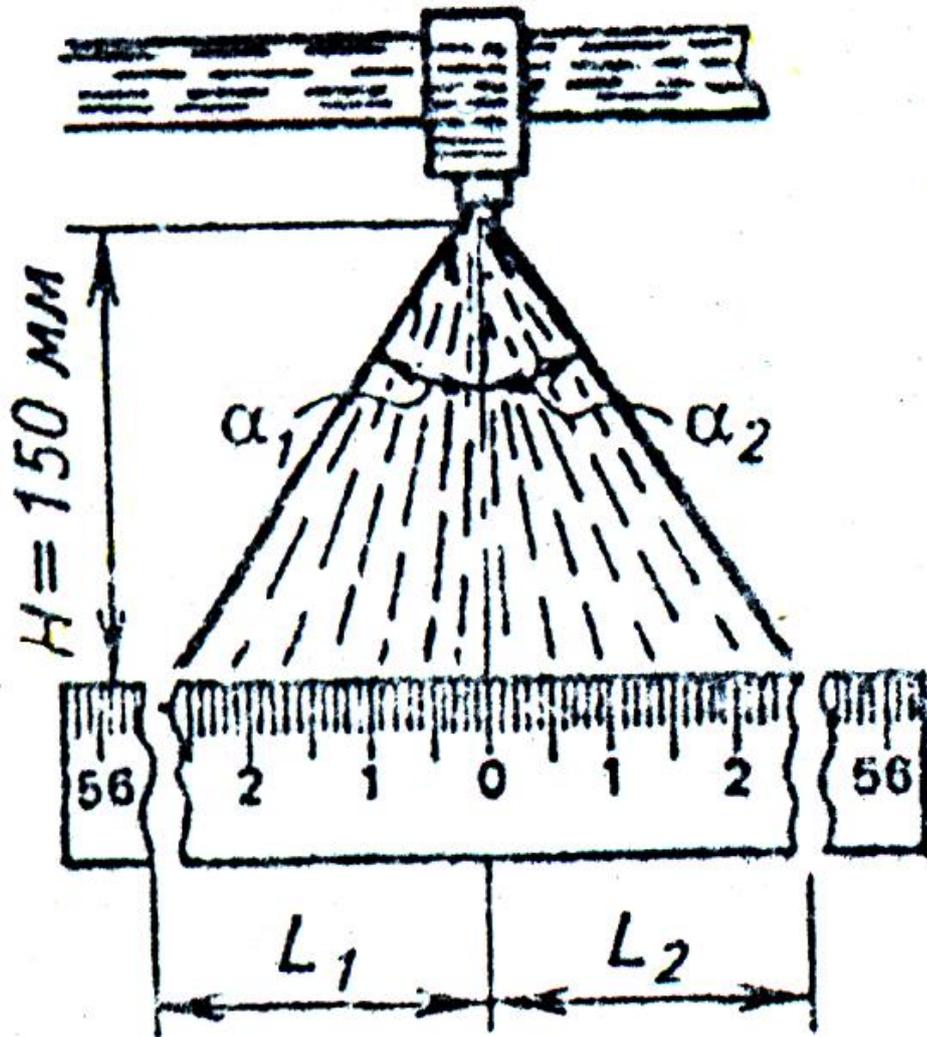


Рисунок 1.17 – Схема факела распыляемой жидкости

Величины углов α_1 и α_2 рассчитываются по формулам (1.2) и (1.3).

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{L_1}{H}, \quad (1.2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{L_2}{H}, \quad (1.3)$$

где α_1, α_2 – половинные углы факела;

L_1, L_2 – основания прямоугольных треугольников

Полный угол факела распыла равен сумме углов α и α .

Известны также методы и устройства, позволяющие определять симметричность факела распыляемой жидкости относительно выходного отверстия сопла распылителя и величину половинных углов в градусах, включающие фотоаппарат, фотовспышку, химические реактивы, оборудование для проявления фотопленок и приборы (угломеры, линейки) для измерения половинных углов, образованных прямыми внешними участками струи и осью сопла распылителя [3, 32]. Проведение работ с помощью существующих средств измерений углов факела распыляемой жидкости трудоемко и не соответствует современным требованиям в части выполнения требований по технологии нанесения пестицидов на объекты обработки. Трудоемкость получения статистических данных о величине углов факела распыляемой жидкости обусловлена большим объемом проведения работ. Например, при испытании девяти типов и цветовых кодов щелевых сопел распылителей при давлениях жидкости от 0,1 МПа до 0,6 МПа и трех повторностях опыта необходимо провести 540 измерений половинных углов факела распыливаемой жидкости. При испытании 20 комплектов распылителей одного и того же типа, в соответствии с требованиями ИСО 5682/1-81, число измерений увеличивается [84]. На показатели распыляемой жидкости влияют и размеры сопел распылителей. Сопла форсунок имеют значительные отклонения от номинального значения, не калибруются [21,22].

При устойчивом режиме работы распылителя обычно осуществляют сбор жидкости из желобков распределительного стенда в специальные мерные стаканчики. Улавливание капель осуществляют на предметные стекла, покрытые пленкой силикона. Распыление жидкости распылителем проводят на высотах 400, 500, 600 и 700 мм. Предметные стекла устанавливают на штативе горизонтально на расстоянии 0,5 м от земли, центрированные вдоль линии перпендикулярно к оси движения распылителя, расположенные на определенном расстоянии друг от друга вдоль всей ширины захвата.

Имеется и способ для испытания опрыскивателей и устройства для его осуществления [135], включающие оборудование и приборы для измерения и определения густоты покрытия каплями обрабатываемой поверхности, дисперсности

капель факела распыла и сбора жидкости. Дисперсность распыляемой жидкости и густоту покрытия объектов обработки каплями в штуках на квадратный сантиметр определяют путем измерения размеров и подсчета капель посредством микроскопа.

При стационарном расположении работающего опрыскивателя отбор проб жидкости производится в специальные сборники, проходящие над поверхностью почвы через зоны факелов распыла со скоростью в несколько раз меньше рабочей скорости опрыскивателя.

Недостатки этих методов и устройств оценки функциональных показателей распылителей опрыскивателей обусловлены большим объемом подготовки и периодичностью процессов проведения повторностей опытов при испытании распылителей. Определение необходимых характеристик связано также с трудностями обеспечения скорости перемещения распыливающих устройств на стендах, присущих технологическим режимам работы реального опрыскивателя, что делает невозможным получение достоверных сведений о густоте покрытия объектов обработки и дисперсности капель. Характеристики густоты и дисперсности на объектах обработки при движении распылителя в стендовых условиях не успевают реализоваться, как это происходит в реальных условиях. Для формирования формы факела распыла в стендовых условиях необходим определенный промежуток времени, достаточный для оседания капель различного размера (скорость оседания капель размером от 150 до 300 мкм составляет от 76 до 260 см·с⁻¹). Это в свою очередь обуславливает необходимость создания металлоемких и крупно-габаритных конструкций стендов.

Определение расхода рабочего раствора через распылители [32] показано рисунком 1.18.



Рисунок 1.18 – Определение расхода рабочего раствора в полевых условиях

При установившемся давлении при этом строго в течение одной минуты проверяется выход жидкости из распылителей. Расход жидкости из всех распылителей определяется по среднему значению. При отличии расхода более 5 % - распылители заменяются на новые. После замены проверку повторяют.

Для статического испытания распылителей применяются методы и устройства [167, 21, 22], включающие оборудование и приборы для определения "равномерности распределения жидкости по ширине опрыскивания и дисперсности капель факела распыла (рисунки 1.16 – 1.20".

"Для проверки работоспособности опрыскивающей техники в лаборатории известен стенд, показанный на рисунке 1.19".



Рисунок 1.19 – Стенд для проверки работоспособности опрыскивающей техники в лабораторных условиях

При работающих распылителях опрыскивателя (рисунок 1.19.) жидкость собирается в емкости [53]. Размер и густота капель при этом не оценивается.

Для определения равномерности распределения жидкости по ширине опрыскивания (рисунок 1.20) распыливание жидкости на заданной высоте осуществляется в желобки с последующим ее сбором в мерные цилиндры.

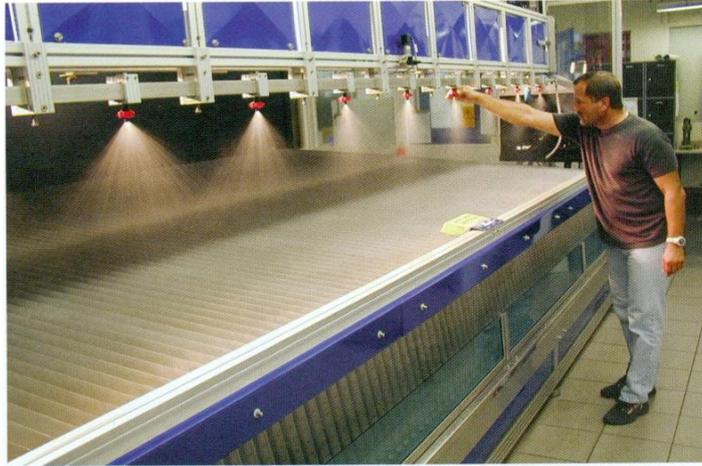


Рисунок 1.20 – Стенд для определения равномерности распределения жидкости по ширине опрыскивания (Catalog 51 Teejet Technologies [53])

Для определения распределения жидкости по каждому распылителю применяется оборудование, общий вид которого показан на рисунке 1.21.



а)

б)

а) – стенд для определения равномерности распределения жидкости по ширине опрыскивания одним распылителем;
б) – емкости для сбора жидкости

Рисунок 1.21 – Стенд для определения равномерности распределения жидкости по ширине опрыскивания одним распылителем

Однако приведенные на рисунках 1.19 – 1.21 стенды и устройства не обеспечивают получение основных важных для технологий опрыскивателей показатели дисперсности.

Общеизвестны методы и средства для тестирования распылителей опрыскивателей [32, 33], содержащие распределительный стенд с оборудованием и приборами для определения и измерения классовых размеров капель (рисунок 1.22).

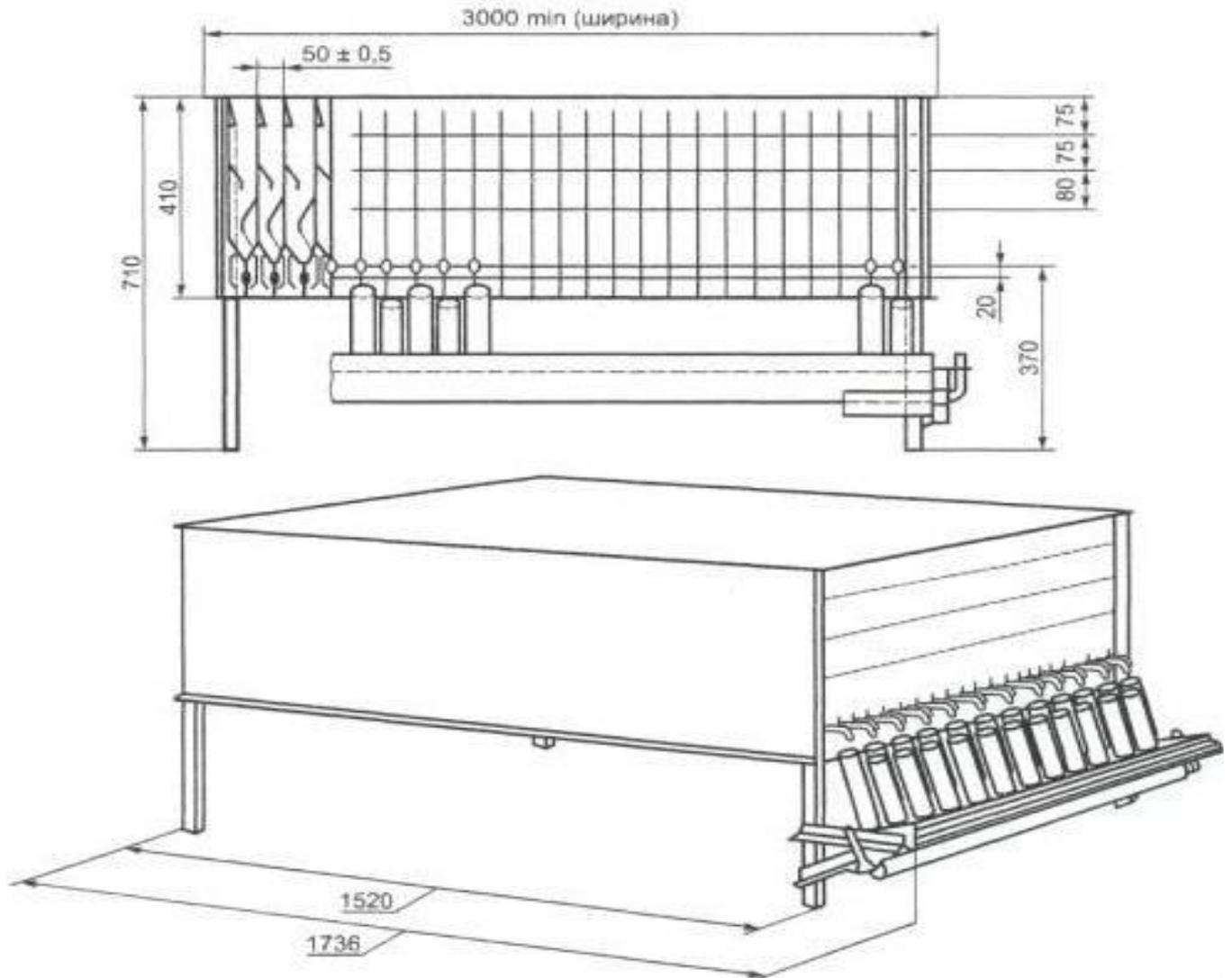


Рисунок 1.22 – Схема распределительного стенда для испытания распылителей опрыскивателей [33]

Характеристики распылителей на распределительном стенде (рисунок 1.22) определяют в статическом режиме работы распылителя [33].

Общий вид стенда для испытания распылителей и получения сведений о дисперсных характеристиках распыляемой жидкости приведен на следующем рисунке 1.23 [53].



Рисунок 1.23 – Стенд для испытания распылителей (общий вид)

Несовершенство конструктивного исполнения стендов [32, 33] обусловлено сложностью воспроизведения технологических режимов работы распылителя, условно соответствующих его работе в составе опрыскивателя, а соответственно и невозможностью получения объективных данных о густоте покрытия каплями объектов обработки, распределении жидкости по ширине факела распыла и количестве сносимой жидкости в форме мелкодисперсного аэрозоля.

Актуальность разработки методов и средств оценки характеристик распылителей жидкости опрыскивателей обусловлена, как отмечалось ранее, с «появлением на Российском рынке различных конструкций распылителей, как отечественного, так и зарубежного производства. В инструкциях и рекомендациях по их применению не в полном объеме представляется номенклатура показателей качества выполнения технологического процесса. Традиционно используемые в настоящее время щелевые распылители имеют большое количество недостатков, связанных с созданием постоянного распределения рабочих капель и необходимость использования большого количества воды. Не отражена взаимосвязь таких характеристик как дисперсность, густота покрытия каплями обрабатываемых объектов и неравномерность распределения параметров по ширине факела распыла в зависимости от скорости движения опрыскивателя, высоты расположения распылителей над объектами и установки выходных щелей распылителей под углом относительно продольной оси штанги.

Все это свидетельствует о том, что определение рациональных характеристик распыляемой "жидкости возможно только в лабораторных условиях с применением усовершенствованных методов и средств, обеспечивающих моделирование" режимов работы распылителей в современных технологиях опрыскивания».

1.5 Системы контроля концентрации аэрозоля

В соответствии с современной политикой сельское хозяйство нашей страны должно быть переориентировано на защиту окружающей среды, развитие экономики и общества в целом [35, 44].

При существующих традиционных технологиях опрыскивания теряется до 50-90% пестицидов. При этом используемые средства контроля аэрозоля имеют недостатки, главным из которых является невозможность создания и контроля постоянства концентрации и размера рабочих капель.

Ужесточение требований по защите окружающей среды, стремление к экономии дорогостоящих препаратов и снижению их потерь вызывают необходимость всестороннего исследования процесса распыливания.

Распылители, как известно, дробят жидкость на капли различных размеров. От качества распыливания рабочей жидкости зависит эффективность работы машин для химической и биологической защиты растений [168].

Решение конкретных задач при обработке полей, многолетних насаждений и защищенного грунта, дезинфекции животноводческих и складских помещений, распыливание консервантов требует определения показателей позволяющих оценить размеры и конфигурацию (форму) факела распыла, распределения жидкости или капель по его сечению и обрабатываемому объекту, а также и характер дисперсии как некоторую совокупность частиц различных размеров.

В связи с изложенным возникает необходимость разработки и совершенствования способов и средств оценки концентрации и размера мелкодисперсных капель, создаваемых распылителями.

Оценка качества работы распылителей в настоящее время осуществляется простым способом улавливания капель на карточки из мелованной бумаги, покрытой парафином, с последующим микроскопированием отпечатков и обработкой результатов по классам размеров капель [33]. Автоматический счет отпечатков капель в настоящее время может осуществляться, например, с помощью телевизионной камеры и видеоконтрольного устройства с цифровым индикаторным табло и оперативными органами управления.

Следует отметить при этом, что способ улавливания капель на карточки, расположенные под распылителями не отражает реальной картины фактических значений их спектрального распределения и не обеспечивает получения представительности результатов. Это объясняется тем, что выходящая из сопла струя или пленка жидкости имеют отличную от нуля начальную скорость, приводящую к дроблению жидкости и падению полидисперсных капель с различными скоростями. Скорости падения капель в зависимости от их радиуса при температуре 0 °С приведены в таблице 1.6 [24].

Таблица 1.6 – Скорость падения капель в зависимости от их радиуса

R (μ)	10	15	20	30	40	50	100
v _s , см·с ⁻¹	1,3	3,0	5,4	11,3	18,3	25,3	76
R (μ)	150	200	250	300	350	400	450
v _s , см·с ⁻¹	125	172	217	260	302	344	386

Из данных таблицы 1.6 следует, что скорости падения капель имеют различные значения и находятся в пределах от 1,3 до 386 см·с⁻¹.

Такое взаимодействие капель с подложкой приводит к мгновенному увеличению концентрации, коагуляции, дроблению крупных капель при ударе о подложку и соответственно к изменению их спектрального распределения. При этом мелкие капли (80 мкм и менее) вытесняются мало продуваемым потоком аэрозольной струи, уносятся в стороны и не достигают подложек. Рассматриваемым выше способом оценивается не качество распыливания распылителем, а степень покрытия подложек. Для получения достоверной информации о качестве распыливания жидкостей на капли используют силы инерции: крупные частицы осаждаются легче, мелкие – труднее. Наиболее распространенным прибором для инерционной классификации частиц является каскадный импактор [155, 196], в котором поток аэрозоля просасывается последовательно через все более сужающиеся сопла. Истекающий из сопла поток изгибается в процессе обтекания расположенной против него пластины, а аэрозольные частицы под действием сил инерции сходят с линии тока газа и оседают на липком веществе пластины. Чем тоньше сопло, тем меньше частиц захватываются пластинкой. На первой ступени каскада оседают крупные частицы, на последующих – все более мелкие. О концентрации частиц аэрозоля судят по количеству осадка в импакторе, о функции распределения – по соотношению количества осадка на разных ступенях. Импактор МЭЯ является наиболее удобным прибором для исследования сравнительно грубых аэрозолей. На стеклянных пластинках импактора МЭЯ, покрытых раствором вазелина в минеральном масле возможно осаждение капелек воды диаметром от 0,7 до 200 мкм и более.

Такие определяемые импактором диаметры капель свойственны размерам

капель, создаваемыми распылителями штанговых опрыскивателей.

При заборе аэрозоля из факела распылителя необходимым является также соблюдение условия изокинетичности: равенство скоростей внешнего и просасываемого через насадок импактора воздушного потока с аэрозолем (допускается превышение скорости просасываемого воздуха в пределах 10%). Все инерционные приборы при этом требуют предварительной калибровки по монодисперсным аэрозольным частицам известного размера, так как теоретический расчет инерционного осаждения весьма сложен.

После второй мировой войны появились инструменты, позволяющие считать и измерять размер отдельных аэрозольных частиц – фотозлектрические счетчики [4, 37, 109, 110, 132]. В таких счетчиках поток частиц непрерывно движется через малый исследуемый объем, а аэрозоль должен быть достаточно разбавленным, чтобы одновременно в чувствительном объеме находилось не более одной частицы. В оптическом датчике на аэрозольную частицу в проходящем воздушном потоке, вырабатывается электрический импульс, амплитуда которого пропорциональна размеру частицы.

В приборах, использующих особенности рассеяния светового потока совокупностью частиц в малых углах, интенсивность рассеянного потока не зависит от показателя преломления вещества частиц.

При исследовании рассеяния света в среде, содержащей аэрозольные частицы, по известным характеристикам падающего пучка и измеренного светорассеяния определяются свойства среды, т.е. в данном случае число и распределение по размерам содержащихся в ней жидких частиц [179].

Созданы установки и с лазерным источником света для определения данных об индикатрисе рассеяния, по которым с помощью ЭВМ вычисляются число и распределение частиц по размерам в исследуемой среде [46].

Лазеры имеют такие параметры как мощность и энергия излучения, его длительность; монохроматичность, когерентность и поляризация; расходимость и спектр излучения [78].

Различные размеры аэрозольных частиц по-разному влияют на характеристики распространяющегося поляризационного излучения лазера. В связи с этим

возможно определение концентрации, формы и размеров капель, а также химического состава капельной жидкости.

Малая длительность импульсов излучения автоматически обеспечивает высокое пространственное разрешение результатов измерения дисперсности аэрозоля, недоступное другим методам.

Приборы с лазерным лучом [111, 179] позволяют измерять капли в пределах от 0,5 до 500 мкм и более.

При решении задачи по определению спектра размеров и концентрации частиц аэрозолей требуется одновременного использования лазеров с различными длинами волн, набор которых определяется характером аэрозолей. Существуют также счетчики взвешенных частиц, которые обрабатывают изображение сразу многих частиц – телевизионные счетчики. В этих приборах аэрозоль рассматривается через микроскоп в проходящем свете телевизионная камера. Электронный луч, сканируя телевизионное изображение, способен запомнить, сколько раз он пересек изображение каждой частицы, т.е. сколько строк телевизионной развертки занимает каждая частица. Если частицы больше 2–3 мкм, то их можно классифицировать по размеру.

Исследования показывают, когда частиц в пучке света немного, то прозрачность системы испытывает заметные флуктуации. Они вызваны тем, что при перемещении частиц они по-разному перекрывают друг друга. В этих флуктуациях содержится определенная информация о свойствах исследуемой системы. Поэтому одновременное изучение прозрачности системы и дисперсии ее флуктуаций дает возможность определять средний размер и концентрацию частиц.

При фотометрических исследованиях структуры аэрозолей используются аэрозольные камеры различной конструкции.

Известны изолированные камеры, предназначенные для создания тумана путем адиабатического расширения. Концентрация капель и их распределение определяются по схеме прямого действия или путем просасывания аэрозоля через камеру проточного фотозлектрического нефелометра [187]. Измерение характеристик аэрозоля производится в практически невозмущенном потоке аэрозоля или

в результате пересечения выходящей из капилляра струи аэрозоля с оптическим изображением узкой щели, равномерно освещаемой источником света с плоским телом канала. Определение концентрации и спектрального диапазона измеряемых капель основано на явлениях преломления, отражения и дифракции оптической волны, представляющих собой коэффициент ослабления (сумму коэффициентов рассеяния и поглощения), определяемых известными уравнениями [157, 178].

И все же аэрозольные камеры известных конструкций имеют ряд недостатков. Так при относительно постоянном фазодисперсном составе и концентрации капель можно провести в течение опыта только одно измерение [12]. Это объясняется тем, что при отсутствии направленного движения частиц аэрозоля, имеющего место в естественных условиях, в нем начинают происходить коагуляция и сепарация частиц, сопровождающиеся изменением фазодисперсного состава и концентрации частиц аэрозоля во время опыта. В связи с этим для получения достоверных данных о микрофизических характеристиках аэрозоля, образованного даже из одного дисперсного состава на установившемся режиме, необходимо многократное повторение опытов.

Другой недостаток известных аэрозольных камер состоит в изменении свойств крупнодисперсного аэрозоля, фактически создаваемого распылителем пестицидов при заполнении их рабочего объема или при просасывании крупных частиц аэрозоля через узкие сопла и проходные сечения. Это обуславливает изменения фазодисперсного состава аэрозоля. Крупные частицы под действием инерции и центробежных сил оседают на стенках устройств.

Дисперсность, создаваемую распылителями, в стационарных условиях определяется методом лазерного зондирования факела распыляемой жидкости с программным обеспечением определения объема распределения капель (рисунок 1.24).

Лазерное зондирование (рисунок 1.24) определяет только наличие капель в факеле распыла и не позволяет осуществлять оценку их распределения, характерного для технологического процесса применения распылителей в опрыскивателе. Определяемые размеры и густота капель/см² статическими методами и средствами отличаются от результатов, получаемых в технологическом процессе работы опрыскивателя.

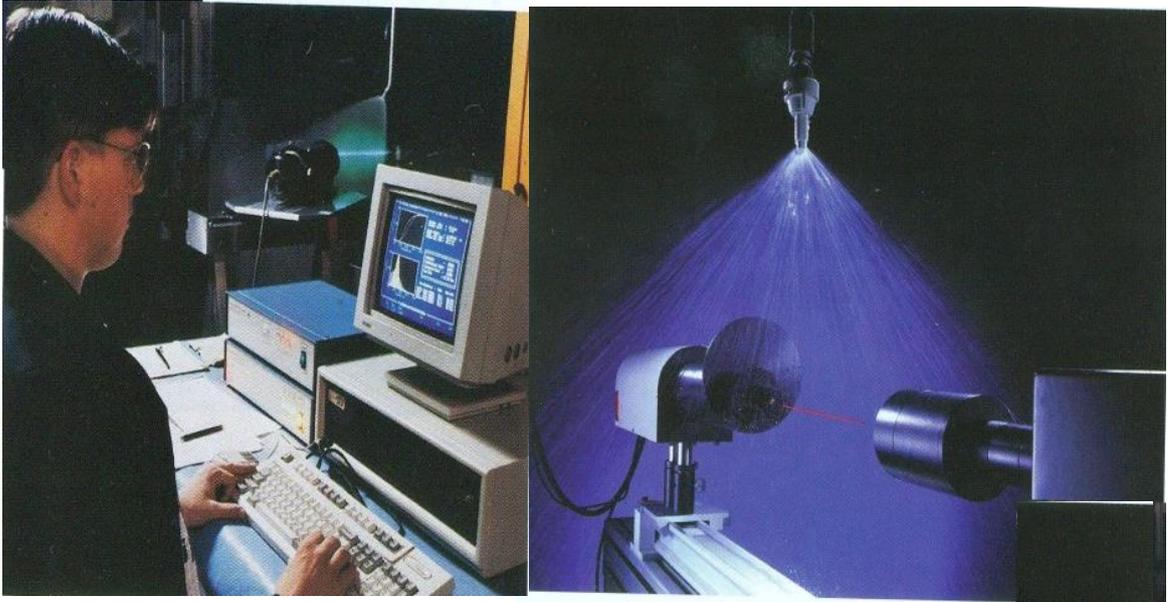


Рисунок 1.24 – Измерение дисперсности методом лазерного зондирования

Следует отметить также, что конструкция известных камер и устройств затрудняет возможность регулирования концентрации и оптической толщины аэрозоля при фиксированном его фазодисперсном составе. Это объясняется тем, что фактически, сразу после заполнения камеры аэрозолем, его свойства изменятся. Это существенно повышает трудоемкость испытаний.

По результатам проведенных исследований установлена необходимость в разработке динамической аэрозольной камеры для фотометрического контроля концентрации, не оседающего на объекты обработки мелкодисперсного аэрозоля, присутствующего в факелах распыла полидисперсной жидкости.

1.6 Цель и задачи исследований

В результате проведенных исследований по защитному опрыскиванию растений распылителей опрыскивателей сформулирована цель настоящей работы: «Совершенствование технологии и технических средств защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур» и задачи исследований для ее достижения. В соответствии с этой целью поставлены следующие задачи исследований:

1. Обосновать схемы и параметры технических средств для испытания, исследования и оптимизации работы распылителей опрыскивателей растений.

2. Разработать схемы пневмомеханических и пневмогидравлических распылителей жидкости с воздушным сопровождением капель к объектам обработки, исключающих их снос в окружающую среду.

3. Теоретически обосновать процесс работы пневмогидравлического опрыскивателя.

4. Обосновать параметры воздухораспределительной системы с пневмогидравлическими распылителями жидкости в технологии с использованием штангового опрыскивателя и воздушного сопровождения, и осаждения капель на растения.

5. Разработать методики экспериментальных исследований распылителей жидкости в составе стендового оборудования с нанесением капель подкрашенной жидкости на предметные карточки, а также методику агротехнической оценки борьбы с сорной растительности опрыскиванием их с помощью пневмогидравлических устройств.

6. Провести экспериментальные исследования методов и средств оценки моделирования технологических процессов работы распылителей и результатов опрыскивания растений с применением усовершенствованных пневмомеханических и пневмогидравлических устройств.

7. Дать экономическую оценку использования усовершенствованной технологии, методов и технических средств в условиях сельскохозяйственного производства, разработать предложения производству и рекомендации по дальнейшему научному развитию основных вопросов проблемы.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЫСКИВАНИЯ РАСТЕНИЙ РАСТВОРАМИ ПЕСТИЦИДОВ

Аэрозоли – дисперсные системы с газообразной дисперсионной средой, которые отличаются агрегативной неустойчивостью. Эти системы не могут быть устойчивыми при больших концентрациях и коагулируют. Полидисперсные системы коагулируют быстрее, чем монодисперсные. Общей количественной теории агрегативной устойчивости и коагуляции пока не существует. Поэтому, выполнение агротехнических требований при применяемой технологии опрыскивания растений распылителями жидкости практически невозможно. Для решения проблемы по получению информационных сведений для существующих средств в работе исследовался метод моделирования процесса работы распылителей, как это осуществляется в составе опрыскивателя.

Для обеспечения устойчивости свобододисперсных систем предложен способ инжектирования создаваемой распылителями дисперсности, снижающей ее концентрацию. Разработано устройство и система осуществления способа инжектирования капель, которые в разбавленных системах осаждаются независимо друг от друга.

Для совершенствования общепринятых методов и средств технологии опрыскивания растений предлагается научное обоснование системы методов и устройств технологии опрыскивания растений растворами пестицидов. Схема структуры системы разработанных методов и средств технологии опрыскивания растений растворами пестицидов приведена на рисунке 2.1.

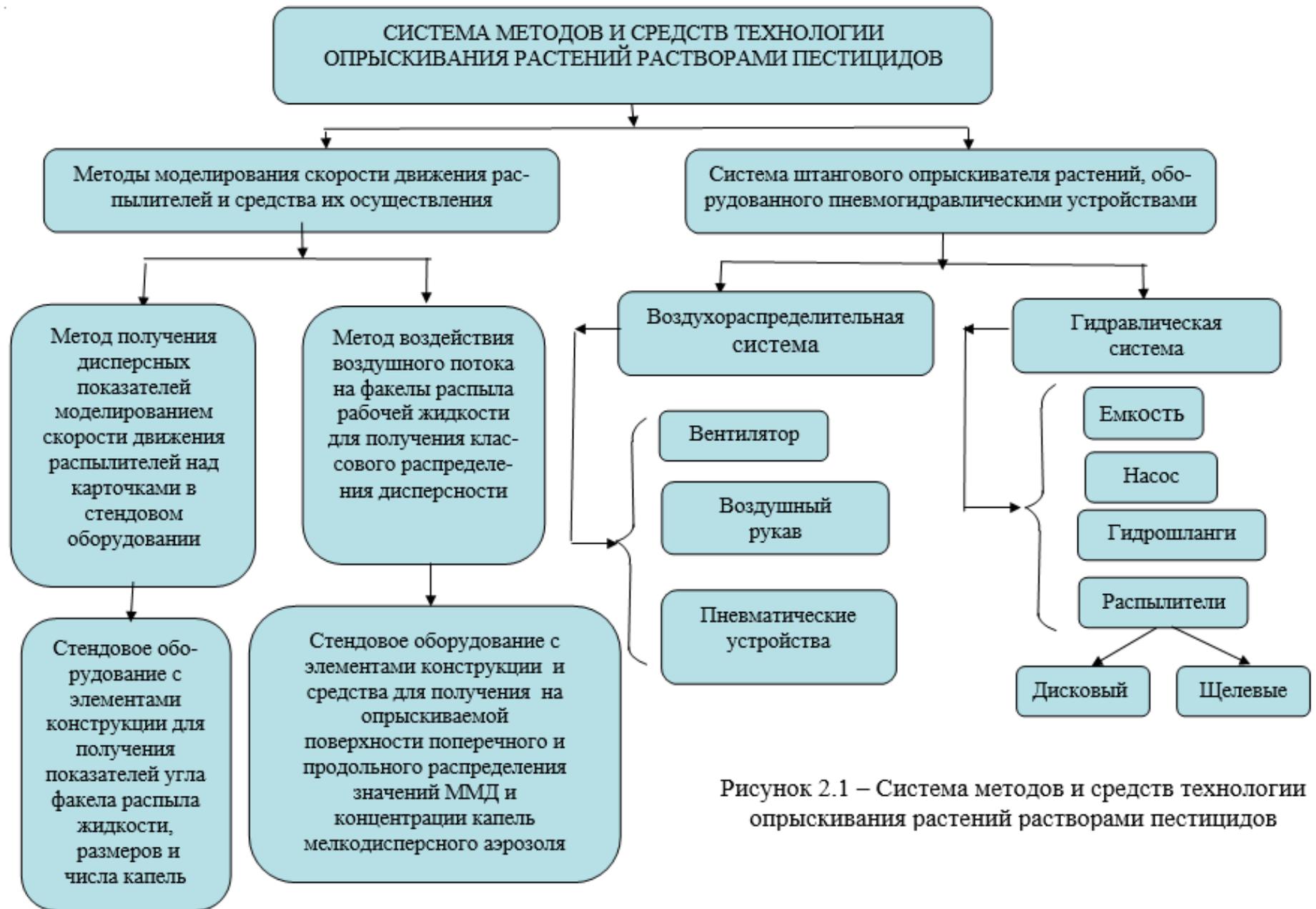


Рисунок 2.1 – Система методов и средств технологии опрыскивания растений растворами пестицидов

2.1 Устройство для определения углов факела распыляемой жидкости

Как указано в работе Киреева И.М. [53а], "стенд ИУ-92 предназначен для моделирования технологии опрыскивания при скорости передвижения распылителя, равной 2 м/с (7,2 км/ч), с высотой расположения над предметными карточками до 90 см." [105,106].

Недостатками стенда и устройств является

- ограничение скорости движения распылителя до 7,2 км/ч, имитируемые на стенде, в настоящее время не соответствуют применяемым на практике;
- получаемые показатели о дисперсности невозможно использовать для оценки качества современных технологий.

Получение сведений об углах факела распыляемой жидкости происходило с использованием цифрового фотоаппарата и компьютера 4, которые даны на рисунке [79, 100, 106, 136, 188].

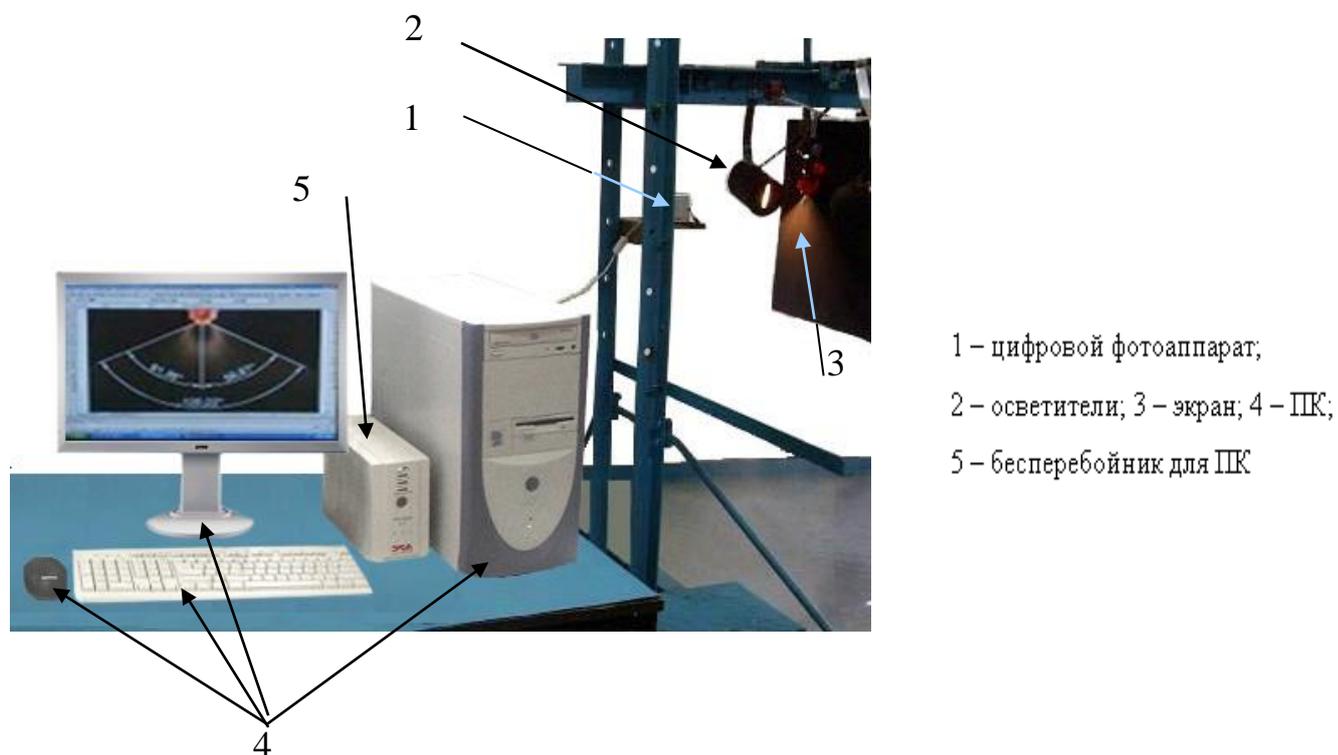


Рисунок 2.2 - Общий вид оборудования для фотографирования и измерения углов факела распыляемой жидкости

Фотоаппарат устанавливается на стендовом оборудовании и соединяется кабелем с компьютером. Оптическая ось цифрового фотоаппарата направляется перпендикулярно "плоскости факела распыливаемой жидкости и экрана 3, расположенного за распылителем.

Факел распыливаемой жидкости освещался источниками света 2, установленными к нему под углом $30 \dots^\circ$.

Фотографирование факела распыляемой жидкости при постоянном ее давлении осуществлялось с использованием цифрового фотоаппарата, а изображения передавались на компьютер.

Образованные внешними границами факела распыла углы определялись программно и высвечивались на экране монитора компьютера по полученному контрастному изображению.

Определение углов факела распыла характерно только для качества изготовления распылителей. Полученные при этом информационные сведения о дисперсности капель являются предварительными характеристиками распылителей.

Наряду с определяемыми углами факела распыла качество распыляемой жидкости характеризует также форма пленки жидкости, образующаяся на выходе из сопла, толщина которой по ее образующей определяет размер капель.

Толщину образующей пленки δ в мкм, исходя из условия неразрывности, определяют согласно уравнения [25, 131, 79, 106, 188]:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3G_{ж} \mu}{l \rho g}}, \quad (2.1)$$

где $G_{ж}$ – расход жидкости, $г \cdot с^{-1}$;

$\mu_{ж}$ – динамическая вязкость жидкости, $г \cdot см^{-1} \cdot с^{-1}$,

l – длина образующей пленки, см;

ρ – плотность жидкости, $г \cdot см^{-3}$;

$g=981$ – ускорение свободного падения, $см \cdot с^{-2}$

Длину нераспавшегося участка пленки определяют при $(\rho_{ж} / \rho_v > 0,17 \cdot 10^3: l = 9,73 \cdot 10^2 (\rho_{ж} / \rho_v)^{1,5} (We)^{-1}$,

где $We = \rho_{ж} \omega^2 k^{0,5} / \sigma$ – критерий Вебера;

$\omega = \mu \sqrt{2\Delta P \rho_{ж}}$ – скорость жидкости в пленке вдоль любой линии тока.

Длину образующей плоскую пленку L в см, возможно аппроксимировать лемниской Бернулли [79, 153, 188]:

$$L = 2,82x, \quad (2.2)$$

где x – расстояние от полюса струи до зоны ее дробления по оси пленки, как это показано на рисунке 2.3.

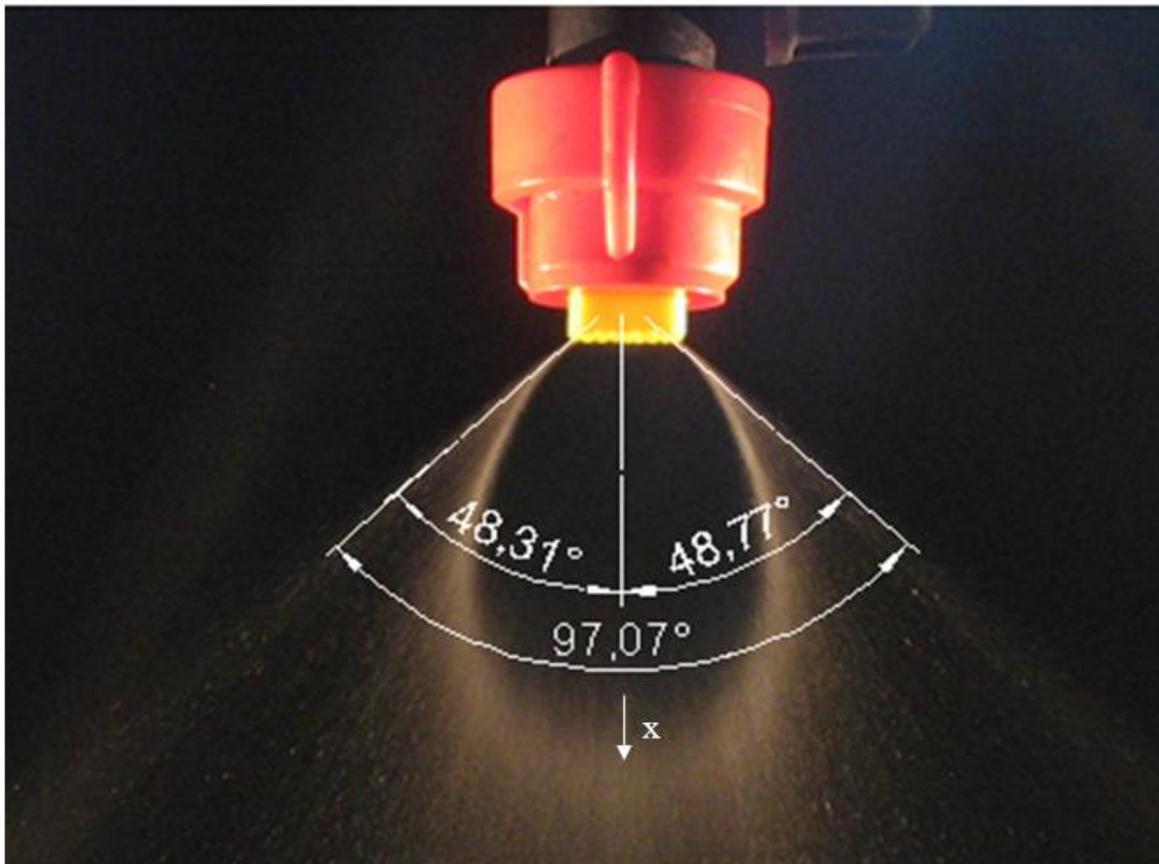
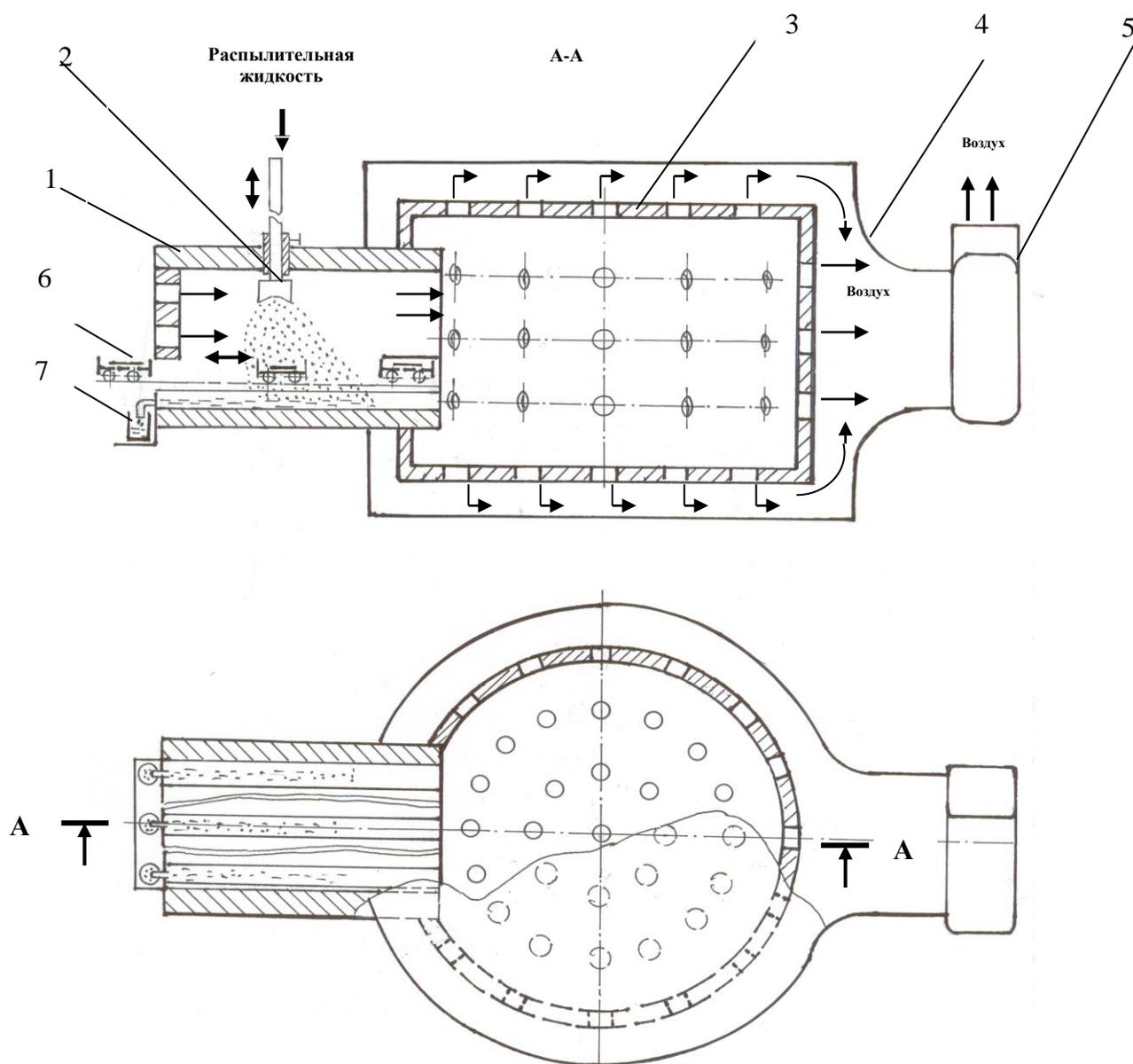


Рисунок 2.3 – Пленка жидкости, создаваемая соплом

2.2 Устройство для моделирования процесса работы распылителей штанговых опрыскивателей

Сконструировано устройство для исследования технологии опрыскивания распылителями [70, 101-104, 145], схема которого показана на рисунке 2.4 [53],



- 1 – рабочая камера с турбулизирующей решеткой; 2 – распылитель;
 3 – решетчатый корпус; 4 – кожух; 5 – вентилятор; 6 – каретка;
 7 – мерные стаканчики для сбора жидкости

Рисунок 2.4 Устройство для технологии защитного опрыскивания растений

Средний расход воздушного потока в рабочей камере $G_{\text{возд}}$ равнялся от 1,75 до 5,25 м³/с и определялся произведением площади ее поперечного сечения $S_{\text{п.сеч.}} = 0,63 \text{ м}^2$ на среднюю скорость воздушного потока $v_{\text{ср.возд.}}$ м·с⁻¹

$$G_{\text{возд.}} = S_{\text{п.сеч.}} \cdot v_{\text{ср.возд.}} \quad (2.3)$$

Длина камеры может быть рассчитана с учетом отношения векторных сил $\vec{F}_{возд.}$ и \vec{F}_T , действующих на капли распыливаемой жидкости [15, 172]:

$$\frac{\vec{F}_{возд.}}{\vec{F}_T} = \frac{\xi \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \rho_{возд.} \cdot v_{ср.возд.}^2}{8 \cdot m \cdot g}, \quad (2.4)$$

где ξ_c – коэффициент лобового сопротивления капли;

d – диаметр капель, м;

$\rho_{возд.}=1,21$ – плотность воздуха, кг·м⁻³;

$v_{ср.возд.}$ – скорость воздуха в устройстве, м·с⁻¹;

$m = \rho_{ж.} \cdot V$ – масса капли, кг;

$\rho_{ж.}$ – плотность жидкости, кг·м⁻³;

$V = \pi d^3/6$;

$\pi = 3,14$;

g – ускорение свободного падения, м·с⁻².

Значения коэффициента лобового сопротивления ξ_c в формуле (2.4) определяется с учетом числа Рейнольдса Re_v . [6]:

$$Re_v = \frac{v_{ср.возд.} \cdot d}{\nu_{возд.}}, \quad (2.5)$$

где $\nu_{возд.}=15,06 \cdot 10^{-6}$ – кинематическая вязкость воздуха, м²·с⁻¹.

Для диаметров капель от 100 до 300 мкм и скоростей воздушного потока от 2,78 до 8,33 м·с⁻¹ значения числа Рейнольдса находятся в пределах от 184,6 до 1659,4. Коэффициент лобового сопротивления ξ_c при движении капель принимается равным 0,44 [15]. Расчетная длина динамической аэрозольной камеры (для скоростей опрыскивателя), с учетом приведенных данных, должна быть равна 2,54 м.

Диаметр отверстий, их количество и размеры кожуха решетчатого корпуса 3, 4 на рисунке 2.4 были приняты с учетом снижения воздуха за камерой до 0,5 м·с⁻¹. Общая площадь решетчатого корпуса с сечением отверстий $S_{отв.} = G_{возд.}/v_{ср.возд.отв.}$ диаметром 0,02 м при этом равна 10,5 м². При общей площади решетчатого корпуса равной 26,25 м² расстояние между центрами отверстий составляет 0,03 м.

Размеры "радиуса решетчатого корпуса и его высоты" равны 1,5x1,5 м. Производительность вентилятора по создаваемому расходу воздуха" в стенде для испытания распылителей штанговых опрыскивателей составляла $5,25 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

2.3 Устройство для испытания распылителей жидкости современных технологий штанговых опрыскивателей

Для определения и оценки агротехнических и экологических показателей опрыскивателей, предложено усовершенствованное устройство, схема которого приведена рисунке 2.5 [74, 76, 98, 146].

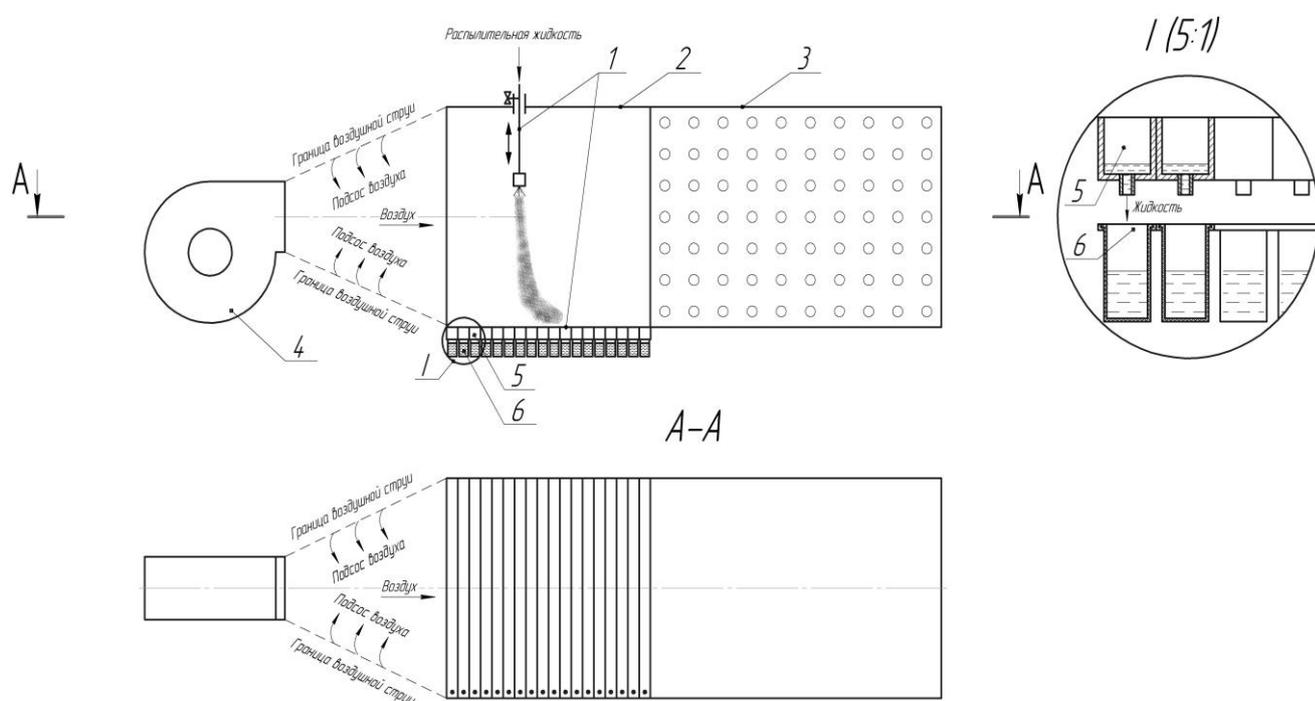


Рисунок 2.5 – Схема устройства для исследования распылителей жидкости в современных технологиях обработки растений штанговыми опрыскивателями

Это устройство состоит из оборудования 1 для сбора распыливаемой жидкости, рабочей камеры 2, в конструкции которой желобки 5 с мерными стаканчиками 6 имеют дополнительную возможность поперечного воздушному потоку их расположения обеспечивающего классовое распределение осажденной капельной жидкости по ширине расположения распылителей, решетчатого корпуса

3 и вентилятора 4, оборудованного плоским соплом, создающим воздушный поток, входящий в начальное сечение рабочей камеры, скорость которого в области факела распыла приравнивается скорости опрыскивателя [74].

Процесс моделирования работы распылителей опрыскивателя в предлагаемом устройстве осуществляется следующим образом.

Сначала в рабочей камере 2 оборудованием 1 для возвратно – поступательного движения распылителя обеспечивается и фиксируется рабочая высота его расположения над желобками 6. В устройстве вентилятором 4 создается воздушный поток, входящий в начальное сечение рабочей камеры 2.

Расход воздушного потока $G_{возд.с}$ м³/с в сечении сопла вентилятора 4 определяется по формуле:

$$G_{возд.с} = U_0 S_0, \quad (2.6)$$

где U_0 – скорость воздуха в начальном сечении сопла вентилятора, м/с;

S_0 – площадь начального сечения плоского сопла вентилятора, м².

В рабочей камере 2 вентилятором 4 обеспечивается воздушный поток, обеспечивающий моделирование скоростных режимов движения распылителя, равный скорости движения опрыскивателя.

$$U_{max} = \frac{12U_0}{\sqrt{\frac{ax}{\delta_0} + 0.41}}, \quad (2.7)$$

где $a = 0,09 \div 0,12$ – коэффициент структуры, учитывающий структуру потока в выходном сечении;

δ_0 – половина ширины плоского сопла, м;

x – расстояние по оси струи от начального сечения сопла, м.

На расстоянии x от начального сечения сопла вентилятора 4 до распылителя расчет полувысоты δ_{zp} , м струи, равной половине начального сечения рабочей камеры 2 с распылителем жидкости, вычисляется по формуле [6]:

$$\delta_{zp} = (2,4 \frac{ax}{\delta_0} + 1) \delta_0. \quad (2.8)$$

В заданном конструктивном размере начального сечения рабочей камеры 2 перед распылителем опрыскивателя значение расстояния x определяется методом последовательного приближения, задаваясь значением δ_0 . При этом определяются расстояние x в м и площадь S_0 в м².

Расход воздуха, характеризующий производительность вентилятора, определяется произведением начальной скорости истечения на площадь сопла

$$G_{\text{возд.с}} = U_0(2\delta_0)^2, \quad (2.9)$$

где $(2\delta_0)^2$ – площадь сечения сопла вентилятора, м².

Относительный расход воздуха струи $\bar{q}_{\text{отн}}$ через начальное сечение рабочей камеры 2 с распылителем жидкости будет [6]:

$$\bar{q}_{\text{отн}} = 1,2 \sqrt{\frac{ax}{\delta_0} + 0.41} \quad (2.10)$$

Расход воздуха в области распылителя $G_{\text{возд.расп.}}$ м³/с через начальное сечение рабочей камеры 2 с распылителем равен произведению расхода воздуха в сечении сопла вентилятора на относительное значение расхода воздуха $\bar{q}_{\text{отн}}$:

$$G_{\text{возд.расп.}} = G_{\text{возд.с}} \cdot \bar{q}_{\text{отн}}. \quad (2.11)$$

В условиях распыливания жидкости в желобки за определенное время выполняется сбор капельной жидкости в мерные стаканчики б по ширине факела распыла через 5 см.

Сбор капельной жидкости определяется как в продольном, так и в поперечном расположении желобков с мерными стаканчиками б.

Таким образом, получаем распределения медианно-массовых диаметров капель, осажденных как в поперечном, так и в продольном направлениях.

Следовательно, оценивается перспективная технология работы опрыскивателя моделированием работы распылителей в составе стендового оборудования.

Расчет площади, S в см², на которую оседает капельная жидкость, вычисляют по формуле

$$S = III \cdot L, \quad (2.12)$$

где III – расстояние между щелевыми распылителями на штанге опрыскивателя, см.

L – расстояние, на которое перемещается распылитель за одну секунду в технологическом процессе штангового опрыскивателя, см.

– количество оседающей в желобках капельной жидкости и собранной в мерные стаканчики $G_{жс}$, мм³/см² за одну секунду:

$$G_{жс} = \frac{\sum_{j=1}^m G_{жсj} \cdot 1000}{S}, \quad (2.13)$$

где $G_{жсj}$ – количество капельной жидкости, собранной в мерном стаканчике при ее классовом осаждении в желобках за одну секунду, мл.

j – номер мерного стаканчика;

m – число мерных стаканчиков;

Основной критерий опрыскивания ММД [32] – выражением $MMD = 9853 \sqrt[3]{Q}$ мкм характеризующим, в каких каплях сосредоточена половина массы распыляемого вещества, где Q – количество жидкости, мм³.

Расход капельной жидкости $G_{лаб}$, дм³/га по осажденному ее объему в желобках:

$$G_{лаб} = \frac{G \cdot 6 \cdot 10^4}{v \cdot III}, \quad (2.14)$$

где $G = 60 \frac{\sum_{j=1}^m G_{жсj}}{10^3}$ – расход жидкости, рассчитанный по данным ее осаждения в желобки, дм³/мин.

v – скорость воздуха (передвижения опрыскивателя), км/ч.

Потери жидкости Π дм³/га – измеренной по ее расходу через распылитель G'_c дм³/га и количеству осажденно в желобки

$$\Pi = G'_c - G_{лаб}, \quad (2.15)$$

Расчет концентрации C_p г/с не оседающего в желобки аэрозоля с учетом расхода воздуха, входящего в рабочую камеру 2 и выходящего через отверстия решетчатого корпуса 3, с применением уравнения

$$C_p = \frac{G_n \cdot v \cdot III}{3600}, \quad (2.16)$$

где G_n – потери капельной жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$.

2.4 Устройство для определения концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим способом

Аэрозольная камера (рисунок 2.6) содержит корпус 3, приемную камеру 4 с отверстием для входа аэрозоля, турбулизирующей решетки 5 ПК, подвижного цилиндра с фланцем 6, оптического фильтра в оправе 1, турбулизирующей решетки 7, выпускной камеры (ВК) 8 с отверстием для выхода аэрозоля, подвижного цилиндра с фланцем 13 ВК, оптического фильтра в оправе 9 ВК, регулировочных винтов 11, пружин сжатия 12, фотодиодной 2 и фотоприемной камер 10 камер . [10, 11, 62– 65, 67, 85, 90, 137, 145, 189].

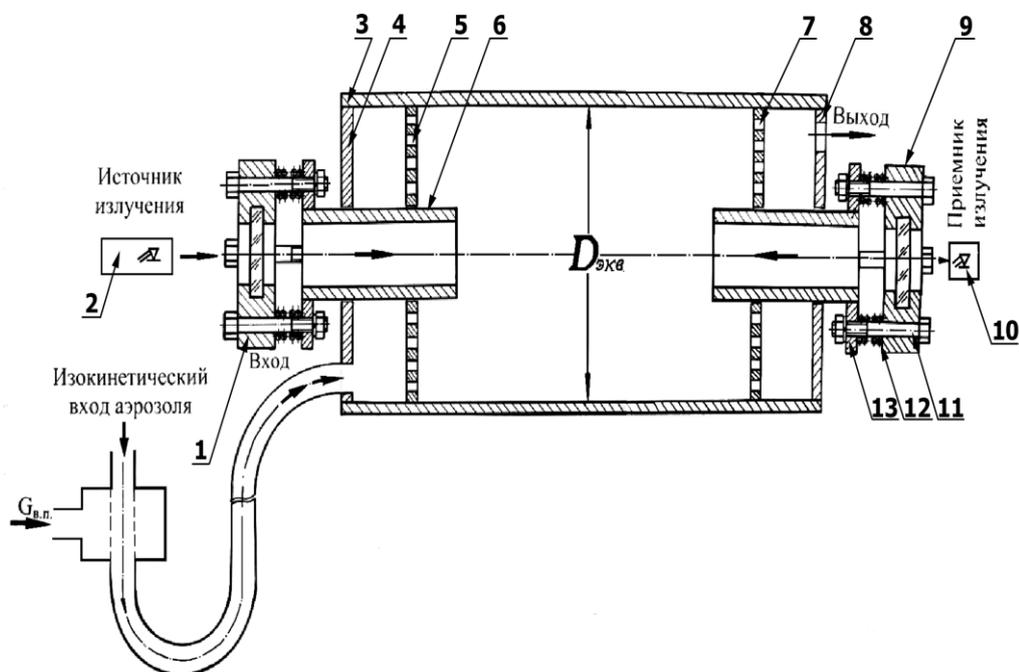


Рисунок 2.6 – Устройство для определения концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим способом

"Критическая скорость воздушного потока между решетками $V_{кр. [1]}$ ":

$$V_{кр.} = 5,6D^{0,34}d^{0,36} \left[\frac{\rho_2}{\rho_1} \right]^{0,5} \left[\frac{G_2}{G_1 + G_2} \right]^{0,25}, \quad (2.17)$$

где D – диаметр аэрозольного потока между решетками, м;

d – диаметр аэрозольных частиц, создаваемых распылителем, м;

ρ_1 – плотность воздуха, кг/м³;

ρ_2 – плотность жидкости, кг/м³;

G_1 – весовой расход дискретной фазы, кг;

G_2 – весовой расход непрерывной фазы, кг.

Расход воздушно-капельного потока Q_l (м³ · с⁻¹) через сечение приемной камеры определялся по известному уравнению:

$$Q_l = \mu S_{отв.} \sqrt{\frac{2gkp_1}{k-1\nu_1} \left[\left(\frac{p'}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p'}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (2.18)$$

где g – ускорение свободного падения, м · с⁻²;

$k = c_p/c_v$ – показатель адиабаты, равный 1,4;

p_l – давление воздуха в аэрозольной камере, Па (1 Па = Н/м²);

$\nu_1 = \frac{1}{\gamma}$ – удельный объем воздуха, $\frac{1}{Н/м^3}$;

$\gamma = \rho g$ – удельный вес, равный весу 1 м³ данного вещества, Н/м³;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

p' – давление внешней среды, Па;

g – ускорение свободного падения, м · с⁻²

$S_{отв.}$ – площадь суммарного сечения отверстий решетки, м²;

Коэффициент расхода воздуха через отверстие решетки $\mu = 0,946$ [26].

Расход аэродисперсного потока Q_2 между решетками определялся по уравнению:

$$Q_2 = S_{\text{экв}} \cdot V_{\text{кр.}}, \quad (2.19)$$

где $S_{\text{экв}}$ - эквивалентное сечение аэрозольного потока, м².

По данным [90] параметры и характеристики ДАК приведены в таблице 2.2.

Если ослабление потока ЭМИ отнести к весовой концентрации аэрозоля c , то закон Бугера - Ламберта записывают в виде:

$$J = J_0 e^{-\sigma c l}, \quad (2.20)$$

где J_0 – поток излучения, падающего на аэрозоль;

J – поток излучения, прошедший через монодисперсный аэрозоль с радиусом частиц r (м), их счетной концентрацией n (шт./м³) и длиной пути в аэрозоле l м.

σ – сечение ослабления аэрозоля, м²/г;

c – весовая концентрация аэрозоля, равная отношению расхода жидкости к расходу воздуха, г/м³.

Следовательно, при исследовании распылителей применение ДАК и лазеров с разными размерами длин волн электромагнитного излучения разрешит получать с малыми затратами труда на современном уровне достоверные сведения о концентрации и дисперсности капель [90].

2.5 Обоснование конструктивно – технологических характеристик пневматических устройств для опрыскивания растений

2.5.1 Обоснование конструктивно-технологических характеристик пневматического распылителя жидкости

Устройство пневмомеханического принципа действия приведено схемой на рисунке 2.7 [93, 139, 140].

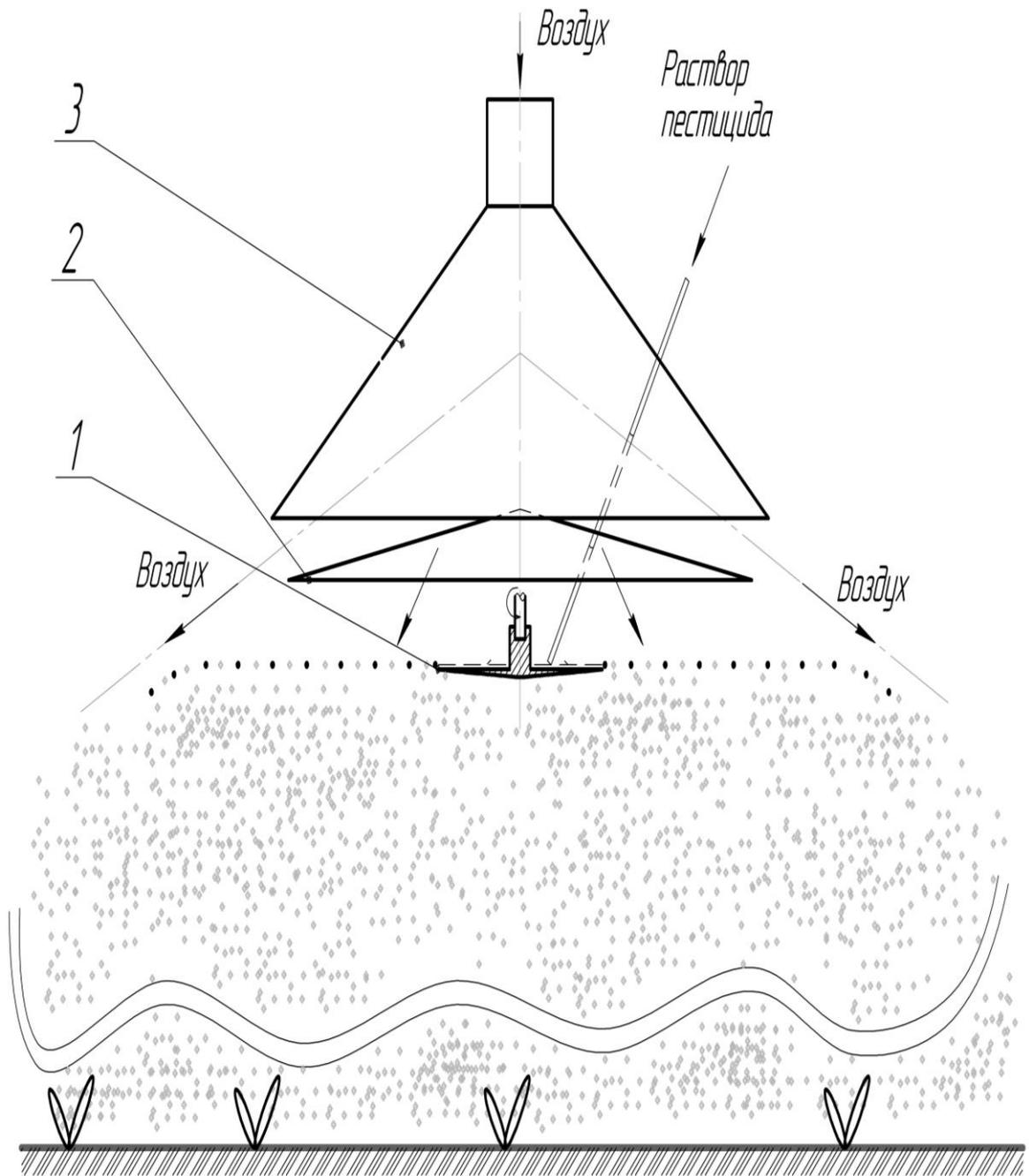


Рисунок 2.7 – Устройство пневмомеханического принципа действия (схема)

Оно состоит из диска 1, конусообразного рассекателя воздушного потока 2 и патрубка воздуховода 3, выполненного в виде конусообразного диффузора.

Монодисперсные капли на соответствующем отрезке и под углом к направлению струи входит в ее боковую поверхность. Увеличивающаяся к оси струи скорость воздуха направляется к объектам обработки.

Скорость воздуха плоскопараллельной струи v_m в $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ определяется выражением [3, 93]:

$$\frac{v_m}{v_0} = \frac{1.2}{\sqrt{\frac{ax}{\delta_0} + 0.41}}, \quad (2.21)$$

где v_0 – скорость воздуха на выходе из устройства, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Ширина распределения раствора пестицида на растениях при угле наклона струи $25 \dots^\circ$ составляет 2,92 м применительно к высоте расположения дискового распылителя над поверхностью почвы на высоте 0,6 м. Для осаждения капель на растения скорость воздушно-капельного потока должна быть не менее $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Расход воздуха, проходящий через сечение кольцеобразного канала шириной 0,01 м, составляет $805,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ при скорости воздуха $22,4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Путем увеличения скорости воздуха на оси струи сокращается длительность пневматического транспортирования капель к растениям и сохраняется первоначальный их размер, что имеет существенное значение при выполнении агротехнических требований по дисперсности капель.

Применение пестицидов устройством обеспечивает тем, что осуществляется экранирование воздушно-капельного потока от распространения во внешнюю среду.

Усовершенствованная пневмомеханическая конструкция распылителя растворов пестицидов (рисунок 2.8), "управляет процессом переноса капель пестицида к растениям".

Теперь конструкция распылителя состоит из патрубка воздуховода в виде конусообразного диффузора 1, рассекателя воздушного потока 2, диска 3 и плоских сходящихся сопел 4 [3].

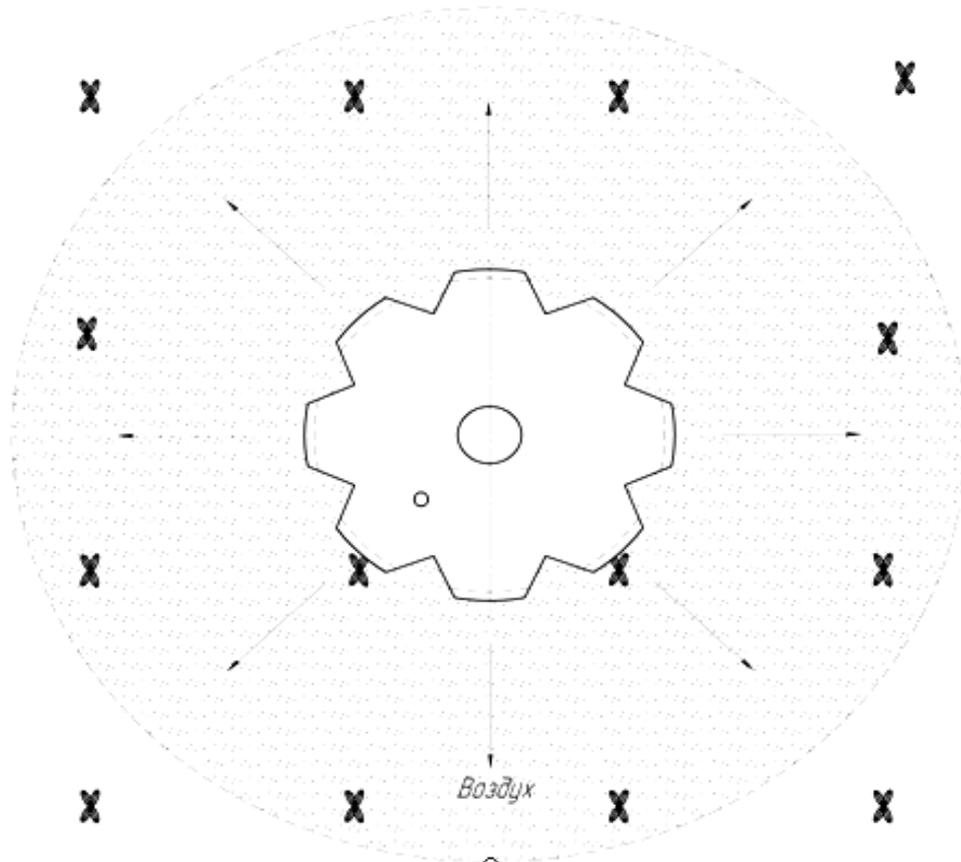
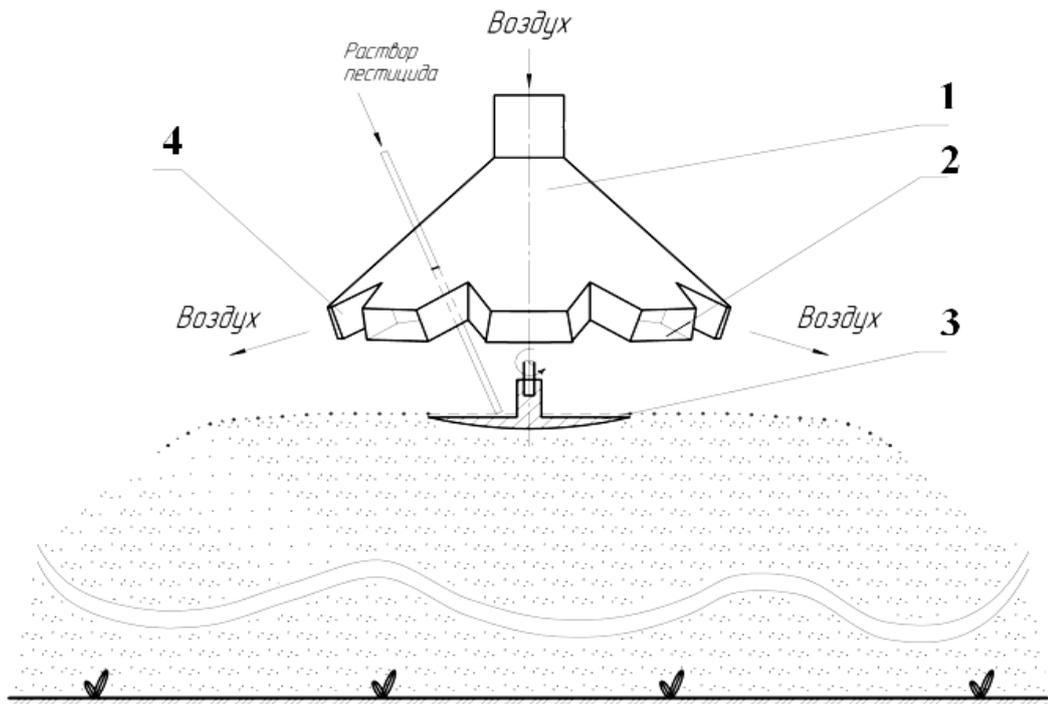


Рисунок 2.8 – “Усовершенствованный пневмомеханический распылитель растворов пестицидов”

Технологический процесс нанесения растворов пестицидов на объекты обработки им (рисунок 2.8) осуществляется следующим образом.

Воздух подается во внутреннее пространство устройства, образованное конусообразным диффузором 1 и конусообразным рассекателем воздушного потока 2 и в равных долях распределяется по плоским сходящимся соплам 4. Плоские струи воздуха по мере удаления от сопла закономерно расширяются в продольном и поперечном направлении.

При этом полувысота и полуширина струи δ_{zp} , м, на расстоянии x , м, от начального сечения, определяются выражением [1]:

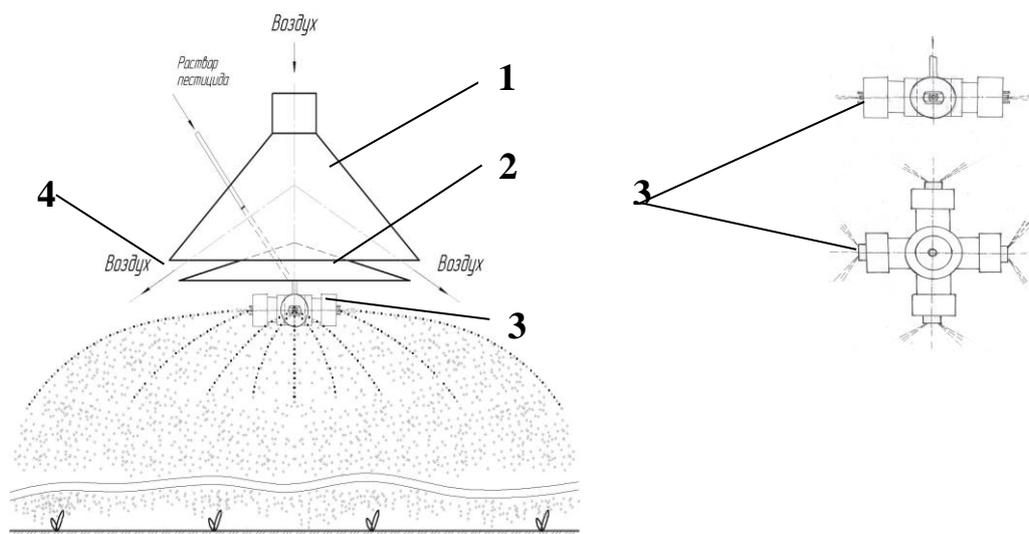
$$\delta_{zp} = \left(2,4 \frac{\alpha x}{\delta_o} + 1 \right) \cdot \delta_o, \quad (2.22)$$

где $\alpha \approx 0,09 \div 0,12$;

δ_o – полувысота или полуширина прямоугольного сечения сопла, м.

В конструкции пневмомеханического распылителя растворов пестицидов с десятью плоскими соплами шириной выходного сечения 0,05 м и высотой 0,02 м при расстоянии между соседними соплами 0,0473 м (с оптимальным углом конусности $13 \dots^\circ$, образованным боковыми стенками сопла), общая длина промежутков между соседними струями не превышает 2 % длины окружности. При этом следует отметить, что пролетающие в промежутки капли гравитационно оседают на внешнюю наклонную к горизонту боковую поверхность струи и увлекаются воздушным потоком к растениям.

Схема разработанной конструкции пневмомеханического устройства со щелевыми распылителями изображена на рисунке 2.9 [55–57, 141, 147].



1 – конусообразный диффузор; 2 – рассекающий воздушный поток;
3 – щелевые распылители; 4 – плоское сходящееся сопло кольцевой формы

Рисунок 2.9 – Пневмомеханическое устройство со щелевыми распылителями

При обосновании конструктивно-технологических параметров этих устройств использовались формулы свободных плоских струй, полученные [Г.Н. Абрамовичем [3]. Схема затопленной свободной турбулентной струи и формулы для расчета ее параметров приведены на рисунке 2.10 и в таблице 2.1.

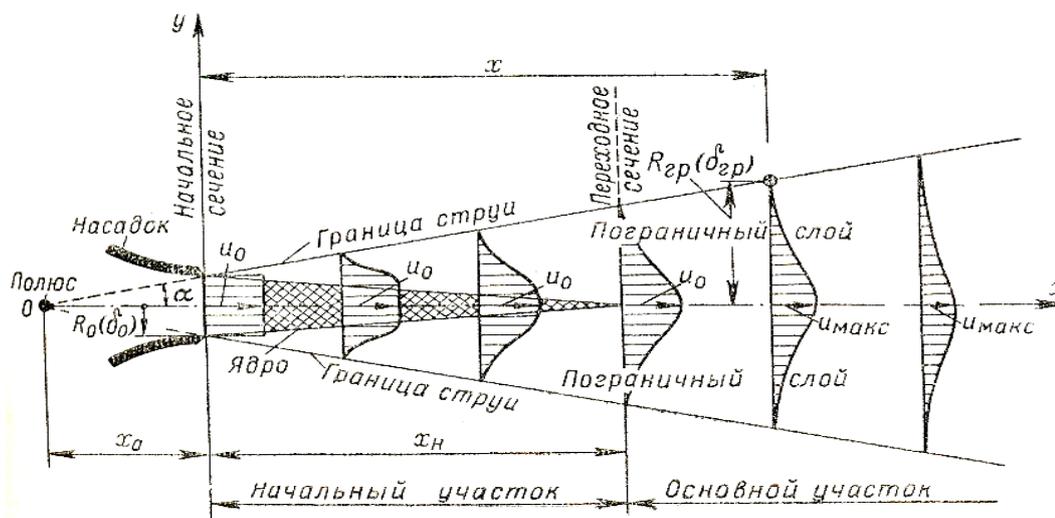


Рисунок 2.10 – "Схема затопленной свободной турбулентной струи"

Таблица 2.1 – Формулы для определения параметров струи

Параметр свободной струи	Формула плоской струи
Расстояние от начального сечения до полюса струи, м	$x_0 = \frac{0,41}{a} \delta_0$
Длина начального участка, м	$x_n = \frac{1,03}{a} \delta_0$
Тангенс угла, равного половине угла расширения струи	$tg \alpha = 2,4 a$
Половина высоты струи на расстоянии x от начального сечения, м	$\delta_{zp} = (2,4 \frac{ax}{\delta_0} + 1) \delta_0$
Скорость на оси основного участка струи, м·с ⁻¹	$u_{max} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{ax}{\delta_0} + 0,41}} u_0$
Коэффициент структуры	$a \approx 0,09 \div 0,12$

На основе закономерностей движения воздушного потока в конфузоре и распространения плоской струи установлены параметры и характеристики устройств, которые приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры и характеристики пневмомеханических устройств со щелевыми и дисковыми распылителями

Параметры устройства с щелевыми распылителями	Значение
Угол конусности сопла α_k, \dots° (при коэффициенте смягчения близком к минимальному значению)	35
Коэффициент расхода сопла, μ	$\approx 0,95$
Угол наклона сопла к горизонту α_r, \dots°	60
Отношение длины конусной части сопла $l_{кон.}$ конфузора к ее диаметру $2 \delta_0$ (высоте плоского сопла),	$\approx 5,7$
Площадь входного сечения сопла (конфузора), м ²	$9,891 \cdot 10^{-3}$
Площадь выходного сечения (конфузора), м ²	$8,737 \cdot 10^{-3}$
Площадь входного сечения устройства, м ²	$3,847 \cdot 10^{-3}$
Характеристики устройства со щелевыми распылителями	Значение
Средняя скорость воздушного потока на срезе сопла, м·с ⁻¹	20
Расход воздуха в устройстве, м ³ /ч	533
Расход жидкости через распылитель, дм ³ /мин	0,6
Параметры устройства с дисковым распылителем	Значение
Угол конусности сопла α_k, \dots°	35

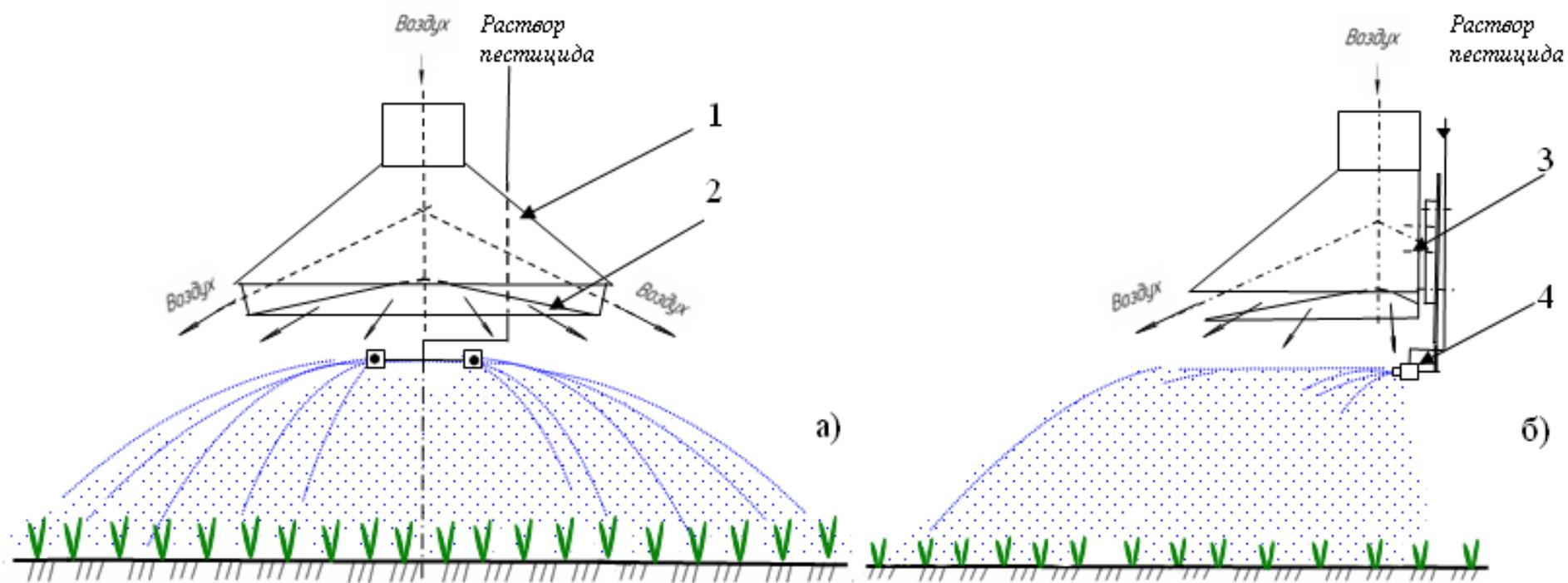
Окончание таблицы 2.2

Параметры устройства с щелевыми распылителями	Значение
Коэффициент расхода сопла, μ	$\approx 0,95$
Угол наклона сопел к горизонту $\alpha_{т, \dots}^{\circ}$	60
Количество сопел, шт.	15
Площадь входного сечения сопел, m^2	$9,891 \cdot 10^{-3}$
Площадь выходного сечения сопла, m^2	$3 \cdot 10^{-4}$
Характеристики устройства с дисковым распылителем	Значение
Средняя скорость воздушного потока на срезе сопла, $m \cdot c^{-1}$	20
Расход воздуха в устройстве, $m^3/ч$	324
Площадь входного сечения устройства, m^2	$3,847 \cdot 10^{-3}$
Диаметр диска распылителя, м	0,2
Число оборотов вращения диска, об/мин	4500
Расход жидкости, $dm^3/мин$	0,5

Разработанные устройства, приведенные на рисунках 2.7 – 2.9, создают капли у поверхности поля с увеличенным диаметром при опрыскивании в области обработки, что, требует соответствующего конструктивного соединения устройства для исключения их взаимодействия с энергосредством. Кроме того, на краях большого диаметра аэрозольного потока при движении опрыскивателя образуется повышенная концентрация в области объектов обработки. Большая плотность осаждения капель также характерна для области пересечения факелов распыла смежных распылителей. что недопустимо требованием по ширине опрыскивания растения опрыскивателем.

2.5.2 Пневмогидравлическое устройство усеченной конструкции с плоским сходящимся соплом и двумя щелевыми распылителями

Предложена усовершенствованная конструкция пневмогидравлического распылителя (рисунок 2.11) [72, 82, 89, 93, 142].



1 - конусообразный диффузор; 2 – рассекающий воздушный поток; 3 – секущая плоскость; 4 – щелевой распылитель
 а) - вид спереди и б) – вид сбоку

Рисунок 2.11 – Пневмогидравлическое устройство со щелевыми распылителями

2.5.3 Теория пневмогидравлического устройства со щелевым и распылителями

Пневматическая часть пневмогидравлического устройства схемой показана на рисунке 2.13 [97, 69].

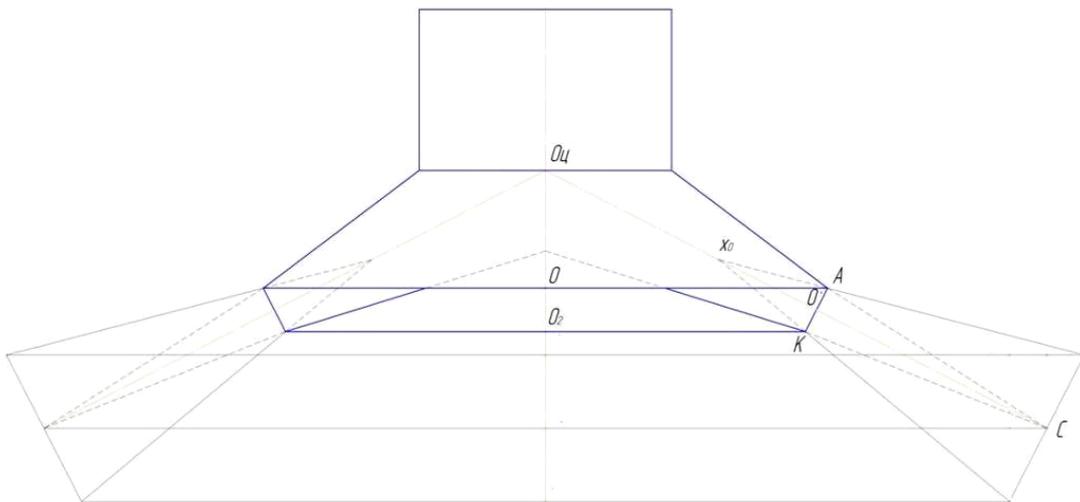


Рисунок 2.12 - Пневматическая часть пневмогидравлического устройства (схема)

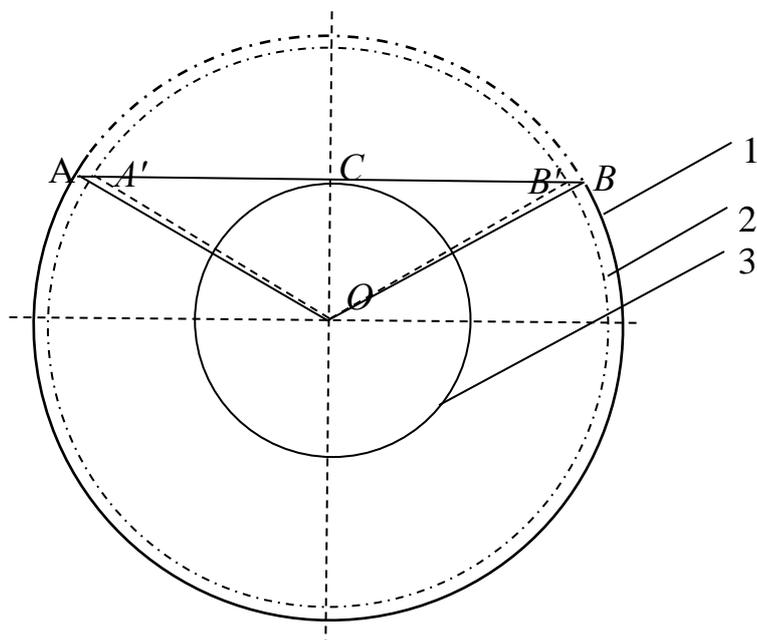
По этой схеме размеры пневматической части пневмогидравлического устройства и выходящей из плоского сопла начального участка x_n свободной воздушной струи имеют следующие обозначения и значения:

- "– $x_n = O'C$ – начальный участок плоской воздушной струи;
- x_0 – полюс;
- $OA = 19$ – радиус основания усеченного конуса устройства; см;
- $O_2K = 17,5$ – радиус основания конуса устройства, см;
- $AK = 3$, – ширина плоского сечения сопла устройства, см;
- $AO' = O'K = \delta_0 = 1,5$ см".

"Площадь AK прямоугольной трапеции $OAKO_2$ вокруг оси OO_2 определяется по уравнению:"

$$S_{\text{бок.пов.ус.кон.}} = \pi(OA + O_2K)\delta_0 = 3.14(19 + 17.5)1.5 = 343,83 \text{ см}^2. \quad (2.23)$$

"Площадь сопла усеченной пневматической области пневмогидравлического устройства определялась в соответствии с изображенной схемой, показанной на рисунке 2.13 [97]".



- 1 – основание усеченного конуса пневмогидравлического устройства;
 2 – основание конуса пневмогидравлического устройства;
 3 – окружность патрубка пневмогидравлического устройства;

$OA = OB = 19,0$ – радиус основания усеченного конуса, см;

$OA' = OB' = 17,5$ – радиус основания конуса, см;

$OC = 8,5$ – радиус патрубка, см

Рисунок 2.13 – "Схема пневматической части пневмогидравлического устройства (вид сверху)"

"На схеме (рисунок 2.13):"

$$" \sin \angle OAC = \frac{OC}{OA} = \frac{8,5}{19,0} = 0,4474; \angle OAC = 26,5^\circ; \angle AOB = 127^\circ; "$$

$$" \sin \angle OA'C = \frac{OC}{OA'} = \frac{8,5}{17,5} = 0,4857; \angle OA'C = 29^\circ; \angle A'OB' = 122^\circ. "$$

$$" \text{Дуга } \overset{\frown}{A'B'} \text{, равна: } \overset{\frown}{A'B'} = 360^\circ - 127^\circ = 233^\circ; 233^\circ \cdot 100\% / 360^\circ = 64,72\%. "$$

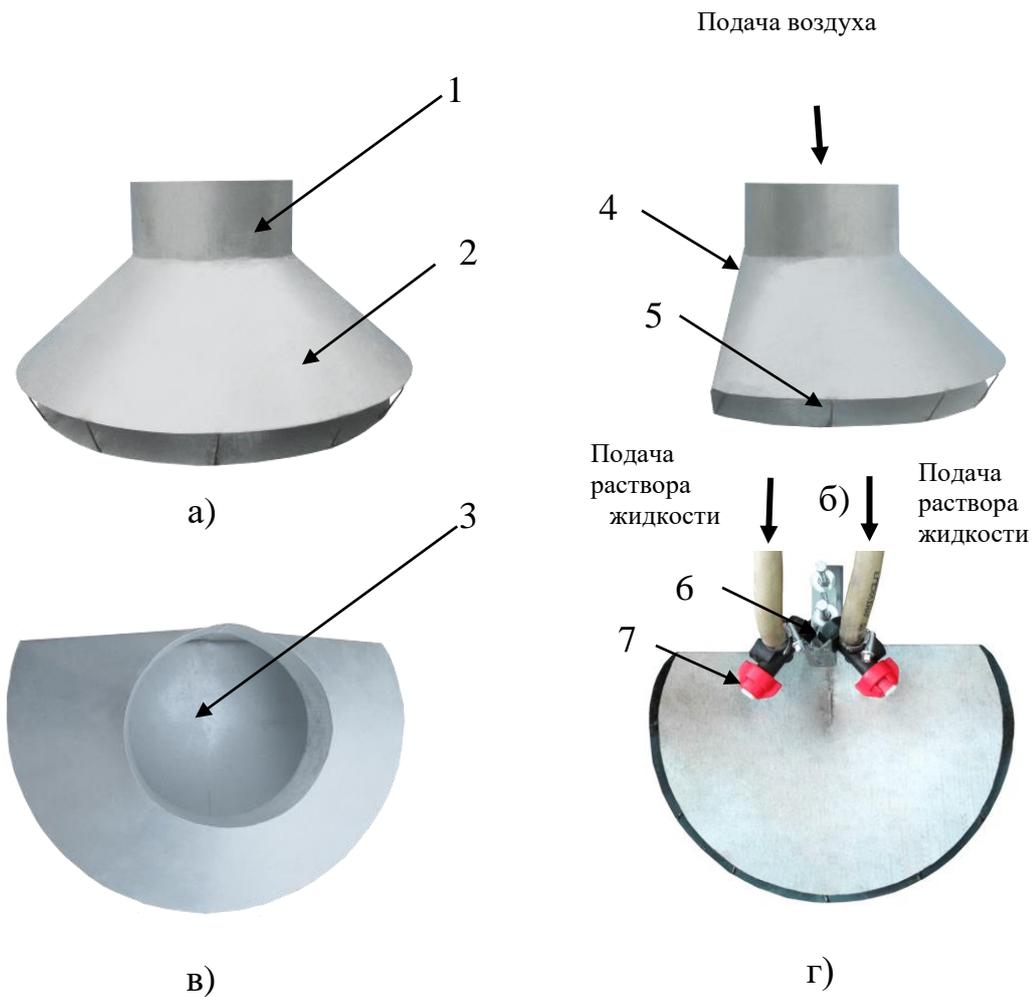
$$" \text{Дуга } \overset{\frown}{AB} \text{ равна: } \overset{\frown}{AB} = 360^\circ - 122^\circ = 238^\circ; 238^\circ \cdot 100\% / 360^\circ = 66,11\%. "$$

"Среднее значение дуги по окружности сектора сопла пневмогидравлического устройства составляет $(\overset{\frown}{A'B'} + \overset{\frown}{AB})/2 = (64,72\% + 66,11\%)/2 = 65,42\%$."

"Площадь сопла пневмогидравлического устройства равна

$$S_{\text{сопл.устр.}} = (S_{\text{бок.пов.ус.кон}} \cdot 65,42\%) / 100\% = 225 \text{ см}^2 = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2. "$$

"Общий вид конструкции сопла приведен на рисунке 2.14 [69, 71–73, 81, 82, 88, 89, 99, 142, 145, 155]. "Калибр сопла принят равным 4 [174]."



а) – вид спереди; б) – вид сбоку; в) – вид сверху; г) – вид снизу с расположенными под углом двумя щелевыми распылителями для горизонтальной подачи плоских факелов распыла во внутреннюю область воздушной струи, инжектирования и распространения капель к объектам обработки с увеличенной шириной захвата.

1 – патрубок; 2 – усеченный сходящийся конический насадок; 3 – конус; 4 – секущая плоскость; 5 – перемычки для обеспечения постоянного сечения плоского сопла; 6 – кронштейн для крепления распылителя. 7 – щелевой распылитель

Рисунок 2.14 – Пневмогидравлическое устройство (общий вид)

Расчетная дальность действия воздушно – капельной струи L_d м и соответствующая ширина захвата воздушно – капельным потоком $L_{ш}$ м объекта обработки, в зависимости от угла наклона оси сопла пневматической части пневмогидравлического устройства и высоты его расположения над объектом обработки представлена в таблице 2.3.

"Таблица 2.3 – Дальность действия воздушно-капельной струи (L_d , м) [142]"

Угол наклона оси сопла пневмогидравлического устройства к горизонту, ...°	Высота расположения пневмогидравлического устройства над объектом обработки, см				
	50	60	70	80	90
	$L_d, м/L_{ш}, м$	$L_d, м/L_{ш}, м$	$L_d, м/L_{ш}, м$	$L_d, м/L_{ш}, м$	$L_d, м/L_{ш}, м$
25	118/167	142/200	166/234	189/267	213/300
30	100/176	120/211	140/247	160/282	180/317
35	87/185	105/221	122/258	139/295	157/332
40	78/192	93/231	109/269	124/308	140/346

"Горизонтальное расстояние между выходными сечениями сопел распылителей жидкости находится в пределах от 12 до 15 см. Направление осей сопел двух распылителей под углом друг к другу от 80 ...° до 100 ...° обеспечивает перекрытие факелов для требуемой равномерности распределения препарата по ширине обработки растений (не превышающей 25%)."

Таким образом, калибр конического сопла, равный 4 и угол наклона сопла к горизонту 25 ...° с толщиной целевого сопла 3 см (как образующей усеченного конуса формы выходного сечения сопла устройства), являются вполне обоснованными элементами исследуемого устройства. Сектор сопла, образованный основаниями усеченного конуса и конуса пневмогидравлического устройства, соответствует суммарному сектору от двух плоских факелов распыла, с учетом пространственного расположения распылителей по отношению к устройству и дальности действия факельных струй.

Технологический процесс нанесения растворов пестицидов на объекты обработки таким распылителем растворов пестицидов осуществляется следующим образом.

Воздух подается во внутреннее пространство устройства, образованное патрубком воздуховода в виде конусообразного диффузора 1 и конусообразным рассекателем воздушного потока 2, выполненными усеченными секущей плоскостью 3, проходящей через точку на окружности основания диффузора, боковые поверхности диффузора 1 и конусообразного рассекателя 2, при делении его осно-

вания пополам. Устройство обеспечивает создание наклонной к горизонту плоской воздушной струи в форме сектора. Подача раствора пестицида к щелевым распылителям жидкости 4 осуществляется через гидромагистраль. Распылители установлены таким образом, что капли факела распыла жидкости внедряются в воздушный поток, выходящий из сопла устройства в форме сектора. Капли раствора пестицида под действием скоростного напора воздуха деформируются, распадаются на более мелкие и транспортируются к объектам обработки.

Преимущество предлагаемой разработанной конструкции состоит в том, что она позволяет в 4 раза уменьшить расход жидкости на единицу ширины распределения раствора пестицида.

Достоинство предлагаемого пневмогидравлического распылителя со щелевыми соплами заключается в экономичном потреблении энергии, затрачиваемой на диспергирование 1 т жидкости 2–4 кВт.

Простота и экономичность гидравлического распыления жидкости обеспечили широкое практическое "применение щелевых распылителей жидкости штанговых" опрыскивателей. Однако, использование воздушного потока при сопровождении даже мелких "капель распыливаемой жидкости, создаваемых щелевыми распылителями с меньшим расходом, обеспечивает осаждение их на растения практически для всех типов распылителей практически независимо от погодных условий".

2.5.4 Скорость истечения воздуха из сопла пневмогидравлического устройств в зависимости от создаваемого давления и особенности образования полидисперсных капель в факелах щелевых распылителей жидкости на штанговых опрыскивателях

"Значения скорости воздуха, w_2 (м/с), выходящего из сопла пневматической части пневмогидравлического устройства (рисунок 2.12), приведены в таблице 2.4 [1, 6, 25, 82, 97, 131, 153,]. "

"Таблица 2.4 – Средние скорости истечения w_2 в м/с из сопла пневматической части пневмогидравлического устройства и расходы воздушного потока G ($\text{м}^3 \text{с}^{-1}$) в зависимости от создаваемого давления перед соплом p_1 (Па) (в пределах от 100 до 900 Па) при коэффициентах истечения: $\varphi = 0,963$ и $\mu = 0,946$ "

"

Наименование показателя	Значение показателя								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
p_1 , Па	100	200	300	400	500	600	700	800	900
w_2 , м/с	12,92	18,23	22,21	25,76	28,80	31,55	34,10	36,44	38,66
w_2 , м/с $\times\varphi$	12,44	17,56	21,39	24,81	27,73	30,38	32,84	35,09	37,23
G , $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	0,29	0,41	0,50	0,58	0,65	0,70	0,77	0,81	0,86
G , $\text{м}^3 \text{с}^{-1} \times \mu$	0,27	0,39	0,47	0,55	0,61	0,66	0,73	0,77	0,81

"

Приведенные в таблице 2.6 расчетные значения начальной скорости истечения w_2 и расхода воздушного потока G в зависимости от создаваемого давления воздуха являются исходными данными для расчета возможности инжектирования капель, создаваемых распылителями рабочей жидкости, а также воздухораспределительных систем с различным количеством пневмогидравлических устройств". Количество пневмогидравлических устройств позволит определить производительность вентилятора к штанговому опрыскивателю растений.

"При гидравлическом распыливании из щелевого сопла распылителя жидкость вытекает в виде плоской пленки. Общий вид" щелевого "сопла и факела распыла" жидкости "показаны на рисунках" 2.3 и 2.15.



Рисунок 2.15 – Общий вид сопла (щелевого)

При распыливании: жидкости распад жидкости обусловлен влиянием ее физических свойств и окружающей среды [134].

Факелы распыла жидкости создают концентрацию дисперсности капель, приводящую к турбулентной коагуляции [158], кинетика которой исследована в научных трудах [15, 19, 43, 133, 134, 170, 171, 172, 177, 191].

В начальный момент времени образования аэрозоля коагуляция капель во времени быстротечна.

Известно [171], что в процессах диспергирования существует и баллоэлектрический эффект. Как правило [171], мелкие капли заряжаются положительно, а крупные – отрицательно. При наличии таких зарядов полидисперсного аэрозоля, коагуляция ускоряется [171].

Незакономерное воздушное воздействие на капли факела распыла жидкости [60] не решает проблему снижения коагуляции.

При движении опрыскивателя траектория струи искривляется [175], их масса изменяется [176].

Обладающие малой скоростью слои струи, которые находятся на периферии, интенсивно сдуваются и, больше, искривляются их траектории.

Изменение траекторий струй являются свидетельством о ресурсосбережении при работе с меньшим расходом жидкости, а также при увеличении производительностью работ.

2.5.5 Снижение коагуляции капель факелов распыляемой жидкости воздушным потоком струи в пневмогидравлическом устройстве

Начальный участок x_n струи показан на схеме рисунком 2.16.

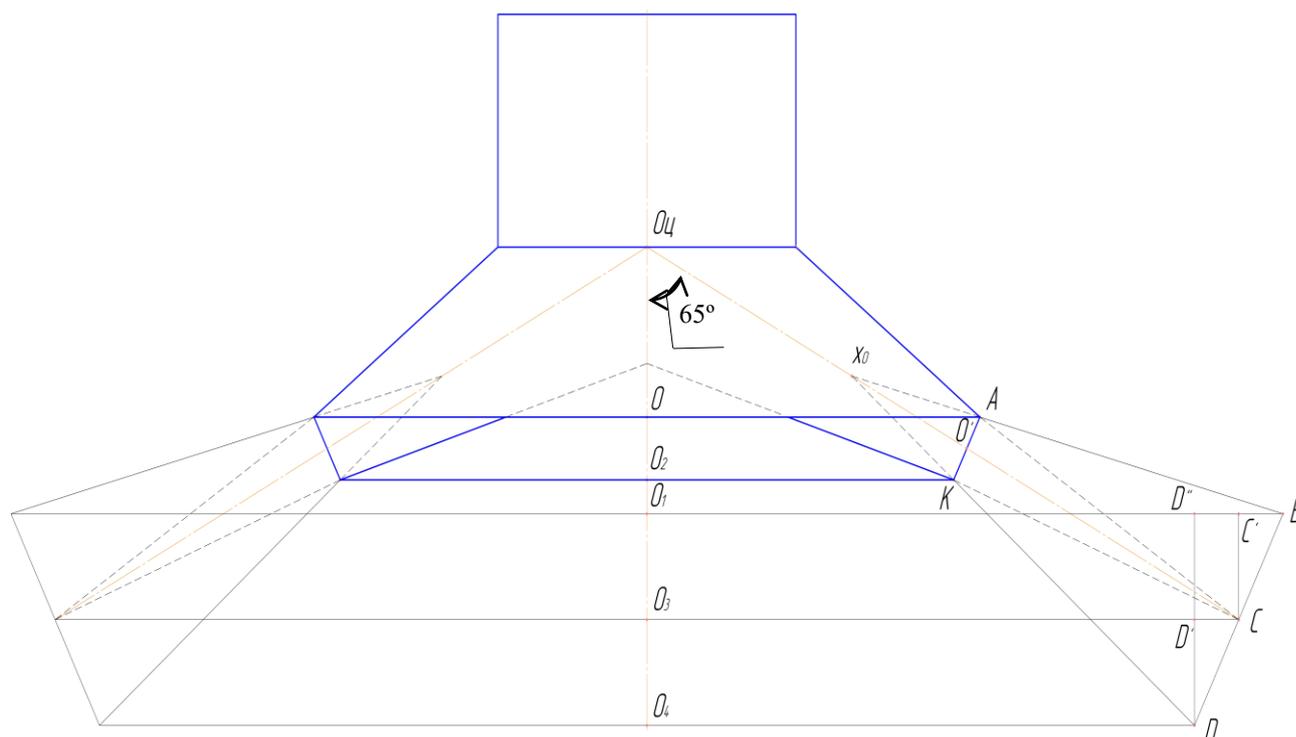


Рисунок – 2.16 Схема начального участка струи, выходящей из пневматического устройства

”Обозначения и значения начального участка струи:

OA – радиус основания усеченного конуса устройства, м; $OA = 0,19$ м;

O_2K – радиус основания конуса устройства, м; $O_2K = 0,175$ м;

O_4O' – расстояние от оси устройства по направлению оси сопла до выходного сечения сопла, м; $O_4O' = 0,203$ м;

O_4O – расстояние от точки пересечения оси устройства осевой линией сопла точки пересечения с основанием усеченного конуса, м; $O_4O = 0,073$ м;

O_4O_2 – расстояние от точки пересечения устройства осевой линией сопла до точки пересечения с основанием конуса, м; $O_4O_2 = 0,10$ м;

AK – ширина плоского сечения сопла устройства, м; $AK = 0,03$ м;

AO' – полуширина плоского сечения сопла устройства, м; $AO' = O'K = 0,015$ м.

Параметры воздушной струи, выходящей со скоростью равной $15,94$ м·с⁻¹ из пневматической части сопла пневмогидравлического устройства определяются по следующим формулам [143]:

"

$$X_o = X_o O' = \frac{0,41}{a} \delta_o = \frac{0,41}{0,09} 1,5 \cdot 10^{-2} = 6,83 \cdot 10^{-2} (\text{м}), \quad (2.24)$$

где $X_o = X_o O'$ – расстояние от начального сечения до полюса струи, м;

$$X_n = O'C = \frac{1,03}{a} \delta_o = \frac{1,03}{0,09} 1,5 \cdot 10^{-2} = 17,17 \cdot 10^{-2} (\text{м}), \quad (2.25)$$

где $X_n = O'C$ – длина начального участка струи, м

$$X_o K = X_o A = \sqrt{X_o O'^2 + A O'^2} = \sqrt{0,0683^2 + 0,015^2} = 6,99 \cdot 10^{-2} (\text{м}), \quad (2.26)$$

где $A O' = \delta_o$ – полуширина плоского сопла устройства, м.

$$BC = \delta_{zp} = \left(2,4 \frac{\alpha_n}{\delta_o} + 1\right) \delta_o = \left(2,4 \frac{0,09 \cdot 17,17 \cdot 10^{-2}}{1,5 \cdot 10^{-2}} + 1\right) \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} = 5,21 \cdot 10^{-2} (\text{м}), \quad (2.27)$$

где δ_{zp} – половина ширины струи в конце начального участка x_n

$$O_4 C = O_4 O' + O'C = 20,3 \cdot 10^{-2} + 17,17 \cdot 10^{-2} = 37,47 \cdot 10^{-2} (\text{м}), \quad (2.28)$$

где $O_4 C$ – расстояние от точки пересечения осей пневмогидравлического устройства и его сопла, образованного усеченным конусом и конусом до точки переходного сечения струи C .

Необходимые для определения соответствующих объемов воздуха размеры начального участка струи и коэффициенты инжекции жидкости, подаваемой в форме капель факелов распыла из щелевых распылителей, определяются по следующим уравнениям:

$$X_o B = \sqrt{X_o C^2 + BC^2} = \sqrt{(X_o O' + O'C)^2 + BC^2} = \sqrt{(6,83 \cdot 10^{-2} + 17,17 \cdot 10^{-2})^2 + (5,2 \cdot 10^{-2})^2} = 24,56 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.29)$$

$$KD = AB = X_o B - X_o A = 24,56 \cdot 10^{-2} - 6,99 \cdot 10^{-2} = 17,56 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.30)$$

$$KC = AC = \sqrt{A O'^2 + O'C^2} = \sqrt{(1,5 \cdot 10^{-2})^2 + (17,17 \cdot 10^{-2})^2} = 17,24 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.31)$$

$$O_3 C = O_4 C \cdot \cos 25^\circ = 37,47 \cdot 10^{-2} \cdot 0,9063 = 33,96 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.32)$$

$$O_2 O_4 = O_2 O_1 + O_1 O_3 + O_3 O_4 = 0,917 \cdot 10^{-2} + 4,713 \cdot 10^{-2} + 4,713 \cdot 10^{-2} = 10,343 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.33)$$

$$O_4 O_3 = O_4 C \cdot \sin 25^\circ = 37,47 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4226 = 15,84 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.34)$$

$$O_2 O_3 = O_4 O_3 - O_4 O_2 = 15,84 \cdot 10^{-2} - 10,2 \cdot 10^{-2} = 5,64 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.35)$$

$$X_o C = X_o O' + O'C = 6,83 \cdot 10^{-2} + 17,17 \cdot 10^{-2} = 24 \cdot 10^{-2} (\text{м}); \quad (2.36)$$

"

$$" X_0B = X_0D = \sqrt{DC^2 + X_0C^2} = \sqrt{(52 \cdot 10^{-2})^2 + (683 \cdot 10^{-2} + 17,17 \cdot 10^{-2})^2} = 24,56 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.37)$$

$$AC = \sqrt{AO'^2 + O'C^2} = \sqrt{(1,5 \cdot 10^{-2})^2 + (17,17 \cdot 10^{-2})^2} = 17,24 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.38)$$

$$O_2O_1 = O_2O_3 - O_1O_3 = 5,64 \cdot 10^{-2} - 4,713 \cdot 10^{-2} = 0,917 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.39)$$

$$O_3O_4 = O_1O_3 = CC' = CB \cdot \sin 65^\circ = 5,2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,9063 = 4,713 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.40)$$

$$D'D = CC' = CD \sin 65^\circ = 5,21 \cdot 10^{-2} \cdot 0,9063 = 4,713 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.41)$$

$$O_1O_4 = DD'' = BD \sin 65^\circ = 10,4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,9063 = 9,428 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.42)$$

$$OO_2 = KK' = \sqrt{AK^2 - (OA - O_0K)^2} = \sqrt{(3 \cdot 10^{-2})^2 - (19 \cdot 10^{-2} - 17,5 \cdot 10^{-2})^2} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.43)$$

$$OO_1 = OO_2 + O_2O_1 = 2,6 \cdot 10^{-2} + 9,17 \cdot 10^{-2} = 3,517 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.44)$$

$$D'C = \sqrt{DC^2 - D'D^2} = \sqrt{(5,2 \cdot 10^{-2})^2 - (4,713 \cdot 10^{-2})^2} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.45)$$

$$O_1B = O_3C + C'B = 33,96 \cdot 10^{-2} + 2,2 \cdot 10^{-2} = 36,157 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} \quad (2.46)$$

$$O_4D = O_3C - D'C = 33,96 \cdot 10^{-2} - 2,2 \cdot 10^{-2} = 31,4 \cdot 10^{-2} \text{ (м);} " \quad (2.47)$$

"Объем воздуха в области начального участка струи, получающийся при вращении вокруг оси пневмогидравлического устройства площади треугольника ΔKCD , рассчитывается суммированием объемов $V_{O_2KCO_3}$ и $V_{O_4DCO_3}$, получающихся при вращении вокруг оси этого устройства прямоугольных трапеций O_2KCO_3 и O_4DCO_3 с последующим вычетом объема $V_{O_1KDO_4}$, получающегося при вращении вокруг оси площади прямоугольной трапеции O_4DCO_3 :

$$V_{O_2KCO_3} = \frac{1}{3} \pi O_2O_3 \left[(O_2K)^2 + (O_3C)^2 + (O_2K)(O_3C) \right] = 1,213 \cdot 10^{-2} \text{ (м}^3\text{);} \quad (2.48)$$

$$V_{O_4DCO_3} = \frac{1}{3} \pi O_3O_4 \left[(O_4D)^2 + (O_2C)^2 + (O_4D)(O_3C) \right] = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ (м}^3\text{);} \quad (2.49)$$

$$V_{O_1KDO_4} = \frac{1}{3} \pi O_2O_4 \left[(O_2K)^2 + (O_4D)^2 + (O_2K)(O_4D) \right] = 2,024 \cdot 10^{-2} \text{ (м}^3\text{);} \quad (2.50)$$

$$V_{\Delta KCD} = V_{O_2KCO_3} + V_{O_4DCO_3} - V_{O_1KDO_4} = 7,89 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{).} \quad (2.51)$$

Объем воздуха начального участка струи в области с постоянной скоростью, получающийся при вращении вокруг оси устройства площади треугольника ΔACK , рассчитывается как разность между объемом $V_{O_4ACO_3}$, получающимся при вращении

вокруг оси устройства прямоугольной трапеции $OACO_3$ и суммой объемов V_{OAKO_2} и $V_{O_1KCO_3}$, получающихся при вращении вокруг этой оси площадей прямоугольных трапеций $OAKO_2$ и O_1KCO_3 :"

$$V_{OAKO_2} = \frac{1}{3} \pi OO_2 \left[(O_2K)^2 + (OA)^2 + (O_2K)(OA) \right] = 2,72 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}; \quad (2.52)$$

$$V_{OACO_3} = \frac{1}{3} \pi OO_3 \left[(OA)^2 + (O_3C)^2 + (OA)(O_3C) \right] = 1,87 \cdot 10^{-2} \text{ (м}^3\text{)}; \quad (2.53)$$

$$V_{\Delta ACK} = V_{OACO_3} - (V_{OAKO_2} + V_{O_1KCO_3}) = 3,87 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}. \quad (2.54)$$

Объем воздуха во внешней области начального участка струи, получающийся при вращении вокруг оси пневмогидравлического устройства площади треугольника ΔABC , рассчитывается как разность между суммами объемов V_{OABO_1} и $V_{O_3CBO_1}$, получающихся при вращении вокруг оси устройства прямоугольных трапеций $OABO_1$ и O_3CBO_1 и объема $OACO_3$, получающегося при вращении вокруг этой оси площади прямоугольной трапеции $OACO_3$:

$$V_{OABO_1} = \frac{1}{3} \pi OO_1 \left[(OA)^2 + (O_1B)^2 + (OA)(O_1B) \right] = 8,683 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}; \quad (2.55)$$

$$V_{O_3CBO_1} = \frac{1}{3} \pi O_1O_3 \left[(O_3C)^2 + (O_1B)^2 + (O_3C)(O_1B) \right] = 1,82 \cdot 10^{-2} \text{ (м}^3\text{)}; \quad (2.56)$$

$$V_{OABO_1} + V_{O_3CBO_1} - V_{OACO_3} = 8,146 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}. \quad (2.57)$$

При площади сопла пневматической части пневмогидравлического устройства $2,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ объем воздуха в начальном участке воздушной струи составляет $3,87 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

С учетом длины начального участка струи x_n и постоянной скорости воздуха в нем $15,94 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ длительность формирования его объема составляет $10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}$. За этот промежуток времени из сопла пневматической части пневмогидравлического устройства выходит $3,863 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ воздуха. При этом объем инжектируемого воздуха равен разности объемов в начальном участке струи и объема воздуха, выходящего из сопла пневматической части устройства за промежуток времени $10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}$:

$$V_{\text{инж.}} = 13,06 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 3,863 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 9,197 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (2.58)$$

Инжектируемый объем воздуха $9,197 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ составляет 70,42 % объема начального участка плоской струи. При этом рабочий объем воздуха 39,62 % или $1,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, выходящий из сопла устройства инжектирует капли факелов распыла из щелевых распылителей жидкости. За время $10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ рабочий объем воздуха $1,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ инжектирует объем воздуха, содержащийся в объеме факелов распыла в следующем количестве

$$V_{\text{возд. фак. расп.}} = 5,174 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 1,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 3,646 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (2.59)$$

В процентном отношении это составляет $V_{\text{возд. фак. расп.}} = 29,58 \%$.

Результаты проведенных исследований характеристик воздушного потока, выходящего из сопла пневмогидравлического устройства, позволили установить значения коэффициентов инжекции жидкости, подаваемой в форме факелов распыла щелевыми распылителями в воздушный поток струи (таблица 2.5) [142].

«Таблица 2.5 – Значения коэффициентов инжекции жидкости $U_{ж}$, подаваемой в форме факелов распыла соплами щелевых распылителей при давлениях жидкости: $P = 0,3 \text{ МПа}$ (3 Bar), $P = 0,4 \text{ МПа}$ (4 Bar), $P = 0,5 \text{ МПа}$ (5 Bar) и $P = 0,6 \text{ МПа}$ (6 Bar) в воздушный поток струи с массовым расходом воздуха $G_p = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}$

Тип сопла	P = 0,3 МПа (3 Bar)		P = 0,4 МПа (4 Bar)		P = 0,5 МПа (5 Bar)		P = 0,6 МПа (6 Bar)	
	$\frac{G_{ж}, \text{ кг}}{10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}}$	$U_{ж} = \frac{G_{ж}}{G_p}$	$\frac{G_{ж}, \text{ кг}}{10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}}$	$U_{ж} = \frac{G_{ж}}{G_p}$	$\frac{G_{ж}, \text{ кг}}{10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}}$	$U_{ж} = \frac{G_{ж}}{G_p}$	$\frac{G_{ж}, \text{ кг}}{10,77 \cdot 10^{-3} \text{ с}}$	$U_{ж} = \frac{G_{ж}}{G_p}$
01	$1,44 \cdot 10^{-4}$	0,078	$1,62 \cdot 10^{-4}$	0,087	$1,83 \cdot 10^{-4}$	0,099	$2,0110^{-4}$	0,109
015	$2,15 \cdot 10^{-4}$	0,116	$2,40 \cdot 10^{-4}$	0,132	$2,80 \cdot 10^{-4}$	0,151	$3,0210^{-4}$	0,163
02	$2,87 \cdot 10^{-4}$	0,155	$3,30 \cdot 10^{-4}$	0,178	$3,03 \cdot 10^{-4}$	0,196	$4,0610^{-4}$	0,219
025	$3,59 \cdot 10^{-4}$	0,194	$3,13 \cdot 10^{-4}$	0,223	$4,60 \cdot 10^{-4}$	0,248	$5,0310^{-4}$	0,272
03	$4,31 \cdot 10^{-4}$	0,233	$4,92 \cdot 10^{-4}$	0,266	$5,46 \cdot 10^{-4}$	0,295	$5,8910^{-4}$	0,318
04	$5,74 \cdot 10^{-4}$	0,310	$6,53 \cdot 10^{-4}$	0,353	$7,25 \cdot 10^{-4}$	0,392	$7,9310^{-4}$	0,429
05	$7,07 \cdot 10^{-4}$	0,382	$8,08 \cdot 10^{-4}$	0,437	$8,90 \cdot 10^{-4}$	0,481	$9,7710^{-4}$	0,528
06	$8,33 \cdot 10^{-4}$	0,450	$9,66 \cdot 10^{-4}$	0,522	$1,08 \cdot 10^{-4}$	0,584	$1,1910^{-3}$	0,640

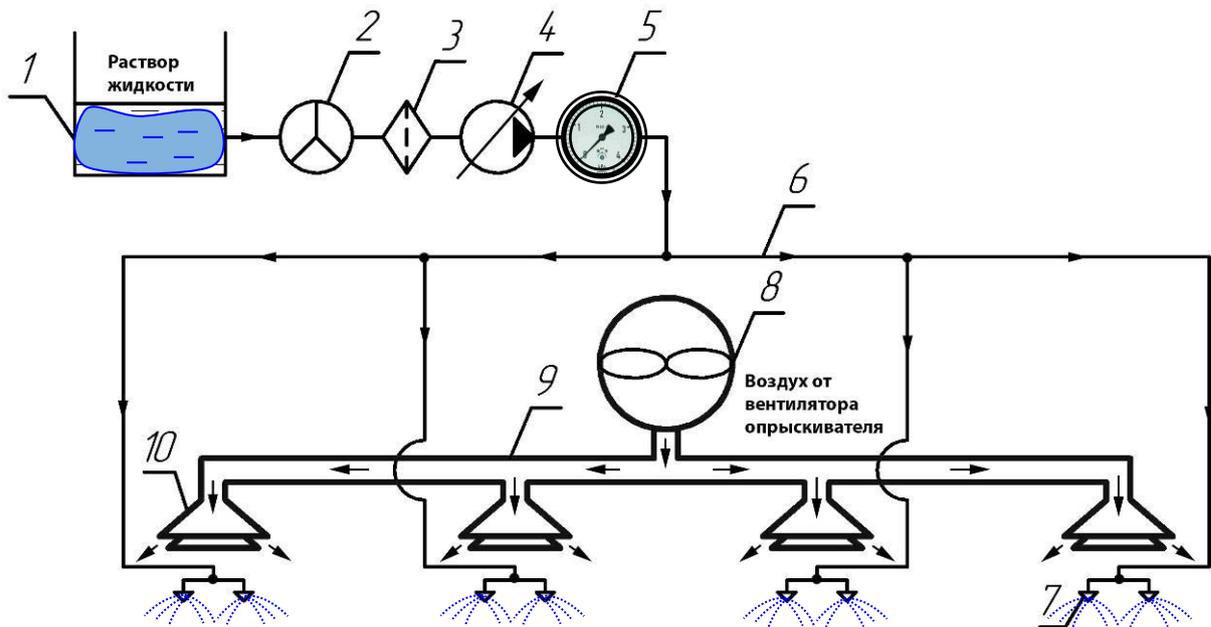
Как видно из таблицы 2.5, данные коэффициента инжекции жидкости $u_{ж}$ не превышает критического значения 0,5 [143], а, следовательно, воздушно-капельный поток закономерно транспортируется к объектам обработки. При этом, скоростью воздушного потока, равной 15,94 м/с, воздушной струей объемом

$V_{\Delta KCD}=7.89 \cdot 10^{-3}$ (м³) капли факелов распыла жидкости инжестируются всего за $\sim 0,011$ с [3], а воздушно-капельный поток защищается от сноса капель инжестируемым чистым воздухом.

Закономерности осаждения капель являются специальными исследованиями, приведенными в специальной литературе [6, 7, 9 15, 30, 45, 68, 79, 112, 150, 153, 176, 192, 197]

2.5.6 Предложенный способ нанесения капель распыливаемой жидкости на объекты назначения

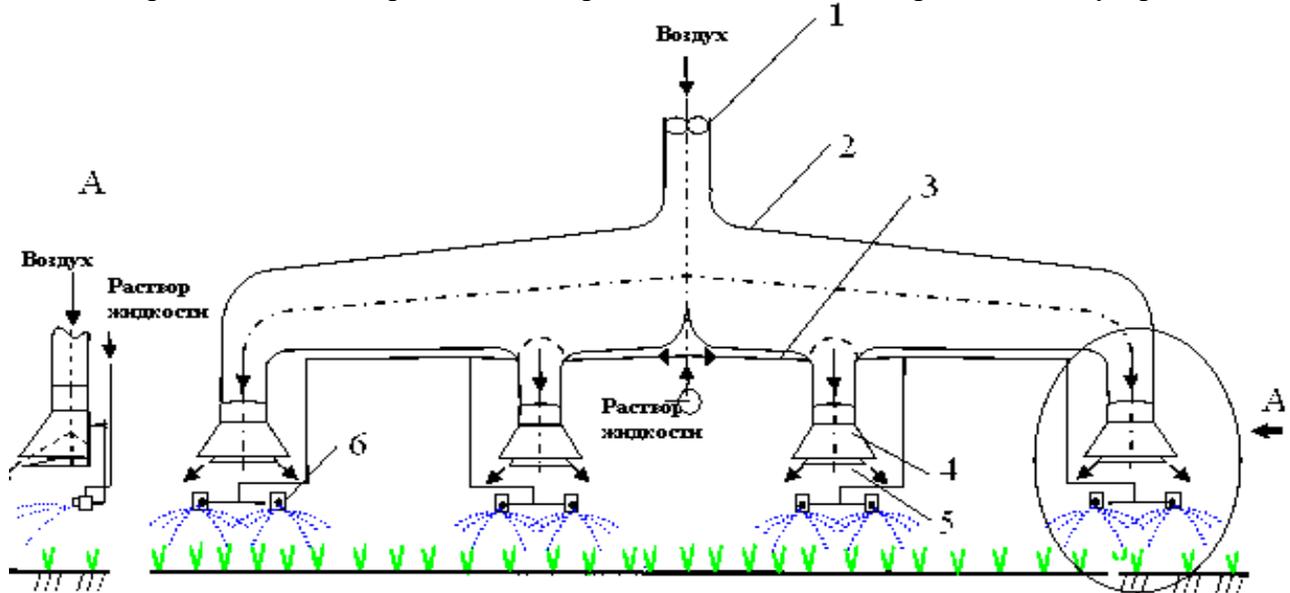
Предложенный способ нанесения капель распыливаемой жидкости на объекты назначения (рисунок 2.17, вид а) и вид б)) достигается тем, что способ нанесения рабочей жидкости на растения пневмогидравлическим устройством с расположенными под углом друг к другу двумя щелевыми распылителями, плоские горизонтальные факелы которых инжестируются плоским воздушным потоком и транспортируются в капельном виде к растениям,



1 – бак (емкость) опрыскивателя; 2 – всасывающая жидкостная коммуникация; 3 – фильтр для жидкости; 4 – электрический насос; 5 – манометр давления; 6 – напорная жидкостная ком-

муникация; 7 – щелевые распылители; 8 – вентилятор; 9 – воздухораспределительная система; 10 – пневматическое устройство

а) Схема технологического процесса подачи рабочего раствора к астициям штанговым опрыскивателем с применением предлагаемых пневмогидравлических устройств



б) Воздухораспределительная система штангового опрыскивателя растений, оборудованного пневмогидравлическими устройствами

Рисунок 2.17 - Схема способа нанесения капель распыливаемой жидкости на объекты назначения

Работают пневмогидравлические устройства 10 с щелевыми распылителями 7, в зависимости от создаваемого электрическим насосом давления 4, которым рабочая жидкость забирается из емкости опрыскивателя 1 через всасывающую жидкостную коммуникацию 2, очищается от примесей фильтром 3, контролируется датчиком давления 5, через напорную жидкостную коммуникацию 6 подается к соплам щелевых распылителей 7 и превращается в капли. Капли рабочей жидкости факела распыла инжектируются воздухом, из плоского сопла пневматического устройства 10 в форме сектора, создаваемым вентилятором 8 через воздухораспределительную систему 9 к пневмогидравлическому устройству 10.

Для обеспечения процесса опрыскивания растений нами разработана конструктивно-технологическая система к штанговому опрыскивателю растений, которая схематически показана на рисунке 2.17 видом б) [66, 77, 144].

Она содержит вентилятор 1, воздухораспределительные рукава 2, гидравлическую систему 3, пневмогидравлические распылители растворов пестицидов, в конструкции которых конусообразный диффузор 4 и конусообразный рассекатель воздушного потока 5 выполнены усеченными секущей плоскостью, проходящей через точку на окружности основания входного цилиндрического патрубка воздуховода, боковые поверхности диффузора и конусообразного рассекателя, щелевые распылители жидкости 6, установленные на определенном расстоянии по отношению к основанию конусообразного рассекателя воздушного потока и между собой, а также направленные под углом друг к другу таким образом, что капли факелов распыла жидкости инжектируются воздушным потоком, выходящим из сопла устройства в форме дуги.

При работе опрыскивателя вентилятором 1 во внутреннее пространство рукавов 2 подается воздух. По гидравлической системе 3 насосом к распылителям 6 подается рабочий раствор. Воздушно-капельный поток из сопла устройства под углом 25° , направляется к растениям.

Скорость воздуха из сопла пневмогидравлического устройства должна транспортировать капли к объектам обработки со скоростью, превышающей скорость движения опрыскивателя.

Расчет воздухораспределительной системы осуществлялся с целью обеспечения скорости воздуха, выходящего из пневмогидравлического устройства, не менее 15 м/с [5, 6]. Суммарные потери давления составят $\Delta P_{\text{сумм.}} = 464 \text{ Па}$.

Критерий быстроходности n_y определяется по формуле [52]:

$$n_y = 53 \frac{L^{1/2} \omega}{P^{3/4}}, \quad (2.60)$$

где L – подача вентилятора, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$;

ω – частота вращения, $\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$;

P – суммарные потери давления в системе опрыскивателя, Па.

По рисунку 2.18 при приведенной плотности воздуха $\rho_o = 1,2 \text{ (кг/м}^3\text{)}$, $L = 1,35 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ и $\Delta P_{\text{сумм.}} = 464 \text{ Па}$ в воздухораспределительной системе (рисунок 2.17) частота вращения ω равняется $150 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$ (1500 об/мин , т.к. $1 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1} = 9,55 \text{ об/мин} \approx 10 \text{ об/мин}$), а КПД – $\eta = 0,57$.

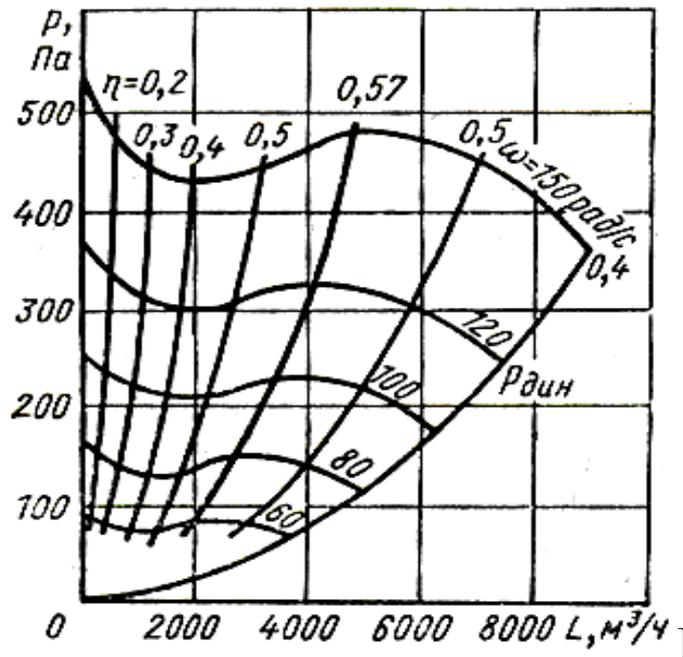


Рисунок 2.18 – График расхода воздуха в зависимости от создаваемого давления

С учетом этих данных, рассчитанный по формуле (2.60) критерий быстротходности будет равен $n_y = 92,37$.

Полезная мощность вентилятора N (кВт) определяются по формуле [52]:

$$N = \frac{LP}{1000\eta} \quad (2.61)$$

И составляет $N = 1,1$ кВт.

2.5.7 Воздействие воздушного напора на факел распыла жидкости при движении опрыскивателя

"В процессе опрыскивания осуществляется воздействие воздушного напора на создаваемую пневмогидравлическим устройством воздушно-капельную струю.

Распространение воздушно-капельного потока струи, формируемого пневмогидравлическим" распылителем жидкости при различной скорости опрыскивателя, имеет свои особенности. По-разному искривляются не продуваемая с повы-

шенной концентрацией и продуваемая с незначительной концентрацией области факела распыляемой жидкости.

Имеются исследования ряда ученых по влиянию постоянно действующего воздушного потока на воздушные и воздушно-капельные струи [2, 13, 14, 28, 29, 47, 48, 175, 176]. Ими установлено, что ось воздушной струи в результате воздействия сносящего потока искривляется. "В результате проведенных исследований для определения высоты пневмогидравлического устройства над объектами обработки, а также скорости передвижения в составе опрыскивателя, принято использовать выражение [3, 81]:

$$y = \frac{2}{k} (\sqrt{k \cdot x + ctg^2 \beta} - ctg \beta), \quad (2.62)$$

где y – высота устройства, м;

$$k = \frac{C_n \rho \omega^2}{\delta_o \rho_o u_o^2 \sin^2 \beta} \text{ – параметр}; \quad (2.63)$$

x – "расстояние по горизонтали при угле наклона струи $\beta = 25 \dots^\circ$ к поверхности обработки", м;

$C_n = 0,01$ – коэффициент сопротивления воздушному потоку;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

ω – скорость движения пневмогидравлического устройства, м·с⁻¹;

δ_o – половина толщины сопла пневматической части устройства, м;

$\rho_o = M_{\text{сум}} / V_{\text{сум}}$ – плотность воздушно-капельного потока, кг/м³;

$M_{\text{сум}}$ – суммарный массовый расход жидкости и воздуха, кг;

$V_{\text{сум}}$ – суммарный объемный расход жидкости и воздуха, м³;

u_o – скорость воздуха в сечении сопла, м·с⁻¹;

$y = (\approx 0,8)$ – текущая высота расположения устройства, м.

Рекомендовано [3] коэффициент C_n сопоставлять с экспериментальными данными.

Плотность воздушно-капельного потока равна $\rho_o = M_{\text{сум}} / V_{\text{сум}} = 1,43$ (кг/ м³),

Значение координаты x определяется согласно [3] по формуле:

$$u_{\text{макс}} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{ax}{\delta_o} + 0,41}} u_o. \quad (2.64)$$

При $u_0 = 15$ м/с, $\beta = 25 \dots^\circ$ и установленного значения максимальной скорости $u_{\max} = 5$ м/с "на расстоянии x_1 , [3, 112] значение $x = 1,7$ м.

Для скорости опрыскивателя 12 км/ч (3,3 м/с) $k = 18,77 \cdot C_n$.

Для скорости опрыскивателя 17 км/ч (4,7 м/с) $k = 38,08 \cdot C_n$.

Т.о., при C_n равном 0,01, рассчитанная высота сопла, устанавливаемая над объектами обработки 0,77 м, по сравнению с рекомендуемой - 0,5 м, позволяет работать при повышенных технологических скоростях движения опрыскивателя [78].

2.5.8 Анализ процесса опрыскивания растений пневмомеханическим устройством

При аэрозольной обработке растений важными показателями являются размеры и число капель/см² на объектах обработки. Требуемые критерии размеров капель для применения пестицидов основным способом опрыскивания объектов обработки следующие. Медианно-массовые диаметры (ММД) капель при лиственной защитной обработке фунгицидами и инсектицидами имеют пределы от 226 мкм до 325 мкм. При почвенной обработке системным пестицидом интервал требуемых ММД капель увеличен от 326 мкм до 400 мкм. При применении гербицидов для лиственной послевсходовой обработке контактным пестицидом пределы ММД капель составляют от 226 мкм до 325 мкм. При применении гербицидов для лиственной послевсходовой обработке системным пестицидом пределы ММД капель составляют от 226 мкм до 400 мкм. Почвенная гербицидная обработка системным пестицидом требует увеличенный диапазон ММД капель от 401 мкм до 500 мкм и >500 мкм. Число капель/см² при применении фунгицидов имеет пределы от 50 до 70. Число капель/см² при применении инсектицидов имеет пределы от 20 до 30. Число капель/см² при применении гербицидов имеет пределы от 20 до 40.

Требуемая дисперсность достигается технологическим процессом по целевому нанесению числа и размера капель на объекты обработки [32,35]. Оптималь-

ным при этом является нанесение на объекты опрыскивания монодисперсных капель. Получение монодисперсных капель осуществляется распыливанием жидкости вращающимся диском [38,40,42]. При вращении смоченного жидкостью диска на его кромке образуется стационарный жидкий тор радиусом a , см

$$a = \sqrt{\frac{2\sigma}{\pi r \rho \omega^2}}, \quad (2.65)$$

где σ — поверхностное натяжение жидкости, г/с²;

ρ — плотность жидкости, г/см³;

r — радиус диска, см;

ω — радиальная (окружная) скорость вращения диска, рад/сек.

Капли образуются в тех местах, где жидкий тор теряет устойчивость под действием случайных возмущений. Неустойчивые места жидкого тора на кромке диска отстоят друг от друга на расстоянии между смежными деформируемыми его участками, вычисляемыми по формуле [38,40,42].

$$\lambda = 9a \left(1 + \sqrt{\frac{4.5\eta^2}{\rho\sigma a}} \right)^{1/2}, \quad (2.66)$$

где λ — «длина волны», равная расстоянию в местах жидкого тора, где тор распадается на капли под действием случайных возмущений;

" η — вязкость жидкости, г/см, с. "

"Для маловязкой жидкости принимается $\lambda = 9a$ "

Для вращающегося диска диаметры первичных капель вычисляются по формуле [38,40,42]

$$d = \frac{2.9}{\omega} \sqrt{\frac{\sigma}{r\rho}}, \quad (2.67)$$

В формуле (2.67) коэффициент 2,9 используется при распыливании воды.

Средний диаметр капель – спутников d , следующих за основными каплями приблизительно в 2,5 раза меньше диаметра основных. Число основных капель N , образуемых на длине окружности диска $l=2\pi r$ равно $N=2\pi r/\lambda$. Число оборотов диска за одну секунду равно: $n=\omega/2\pi$, а количество образуемых при этом капель равно произведению: $N \cdot n$. Такое количество капель за одну секунду направляется в

круговой воздушный поток, выходящий из плоского сопла пневмогидравлического устройства [141,142], для пневмотранспортирования капель к объекту обработки. Площадь опрыскивания растений S определяется шириной опрыскивания $Ш$ и расстоянием L при передвижении пневмомеханического устройства: $S=Ш \cdot L$. Ширина опрыскивания применительно к конструкции пневмомеханического опрыскивателя растений определяется по формуле

$$Ш = 2 \left(\frac{H}{\operatorname{tg} 25} \right), \quad (2.68)$$

где H – высота пневмомеханического устройства над поверхностью обработки растений, см;

$\alpha = 25 \dots^\circ$ - угол между направлением воздушной струи и поверхностью почвы.

Число капель, шт./см² на опрыскиваемой площади в соответствии с агро-требованиями определяется выражением: $N_{\text{шт./см}^2} = N \cdot n / S$.

Для рассмотренного первого (основного) режима образования монодисперсных капель критический расход жидкости определяется по формуле [38,40,42]

$$Q_k = k_1 \frac{(\sigma r)^{0.75}}{\omega^{0.5} \rho^{0.75}}, \quad (2.69)$$

где $k_1 = 0,53 - 0,10 (2 + \lg \eta)$ – коэффициент, учитывающий степень приближения реального процесса к данному пределу.

Расход жидкости G , дм³/га определяется формулой [53]

$$G = \frac{60000 g_{\text{рас.}}}{VШ}, \quad (2.70)$$

где $g_{\text{рас.}}$ – расход жидкости через распылитель, дм³/мин;

V – скорость опрыскивателя, км/ч;

$Ш$ – ширина захвата пневмогидравлического устройства.

Мощность [38,40,42], потребляемая распылителем $N_{\text{рас.}}$, Вт

$$N_{\text{рас.}} = 5 \cdot 10^{-5} Q \rho (r\omega)^2, \quad (2.71)$$

Из сечения кольцеобразного плоского сопла пневматического устройства равного $0,01 \text{ м}^2$ выходит воздушный поток со скоростью $22,4 \text{ м/с}$ с расходом воздуха $805,7 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При потенциальном обтекании растений воздушно - капельным потоком при критерии $Re > 500$ даже при критерии Stk меньше критического значения эффективность осаждения будет высокой [15]. При тесном расположении растений эффективность осаждения увеличивается по сравнению с теоретической величиной. Эффективности осаждения мелких капель на растениях будет способствовать увеличение концентрации капель в области растений при движении распылителя.

Технологический процесс одного из режимов пневмомеханического устройства следующий. При оборотах диска с радиусом 10 см и частотой его вращения 800 рад./сек образуются диаметры капель размером 65 мкм . При скорости движения устройства в составе опрыскивателя 10 км /ч количество капель составляет 12 шт./см^2 . Критический расход жидкости равен $0,5 \text{ л/мин.}$, а ее расход на 1 га составляет ~ 10 литров.

2.5.9 Теоретическая оценка процесса защитного опрыскивания растений пневмогидравлическим устройством

Пленки жидкости присутствуют в технологиях опрыскивания растений щелевыми распылителями жидкости.

Веерообразная форма струи, вытекающая из щелевого сопла, была рассчитана [133] полуэмпирическим методом. Схему расчета применительно к пленкам жидкости, выходящим из щелевых сопел, можно представить рисунком 2.19.

Пленка вытекает из узкой щели сопла, длина которого является d_0 , а ширина – h_0 . Толщина пленки δ изменяется с расстояния r от начала координат по закону $\delta = k_s / r$ (k_s – эмпирический параметр, мм^2 , зависящий от отношения d_0/h_0). Зависимости коэффициента k_s и коэффициента расхода щелевого сопла μ от отношения d_0/h_0 приведены на рисунке 2.20.

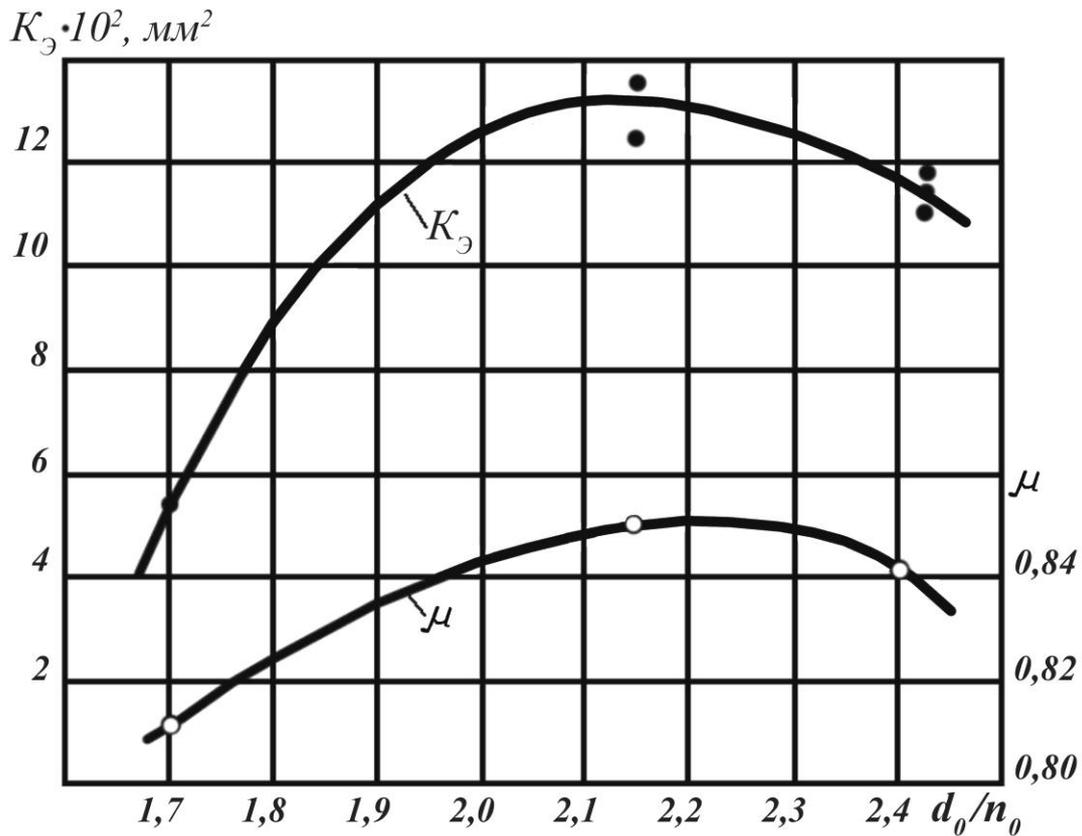


Рисунок 2.19 – Зависимости коэффициента k_3 и коэффициента расхода щелевого сопла μ от отношения d_0/h_0

При предположении [133], что "на большей части контура пленки угол между касательной к контуру и радиусом вектором r не велик (рисунок 2.20), известно следующее уравнение контура пленки

$$2\psi^{-1}r = 1 - \cos(\alpha - \alpha_0) + 3\cos(\alpha - \alpha_0)^2 / 2, \quad (2.72)$$

где $\psi = 0,5\rho_{ж}u^2 k_3$;

$u = \mu\sqrt{2\Delta p / \rho_{ж}}$ – скорость жидкости пленки вдоль любой линии тока, м/с;

Δp – разность давлений жидкости, Па;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³."

Угол α_0 (рисунок 2.20) определяется по формуле

$$\alpha_0 = \pi / 2 - \frac{Q}{2uk_3}, \quad (2.73)$$

где Q – расход жидкости, дм³/мин.

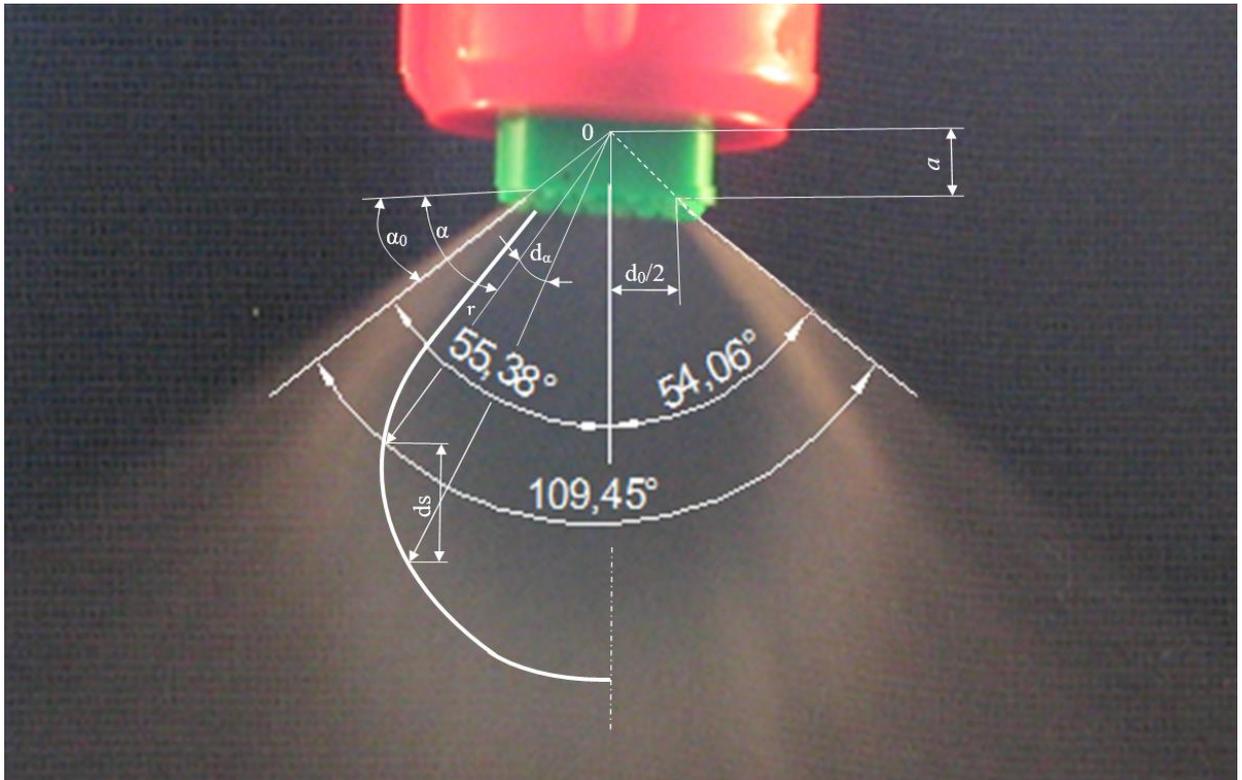


Рисунок 2.20 – Схема пленки жидкости, вытекающей из щелевого сопла (распылитель со щелевым соплом зеленого цвета, LU – 015)

"Расстояние a от начала контура пленки до плоскости щелевого сопла определяется из выражения $2a = d_0 \operatorname{tg} \alpha''_0$.

Длину нераспавшегося участка пленки $l = r^2/k_\varepsilon$ при $\rho_{жс} / \rho_v > 0,17 \cdot 10^3$ определяют по уравнению [133,134]

$$l = 9,73 \cdot 10^2 (\rho_{жс} / \rho_v)^{1,5} (We)^{-1}, \quad (2.74)$$

где ρ_v – плотность воздуха, кг/м³.

В уравнении (2.74) значение числа Вебера определяется по выражению

$$We = \rho_{жс} \omega^2 k_\varepsilon^{0,5} / \sigma, \quad (2.75)$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м.

Приведенная выше теория может быть положена в основу для определения рациональной технологии применения пневмогидравлического устройства. Выполнение требований по числу капель/см² на объекте обработке перекрытие факелов распыливаемой жидкости в пневмогидравлическом устройстве обеспечивает равномерное распределения капель по ширине опрыскивания. Поэтому достаточно сведения о дроблении толщины пленки жидкости по оси факела распыливаемой

мой жидкости на капли и получения их числа в единицу времени. Оценка классовых размеров капель полидисперсного аэрозоля при этом может определяться на образующей длине элементарных участках ds пленки в лабораторных условиях, как это показано в работе.

Например, при применении щелевого сопла LU – 015, давлении жидкости 4МПа и расходе жидкости 0,68 л/мин при скорости ее движения (одинаковой по всем направлениям пленки) 23,35 м/с при $\kappa_3 = 222,5$ в одну секунду образуется 729688,8 капель. Такие условия при скоростях движения опрыскивателя 10 и 20 км/ч и шириной опрыскивания 4м позволят обеспечить число капель 68,4 и 24,2 шт./см² соответственно. Расходы рабочей жидкости при этом составляют 10,2 и 5,1 л/га.

2.7 Выводы по главе

1. На основе исследований методов и средств для испытаний распылителей жидкости разработан метод моделирования технологического процесса их работы и устройство с конструктивным исполнением и обеспечением возможности получения информационных сведений о ресурсосберегающей технологии применения распылителей опрыскивателей.

2. Для повышения качества опрыскивания растений разработаны конструктивные схемы пневмомеханических и пневмогидравлических устройств, обеспечивающие пневмотранспортирование капель распыливаемой жидкости воздушным потоком с шириной осаждения более 4 (м) при одновременном препятствии их сноса в окружающую среду.

3. Обоснована схема конструкции пневмогидравлического устройства усеченной формы с углом конусности сопла $13 \dots^\circ$ для увеличения скорости воздушной струи, инъекции капель распыливаемой жидкости двумя щелевыми распылителями. Теоретически определены: площадь сечения сопла $2,25 \cdot 10^{-2}$ (м²) пневмогидравлического устройства, объем начального участка воздушной струи с постоянной скоростью $3,87 \cdot 10^{-3}$ (м³), время его формирования $10,77 \cdot 10^{-3}$ (с), объем инжектируемого воздуха $9,197 \cdot 10^{-3}$ (м³), объем внешней области начального

участка воздушной струи $8,146 \cdot 10^{-3}$ (м³) и рабочий объем воздуха $1,53 \cdot 10^{-3}$ (м³), который инжектирует объем воздуха, содержащийся в воздушно-капельной системе факелов распыла жидкости $3,646 \cdot 10^{-3}$ (м³). Рассчитанные коэффициенты инъекции для применяемых типов сопел 01 до 06 распылителей с давлениями жидкости от 0,3 МПа (3 Bar) до 0,6 МПа (6 Bar) подтвердили правомочность проведенных расчетов на основе закономерностей распространения воздушной струи. Время инъекции капель 0,011 с воздушным потоком обусловило "снижение их коагуляции, которая по времени начинается после начала распыла жидкости с 0,01 с.

4 Проведены расчеты воздухораспределительной системы опрыскивателя с воздушным сопровождением капель к растениям. Определены коэффициенты сопротивления участков системы, потери давления, обусловленные воздушной струей. Потери давления в воздухораспределительной системе составили 464 (Па).

Производительность вентилятора равна $L = 1,35$ (м³ с⁻¹).

5 Опрыскивание растений при расположении распылителей на высоте 0,77 м позволяет технологический процесс проводить на скорости агрегата 17 (км/ч) и более.

6 Представлена теория технологического процесса опрыскивания растений пневмомеханическим и пневмогидравлическим устройствами.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПРЫСКИВАНИЯ РАСТЕНИЙ РАСТВОРАМИ ПЕСТИЦИДОВ

3.1 Задачи экспериментальных исследований

В задачи экспериментальных исследований входили:

1. Обоснование метода моделирования режимов работы распылителей опрыскивателей.
2. Обоснование способов переноса капель распыливаемой жидкости распылителями в форме воздушно-капельной системы к объектам назначения.
3. Обоснование параметров и режимов работы пневматических устройств для осуществления работы распылителей опрыскивателей и транспортирования капель распыливаемой жидкости с использованием установленных уравнений и численного эксперимента.
4. Лабораторная и лабораторно-полевая проверка опытных и макетных образцов устройств пневмотранспорта дисперсных систем для сельскохозяйственной техники опрыскивания растений.
5. Техничко-экономическая оценка эффективности разработанных средств.

3.2 Методики экспериментальных исследований характеристик распыливаемой жидкости в условиях моделирования режимов работы распылителей в составе стендового оборудования

3.2.1 Комплект приборов и измерительных средств, используемых в исследованиях

Средства, применяемые при измерениях расхода жидкости

Элементы стендового оборудования приведены на рисунках 3.1 – 3.3.

Для измерения показателей расхода жидкости целевыми распылителями штанговых опрыскивателей используются элементы стендового оборудования ИУ 92 (рисунок 2.19, глава 2) и измерительные средства [51].

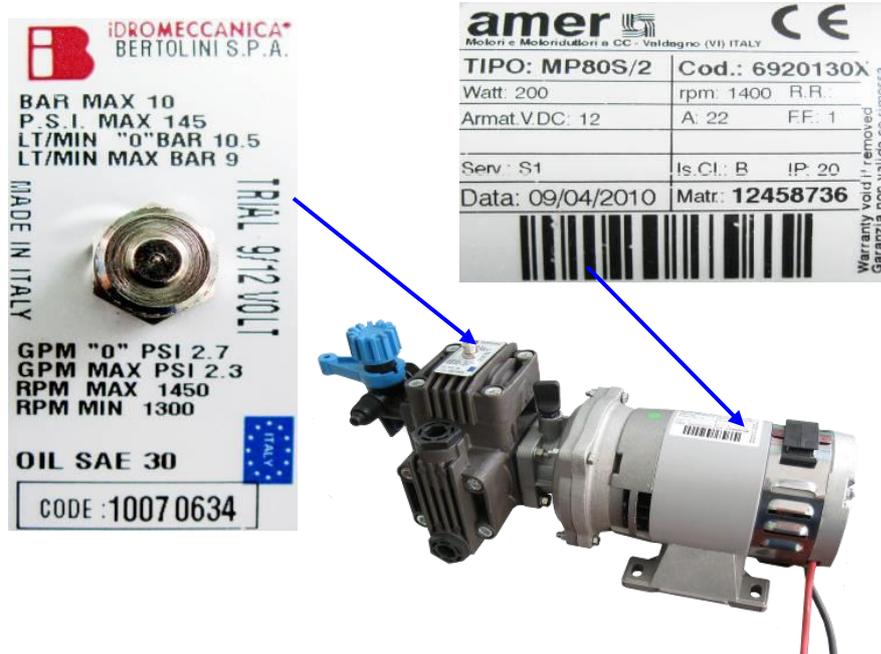


Рисунок 3.1 – Общий вид электронасоса ELP.TRIAL 9/12 116103973 [75]

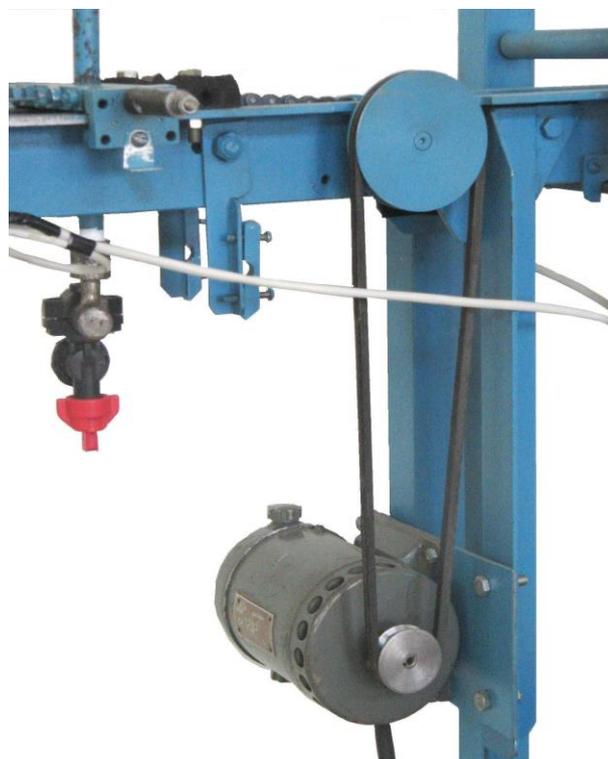


Рисунок 3.2 – Электропривод каретки с распылителем

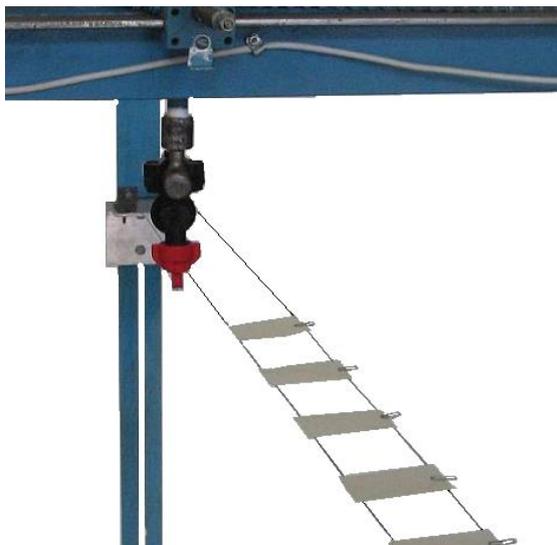
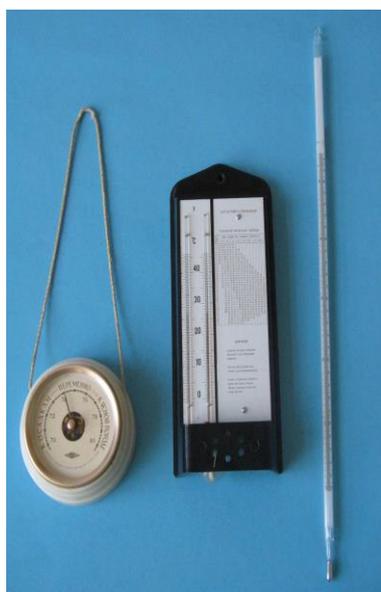


Рисунок 3.3 – Устройство для пространственного расположения объектов обработки (карточек из бумаги типа "Piltrak") под факелом распыляемой жидкости

Общий вид измерительных приборов для определения условий испытаний приведен на рисунках 3.4 – 3.11 [106].



Метеостанция МЭС 200



GPS «Garmin etrex»

Рисунок 3.4 – Приборы для определения температуры, влажности и давления окружающего воздуха, температуры рабочей жидкости, скорости воздушного потока и скорости движения МТА [106]

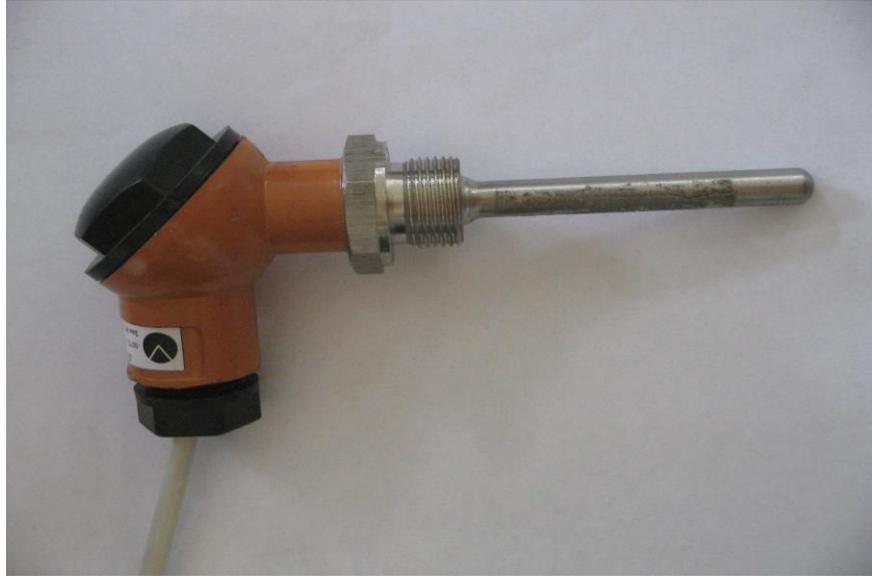


Рисунок 3.5 – Термометр сопротивления измерения температуры жидкости [75]



Рисунок 3.6 – Средства измерения расхода жидкости [106]: секундомер и мерный цилиндр



Рисунок 3.7 – Электронные весы и мерный цилиндр с водой [106]



Рисунок 3.8 – Датчик расхода жидкости [75]



Рисунок 3.9 – Поверенный жидкостной манометр [106]



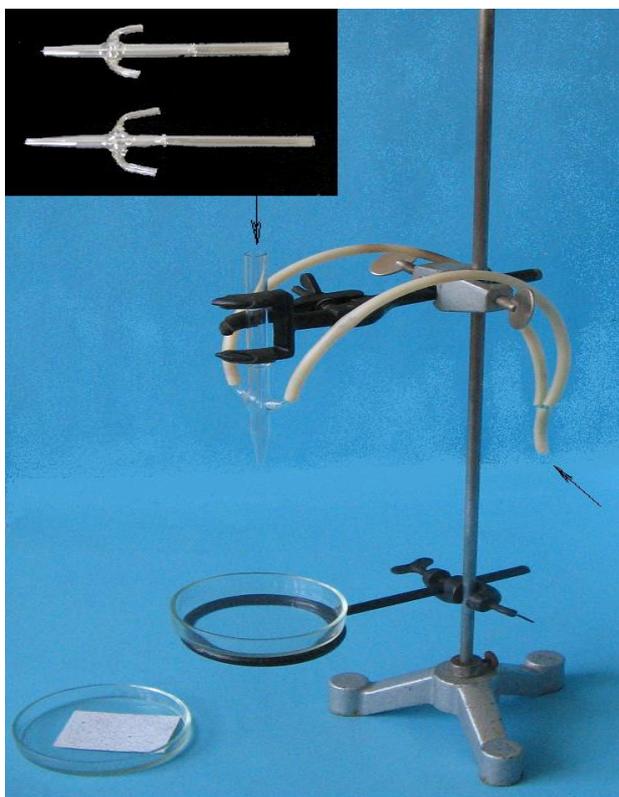
Рисунок 3.10 – Жидкостной датчик давления (электронный) [75]



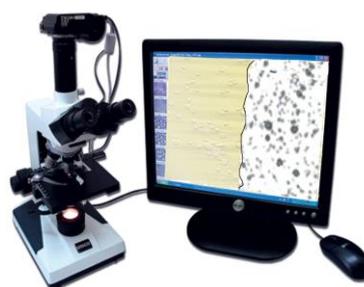
Рисунок 3.11 – Уровень – угломер [75, 100, 106, 136]

Оборудование, определяющее характеристики распыливаемой жидкости

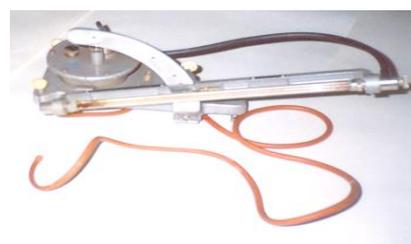
Лабораторное оборудование, определяющее коэффициент растекания капель, представлено рисунком 3.12.



1 – пистолеты Чабанова; 2 – штатив;
3 – воздухопровод; 4 – чашки Петри;



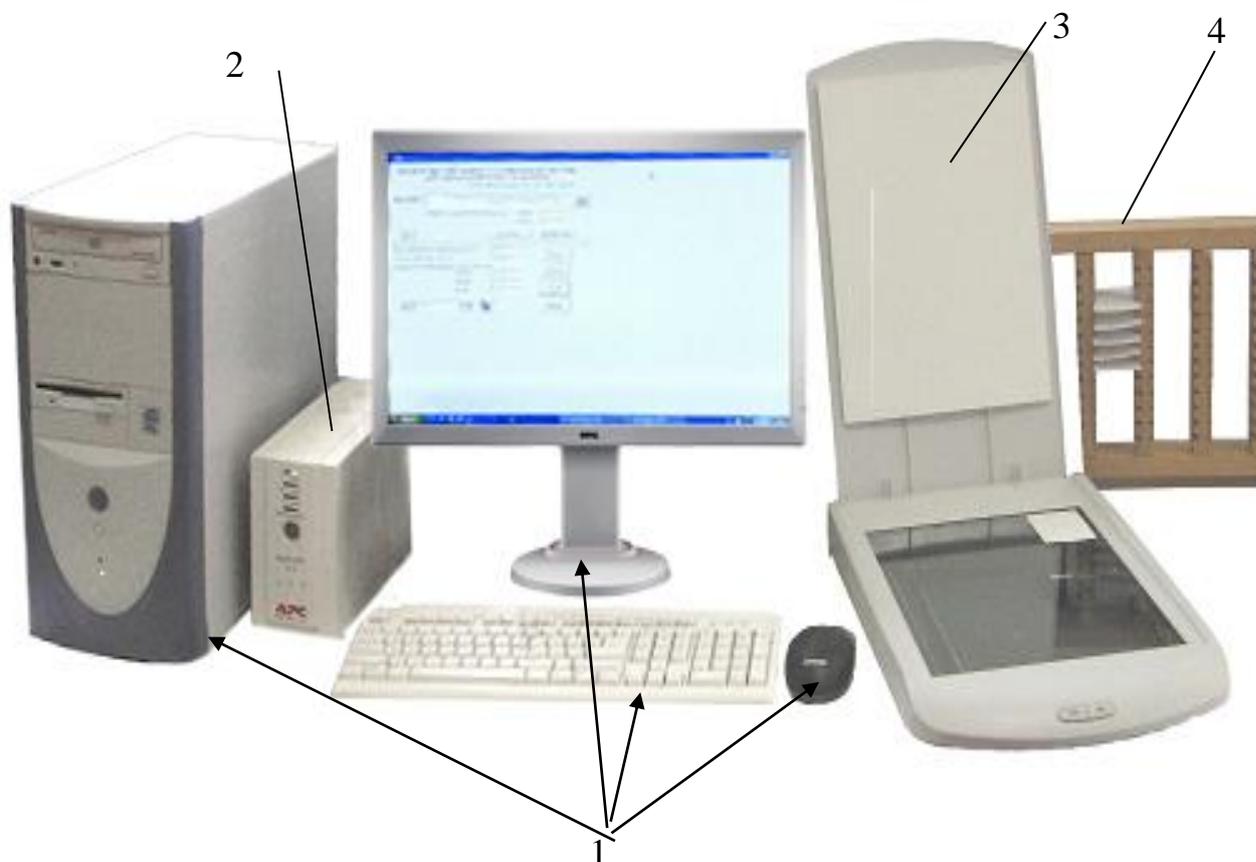
Микроскоп с компьютером



Микроманометр ММН 240

Рисунок 3.12 – Оборудование для определения коэффициента растекания капель [75, 106]

Оборудование для определения густоты и размеров капель, нанесенных на объекты обработки, с использованием специальных программ приведено на рисунке 3.13 (Приложение Г).



1 – ПК; 2 – бесперебойник для ПК; 3 – сканер; 4 – картотека с карточками

Рисунок 3.13 – Оборудование, используемое для определения размеров капель и их густоты на объектах обработки с применением специальных программ [75, 106]

3.2.2 Методика по определению расхода жидкости щелевыми распылителями

Исследования по определению расхода жидкости проводились при создаваемом давлении в зависимости от условий испытаний.

В перечень условий применения средств, обеспечивающих подачу жидкости в распылитель, средств контроля технологического процесса и приборов для измерения характеристик испытаний входили:

- насосная установка, используемые приборы контроля технологического процесса и измерения характеристик условий испытаний должны быть исправными и поверенными до начала испытаний;

- измерительные приборы должны содержать наименование и марку, класс точности или относительную погрешность;

- при испытаниях распылителей должна применяться чистая вода, свободная от твердых частиц во взвешенном состоянии;

- температура жидкости во время испытаний должна быть от 10 °С до 25 °С;

- температура окружающего воздуха во время испытаний должна быть от 10 °С до 25 °С;

- относительная влажность воздуха во время испытаний должна быть не менее 50 %;

- атмосферное давление измеряется в мм рт. ст.

- "давление жидкости" при проведении опыта не должно превышать от заданного значения" $\pm 2,5$ %.

В опытах придерживались определенных условий исследования:

- "исследования были проведены в соответствии с ИСО 5682/1 и ГОСТ Р 53053 [32, 33]" .

- "расход рабочей жидкости" определялся с применением "электронного датчика-расходомера и обработкой результатов на" ПЭВМ;

- испытания распылителей осуществлялись при температуре жидкости и воздуха от +10 °С до +25 °С [34] при давлении жидкости с максимальным отклонением от среднего давления 2,5 %, а также относительной влажности воздуха не менее 50 % [152] , которые указывались в отчете по испытаниям.

Подготовки стендового оборудования к работе

Подготовка стендового оборудования ИУ 92 к работе по тестированию рас-

пылителей расхода жидкости состояла в следующем:

Проводилась оценка соединений рукавов и штуцеров жидкостной системы, а также соединительных электрических кабелей.

"В распылителе применяли необходимый тип сопла.

Затем включали электропитание насоса и проверялась работоспособность гидросистемы стендового оборудования и распылителя на испытываемом давлении жидкости".

Краном-регулятором устанавливалось требуемое давление жидкости.

Перед началом проводился сбор жидкости в мерный цилиндр в течение одной минуты.

После этого определялся "расход жидкости из сопла распылителя".

Опыт по определению расхода жидкости

Запускалась установленная на ПК программа счета электрических импульсов и показаний датчиков давления и расхода жидкости.

После включения электропитания насоса для подачи жидкости к распылителю, краном-регулятором, в соответствии с рекомендациями изготовителя и требованиями международного стандарта, устанавливалось рабочее давление жидкости, по которому фиксировался ее расход, "Общий вид специальной программы дан на рисунке 3.14 [75].

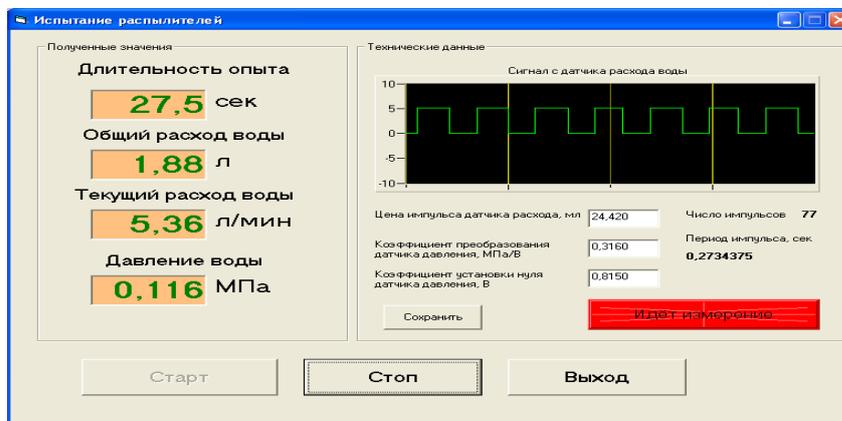


Рисунок 3.14 – Общий вид программы с показаниями расхода и давления жидкости при проведении испытаний распылителей

При завершении опыта выключали насосную установку и производили замену сопла на другой тип.

Исследование следующих типов сопел проводились в такой же последовательности.

Обработка результатов опытов

Для определения расхода жидкости \bar{G}_ϕ , л/ мин, применяли формулу:

$$\bar{G}_\phi = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n}, \quad (3.1)$$

где g_i – расход жидкости в i –й повторности, л/мин;

i – я повторность, шт.;

n – число повторностей, шт.

Отклонение полученного в опытах расхода жидкости через сопло ΔG в %, "определяли по формуле

$$\Delta G = \frac{\bar{G}_\phi - G_s}{G_s} \cdot 10^2, \quad (3.2)$$

где \bar{G}_ϕ – расход жидкости через сопло, полученный в опытах, дм³/мин;

G_s – расход жидкости через сопло распылителя, установленный заводом-изготовителем, дм³/мин

Результаты испытаний по определению расхода жидкости через сопла распылителей в функции давлений представляли в "графической форме.

3.2.3 Методика определения угла факела распыливаемой жидкости щелевыми распылителями штанговых опрыскивателей

Средства, применяемые при измерениях показателей:

"Определение угла факела распыла жидкости щелевыми распылителями штанговых опрыскивателей использовали элементы ИУ 92, средства измерения :и подсобные средства:

– распылитель;

- манометр с точностью $\pm 1 \%$;
- заборный и напорный рукава жидкостной системы;
- емкости для промывочной и рабочей жидкости;
- емкость и поддон для сбора жидкости;
- экран, цифровой фотоаппарат и осветительную установку.
- компьютер с программой (AutoCAD).

Определение угла факела распыляемой жидкости заключалась в следующем.

Проверялась герметичность жидкостной гидросистемы. Факел распыла освещался с боковых сторон. Для фотографирования фотоаппарат устанавливался на определенном расстоянии [79] от плоскости продольного сечения угла факела распыла a_1 (мм), определяемом по формуле Ньютона:

$$a_1 = \frac{f^2}{a_2}, \quad (3.3)$$

где f – фокусное расстояние объектива, мм;

a_2 – расстояние от фокуса объектива до фотопластинки, мм.

С применением программы AutoCAD на фотоизображениях факелов распыла проводили образующие их линии и по полученным размерам углов определяли угол факела и относительную погрешность измерений, как показано на рисунке 3.15, на нем же дан общий вид специальной программы [75].

Выполнение фотографирования угла факела распыла

При установившемся давлении жидкости и режиме работы" распылителя включали осветители, которыми подсвечивали и фотографировали "факел распыла жидкости.

При фотографировании цифровым фотоаппаратом типа Power Shot A400 использовали режим Macro. Фокус выбирали неполным нажатием на кнопку затвора, после выбора фокуса кнопка затвора нажималась полностью.

По окончании опыта выключали насосную установку, производили замену прошедшего испытания сопла на другой тип.

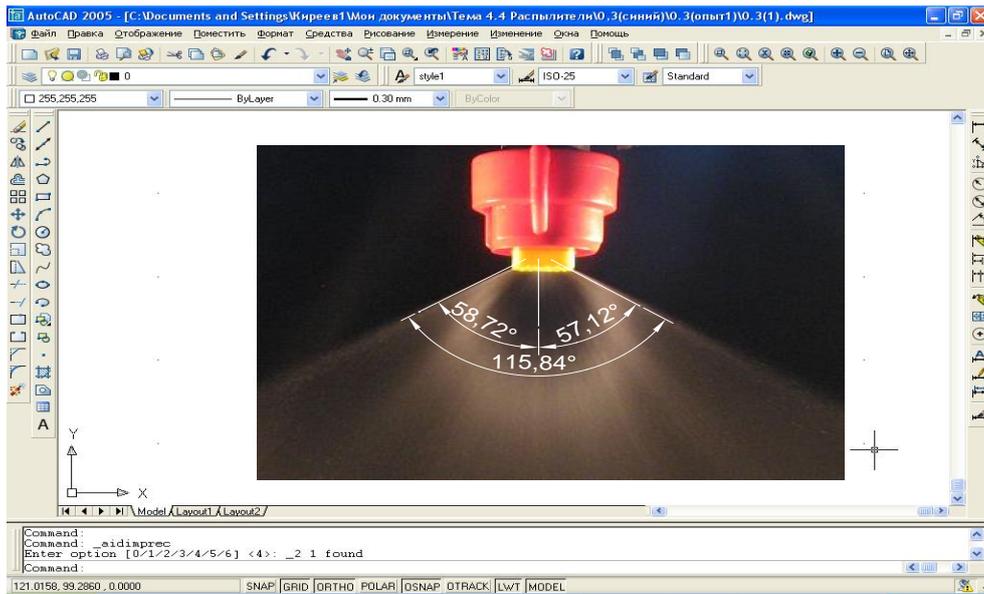


Рисунок 3.15 – Общий вид программы по определению угла факела распыла

Обработка фотоизображений угла факела распыла

С помощью команды «Line», вызываемой из падающего меню «Draw → Line» или с помощью пиктограммы «Line» панели инструментов, на изображении фотоснимка проводили линии, образованные прямыми боковыми границами сопла распылителя и прямыми внешними струями. Длина линий фиксировалась начальной и конечной точками при помощи левой кнопки «мышь».

Для проведения оси факела распыла на изображении фотоснимка между боковыми линиями контура сопла находили среднюю точку. В строке состояния выбирали режим «Настройки и наброски» и пункты «Привязка объекта» → «Средняя точка» → «ОК».

Далее с помощью пиктограммы Line проводили ось факела распыла.

С помощью пиктограммы «Угловой размер» панели инструментов Dimension на фотоизображении между граничными линиями строили углы с численным обозначением их размеров.

Значения $\bar{\alpha}_{1\phi}$ и $\bar{\alpha}_{2\phi}, \dots, \circ$, вычисляли по формулам:

$$\bar{\alpha}_{1\phi} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{a_1}} \alpha_{1i}}{n_{a_1}}; \quad (3.4)$$

$$\bar{\alpha}_{2\phi} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{a_2}} \alpha_{2i}}{n_{a_2}}, \quad (3.5)$$

где α_1, α_2 – половинные углы, определенные в i -й повторности, ...°;

n_{a_1}, n_{a_2} – количество повторностей в опытах по определению половинных углов факела распыливаемой жидкости, шт.

Отклонение фактических величин половинных углов факела распыла жидкости $\Delta\alpha_1$ и $\Delta\alpha_2, \dots$ °, вычисляли по формулам

$$\Delta\alpha_1 = \frac{\bar{\alpha}_{1\phi} - \alpha_3}{\alpha_3} \cdot 10^2; \quad (3.6)$$

$$\Delta\alpha_2 = \frac{\bar{\alpha}_{2\phi} - \alpha_3}{\alpha_3} \cdot 10^2, \quad (3.7)$$

где α_3 – угол факела распыла жидкости, установленный заводом-изготовителем, ...°.

Результаты испытаний распылителей представлялись в табличной форме.

3.2.4 Методика определения диаметра капель распыливаемой жидкости

"Для работы распыливающих устройств и регистрации капель, создаваемых соплами распылителей," использовали "стенд ИУ 92 [151]. Применяли: электронный секундомер $\pm 0,5$ с, барометр-анероид (точность измерений $\pm 0,2$ мм рт. ст.) и жидкостной термометр (точность" $\pm 0,1$ °С).

Для измерения диаметра капель распыливаемой жидкости применяли:
компьютер с программным обеспечением и сканер.

Условия испытаний были прежними [31-34, 149, 152, 154].

Рабочее давление жидкости во время испытаний находилось в пределах $\pm 2,5$ % от заданного значения.

Применяли чистую воду с чернилами черного цвета для струйных принтеров (Приложение В).

Для улавливания капель жидкости под распылителем, перпендикулярно направлению его движения, на расстоянии 10 см" раскладывали пронумерованные предметные карточки (стекла) длинной стороной по ходу его перемещения". Для оценки коэффициента

Затем устанавливали распылитель над объектами обработки.

"Краном устанавливали требуемое давление. Электродвигателем обеспечивали необходимую "скорость движения распылителя.

По завершению опыта электропитание и подачу жидкости стенду отключали.

Полученные во время проведения "опыта значения характеристик и параметров сохраняли с применением СУЗ.

Определение диаметров следов капель на предметных карточках проводили по подготовленной программе ROv-03, окно которой дано на рисунке 3.16 [75] (Приложение Г).

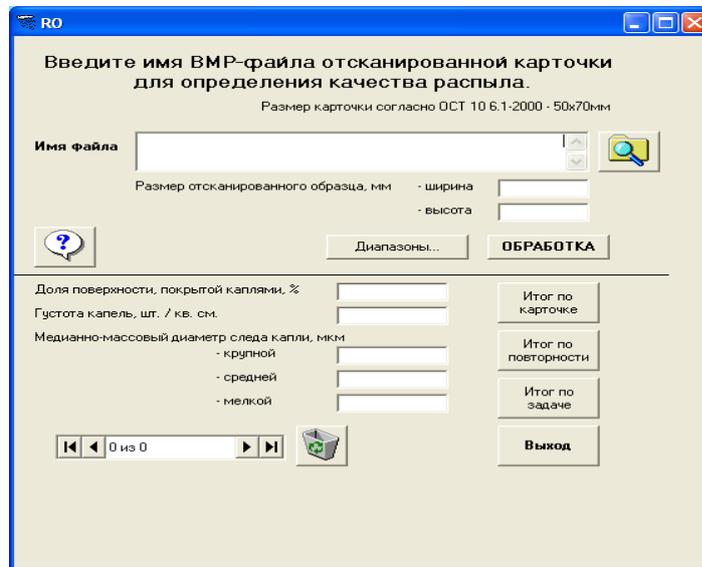


Рисунок 3.16 – Общий вид программы на мониторе компьютера по определению размеров капель распыляемой жидкости и плотности (шт./см²) покрытия каплями объектов обработки

3.2.5 Методические положения работы пневматического устройства к стендовому оборудованию при исследовании параметров распылителей в опрыскивателях

Технологическая моделируемая скорость воздушного потока определялась анемометром. Общий вид которого дан на рисунке 3.17.

Число оборотов чашечного анемометра (рисунок 3.17) определялось за промежуток времени с применением секундомера с последующим вычислением скорости воздушного потока.

Технологическая скорость воздушного потока обеспечивалась "регулированием" шибровой заслонкой, установленной перед вентилятором".



Рисунок 3.17 – Чашечный анемометр

Распыливающее устройство располагалось на заданной высоте. Улавливание капель распыливаемой жидкости осуществлялось на учетные карточки. Затем сканированием карточек программой ROv-03 определялись классовые диаметры капель и плотность покрытия, шт./см².

3.2.6 Методика определения коэффициента растекания капель на поверхности контрольных карточек

При проведении опытов применялись материалы и оборудование [75]:

Коэффициент растекания капель определялся следующим образом. Кольцевая площадка для установки на ней чашек Петри, пистолет Чабанова с воздухопроводами закреплялись на штативе, как показано на рисунке 3.12.

Подкрашенная чернилами для струйных принтеров вода заливалась в пистолет Чабанова.

Капли из пистолета Чабанова наносились на карточки из фотографической бумаги типа Piltrak и в чашки Петри с иммерсионной средой.

Коэффициент растекания для капель, создаваемых пистолетом Чабанова, определялся на фотографической бумаге для принтеров.

3.2.7 Методика определения концентрации частиц аэрозоля с использованием динамической аэрозольной камеры

Мелкодисперсные капли из объема решетчатого корпуса () методом инъекции воздушно-капельного потока пропускались через фильтр АФА и через объем аэрозольной камеры с известной толщиной аэрозоля (рисунки 3.18 и 3.19) [90] (Приложение Д).



Рисунок 3.18 – Определение концентрации аэрозоля с применением ДАК



Рисунок 3.19 – Общий вид корпуса и фильтра АФА

Количество жидкости на фильтрах АФА определялось их взвешиванием до опытов и после на аналитических весах (рисунок 3.20).



Рисунок 3.20 – Весы аналитические

Объемная концентрация капель вычислялась по отношению расхода жидкости к расходу воздуха, г/м^3 , определяемому по перепаду давлений в воздухопроводе (рисунок 3.12).

По опытным средним значениям концентрации аэрозоля определялось σ , $\text{м}^2/\text{г}$.

При этом "весовая концентрация аэрозоля рассчитывалась на основе закона Бугера – Ламберта по уравнению" [90, 138, 152]:

$$c = \frac{-\ln\left(\frac{J}{J_0}\right)}{\sigma l}, \quad (3.8)$$

"где J_0 – поток излучения, падающего на аэрозоль;

J – поток излучения, прошедший через аэрозоль с радиусом частиц r (м), их счетной концентрацией n (шт./м³) и длиной пути в аэрозоле l (м).

σ – сечение ослабления аэрозоля, м²/г;

c – весовая концентрация аэрозоля, равная отношению расхода жидкости к расходу воздуха, г/м³.

В свою очередь капли из аэрозольного потока улавливались на предметные стекла импактора МЭЯ" (рисунок 3.21). Число капель различного размера определялось микроскопическим способом.



Рисунок 3.21 – Общий вид 4-х каскадного импактора МЭЯ

3.2.8 Методика лабораторных исследований качества работы распылителей на стендовом оборудовании с новой элементной базой

Настоящая методика предназначена для оценки качества работы распылителей штанговых опрыскивателей на стендовом оборудовании на новой элемент-

ной базе. При этом расход жидкости принимали в соответствии с технологическими картами.

Температуру жидкости измеряли с погрешностью $\pm 0,5$ °С.

Угол распыления определяли в соответствии с ГОСТ ИСО 5682-1 [33]. Для этого, используя соответствующее оборудование (угломер) (погрешность измерения $\pm 0,5^\circ$) или фотоаппарат с электронной вспышкой), измеряли угол распыления факела (рисунок 3.22).

Расход распыливаемой жидкости определяли ее сбором в мерный цилиндр с погрешностью не более 1% в трехкратной повторности.



Рисунок 3.22. - Схема измерения угла распыления

Лабораторные исследования записывали в таблицы специальной формы 3.2.8.2 (Приложение 3.2.8).

Форма 3.2.8.1 - Показатели условий работы распылителей при стендовых испытаниях

Определяемые показатели	Значение показателя		
Дата			
Номер распылителя			
Характеристика условий:			
Норма расхода рабочей жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$			
Температура жидкости, $^{\circ}\text{C}$			
Направление и скорость ветра, м/с			

Форма 3.2.8.2 – Характеристики рабочего процесса распылителей стендовых испытаниях

Наименование показателя	Значение показателя
Угол распыления	
Фактическая подача жидкости насосом, $\text{дм}^3/\text{мин}$: -при давлении от 0 до n, МПа	
При рабочем давлении, МПа	
Фактический расход жидкости через распыливающие устройства, $\text{дм}^3/\text{мин}$	
Неравномерность расхода жидкости между отдельными распылителями по ширине захвата машины, %	

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3.2.8

Форма 3.2.8.3 - Ведомость определения фактического расхода жидкости через распылитель

Дата _____ Режим работы _____ Опыт _____

Сведения о средствах измерений _____

Номер распылителя	Диаметр отверстия распылителя, мм	Давление в сети, МПа	Время опыта, мин	Объем жидкости, дм^3			Расход жидкости, $\text{дм}^3/\text{мин}$
				Повторность измерения			
				1	2	3	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

3.2.9 Методика лабораторных исследований качества осаждения жидкости в условиях сноса ее капель воздухом

При испытании распылителей погрешность измерения температуры жидкости была $\pm 0,5$ °С [34].

В области факела распыла жидкости скорость воздуха измеряли МЭС–200. Угол факела измеряли [33] при максимальном и минимальном давлениях жидкости перед распылителем.

Расход рабочей жидкости через распылитель определяли ее сбором в мерную емкость (погрешность не более 1%) в трехкратной повторности [32].

Результаты измерений и вычислений показателей записывали в формы 3.2.9.1-3.2.9.3, приведенные в Приложении 3.2.9.

Расход жидкости G'_c (дм³/га) вычисляли с учетом "данных ее расхода через распылителя при заданном давлении" с использованием формулы [53]:

$$G'_c = \frac{G_c \cdot 6 \cdot 10^4}{v \cdot Ш} \quad (3.9)$$

где G_c – объемный расход жидкости распылителя при заданном давлении, дм³/мин;

v – скорость опрыскивателя, км/ч;

$Ш$ – расстояние между щелевыми распылителями, см.

Распределение жидкости в области объекта обработки по ширине факела распыла в статике и с применением воздушного потока определяли на стендовом оборудовании в трехкратной повторности при высотах расположения распылителя над объектом обработки от 0,4 до 0,9 м, давлениях жидкости от 0,2 до 0,4 МПа, за время t_{on} (с) скорости воздуха в области факела распыла жидкости от 2 до 6 м/с и более. Результаты опытов по классовому осаждению капель в желобки и сбору капельной жидкости в мерные стаканчики заносили в форму 3.3.9.4 (Приложение 3.2.9) и представляются в графическом виде (рисунок 3. 23).

Среднее количество жидкости за время t_{on} (с), $G_{ср}$, в мл вычисляли по формуле:

$$G_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^{n=3} g_i}{n}, \quad (3.10)$$

где g_i – количество жидкости за время $t_{on.}$ в i – й повторности, мл;

n – число повторностей опыта.

Количество капельной жидкости $G_{жс}$ в мл, собранной в одном мерном стаканчике за 1 с, вычисляли по формуле:

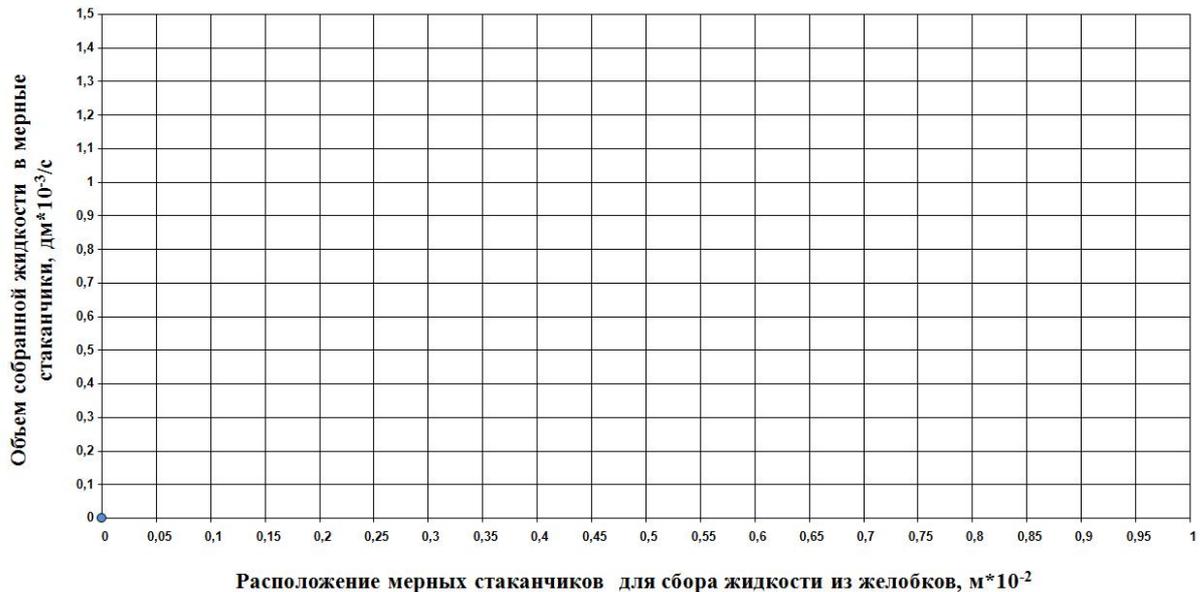


Рисунок 3.23 – Усредненное по трем повторностям опыта нормальное распределение жидкости, образуемое при осаждении капель в желобки

$$G_{жс} = \frac{G_{cp.}}{t_{on.}}, \quad (3.11)$$

где $t_{on.}$ – продолжительность опыта в с.

Площадь S в $см^2$, оседающей капельной жидкости, вычисляли по формуле:

$$S = Ш \cdot L, \quad (3.12)$$

где L – расстояние в см, проходимое распылителем за одну секунду в составе штангового опрыскивателя.

Количество капельной жидкости $G_{жсS}$ ($мм^3/см^2$), оседаемой в желобках за 1 с на площади S ($см^2$) и собранной в мерные стаканчики, вычисляли по формуле

$$G_{жсS} = \frac{\sum_{j=1}^m G_{жсj}}{S} 10^3, \quad (3.13)$$

где m – число мерных стаканчиков;

j – номер мерного стаканчика;

$G_{жj}$ – количество капельной жидкости, собранной в мерном стаканчике за 1 с, мл.

Для определения *расхода жидкости* $G_{лаб.}$, дм³/га, осевшей в желобках сначала измеряли:

– количество осевшей в желобках капельной жидкости и собранной в мерные стаканчики $G_{жс}$, мм³/см², за 1 с представить в куб. дециметрах выражением

$$G_{жс} (\text{мм}^3/\text{см}^2)/10^6 = G_{жс} (\text{дм}^3/\text{см}^2);$$

– количество осевшей в желобках капельной жидкости на площади S , см², за одну минуту представить как произведение $G_{жс} (\text{дм}^3/\text{см}^2) \cdot S (\text{см}^2) \cdot 60$, в куб. дециметрах в мин;

– расход жидкости $G_{лаб.}$, дм³/га, по данным ее осаждения в желобки, вычисляли по формуле [53]

$$G_{лаб} = \frac{G \cdot 60000}{v \cdot Ш}, \quad (3.14)$$

где $G = 60 \frac{\sum_{j=1}^m G_{жj}}{10^3}$ – расход жидкости, осевшей в желобках, дм³/мин.

Потери жидкости Π (дм³/га) разностью объема, прошедшего через сопло распылителя, и осажденного в желобки:

$$\Pi = G'_c - G_{лаб}. \quad (3.15)$$

Медианно-массовый диаметр (далее – ММД) *капель* определяли по выражению:

$$ММД = 985 \sqrt[3]{Q} \quad (\text{мкм}),$$

где Q – количество жидкости в мм³.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.2.9

Форма 3.2.9.1 – Показатели условий работы распылителей при стендовых испытаниях

Определяемые показатели	Значение показателя		
Дата			
Номер распылителя			
Характеристика условий:			
Заданная норма расхода рабочей жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$			
Температура рабочей жидкости, $^{\circ}\text{C}$			
Скорость воздуха, м/с			

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3.2.9

Форма 3.2.9.2 – Показатели качества выполнения рабочего процесса стендовых испытаний распылителей

Наименование показателя	Значение показателя
Угол распыления	
Фактическая подача жидкости насосом, $\text{дм}^3/\text{мин}$: - при давлении от 0 до p , МПа	
При рабочем давлении, МПа	
Фактический расход жидкости через распыливающие устройства, $\text{дм}^3/\text{мин}$	

Форма 3.2.9.3 – Ведомость определения фактического расхода жидкости через сопло распылителя

Дата _____ Режим работы _____ Опыт _____

Сведения о средствах измерений _____

Тип сопла (код цвета)	Давление жидкости в магистрали, МПа	Время опыта, мин	Объем жидкости, дм^3			Среднее арифметическое значение	Расход жидкости через сопло распылителя при заданном давлении, G_c , $\text{дм}^3/\text{мин}$
			Повторность измерения				
			1	2	3		

Ф о р м а 3 . 2 . 9 . 4 – Результаты опытов по классовому осаждению капель в желобки и сбору капельной жидкости в мерные стаканчики, мл

Дата _____ Режим работы _____

Сведения о средствах измерений _____

Повторность опыта	Номер желобка с мерным стаканчиком													
	Количество жидкости в мерном стаканчике, мл													
1														
2														
3														
Среднее количество жидкости за время $t_{оп.}, с, G_{ср}$ мл														
Количество капельной жидкости, собранной в мерном стаканчике за 1 с, $G_{жс}$ мл														

3.2.10 Методика лабораторных исследований и расчета концентрации мелкодисперсного аэрозоля при моделировании функциональных параметров процесса работы распылителя штангового опрыскивателя

Расчет концентрации C_p (г/с) мелкодисперсного аэрозоля производили по формуле:

$$C_p = \frac{G_n \cdot V_{опр.} \cdot III}{3600}, \quad (3.16)$$

где $V_{опр.}$ – условная скорость движения опрыскивателя, км/ч;

III – расстояние между распылителями на штанге опрыскивателя, см.

Расход воздушного потока $G_{возд.с}$ (м³/с) на выходе из сопла вентилятора стенда определяли по формуле:

$$G_{возд.с} = U_0 S_0, \quad (3.17)$$

где U_0 – скорость воздуха в начальном сечении сопла вентилятора, м/с;

S_0 – площадь начального сечения сопла вентилятора, м².

Скорость воздуха в начальном сечении сопла U_0 (м/с) вентилятора в выражении (3.17) вычисляли по формуле [49]:

$$U_0 = \frac{U_{\max} \sqrt{\frac{ax}{\delta_0} + 0.41}}{1.2}, \quad (3.18)$$

где U_{\max} – скорость воздуха на оси воздушной струи в области расположения распылителя (равная скорости движения опрыскивателя), м/с;

$a = 0,09 \div 0,12$ – коэффициент структуры потока в выходном сечении;

x – расстояние от начального сечения сопла по направлению оси струи, м;

δ_0 – половина ширины плоского сопла, м.

Полувысота $\delta_{гр}$ (м) струи на заданном расстоянии x от начального сечения сопла вентилятора выполняют по формуле [49]:

$$\delta_{гр} = (2,4 \frac{ax}{\delta_0} + 1) \delta_0. \quad (3.19)$$

В ней при заданном конструктивном размере входного сечения стендового оборудования перед распылителем опрыскивателя значение расстояния x определяется методом последовательного приближения, задаваясь значением δ_0 . При этом определяется расстояние от сопла вентилятора по оси струи, и значение размера плоского сопла.

Расход воздуха $G_{возд.с}$ в начальном сечении сопла определяли произведением начальной скорости истечения на площадь сопла

$$G_{возд.с} = U_0 (2\delta_0)^2, \quad (3.20)$$

где $(2\delta_0)^2$ – площадь сечения сопла вентилятора, м².

Относительный расход воздуха $\bar{q}_{отн}$ через входное сечение устройства стендового оборудования с распылителем жидкости вычисляли по формуле [49]:

$$\bar{q}_{отн} = 1,2 \sqrt{\frac{ax}{\delta_0} + 0.41}. \quad (3.21)$$

С учетом этого расход воздуха в области распылителя $G_{возд.расп.}$ (м³/с) будет:

$$G_{\text{возд.расп.}} = G_{\text{возд.с}} \cdot \bar{q}_{\text{отн}} \cdot \quad (3.22)$$

Тогда концентрацию мелкодисперсного аэрозоля G'_n (г/м³), сносимого от объекта обработки, определяли расчетом по формуле:

$$G'_n = \frac{C_p}{\bar{q}_{\text{отн}} G_{\text{возд.с}}} \cdot \quad (3.23)$$

Она далее определялась экспериментально. Для этого перед проведением технологического процесса определяли начальное значение потока излучения J_0 с применением источника и приемника в динамической аэрозольной камере (рисунок 3.18) [90].

В установившемся процессе работы распылителя производили изокINETический забор аэродисперсной системы из отверстий модуля 3 (рисунок 3.18).

Затем определялось ослабление потока излучения J , проходящего через аэрозоль по закону Бугера–Ламберта (3.8) [152].

3.2.11 Методики лабораторных и полевых исследований работы распылителей на опрыскивании растений

Капли улавливались при проведении *лабораторных "исследованиях"* на предметные карточки. Размеры и плотность капель определялись программно, с погрешностью измерения по стандарту ГОСТ Р 53053 [60].

Образцы штанговых опрыскивателей агрегатировали с энергетическим средством тягового класса 1,4-2.

В емкости заливали рабочий раствор, чистую воду для мытья рук и устанавливали сопла соответствующего типа и цвета в корпуса щелевых распылителей. Далее включали гидравлический мотор вентилятора, заполняли воздухом воздухораспределительный рукав и начинали движение машинно-тракторного агрегата (МТА) "на заданной скорости и высоте расположения пневмогидравлических устройств.

Перед опытами измерялось:

- относительная влажность воздуха, %;
- скорость ветра, м/с;
- температура окружающего воздуха, °С.

В опытах температура рабочего раствора равнялась 23 °С.

Рабочий раствор готовился в соотношении 1:9.

По ширине опрыскивания расстояние между карточками составляло 10 см.

Дисперсные характеристики определялись программно (ROV-03).

Полевыми опытами определялись результативность борьбы с сорняками с применением уменьшенных норм расхода химических средств на основе предложенного нового способа их нанесения на растения.

Измерялись почвенные характеристики.

Затем регистрировали условия работы: температуру воздуха, относительную влажность, скорость и направление ветра.

На рисунке 3.24 показан рабочий момент при проведении опыта.



Рисунок 3.24 – Общий вид опрыскивателя, оснащенного пневмогидравлическими устройствами в составе МТЗ–82 при прохождении над объектами обработки (пронумерованными карточками)

Оценивали: свойства гербицида, норму его расхода и воды, температуру раствора. Определяли число сорных растений на поле в соответствии со схемой закладки опытов (рисунок 3.25).

На поле выделялись по 1 участку площадью 1 м², который накрывали полиэтиленовой пленкой, чтобы на него не попадал раствор (для контроля роста сорняков). Для определения гибели сорняков накладывали 4 рамки по 1 м² на сорные растения после обработки их раствором. Остальную часть поля обрабатывали хозяйственной нормой.

Предусмотрено было 4 опыта (рисунок 3.25):

1 опыт – скорость движения агрегата 12 км/ч, норма расхода рабочей жидкости – 21,61 дм³/га;

2 опыт – скорость движения агрегата 14,3 км/ч и норма расхода рабочей жидкости – 18,18 дм³/га;

3 опыт – скорость движения агрегата 17,2 км/ч и норма расхода рабочей жидкости – 15,12 дм³/га;

4 опыт – хозяйственная скорость движения агрегата и норма расхода рабочей жидкости.

Воздействие препарата на растения проводилось оценкой жизнеспособности сорняков до и после опрыскивания, с занесением данных в форму 3.2.11.1, ПРИЛОЖЕНИЯ 3.2.11.

К приложению 3.2.11 форма 3.2.11.2 прилагаются фотографии сорных растений, пораженных болезнью до и после обработки химическим раствором.

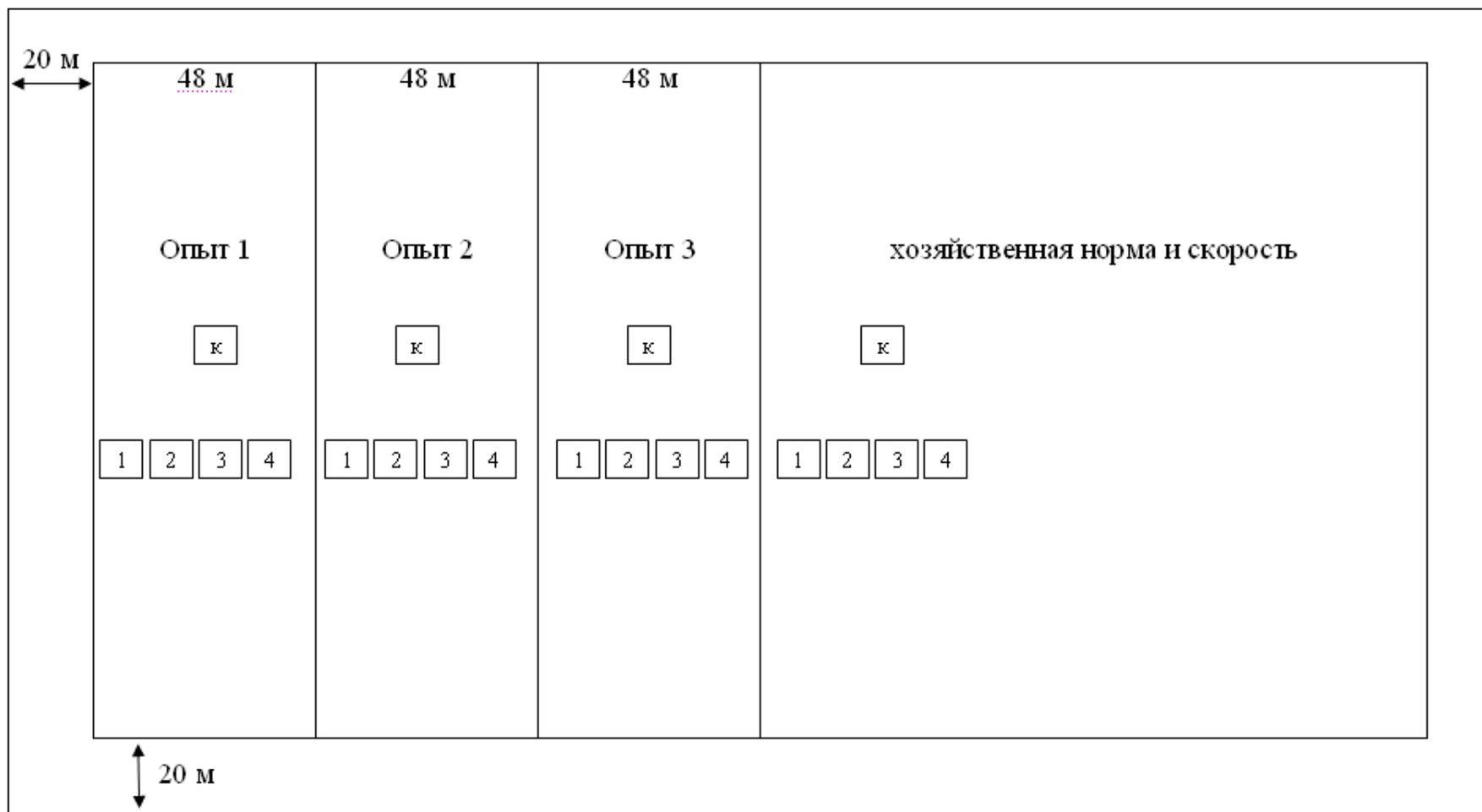


Рисунок 3.25 - Схема закладки опытов по обработке сорных растений на поле 7/3

Площадка К – контроль (не обработанные участки 1 м²)

Показатели условий работы опрыскивателя при хим. прополке

Определяемые показатели	Значение показателя			
	12	14,9	17,2	контроль
Скорость агрегата, км/ч	12	14,9	17,2	контроль
Норма препарата				
Место проведения оценок:				
- наименование района				
- наименование хозяйства				
- номер поля				
Условия работы:				
- влажность почвы в слое от 0 до 10 см, %				
- твердость почвы в слое от 0 до 10 см, МПа				
- относительная влажность воздуха, %				
- температура воздуха, °С				
- направление ветра по отношению к движению агрегата				
Характеристика химпрепарата:				
Вид и наименование пестицида				
Характеристика сорных растений:				
- число сорных растений, шт./м ² (при внесении гербицидов)				
- фаза развития сорных растений на момент обработки				
- видовой состав сорных растений				
- вес сорных растений, г				

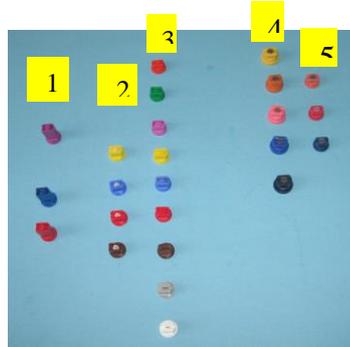
Результаты измерений сорных растений

Наименование показателя	Значение показателя			
	12	14,9	17,2	контроль
Скорость агрегата, км/ч	12	14,9	17,2	контроль
Норма расхода препарата				
Число сорных растений до прохода, шт.				
Наблюдение за сорными растениями после прохода, (на 7-й день)				
Наблюдение за сорными растениями после прохода (на 14-й день)				
Наблюдение за сорными растениями после прохода (на 21-й день)				

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИМИ И ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИМИ РАСПЫЛИТЕЛЯМИ ЖИДКОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОПРЫСКИВАНИЯ

4.1 Результаты моделирования работы распылителей при их испытании на стендовом оборудовании

В опытах использованы наиболее применяемые в практике типы щелевых сопел [51], общий вид которых показан рисунком 4.1.



1 – сопла пластиковые (турбопенные, воздуховсасывающие) (производство «Lechler», «AirMix»: тип: 025 ID, IDN, IDK (60 M), код цвета – сиреневый; тип: 03 ID, IDN, IDK, LU, AD, ST (60 M), DF (80M) код цвета – синий; тип: 04 ID, IDK, IDKN, LU, AD, ST, DF (60M) код цвета – красный);

2 – сопла керамические (производство «Lechler» тип LU 02, AD 02, код цвета – желтый; тип: LU 03 AD 03 код цвета – синий, тип: LU 04, AD 04 код цвета – красный, тип: LU – 05 код цвета – коричневый);

3 – сопла пластиковые (производство «Lechler», «ARAG» и «AGROTOP»): (тип: LU – 01, LD – 01, код цвета – оранжевый); (тип: LU – 015, AD – 015, код цвета – зеленый); (тип: LU – 02, AD – 02, код цвета – желтый); (тип: LU – 025, AD – 025, код цвета – сиреневый); (тип: LU – 03, AD – 03, код цвета – синий); (тип: LU – 04, AD – 04, код цвета – красный); (тип: LU – 05, код цвета – коричневый); (тип: LU – 06, код цвета – серый) (тип: LU – 08, код цвета – белый);

4 – сопла пластиковые пр-во «Львовхимсельхозмаш»: (тип 01, код цвета – желтый); (тип 02, код цвета – оранжевый); (тип 03, код цвета – розовый); (тип 04, код цвета – синий); (тип 05, код цвета – темно синий);

5 – сопла пластиковые евро – пр-во «Львовхимсельхозмаш»: (тип 02, код цвета – оранжевый); (тип 03, код цвета – красный), (тип 04, код цвета – темно синий)

Рисунок 4.1 – Сопла распылителей щелевого принципа действия,
использованные в опытах

Дисперсность капель, создаваемых соплами этих распылителей, представлена результатами измерения, приведенными в таблицах 4.1 – 4.3 [54, 75, 106].

Таблица 4.1 – Дисперсность капель, полученная на учетных карточках, в зависимости от режима работы распылителей (производство «Lechler») с пластиковыми соплами

Марка сопла	Код цвета, тип сопла	P, МПа	$d_{ср}^{мелк.}$, мкм	$d_{ср}^{средн.}$, мкм	$d_{ср}^{крупн.}$, мкм	$\delta_{неравн.}^{мелк.}$, %	$\delta_{неравн.}^{средн.}$, %	$\delta_{неравн.}^{крупн.}$, %	$N_{мелк+сред.}$, %	$N_{ср.}$, шт./см ²	$N_{ср.}^{мелк.+ср.}$, шт./см ²	$G_{ж.}$, л/мин
Lechler (пластик)	LU-01 LD-01	0,4	86,0	223,4	621,2	50,6	18,8	64,3	63,2	191,2	120,8	0,44
	LU-015 AD-015		86,5	214,4	443,6	15,6	9,8	14,0	72,8	200,3	145,8	0,66
	LU-02 AD-02		80,8	228,6	549,0	37,2	30,3	25,9	68,8	143,2	98,5	0,90
	LU-025		78,1	228,7	620,6	28,2	28,1	34,4	73,1	159,0	116,2	1,16
	LU-03 AD-03		77,1	229,9	623,4	18,2	25,8	39,2	70,2	108,5	76,2	1,32
	LU-04 AD-04		79,5	224,8	745,9	30,7	14,7	39,2	64,2	210,4	135,1	1,70
ARAG (пластик)	LU-05	0,6	75,5	227,7	1058,2	28,4	22,0	85,6	54,5	189,0	103,0	2,22
	LU-06		72,8	221,0	1261,6	12,2	16,4	78,5	52,5	145,7	76,5	2,73
AGROTOP (пластик)	LU-08		73,6	223,2	1596,9	12,6	15,2	100	49,5	145,1	71,8	3,20
Lechler (пластик)	LU-01 LD-01		74,5	239,3	606,2	17,9	24,6	58,4	65,6	146,8	96,3	0,55
	LU-015 AD-015		80,2	224,4	481,7	22,6	22,5	14,8	82,8	164,0	135,8	0,81
	LU-02 AD-02		75,0	228,4	564,2	18,8	26,4	22,8	74,8	164,3	122,8	1,10
	LU-025		73,6	243,3	653,7	29,8	36,3	38,9	63,1	159,4	100,6	0,66
	LU-03 AD-03		77,7	227,0	663,5	31,0	20,7	49,8	60,6	182,3	111,0	1,64
	LU-04 AD-04	75,8	235,6	843,4	26,1	19,6	56,9	55,3	194,4	107,5	2,10	
ARAG (пластик)	LU-05	65,2	223,3	1335,9	17,9	4,7	42,1	72,0	270,4	189,8	2,76	
	LU-06	65,2	229,0	1113,0	28,7	11,3	83,5	61,1	241,4	147,5	3,32	
AGROTOP (пластик)	LU-08	67,1	233,5	1658,5	22,2	28,4	86,2	49,5	204,0	101,0	4,07	

Таблица 4.2 – Дисперсность капель, полученная на учетных карточках, в зависимости от режимов работы щелевых распылителей (производство «Lechler» с пластиковыми соплами (имеющими керамические вставки и турбопенными (производство «Lechler» и AirMix))

Марка сопла	Код цвета, тип сопла	P, МПа	$d_{ср}^{мелк.}$, мкм	$d_{ср}^{средн.}$, мкм	$d_{ср}^{крупн.}$, мкм	$\delta_{неравн.}^{мелк.}$, %	$\delta_{неравн.}^{средн.}$, %	$\delta_{неравн.}^{крупн.}$, %	$N_{мелк+сред.}$, %	$N_{ср.}$, шт./см ²	$N_{ср.}^{мелк.+ср.}$, шт./см ²	$G_{ж.}$, л/мин
Lechler (пластиковые с керамическими вставками)	LU-02 AD-02	0,4	82,0	228,0	541,5	28,9	28,2	21,1	73,0	141,0	102,9	0,89
	LU-03 AD-03		80,4	231,4	638,8	32,1	23,5	28,3	67,0	168,4	112,8	1,34
	LU-04 AD-04		73,6	234,6	889,7	19,4	22,0	55,7	59,7	124,7	74,4	1,79
	LU-05		73,2	233,4	1029,7	24,3	18,7	49,9	56,1	137,0	48,9	2,24
Lechler (пластиковые с керамическими вставками)	LU-02 AD-02	0,6	76,3	223,8	259,6	25,0	15,4	21,0	81,6	166,9	136,2	1,10
	LU-03 AD-03		76,0	225,5	599,0	27,5	14,4	61,0	74,1	180,3	133,6	1,63
	LU-04 AD-04		78,7	222,7	1487,7	37,1	22,1	509,1	58,2	240,4	139,9	2,21
	LU-05		73,2	221,9	871,5	25,7	21,9	40,7	55,1	237,6	130,9	2,70
Lechler (турбопенные)	IDN-025	0,4	76,8	222,9	901,8	37,9	16,4	24,5	45,1	114,9	56,8	1,13
AirMix (турбопенные)	IDN 110-03		78,0	219,8	1090,0	30,8	11,4	48,5	34,2	67,4	23,1	1,33
Lechler (турбопенные)	IDN-04		77,4	222,4	1174,8	21,7	17,2	29,5	45,7	99,4	45,4	1,75
Lechler (турбопенные)	IDN-025	0,6	68,7	231,5	883,4	32,0	9,7	92,7	54,9	95,5	52,4	1,36
AirMix (турбопенные)	IDN 110-03		79,3	219,3	941,9	23,1	12,0	49,8	44,8	189,7	85,0	1,59
Lechler (турбопенные)	IDN-04		78,5	221,7	1166,8	31,9	28,4	42,4	41,9	198,7	83,3	2,18

Таблица 4.3 – Дисперсность капель, полученная на учетных карточках, в зависимости от режимов работы распылителей щелевого принципа действия пр-во "Львовхимсельхозмаш" (пластиковые сопла)

Марка сопла	Код цвета, тип сопла	P, МПа	$d_{ср}^{мелк.}$, мкм	$d_{ср}^{средн.}$, мкм	$d_{ср}^{крупн.}$, мкм	$\delta_{неравн.}^{мелк.}$, %	$\delta_{неравн.}^{средн.}$, %	$\delta_{неравн.}^{крупн.}$, %	$N_{мелк+сред.}$, %	$N_{ср.}$, шт./см ²	$N_{ср.}^{мелк.+ср.}$, шт./см ²	$G_{ж.}$, л/мин
ПО "Львовхимсельхозмаш"	-01	0,4	79,1	220,3	440,7	35,5	29,3	25,1	86,4	106,5	92,0	0,61
	-02		78,3	219,3	540,4	34,1	8,4	61,3	77,9	118,2	92,1	1,14
	-03		73,0	221,5	770,7	31,5	9,4	45,4	65,2	204,2	133,1	1,62
	-04		75,5	218,7	758,6	20,3	8,8	85,2	62,5	217,6	136,0	2,66
	-05		79,0	223,1	602,4	64,8	24,9	27,2	71,8	179,2	128,7	1,59
ПО "Львовхимсельхозмаш"	-01	0,6	73,1	216,8	496,6	17,8	16,4	86,4	86,7	167,4	145,1	0,87
	-02		80,6	217,4	553,6	23,8	16,9	73,9	75,8	183,4	139,0	1,44
	-03		69,5	226,5	855,1	19,4	10,7	65,4	66,2	230,4	152,5	1,98
	-04		75,8	220,0	1058,7	26,5	15,9	77,4	50,0	254,0	127,0	3,39
	-05		82,8	220,9	674,3	44,7	14,3	78,3	66,4	233,6	155,1	1,96
ПО "Львовхимсельхозмаш" (Евро)	-02	0,4	109,5	303,2	579,0	42,1	150,3	24,1	68,8	125,8	85,6	1,11
	-03		81,3	219,2	628,0	37,0	26,6	32,0	62,8	144,8	90,9	1,63
	-04		112,4	266,7	930,2	84,8	6,4	61,7	48,4	155,6	73,3	2,52
ПО "Львовхимсельхозмаш" (Евро)	-02	0,6	72,2	219,5	522,7	6,9	21,6	25,3	74,5	183,2	136,5	1,34
	-03		82,0	217,3	617,4	17,9	10,3	32,4	65,3	238,5	155,7	1,93
	-04		76,5	220,1	835,9	27,8	18,9	62,3	57,3	298,2	170,9	2,98

Основные показатели в опытах размеров капель и густоты их распределения на учетных карточках в зависимости от расхода жидкости через сопла распылителей далее обозначены [106]:

h – высота расположения распылителей над объектами обработки, мм;

$d_{\text{сп}}^{\text{мелк}}$ – средний массово-медианный диаметр мелких капель, мкм;

$d_{\text{сп}}^{\text{средн}}$ – средний массово-медианный диаметр средних капель, мкм;

$d_{\text{сп}}^{\text{крупн}}$ – средний массово-медианный диаметр крупных капель, мкм;

$\delta_{\text{сп.мелк}}$ – степень неравномерности распределения мелких капель на учетных карточках, %;

$\delta_{\text{сп.средн}}$ – степень неравномерности распределения средних капель на учетных карточках, %;

$\delta_{\text{сп.крупн}}$ – степень неравномерности распределения крупных капель на учетных карточках, %;

$N_{\text{мелк+сред}}$ – количественная доля мелких и средних капель на учетных карточках, %;

$N_{\text{сп}}$ – среднее число капель на карточках по ширине их расположения, капель/см²;

$N_{\text{сп}}^{\text{мелк+сп}} = (N_{\text{сп}} \cdot N_{\text{мелк+сред}}) / 100$ – среднее число мелких и средних капель на карточках по ширине их расположения, капель/см²;

$G_{\text{ж}}$ – расход жидкости через сопло распылителя, дм³/мин.

Степень неравномерности распределения капель различных размеров на учетных карточках δ , %, вычислялись по формуле (4.1):

$$\delta = \frac{N_{\text{макс}} - N_{\text{мин}}}{N_{\text{сп}}} 100, \quad (4.1)$$

где $N_{\text{макс, мин}}$ – соответственно максимальное и минимальное число капель на карточках по ширине их расположения, капель/см².

Из приведенных в таблицах 4.1 – 4.3 данных следует, что для исследуемых типов сопел и режимов их работы, размер мелких капель находится в пределах от 65,2 до 109,5 мкм, средних – от 214,4 до 303,3 мкм, крупных – от 440,7 до 1058,7 мкм.

Щелевые распылители с пластиковыми соплами (производство «Lechler» тип – 01 оранжевый код цвета и тип - 015 зеленый код цвета) при давлении жидкости 0,4 и 0,6 МПа, приведенные в таблице 4.1, позволяют получать капли с соответствующими размерами: от 86,0 до 621,2 мкм и от 74,5 до 606,2 мкм. При этом, коэффициент вариации, равняется от 9,8 % до 64,3 % и от 14,8 % до 58,4 %. Мелкие и средние капли на предметных карточках находятся в диапазонах от 63,2 % до 72,8 % и от 65,6 % до 82,8 %. Среднее количество капель по ширине опрыскивания составляет от 120,8 до 145,8 и от 96,3 до 135,8 (капель/см²).

Полученные данные (таблица 4.1) показывают на необходимость применения инсектицидов и фунгицидов при работе с соплами типа – 01 и – 015 (расход жидкости - от 0,44 до 0,66 дм³/мин, обеспечиваемый ее давлением 0,4 МПа).

Данными показано, что щелевой распылитель с соплом оранжевого кода цвета (при давлении жидкости 0,6 МПа) можно рекомендовать для работы по уничтожению сорной растительности. Для щелевого распылителя с пластиковыми соплами производство «Lechler» тип – 02 желтый код цвета при давлении жидкости 0,6 МПа, необходимо применять инсектициды и фунгициды, а с увеличением давления до 0,4 МПа – гербициды. Количество капель 68,8 % и 74,8 % характеризует рациональное опрыскивание пестицидами.

При использовании сопла 025, код цвета – сиреневый, давлением 0,4 МПа и 0,6 МПа, среднее число мелких и средних капель на карточках составляет 116,2 и 100,6 капель/см² соответственно. Такая плотность покрытия растений каплями наиболее рациональна для применения инсектицидов (фунгицидов) и гербицидов. Степень неравномерности опрыскивания мелкими и средними размерами капель имеет показатели 28 % и 36 %..

Создаваемые соплом капли (тип – 03, код цвета - синий) и с соплом (тип – 025, код цвета - сиреневый,) свидетельствуют об обратном предназначении, т. к. при жидкостном давлении, равном 0,4 МПа, густота покрытия растений каплями составляет 76,2 капель/см², а при давлении жидкости 0,6 МПа – 111,0 капель/см².

Щелевой распылитель с соплом (тип – 04, код цвета – красный) при жидкостных давлениях 0,4 и 0,6 МПа можно применить в основном для распыления инсектицидов и фунгицидов.

Щелевой распылитель с пластиковыми соплами (производство «ARAG» тип – 05 коричневый код цвета) для давления жидкости 0,4 МПа может быть использован при распылении растворов инсектицидов и фунгицидов, а также и растворов гербицидов. При жидкостном давлении 0,6 МПа этого типа распылитель с соплом рекомендуется использование инсектицидов и фунгицидов.

Щелевой распылитель с соплом (пр – во «ARAG» тип – 06 серого кода цвета) может быть использован:

- при давлениях жидкости 0,4 МПа – при распылении растворов гербицидов;
- при давлениях жидкости 0,6 МПа – при распылении растворов инсектицидов (фунгицидов).

Щелевой распылитель пр-ва «AGROTOP» с соплом (тип 08) белый код цвета при жидкостных давлениях 0,4 и 0,6 МПа может быть использован только при применении растворов гербицидов.

Щелевые распылители с соплами желтого, синего, красного и коричневого кодов цвета (пр-во «Lechler») (таблица 4.2), при давлении 0,4 МПа могут применяться при распылении растворов гербицидов, а при давлении 0,6 МПа – при распылении растворов инсектицидов и фунгицидов.

Следует отметить при этом, что результаты по плотности покрытия каплями растений, имеющими керамические вставки, более стабильны.

Турбопенные сопла сиреневого, синего и красного кодов цвета производства «Lechler» и «AirMix» обуславливают создание мелких и средних капелек в диапазоне от 32,4 % до 54,9 %, что оказывает влияние на плотность покрытия учетных карточек каплями в диапазонах от 23,1 до 83,3 (капель/см²).

Рассмотренные в таблице 4.3 пластиковые сопла (евро – пр-во «Львовхимсельхозмаш» при давлениях 0,4 и 0,6 МПа создают мелкие и средние капли на предметных карточках в диапазонах от 73,3 до 90,9 капель/см² и от 136,5 до 170,9 капель/см² соответственно.

Национальные щелевые распылители с соплами (пр-во «Львовхимсельхозмаш» при аналогичных жидкостных давлениях обеспечивают получение количества капель в диапазоне от 92,1 до 136,0 капель/см² и от 127,0 до 152,5 капель/см²

При распыливании жидкости национальными щелевыми распылителями с соплами (пр-во «Львовхимсельхозмаш» желтого и темно-синего цвета) на единицу поверхности карточек число капель приходится от 92,0 до 145,1 капель/см², а также от 128,7 до 155,1 капель/см² при соответствующих давлениях.

В соответствии с требованиями к качеству опрыскивания распылителями, полученные такие данные о количестве распыленных капель на карточках, обуславливают их назначение по рациональному применению растворов пестицидов для защиты растений.

Следует отметить также, что на основе результатов полученных лабораторных опытов распылители с пластиковыми соплами и керамическими вставками (пр-во Lechler), в сравнении с распылителями типов сопел других производителей обеспечивают получение мелких и средних капель при меньшем расходе жидкости. Эти показатели гарантирует материал и качество изготовления, что повышает стоимость распылителей с такими соплами.

Меньшей стоимостью обладают распылители с пластиковыми соплами (производство ПО "Львовхимсельхозмаш"), по сравнению с распылителями, имеющими пластиковые сопла фирмы «Lechler» с керамическими вставками.

Некоторые отклонения по дисперсности капель в факеле распыляемой жидкости и их количества на учетных карточках наблюдается при испытании распылителей с пластиковыми соплами (производство «Lechler», «ARAG» и «AGROTOP»). Распылители с турбопенными пластиковыми соплами (производства «Lechler» и «AirMix») имеют меньшие показатели по наличию мелких и крупных капель, а также малого их числа на предметных карточках. Оценка влияния давлений жидкости, а также и высоты расположения распылителя с соплом фирмы «Lechler» LU 02 AD-02 желтого цвета, содержащим керамическую вставку, на дисперсность представлена данными в таблице 4.4. .

Таблица 4.4 – Оценка влияния давлений жидкости и высоты расположения распылителя с соплом фирмы «Lechler» LU 02 AD-02 желтого цвета, содержащим керамическую вставку, на дисперсность

Марка сопла, код цвета, тип сопла	h, мм	P, МПа	$d_{\text{ср}}^{\text{мелк}}$, мкм	$d_{\text{ср}}^{\text{средн.}}$, мкм	$d_{\text{ср}}^{\text{крупн.}}$, мкм	$\delta_{\text{неравн.}}^{\text{мелк}}$, %	$\delta_{\text{неравн.}}^{\text{средн.}}$, %	$\delta_{\text{неравн.}}^{\text{крупн.}}$, %	$N_{\text{мелк+сред.}}$, %	$N_{\text{ср.}}$, шт./см ²	$N_{\text{ср.}}^{\text{мелк+ср.}}$, шт./см ²	$G_{\text{ж}}$, л/мин
Lechler LU-02. AD-02 (пластиковый с кера- мической вставкой)	400	0,4	67,9	220,9	522,7	24,8	11,8	22,7	82,9	208,6	172,9	0,90
		0,6	66,9	218,8	515,4	17,5	5,4	25,4	86,5	233,5	202,0	1,11
	500	0,1	65,7	241,2	736,8	38,5	14,9	72,8	49,1	36,2	17,8	0,45
		0,15	73,3	245,1	592,1	32,2	27,7	46,0	52,0	46,6	24,2	0,55
		0,2	69,5	242,4	536,6	19,2	28,4	9,6	63,5	62,6	39,8	0,63
		0,3	74,2	231,7	549,1	16,3	25,2	57,6	70,6	97,6	68,9	0,78
		0,4	75,4	225,3	522,7	21,7	17,7	15,2	79,8	133,4	106,5	0,90
		0,6	72,7	221,6	516,6	16,7	10,5	11,3	82,6	196,1	162,0	1,11
	600	0,4	82,0	228,4	541,5	28,9	28,2	21,1	68,9	166,0	114,4	0,90
		0,6	76,3	223,8	529,6	25,0	15,4	21,1	81,5	166,3	135,5	1,11
	700	0,1	67,9	226,5	583,1	7,7	11,1	25,5	61,3	36,1	22,1	0,45
		0,15	69,1	234,6	502,4	17,1	12,9	13,4	69,3	56,4	39,1	0,55
		0,2	69,1	234,6	502,4	17,1	12,9	13,1	76,5	70,3	53,8	0,63
		0,3	73,6	225,6	479,4	16,6	11,0	19,9	81,5	84,2	68,6	0,78
		0,4	73,1	230,1	510,2	11,2	24,4	15,9	82,8	94,7	78,4	0,90
		0,6	76,4	201,0	496,1	3,1	107,6	9,0	79,2	135,0	106,9	1,11
	900	0,1	70,0	253,6	569,7	34,1	45,5	54,3	51,6	41,0	21,2	0,45
		0,15	71,8	240,8	473,0	17,7	25,0	17,4	64,1	56,5	36,2	0,55
		0,2	70,7	230,9	455,1	28,4	21,4	6,4	80,1	83,1	66,6	0,63
		0,3	74,9	225,3	453,9	21,2	17,8	14,3	75,1	116,0	87,1	0,78
		0,4	71,6	225,6	459,8	11,7	5,4	8,4	86,2	123,6	106,5	0,90
		0,6	69,9	221,5	465,7	7,2	4,0	8,8	88,4	250,0	222,0	1,11

Из данных таблицы 4.4 следует, что при повышении жидкостного давления в интервале от 0,1 до 0,6 МПа средние числа мелких и средних капель на квадратно-сантиметре учетных карточек имеют значения (от 17,8 до 162,0 капель /см²; от 22,1 до 106,9 капель /см² и от 21,2 до 221,0 капель /см²) при высотах распылителя 500 мм, 600 мм и 900 мм. С увеличением давления жидкости до 0,6 МПа, медианно-массовый диаметр (средних) капель, к примеру, в диапазонах (от 241,2 до 221,6 мкм; от 226,5 до 201,0 мкм; от 253,6 до 221,5 мкм) - уменьшается.

Для приведенных выше жидкостных давлений и высот расположения распылителя число мелких и средних капель увеличивается от 49,1 % до 88,4 %, а неравномерность распределения средних капель при расположении над карточками распылителя 500 и 900 мм, снижается с повышением жидкостного давления, а при высоте 700 мм – становится ярко выраженной.

Сопла распылителей по качеству работы оценивались по отклонению угла распыла от заданного в градусах и по получению мелких и средних капель на предметных карточках в процентах от общего их числа. Обобщенные численные значения представлены в таблице 4.5 [75, 106].

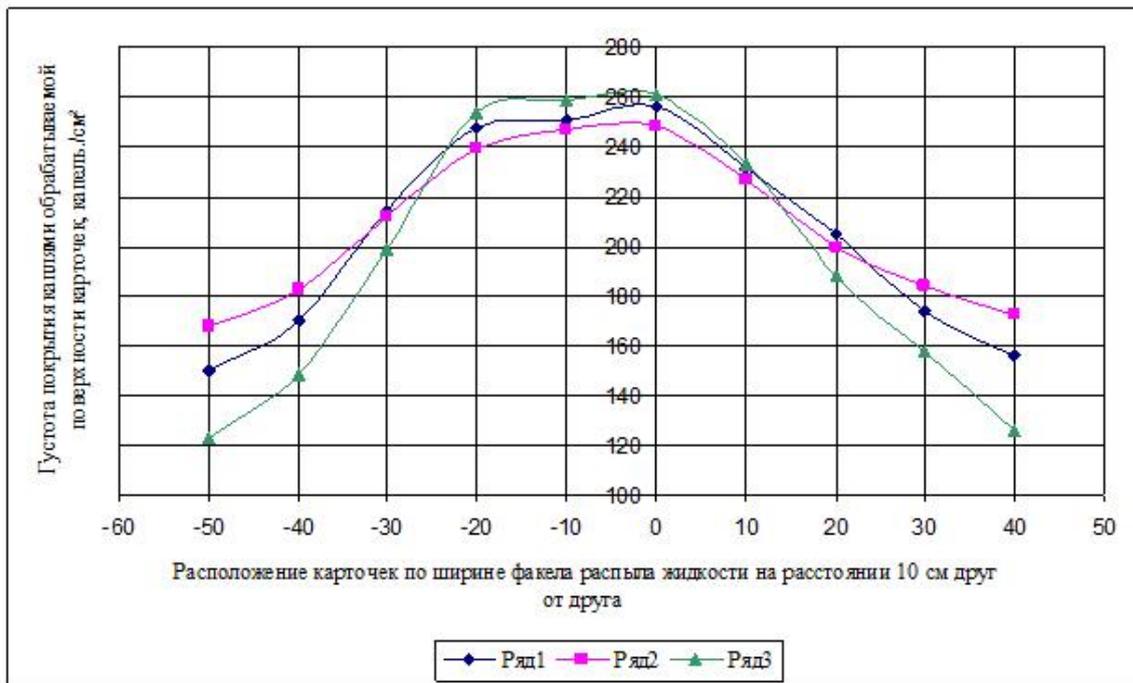
Таблица 4.5 – Характеристика сопла различных фирм – изготовителей по получению количественной доли мелких и средних капель при распыливании жидкости на предметных карточках

Марка сопла	Фирма изготовитель	Характеристика сопла	
		Величина отклонения угла факела распыла от заданного значения, %	Количественная доля мелких и средних капель на учетных карточках, %
Пластиковые с керамическими вставками	Lechler, Германия	0,55	64,0
Пластиковые	Lechler, Германия	1,27	64,4
	ARAG Италия	1,46	53,5
	AGROTOP, Германия	1,27	49,5
Пластиковые воздуховсасывающие (турбопенные)	Lechler, Германия	1,77	45,4
	AirMix, Германия	3,32	34,2
Пластиковые	ПО "Львовхимсельхозмаш"	1,06	69,5
Пластиковые Евро-исполнение	ПО "Львовхимсельхозмаш"	2,28	60,0

Опытными данными (таблица 4,5) установлено преимущество по получению мелких и средних капель (64 %) при распыливании жидкости на предметных карточках распылителями с пластиковыми соплами.

Испытания распылителей с соплами показали, что отклонения углов факела распыла не превышают 10° [106]. Незначительные отклонения углов факела распыла жидкости от заданного значения (0,55 % и 1,06 %) имеют распылители, оснащенные керамическими вставками, и распылители с пластиковыми соплами (производимыми ПО "Львовхимсельхозмаш"). [75, 106].

Результаты исследований сопла пр-ва ПО «Львовхимсельхозмаш» тип 02, оранжевый по дисперсности капель приведены на рисунке 4.2.



Ряд 1 – скорость воздушного потока $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$; ряд 2 – отсутствие скорости воздушного потока; ряд 3 – скорость воздушного потока $3,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$

Рисунок 4.2 – Распределение плотности покрытия каплями поверхности предметных карточек, обрабатываемых на ширину факела распыла

При этом, высота расположения такого устройства над предметными карточками равнялась 0,6 м, а давление жидкости через сопло щелевого распылителя – 0,60 МПа. Данные рисунка 4.2 свидетельствуют о том, что плотность покрытия

каплями объектов обработки зависит от технологического режима работы опрыскивателя.

По данным этого раздела работы рекомендуемые способ и пневматическое устройство для имитации режимов работы распылителей определяют режимы работы опрыскивателей для ресурсосберегающих технологий в интересах защищенности растений. Результаты исследования свидетельствуют о том, что решение проблемы в части экологического и экономного использования пестицидов при защите растений и позволяет сделать выбор для оценки технологических режимов их работы в современных опрыскивателях.

4.2 Результаты обработки фотографий факела распыла от щелевых распылителей жидкости с пластиковыми соплами в статическом положении

По опытным данным длин образующей пленки (рисунок 4.3) нами были выполнены расчеты образуемых диаметров капель от исходных данных (давления и расхода жидкости), для применяемых традиционно пластиковых сопел фирмы «Lechler» [188].

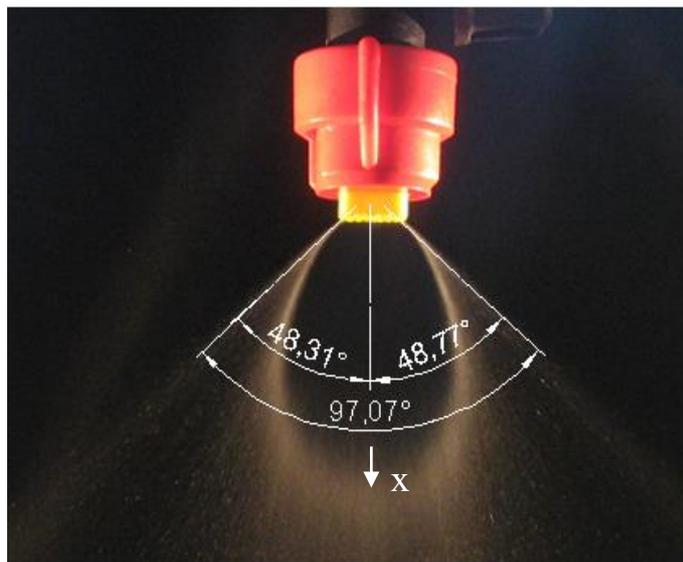


Рисунок 4.3 – Дробление пленки при давлении жидкости 0,4 МПа и ее расходе 0,90 дм³/мин (тип пластикового сопла LU 02, AD 02, код цвета – желтый)

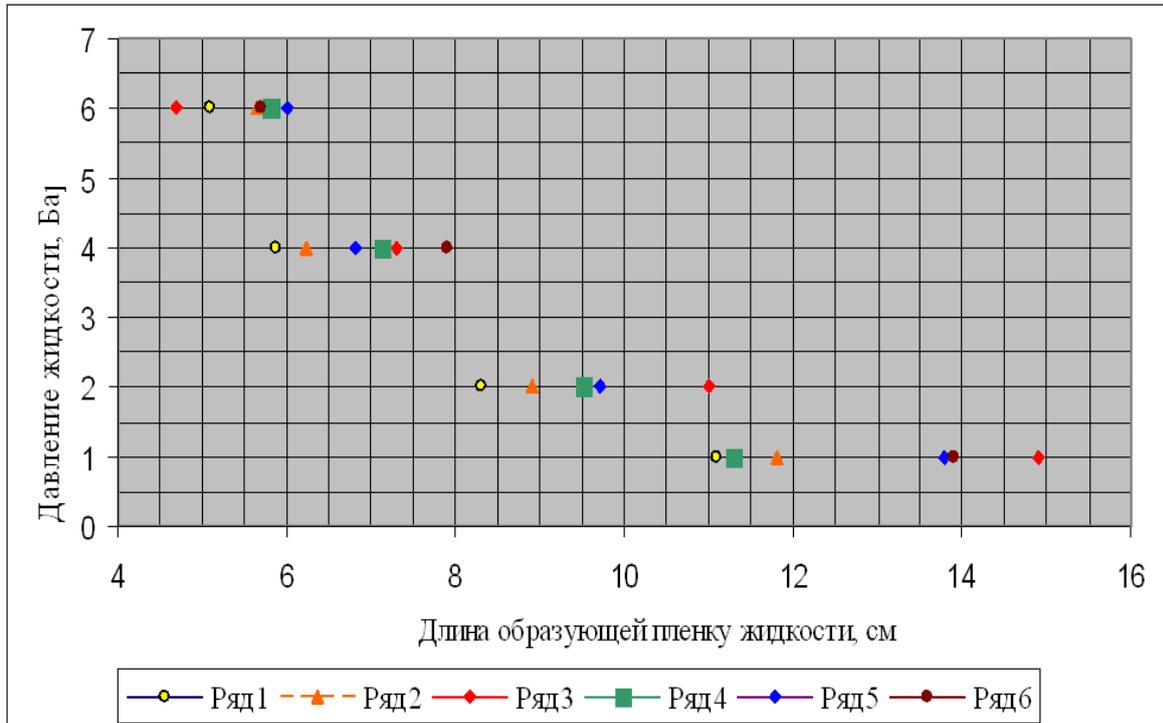
Результаты таких опытов и расчетов приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Опытные и расчетные значения средних диаметров капель при дроблении пленки жидкости

Тип сопла, код цвета	Давление жидкости, МПа	Объемный поток жид- кости, л/мин	Длина обра- зующей плен- ки, см	Средний диа- метр капль (расчетный), м	Средний диаметр капель (экспери- ментальный), мкм
LU-01 LD-01	0,1	0,23	11,80	216	185
	0,4	0,45	6,22	355	310
	0,6	0,56	5,66	372	306
LU-015 AD-015	0,1	0,34	11,3	250	234
	0,4	0,68	7,12	320	248
	0,6	0,84	5,80	423	262
LU-02 AD-02	0,1	0,45	11,10	276	257
	0,4	0,90	5,87	431	286
	0,6	1,11	5,10	484	289
U-03 AD-03	0,1	0,67	13,80	293	271
	0,4	1,35	6,80	469	310
	0,6	1,64	6,01	522	323
LU-04 AD-04	0,1	0,89	14,90	315	292
	0,4	1,80	7,30	504	485
	0,6	2,21	4,70	626	540
LU-05	0,1	1,11	13,90	346	302
	0,4	2,25	7,90	529	454
	0,6	2,72	5,70	629	542

Из таблицы 4.6 следует отметить, что меньшие экспериментальные значения размеров капель обусловлены:

- ошибкой измерений отпечатков на карточках;
- ошибкой измерения давления перед распылителем
- другими, не учтенными факторами.



- Ряд 1 – Код цвета желтый, тип сопла LU-02, AD-02;
- ▲ Ряд 2 – Код цвета оранжевый, тип сопла LU-01, LD-01;
- ◆ Ряд 3 – Код цвета красный, тип сопла LU-04, AD-04;
- Ряд 4 – Код цвета зеленый, тип сопла LU-015, AD-015;
- ◆ Ряд 5 – Код цвета синий, тип сопла LU-03, AD-03;
- Ряд 6 – Код цвета коричневый, тип сопла LU-05

Рисунок 4.4 – Длина образующей пленку жидкости в зависимости от от жидкостного давления для сопел распылителей (производство «Lechler»)

По данным рисунка 4.4 у сопел распылителей (производство «Lechler») при жидкостном давлении в диапазонах от 0,1 МПа до 0,6 МПа величина образующей пленки меняется от 5 см до 15 см [188].

4.3 Результаты моделирования технологического процесса работы распылителей на стенде

Моделирование работы распылителей дано рисунком 4.5 [86].



1 – модуль станда для моделирования скорости движения опрыскивателя воздушным потоком; 2 – модуль распыления водного раствора и улавливания диспергированной капельной жидкости в поперечном и продольном направлениях; 3 – камера уменьшения скорости воздушного потока и распределения мелкодисперсного аэрозоля (решетчатый корпус); 4 – кожух соединительный.

Рисунок 4.5 – Общий вид станда для моделирования процесса работы распылителей

При проведении лабораторных исследований были приняты один режим работы распылителя и две скорости воздушного потока в области факела распыла жидкости.

Пластиковое сопло «Lechler» приведено на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 – Общий вид сопла щелевого принципа действия фирмы-изготовителя «Lechler» типа LU – 04 AD – 04 красного цвета

Капли факела распыла улавливались в желобки, с последующим сбором жидкости в цилиндры.

Фотоизображения сбора капельной жидкости в желобках приведены на рисунке 4.7.



а)



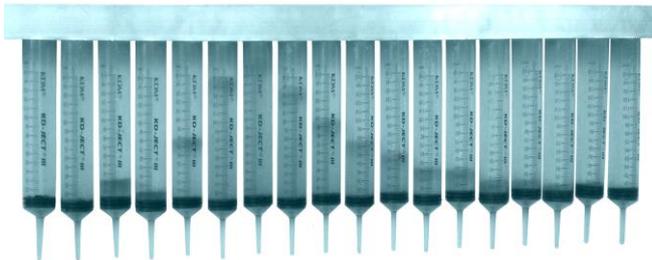
б)

а) – фотоизображение сбора капель в мерные цилиндры при поперечном расположении желобков воздушному потоку в корпусе модуля 2 стенового оборудования;

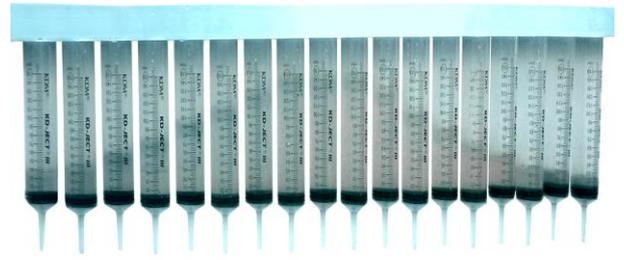
б) – фотоизображение сбора капель в мерные цилиндры при продольном расположении желобков воздушному потоку в корпусе модуля 2 стенового оборудования

Рисунок 4.7 – Фрагменты фотоизображений сбора капельной жидкости в желобках в поперечном и продольном направлениях воздушному потоку

На рисунке 4.8. (вид а)) показан сбор жидкости в мерные цилиндры [86].



а)



б)

Рисунок 4.8 – Фрагменты фотоизображений классового распределения жидкости в мерных цилиндрах при расположении желобков в поперечном «а)» и продольном «б)» направлениях воздушному потоку [86]

Нормальное распределение жидкости, собранной в желобки и в мерные цилиндры, при продольном расположении желобков в статическом варианте (без воздушного потока) представлено на рисунке 4.9 [86].

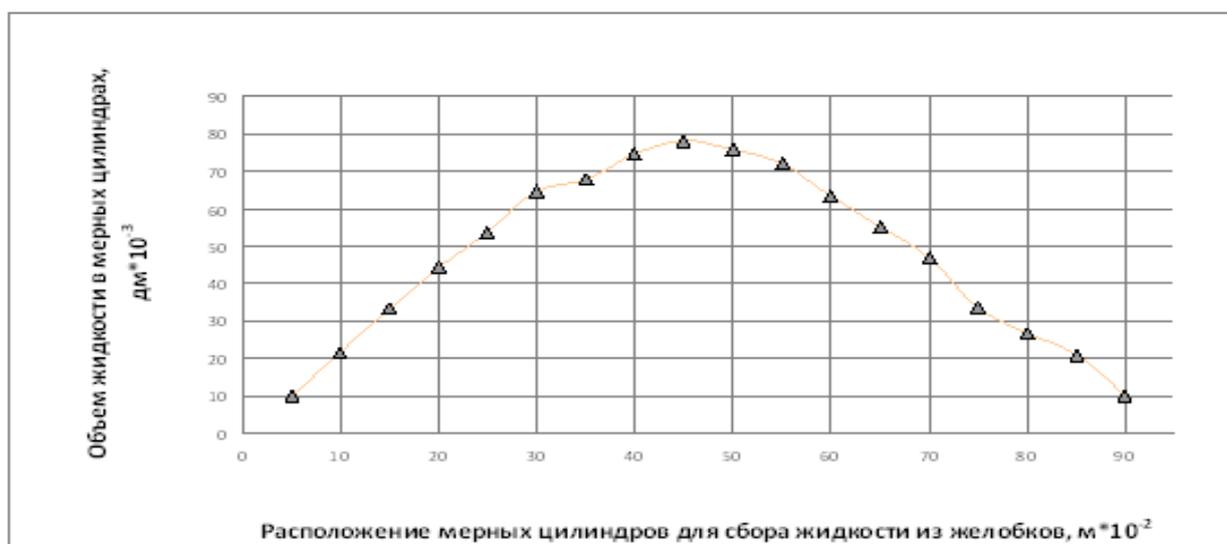


Рисунок 4.9 – Среднее из трех повторностей опыта нормальное распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и собираемой в мерные цилиндры при продольном направлении желобков в статическом варианте (без воздушного потока)

По нему следует, что поперечное нормальное распределение капель в статическом варианте обусловлено длиной отверстия сопла и начальными условиями распыла жидкости.

Распределение жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков в статическом варианте представлено на рисунке 4.10.

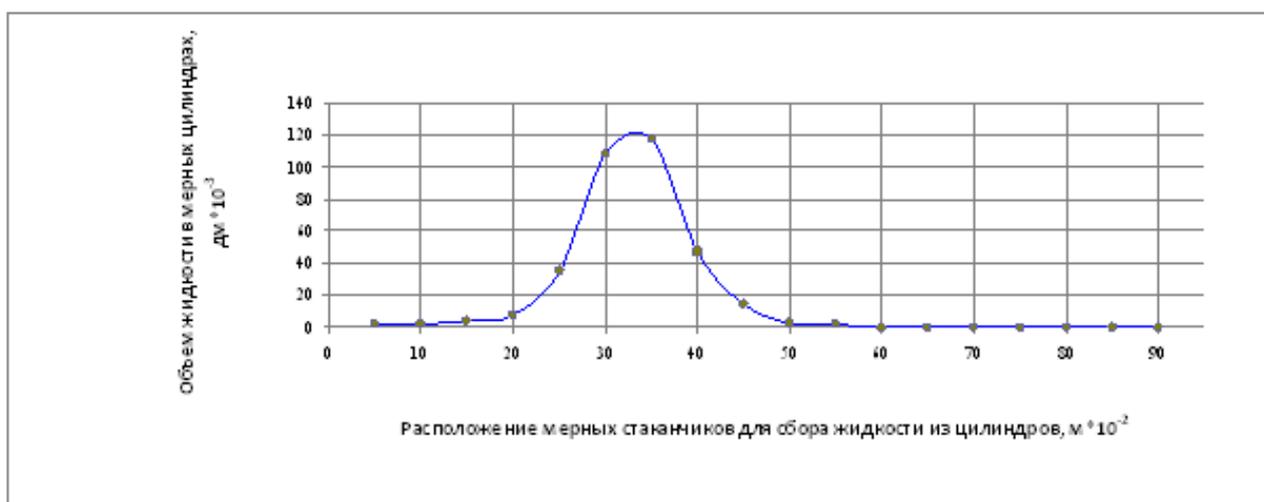


Рисунок 4.10 – Распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и, собираемой в мерные цилиндры, при поперечном направлении желобков в статическом варианте

Из данных рисунка 4.10 следует, что продольное нормальное распределение капель в статическом варианте определяется шириной отверстия сопла и начальными условиями распыла жидкости, т. е. статический вариант работы распылителя характеризуется нормальным законом распределением капель.

Усредненное по трем повторностям опыта нормальное распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и собираемой в мерные цилиндры, при продольном расположении желобков, что соответствует скорости движения опрыскивателя 12 км/ч представлено на рисунке 4.11.

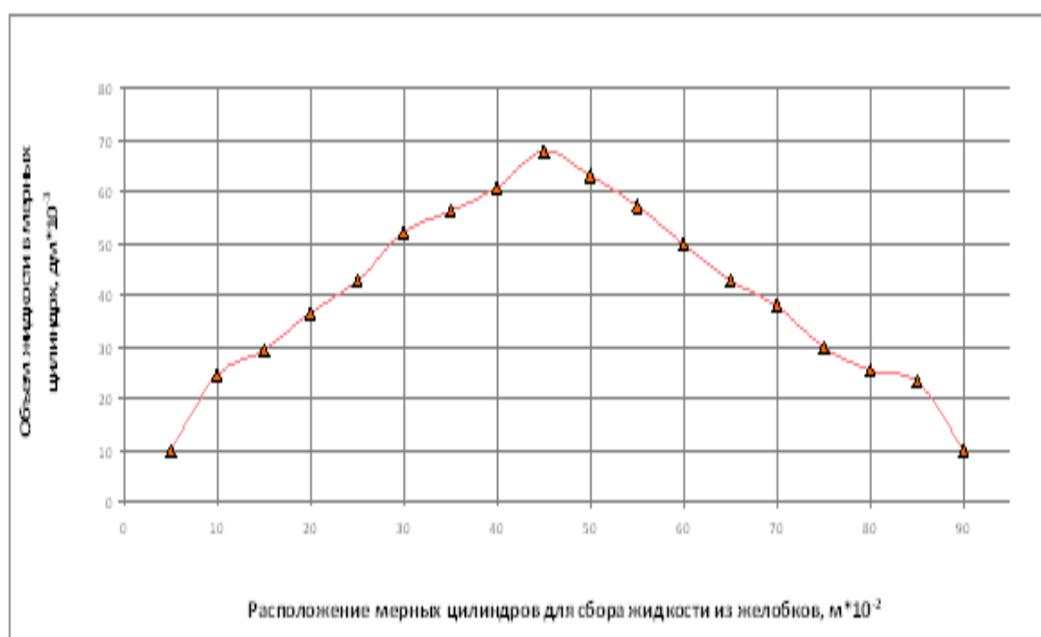


Рисунок 4.11 – Усредненное по трем повторностям опыта нормальное распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и собираемой в мерные цилиндры, при продольном расположении желобков по направлению действия воздушного потока со скоростью 3,3 м/с (12 км/ч)

Приведенные на рисунке 4.11 данные распределения жидкости, свидетельствуют о том, незначительное изменение скорости воздуха уже изменяет характер распределения капель по ширине опрыскивания примерно на 13% по сравнению со статическим вариантом (рисунок 4.9).

Продольное распределение жидкости при поперечном расположении желобков и воздействии на факел распыляемой жидкости скорости воздуха 3,3 м/с (12 км/ч) представлено данными на рисунке 4.12.

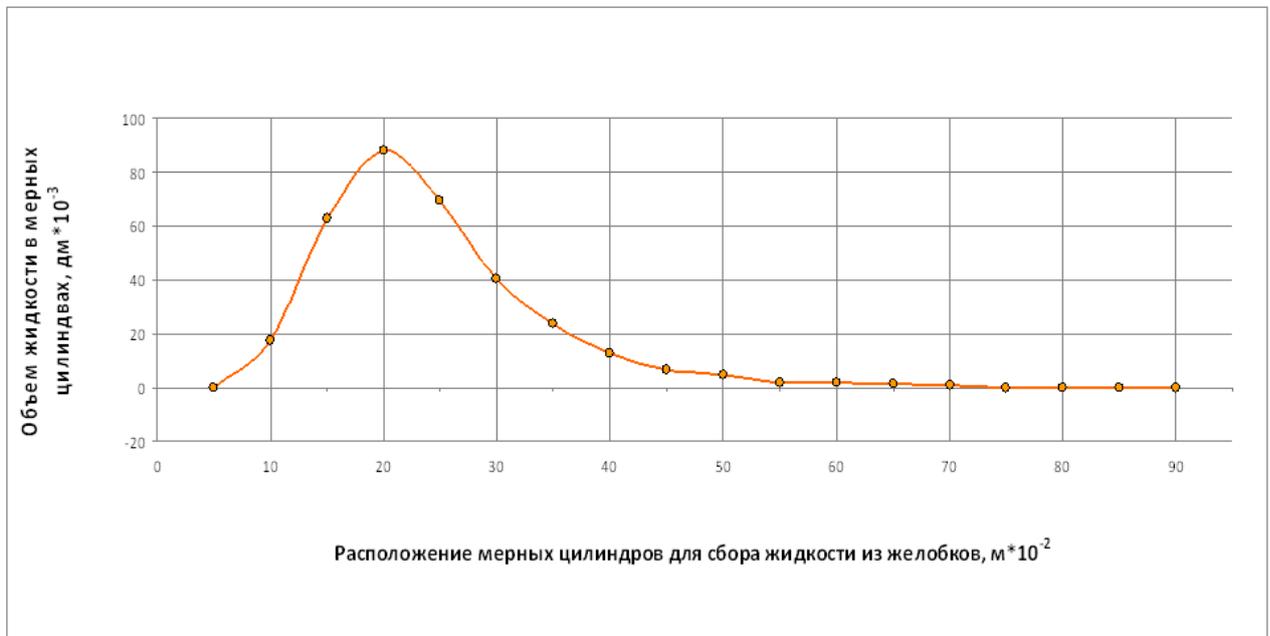


Рисунок 4.12 – Распределение капель жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков и воздействии на факел распыляемой жидкости скорости воздушного потока 3,3 м/с (скорость движения опрыскивателя 12 км/ч)

При воздействии воздушного потока со скоростью 3,3 м/с на факел распыляемой жидкости (рисунок 4.12) максимум плотности распределения масс капель по сопоставлению с максимумом плотности распределения масс капель, показанном на рисунке 4.10, в 1,33 раза меньше. При воздействии воздуха на факел распыла жидкости изменяется ширина и характер классового распределение капель.

Влияние увеличенной скорости воздушного потока до 4,7 м/с, что соответствует скорости движения опрыскивателя 17 км/ч, при продольном расположении желобков, на поперечное распределение распыляемой жидкости представлено на рисунке 4.13. Максимум распределения капель по сравнению с рисунком 4.11 снижается на 8,5%, что характерно для областей размерами от 35 до 55 см, имеющим концентрацию и диаметры капель с возрастанием воздушного потока изменяются.

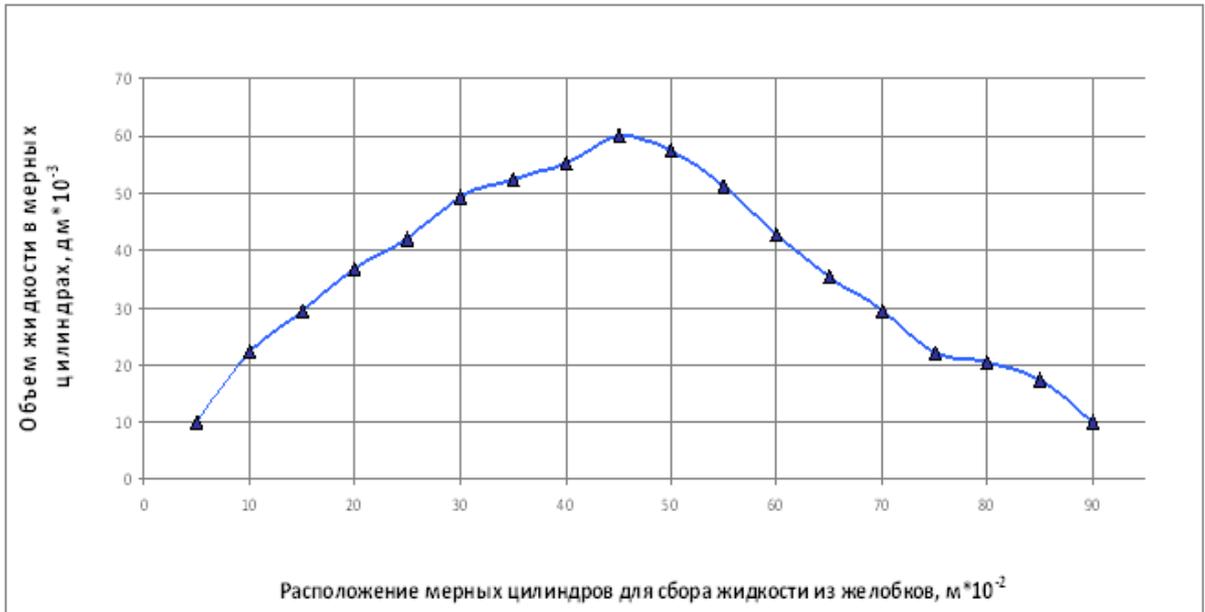


Рисунок 4.13 – Распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и собираемой в мерные цилиндры, при продольном расположении желобков и скорости воздушного потока 4,7 м/с (17 км/ч)

При поперечном расположении желобков и воздействии на факел распыляемой жидкости той же скорости воздушного потока 4,7 м/с распределение капель жидкости в продольном направлении существенно меняется (рисунок 4.14.

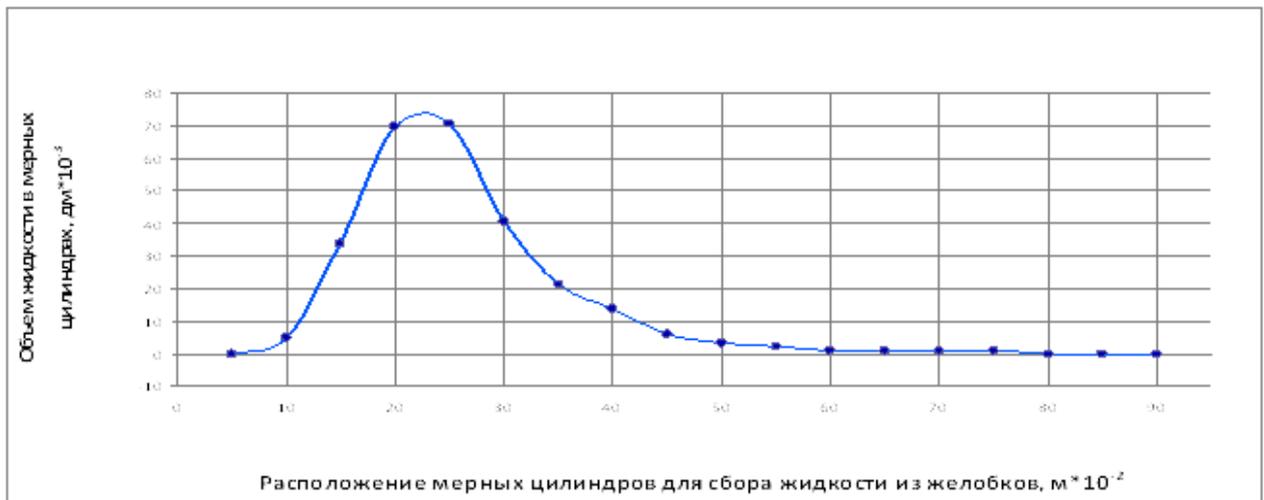


Рисунок 4.14 – Распределение жидкости в продольном направлении (при поперечном расположении желобков) и воздействии на факел распыляемой жидкости скорости воздушного потока 4,7 м/с (17 км/ч)

При воздействии воздушного потока со скоростью 4,7 м/с на факел распыляемой жидкости (рисунок 4.14) максимум распределения, по сравнению с максимумом распределения, приведенном на рисунке 4.12, снижается на 8,3%.

На рисунке 4.14 заполнение желобков каплями жидкости в значительной степени снижено, по сравнению с данными рисунка 4.12.

Массовый расход раствора жидкости через распылитель, определялся объемным методом с применением мерного цилиндра и секундомера (рисунок 3.6), и составил 1,88 дм³/с.

Оценка массового суммарного объема жидкости в мерных цилиндрах в единицу времени показала, что при скоростях воздуха 3,3 м/с и 4,7 м/с часть жидкости не оседает в желобках, а сносится воздушным потоком на 12% и 23% соответственно. Не оседающие капли размером от 10 до 80 мкм заполняют объем третьего модуля стендового оборудования, не коагулирующая максимальная массовая концентрация которых может составлять 0,6 г/м³. В объеме 2,25 м³ третьего модуля может содержаться 1,35 г/м³ массовой концентрации мелкодисперсного аэрозоля, выходящего через отверстия в форме воздушно-дисперсной системы. Средняя скорость воздуха в отверстиях при скоростях воздуха 3,3 м/с и 4,7 м/с равна 2,20 м/с и 3,13 м/с соответственно. Через суммарное сечение отверстий при этом выходит из объема третьего модуля стендового оборудования 1,98 г/с и 2,82 г/с массовой концентрации мелкодисперсного аэрозоля. При таких данных унос жидкости с мелкими каплями составляет 6,31% и 9 %, а не оседает в желобках 1,78 г/с (5,68%) и 4,39 г/с (14,01%) жидкости. Не собираемую в желобки жидкость можно определить в соответствии с закономерным ее убыванием (рисунки 4.12 и 4.14).

Собираемое экспериментально в мерные цилиндры в количество жидкости являлось оценкой технологического процесса работы распылителей по основному общепринятому критерию ММД капель.

Фотографические изображения факелов распыла жидкости в статике (вид а) и в динамике (виды б) и в)), проиллюстрированы рисунком 4.15.

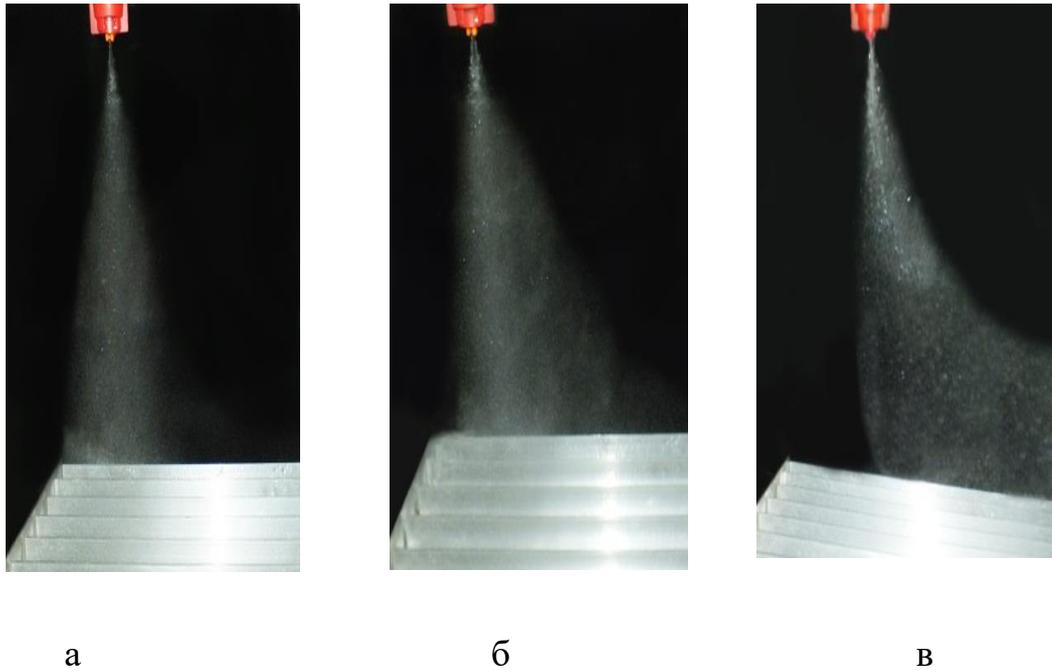


Рисунок 4.15 – Общий вид факелов капельной жидкости в статике (вид а) и при воздействии воздушного потока различной скорости (динамика) (виды б и в)

Сравнительные показатели результатов исследований щелевых пластиковых сопел распылителей жидкости (производство «Lechler») представлены в табличной и графической формах (таблицы 4.7 – 4.9 и рисунки 4.16-4.18).

В таблице 4.7 и на рисунке 4.16 приведены наименование и значения показателей работы распылителей по созданию капельной жидкости, а также графически изображенный характер ее распределения.

Таблица 4.7 – Результаты экспериментально – расчетных показателей по оценке метода моделирования технологического процесса работы щелевых распылителей с пластиковыми соплами (производство «Lechler» LU-03, AD-03, синего цвета; LU-04, AD-04, красного цвета; LU-05, AD-05, коричневого цвета), осуществленного с использованием стендового оборудования

Наименование показателя	Значение показателя					
	LU-03, AD-03; синий				LU-04, AD-04; красный	LU-05, AD-05; коричневый
Сопло (тип, код цвета)						
Высота расположения сопла над желобками в стенде, м (см)	0,6 (60)					
Давление жидкости в магистрали, МПа	0,3		0,35	0,4	0,2	
Скорость воздушного потока в области факела распыла распылителя жидкости в составе стендового оборудования, м/с (км/ч)	1,94 (7)	2,83 (10,2)	2,92 (10,52)	1,97 (7,1)	2,94 (10,6)	3,33 (12,0)
Количество, оседающей в желобках капельной жидкости и собранной в мерные цилиндры, мм ³ /см ²	1,324	0,638	0,877	1,294	1,083	1,171
Площадь, на которую оседает капельная жидкость, см ²	9700	14150	14600	9800	14700	16667
Расход жидкости по количеству ее осаждения в желобки, дм ³ /га	95,19	66,9	94,81	93,93	117,9	144,4
Расход жидкости, через сопло распылителя при заданном давлении, дм ³ /га	154,32	66,9	149,38	235,19	163,0	163,0
Потери жидкости по разности ее количества, прошедшего через сопло распылителя и осажденного в желобки, дм ³ /га (%)	59,14 (38,22)	78,29 (53,92)	54,57 (36,53)	141,3 (60,06)	45,06 (27,65)	18,60 (23,33)
Медианно-массовый диаметр (ММД) капель по результатам опытных данных в стендовом оборудовании, мкм	1082	848	943	1073	1011	1118
Скорость движения опрыскивателя, км/ч (м/с)	7 (1,94)	10,2 (2,83)	10,52 (2,92)	7,1 (1,97)	10,6 (2,94)	12,0 (3,33)
ММД капель по результатам лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя, мкм	1184	644	901	1592	1193	-
Отличие ММД лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя и опытных данных в стендовом оборудовании, %	8,66	31,68	4,66	32,6	15,22	-
Время проведения опыта, с	60	75	70	80	45	
Расположение желобков	поперек воздушному потоку					

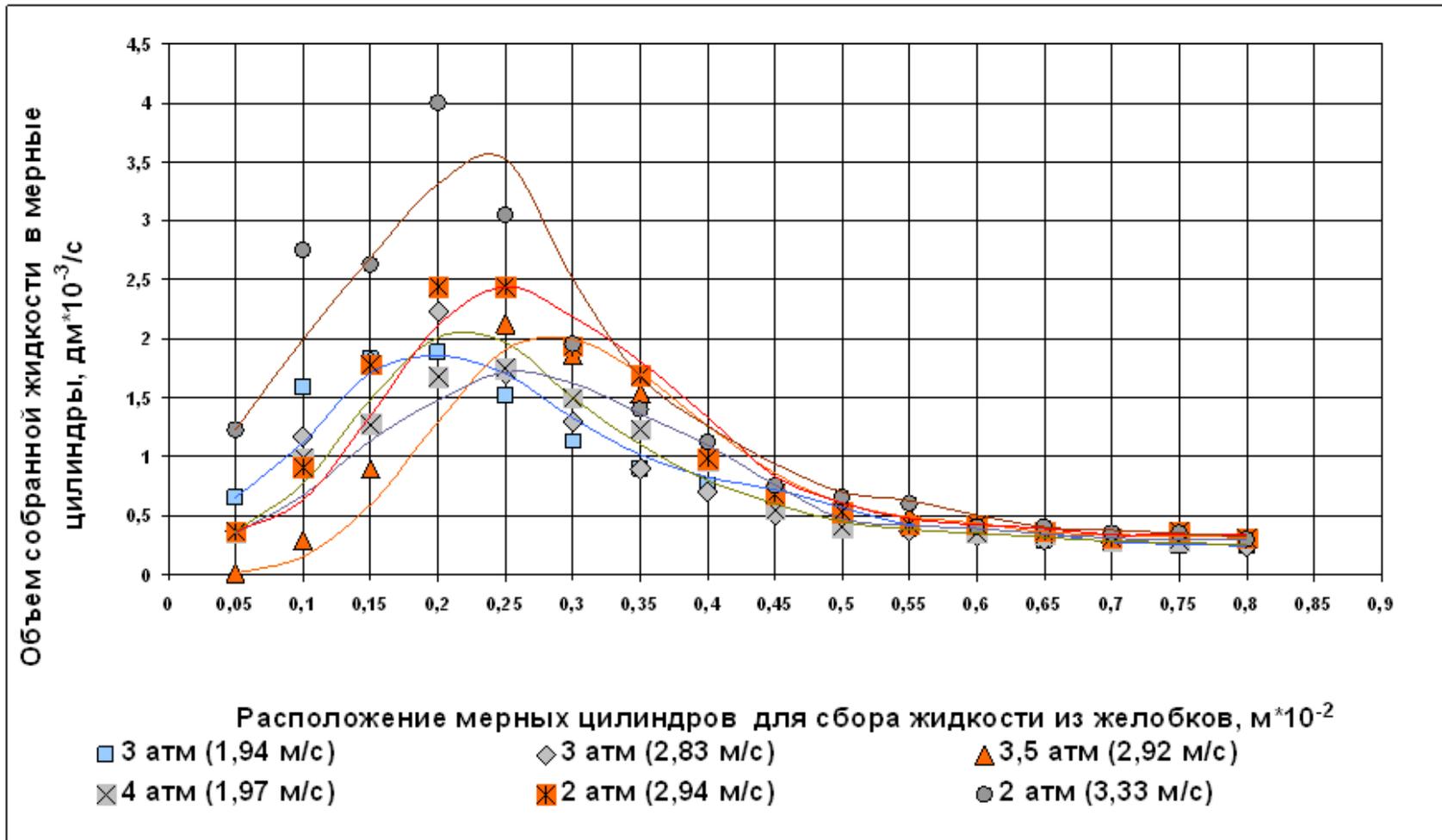


Рисунок 4.16 – Распределения жидкости в продольном направлении при поперечной расстановке желобков по данным лабораторных опытов, приведенным в таблице 4.7

ММД капель, полученные при имитации распылителей (таблица 4.7), в сравнении с их работой в опрыскивателе, имеют различие от 8 % до 33 % в зависимости от применяемого сопла, а не оседающая жидкость в капельном виде составляет от 23 % до 60 %.

Меньшие значения ММД капель по результатам исследований при моделировании технологических процессов работы сопел распылителей жидкости в стендовом оборудовании обусловлены неполноценным учетом оседающей в желобки капельной жидкости, что заметно на кривых распределения капельной жидкости (рисунок 4.7). Кроме того, отличие ММД объясняется также погрешностью измерительных средств и неучтенных факторов, имеющих место, как в технологическом процессе работы опрыскивателя, так и при моделировании работы распылителей на стендовом оборудовании.

При распределении жидкости (рисунок 4.16), вначале оседают крупные капли, концентрация которых небольшая. Затем концентрация крупных капель увеличивается, образуя максимум их осаждения. В дальнейшем оседают капли уменьшающиеся в размере, а потери капельной жидкости обусловлены не оседающими мелкими каплями. Характер распределения жидкости на графиках определяется также высотой сноса капель, которая зависит от размера не продуваемой области факела распыливаемой жидкости, в свою очередь зависящей от сопла и создаваемого давления жидкости в магистрали.

В таблице 4.8 и на графике (рисунок 4.17) Основные технологические показатели работы щелевого пластикового сопла распылителя «Lechler» LU-04, AD-04, красного цвета представлены в таблице 4,8 и на рисунке 4.17.

Таблица 4.8 – Результаты экспериментально – расчетных показателей по оценке метода моделирования технологического процесса работы щелевого пластикового сопла распылителя жидкости (производство «Lechler» LU-04AD-04, красного цвета), осуществленного с использованием стендового оборудования (при давлениях жидкости в магистрали 0,2; 0,3 и 0,34 МПа для скоростей воздушного потока 2,7 и 3,5 м/с

Наименование показателя	Значение показателя					
Сопло (тип, код цвета)	LU-04, AD-04; красный					
Высота расположения сопла над желобками в стенде, м (см)	0,5 (50)					
Давление жидкости в магистрали, МПа	0,2		0,3		0,34	
Скорость воздушного потока в области факела распыла распылителя жидкости в составе стендового оборудования, м/с (км/ч)	2,7 (9,72)	3,5 (12,6)	2,7 (9,72)	3,5 (12,6)	2,7 (9,72)	3,5 (12,6)
Количество, оседающей в желобках капельной жидкости и собранной в мерные стаканчики, мм ³ /см ²	1,470	0,936	1,749	1,121	1,790	1,234
Площадь, на которую оседает капельная жидкость, см ²	13500	17500	13500	17500	13500	17500
Расход жидкости по количеству ее осаждения в желобки, дм ³ /га	147,22	93,58	174,9	112,1	179,0	123,3
Расход жидкости, через сопло распылителя при заданном давлении, дм ³ /га	153,7	120,0	188,9	142,86	203,7	157,14
Потери жидкости по разности ее количества, прошедшего через сопло распылителя и осажденного в желобки, дм ³ /га (%)	6,47 (4,22)	26,42 (22,02)	14,00 (7,41)	30,76 (21,52)	24,70 (12,13)	33,84 (21,53)
Медианно-массовый диаметр (ММД) капель по результатам опытных данных в стендовом оборудовании, мкм	1120	963	1187	1023	1196	1056
Скорость движения опрыскивателя, км/ч (м/с)	9,72 (2,7)	12,6 (3,5)	9,72 (2,7)	12,6 (3,5)	9,72 (2,7)	12,6 (3,5)
ММД капель по результатам лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя, мкм	1670	1444	1732	1312	1996	1383
Отличие ММД лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя и опытных данных в стендовом оборудовании, %	32,93	33,31	31,47	22,03	40,08	23,64
Время проведения опыта, с	120			30	30	
Расположение желобков	поперек воздушному потоку					

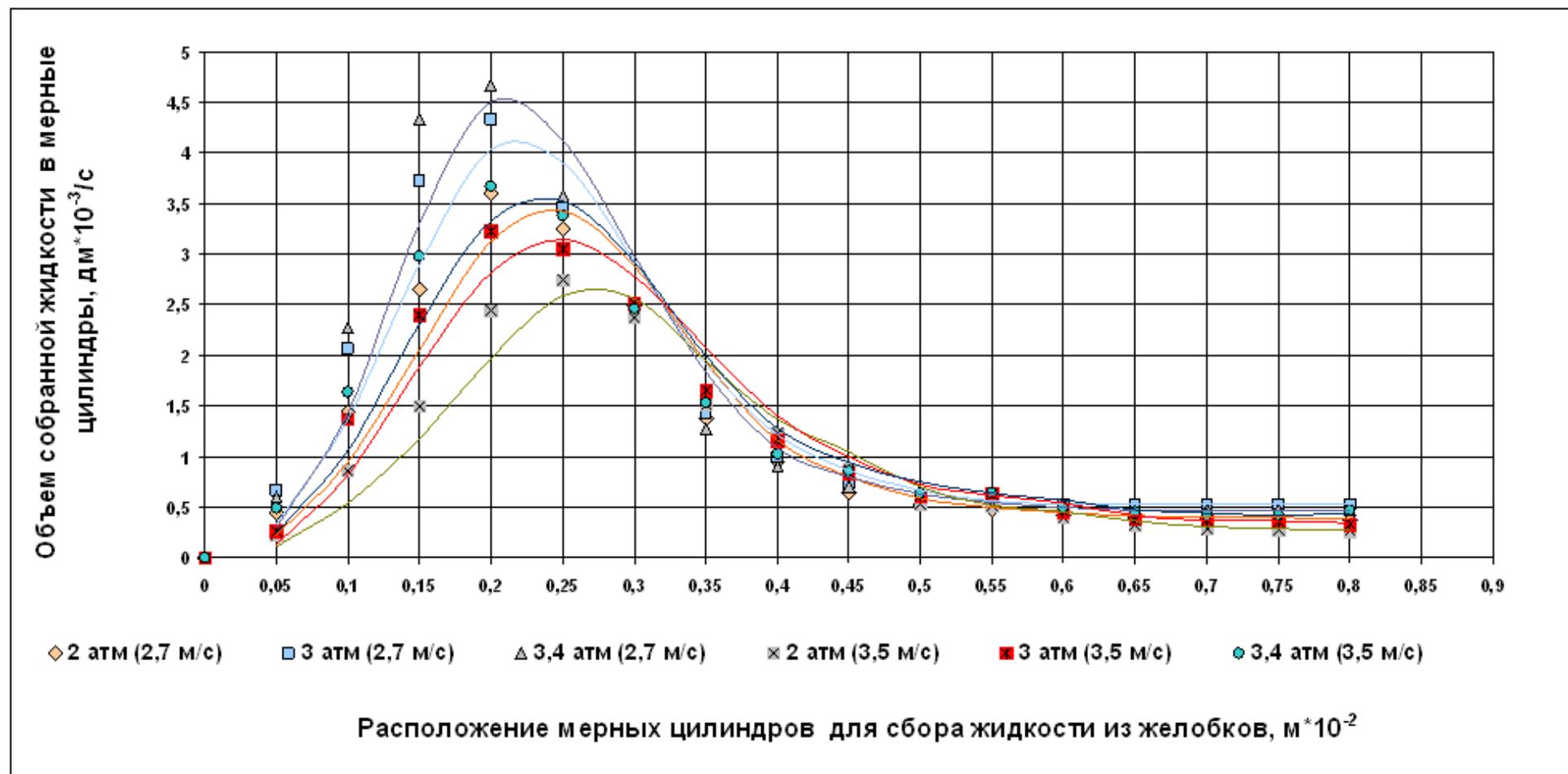


Рисунок 4.17 – Распределения жидкости в продольном направлении при поперечном размещении желобков по опытным данным, приведенным в таблице 4.8

По данным таблицы 4.8 ММД капель, полученных с использованием стендового оборудования и при распылении жидкости в составе опрыскивателя, отличаются на 22 % - 40 % при использовании сопла распылителя производства «Lechler» LU-04 AD-04, красного кода цвета. Расчетные ММД полидисперсных капель обусловлены большими не учтенными потерями жидкости (рисунок 4.17). В опытах на стендовом оборудовании и в опрыскивателе происходит закономерное снижение ММД капель при увеличении скорости воздуха. Потери жидкости при применении сопла распылителя LU-04 AD-04 незначительны, находятся в пределах от 4 % до 22 % и зависят в основном от большого наличия крупных капель в факеле распыла. Особенности применения сопла распылителя LU-04 AD-04 иллюстрируются графическими распределениями капель. Величина максимумов и их смещение по направлению воздушного потока характеризуются классовым содержанием капель в факеле распыляемой жидкости. Следует отметить, что при распылении больших расходов жидкости величина начальной непродуваемой области факела распыла значительна, отдельные капли оседают с небольшой высоты, обеспечивая особый характер их распределения (рисунок 4.16).

В таблице 4.9 и на графике (рисунок 4.18) приведены показатели работы щелевых распылителей жидкости с пластиковыми соплами (производство «Lechler» LU-01 AD-01, оранжевого кода цвета; LU-015, AD-015, зеленого кода цвета; и LU-02 AD-02, желтого кода цвета.

Таблица 4.9 – Результаты экспериментально – расчетных показателей по оценке метода имитации технологического процесса работы щелевых распылителей с пластиковыми соплами (производство «Lechler» LU-01, AD-01, оранжевого цвета; LU-015, AD-015, зеленого цвета; LU-02, AD-02, желтого цвета), осуществленного с использованием стендового оборудования

Наименование показателя	Значение показателя			
	LU-01, AD-01; оранжевый	LU-015, AD-015; зеленый	LU-02, AD-02; желтый	
Сопло (тип, код цвета)				
Высота расположения сопла над желобками в стендовом оборудовании, м (см)	0,5 (50)		0,6 (60)	
Давление жидкости в магистрали, МПа	0,35		0,2	0,3
Скорость воздушного потока в области факела распыла распылителя жидкости в составе стендового оборудования, м/с (км/ч)	2,4 (8,64)		4,0 (14)	2,7 (9,72)
Количество, оседающей в желобках капельной жидкости и собранной в мерные стаканчики, мм ³ /см ²	0,251	0,389	0,310	0,669
Площадь, на которую оседает капельная жидкость, см ²	12000		20000	13500
Расход жидкости по количеству ее осаждения в желобки, дм ³ /га	22,3	38,9	31,9	66,9
Расход жидкости, через сопло распылителя при заданном давлении, дм ³ /га	63,88	76,54	51,00	93,6
Потери жидкости по разности ее количества, прошедшего через сопло распылителя и осажденного в желобки, дм ³ /га (%)	41,58 (65,1)	35,64 (50,82)	19,2 (37,49)	29,4 (30,54)
ММД капель по результатам опытных данных в стендовом оборудовании, мкм	620	719	667	861
Скорость движения опрыскивателя, км/ч (м/с)	8,64 (2,4)		14 (4,0)	9,72 (2,7)
Медианно-массовый диаметр (ММД) капель по результатам лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя, мкм	315	681	543	543
Отличие ММД лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя и опытных данных в стендовом оборудовании, %	49,2	5,6	18,6	41,4
Время проведения опыта, с	300		Оп.1-й=180; Оп.2-й=120; Оп.3-й=90	90
Расположение желобков	поперек воздушному потоку			

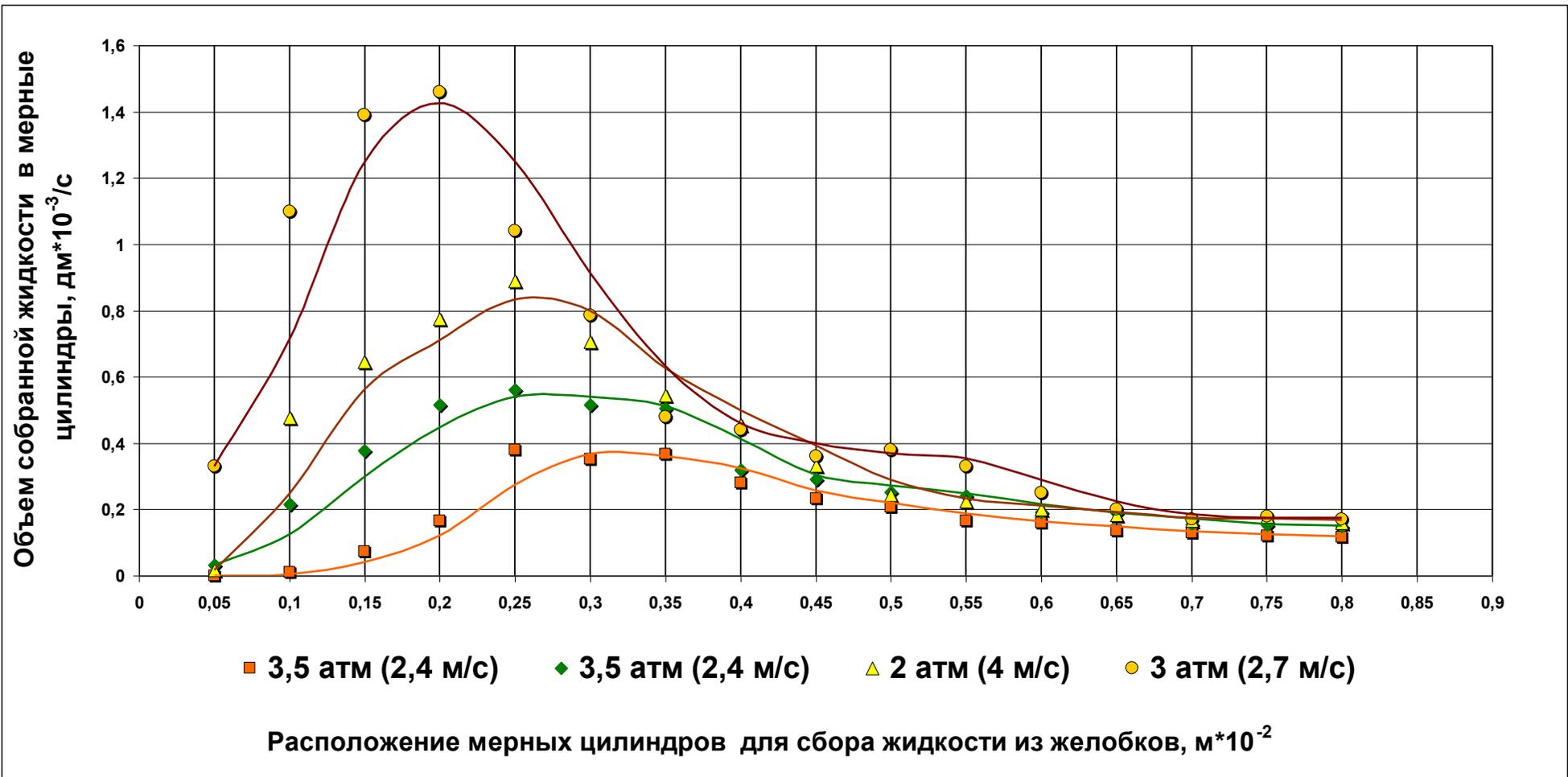


Рисунок 4.18 – Распределения капельной жидкости в продольном направлении при поперечной установке желобков по данным лабораторных опытов, приведенным в таблице 4.9

Приведенные в таблице 4.9 ММД капель, полученные с использованием сопел распылителей производства «Lechler», имеют некоторые отличия. При применении сопла LU-01, AD-01 оранжевого кода цвета отличие ММД капель составляет 49 %.

Наименьшие отличия ММД капель получены для сопла LU-015, AD-015, зеленого кода цвета – 5,6 %. Большой разброс значений характерен для ММД капель меньшего значения по сравнению с другими данными, приведенными в таблице 4.8 и 4.9. При испытании таких сопел в стендовом оборудовании отличие ММД капель не превышает 30 %, а в полевых условиях в составе опрыскивателя отличие ММД капель составляет 53,7 %. Снос жидкости, определяемой по разности ее объемов, измеренных на выходе из сопла распылителей и осажденных в желобки, находятся в пределах от 20 % до 40 %.

Величина максимумов и их смещение по направлению воздушного потока характеризуются классовым содержанием капель в факеле распыляемой жидкости, падающих с большей высоты, т.к. расход жидкости находится в пределах от 22 до 67 дм³/га, а непродуваемая область факела распыла жидкости, применительно к соплам малого сечения, незначительна, что характеризуется распределением капельной жидкости на рисунке 4.18.

Кроме приведенных в таблицах 4.7 – 4.9 значений, получены и результаты использования применительно к современным технологиям обработки растений и штанговых опрыскивателей, приведенных в таблице 4.10 и на рисунке 4.19.

Таблица 4.10 – Результаты экспериментально – расчетных показателей по оценке метода моделирования технологического процесса работы щелевого пластикового сопла распылителя жидкости (производство «Lechler» LU-02, AD-02, желтого цвета), осуществленного с использованием стендового оборудования при скоростях воздушного потока 3,72; 4,1; 4,44 и 5,2 м/с

Наименование показателя	Значение показателя			
Сопло (тип, код цвета)	LU-02, AD-02; желтый			
Высота расположения сопла над желобками в стендовом оборудовании, м (см)	0,65 (65)			
Давление жидкости в магистрали, МПа	0,2			
Скорость воздушного потока в области факела распыла распылителя жидкости в составе стендового оборудования, м/с (км/ч)	3,72 (13,5)	4,1 (14,76)	4,44 (16,2)	5,2 (18,72)
Количество, оседающей в желобках капельной жидкости и собранной в мерные стаканчики, мм ³ /см ²	0,352	0,319	0,296	0,237
Площадь, на которую оседает капельная жидкость, см ²	18600	20500	22200	26000
Расход жидкости по количеству ее осаждения в желобки, дм ³ /га	35,25	31,9	29,64	23,65
Расход жидкости, через сопло распылителя при заданном давлении, дм ³ /га	60	53,5	48,15	53,5
Потери жидкости по разности ее количества, прошедшего через сопло распылителя и осажденного в желобки, дм ³ /га (%)	24,75 (41,25)	21,6 (40,37)	18,51 (38,64)	29,85 (55,8)
ММД капель по результатам опытных данных в стендовом оборудовании, мкм	697	672	656	610
Скорость движения опрыскивателя, км/ч (м/с)	13,5 (3,72)	14,76 (4,1)	16,2 (4,44)	18,72 (5,2)
Медианно-массовый диаметр (ММД) капель по результатам лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя, мкм	866,23	797	703	768
Отличие ММД капель лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя и опытных данных в стендовом оборудовании, %	19,54	15,68	6,69	20,57
Время проведения опыта, с	120			
Расположение желобков	поперек воздушному потоку			

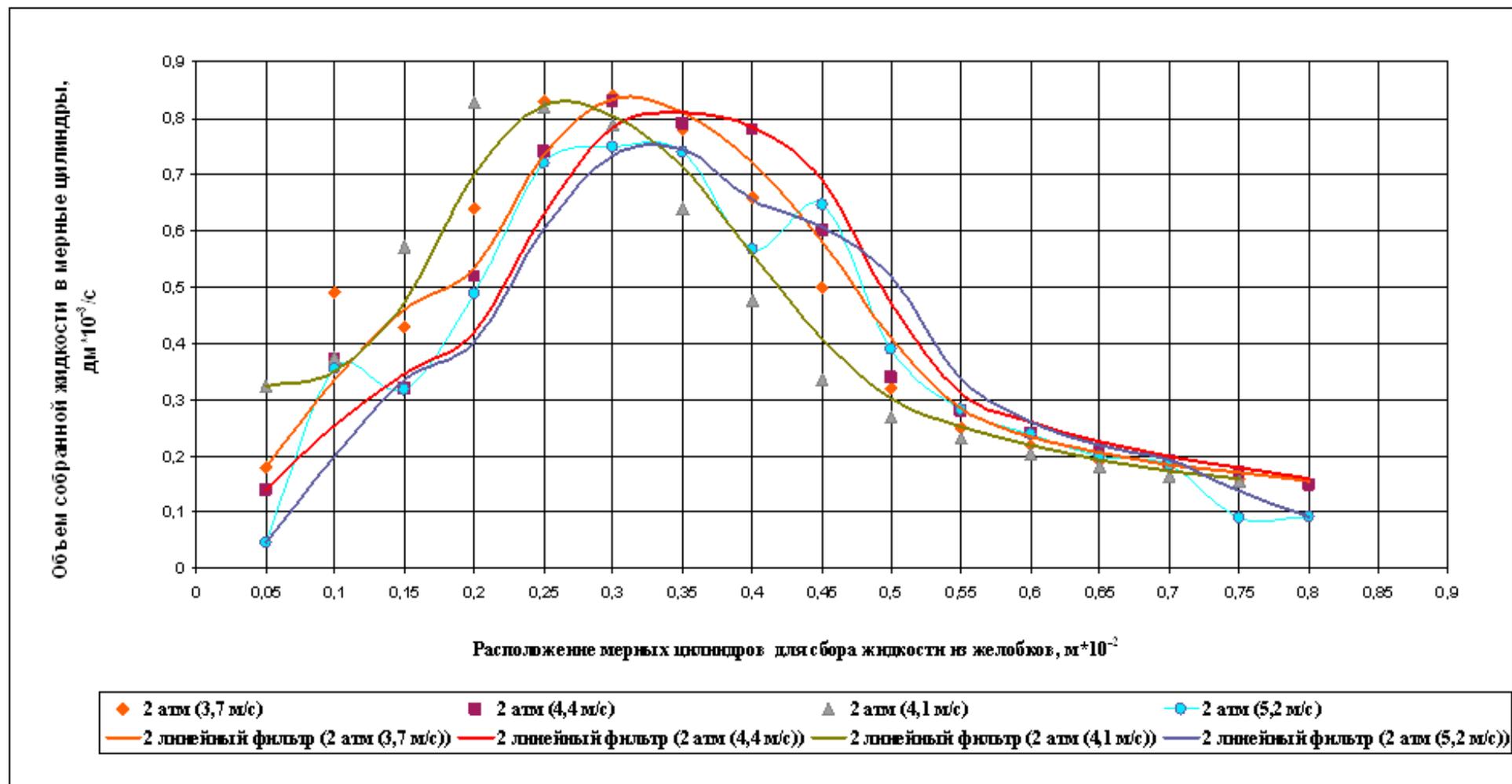


Рисунок 4.19 – Распределения капельной жидкости в продольном направлении при поперечной установке желобков по данным лабораторных опытов, приведенным в таблице 4.10

Приведенные в таблице 4.10 результаты экспериментально – расчетных показателей процесса работы щелевого пластикового распылителя (пр-во «Lechler» LU 02, AD 02, желтого кода цвета), осуществленного с использованием стендового оборудования при сравнении с данными лабораторно – полевых исследований, свидетельствуют о возможности и целесообразности реализации метода моделирования их функционирования по показателям лабораторных исследований. Основанием к этому является незначительное отличие результатов ММД капель с разницей не более 21 %. При моделировании скоростей движения опрыскивателя от 13,5 до 18,72 км/ч наиболее близкое совпадение ММД капель (отличие до 6,69 %) наблюдается при скорости потока воздуха 4,44 м/с (скорости перемещения опрыскивателя 16,2 км/ч).

Отметим еще то, что потери жидкости увеличением скорости потока воздуха в области факела распыла в составе стенда от 3,72 до 4,44 м/с (скорости перемещения опрыскивателя от 13,5 до 16,2 км/ч) понижаются от 41,25 % до 38,64 %. При увеличении скорости перемещения опрыскивателя более 16,2 км/ч потери жидкости увеличиваются до 55,8 %.

Значит, более оптимальным технологическим процессом является опрыскивание со скоростью движения равна 16,2 км/ч с применением сопла «Lechler» (LU-02, AD-02, пластиковое) желтого цвета.

Рисунками 4.16– 4.19 показаны опытные распределения жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков. Они подчиняются закону Пуассона [20].

Расчетные и экспериментальные показатели концентрации аэрозоля показаны в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчетные и экспериментальные значения концентрации мелкодисперсного аэрозоля при технологических режимах имитации работы целевого распылителя жидкости с пластиковым соплом (производство «Lechler» LU-02, AD-02, желтого кода цвета) для различных скоростей воздушного потока на высоте его расположения 0,65 м и давлении жидкости 0,2 МПа

Скорость воздуха (опрыскивателя), м/с (км/ч)	Расчетная концентрация аэрозоля, г/м ³	Значение ослабления дисперсной системы, J/J ₀	Экспериментальное значение концентрации аэрозоля, г/м ³
3,72 (13,5)	19,66	0,886	18,13
4,1 (14,76)	17,10	0,904	15,07
4,44 (16,2)	14,77	0,914	13,54
5,2 (18,72)	23,55	0,870	21,06

Приведенные в таблице 4.11 экспериментальные значения концентрации аэрозоля меньше расчетных, что объясняется недостаточной степенью количества аэрозоля на пути лазерного луча из-за его потерь при прохождении по пневмопроводу и через отверстия приемной камеры ДАК.

4.4 Результаты исследований концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим принципом действия

Общий вид устройства фотометрического принципа действия показан рисунком 4.20.

Исследования концентрации мелкодисперсного аэрозоля методом прохождения и ослабления монохроматического ЭМИ, а также путем контроля концентрации аэрозоля, проходящего через фильтр АФА с последующим их взвешиванием на аналитических весах показаны сравнительными данными (рисунок 4.21).

Классовый размер капель мелкодисперсного аэрозоля определялся их улавливанием на предметные стекла каскадов импактора МЭЯ и микроскопированием отпечатков на силиконовом покрытии.

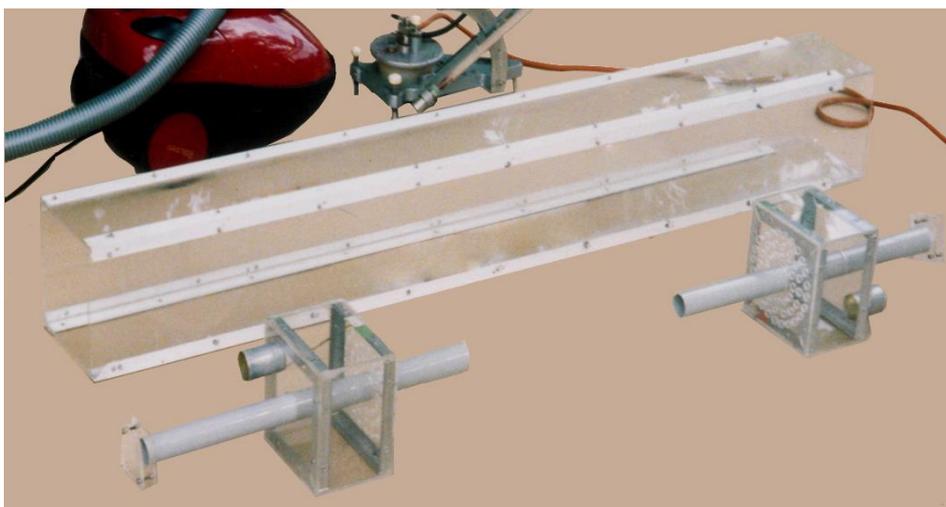


Рисунок 4.20 – Конструктивные элементы устройства фотометрического принципа действия (ДАК)

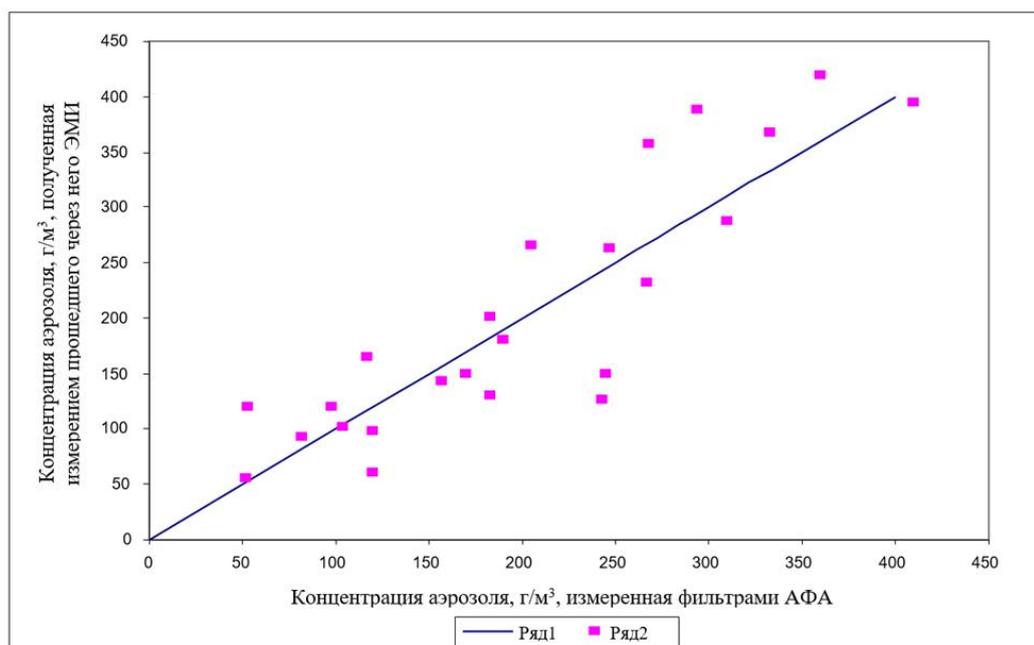


Рисунок 4.21 – Данные по измерению концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим и весовым методами

Приведенные на рисунке 1.21 сравнительные измерения концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим и весовым методами свидетельствуют о реальной возможности применения фотометрического способа для оценки концентрации аэрозольных частиц.

Следовательно, применение устройства фотометрического принципа действия для имитации режимов работы распылителей позволит в рабочем их режиме оценивать концентрацию капель аэрозоля и их распределение с наименьшими затратами времени и труда по всем рабочим сечениям распыливаемой распылителем жидкости.

4.5 Результаты лабораторных исследований по дальности транспортирования капель и их распределению по ширине опрыскивания растений с применением пневмомеханических и пневмогидравлических устройств

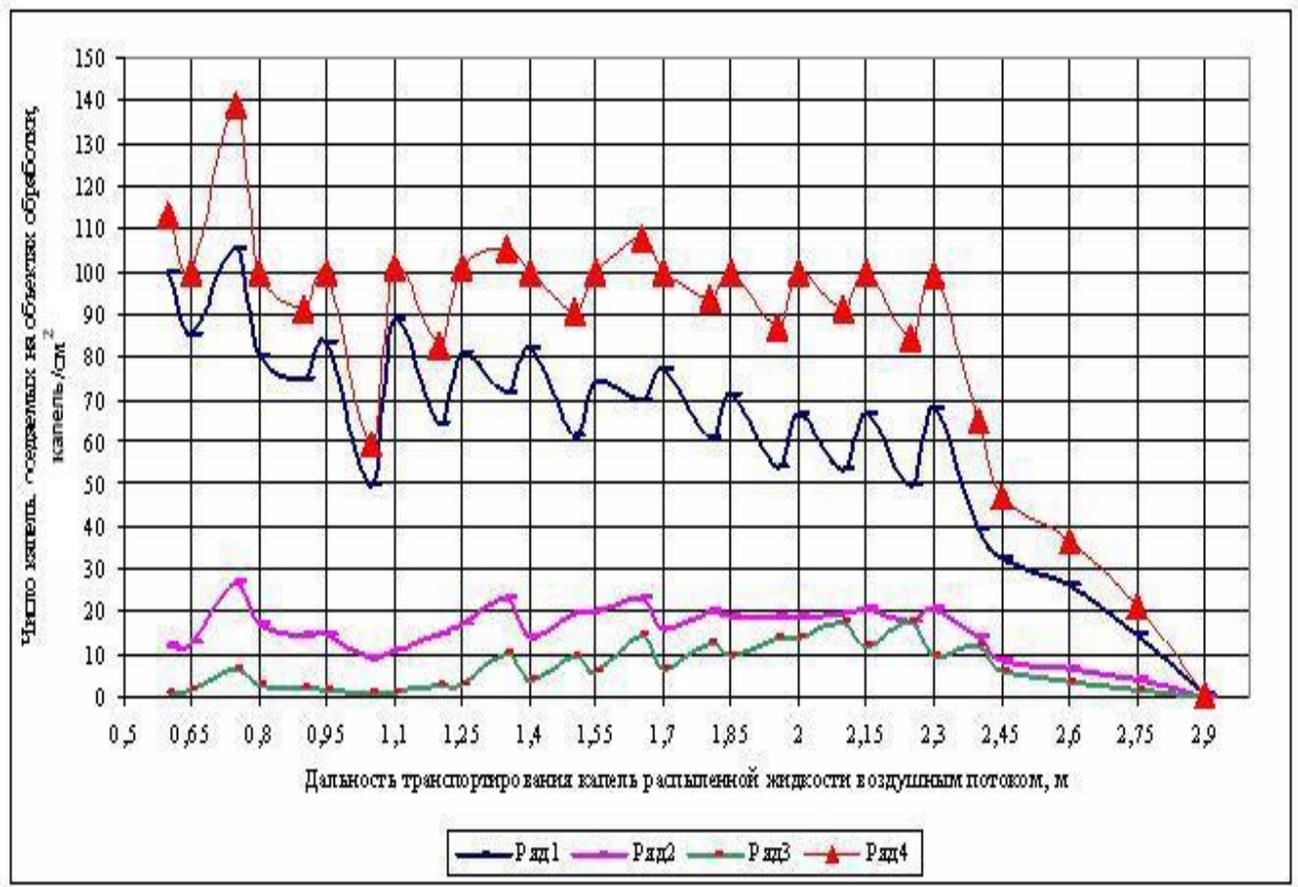
Оценка функционирования пневмомеханических и пневмогидравлических конструкций по применению способа опрыскивания проводилась с дисковым и щелевым распылителями, показанными на рисунке 4.22 [139, 141, 143].



Рисунок 4.22 Общий вид макетных образцов пневмомеханических и пневмогидравлических устройств с дисковым и щелевыми распылителями жидкости

Опыты проводились при следующих условиях. На выходе из сопла скорость воздушного потока равнялась $17,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Вращение дискового распылителя обеспечивалось со скоростью 2400 об./мин. Высота расположения щелевого распылителя составляла 0,65 м. При давлении жидкости 0,35 МПа, ее расход равнялся $0,6 \text{ дм}^3/\text{мин}$ [106]..

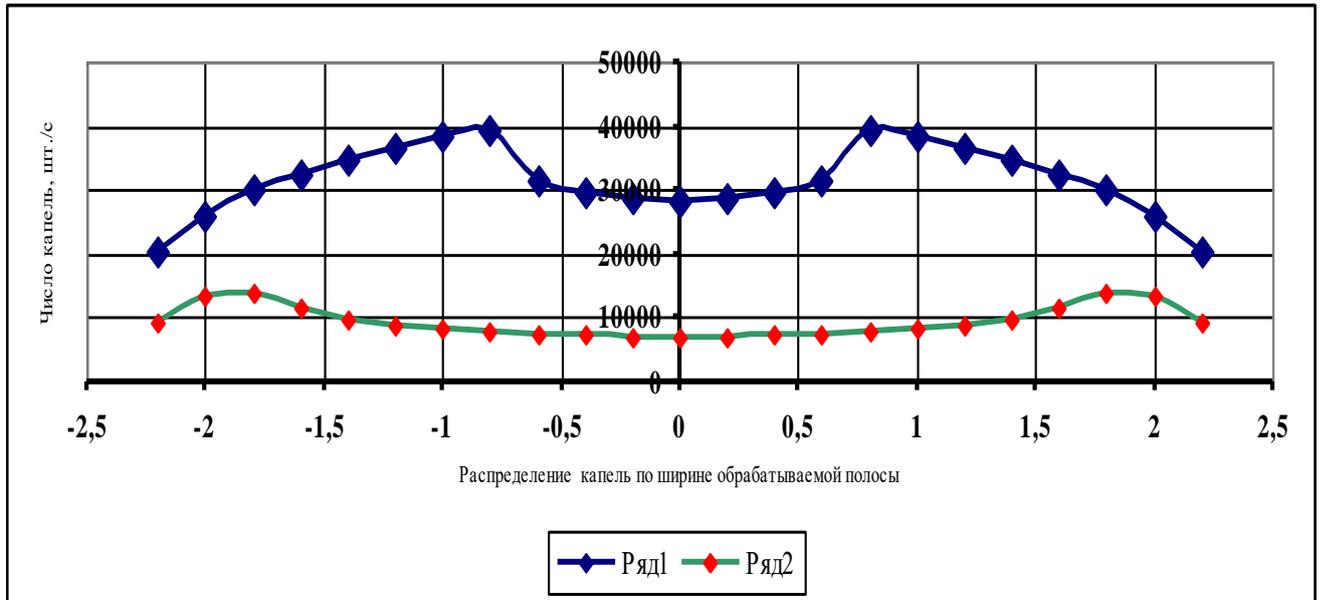
Дальность транспортирования капель различных размеров приведена на рисунке 4.23.



Ряд 1 – диаметр капель размером до 150 мкм; ряд 2 - диаметр капель в диапазон от 150 до 300 мкм, ряд 3 - диаметр капель более 300 мкм; ряд 4 – суммарное число капель разных размеров в мкм

Рисунок 4.23 – Графическая зависимость числа капель, оседаемых на обрабатываемых объектах, от дальности их транспортирования потоком воздуха

С учетом данных рисунка 4.23, приведенное на рисунке 4.24 распределение капель имеет ширину более 4 м.



Ряд 1 – распределение осаждаемого числа капель на обрабатываемые объекты, при применении устройства со щелевым распылителем;
 ряд 2 – распределение осаждаемого числа капель на обрабатываемые объекты, при применении устройства с дисковым распылителем

Рисунок 4.24 – Распределение осаждаемого числа капель на обрабатываемые объекты, при применении устройств со щелевым и дисковым распылителями

На рисунке 4.24 число капель шт./с, которое при опрыскивании со щелевыми распылителями в устройстве равно 42 % и может быть уменьшено до 35 %, а доля неравномерности при этом равна 27 %.

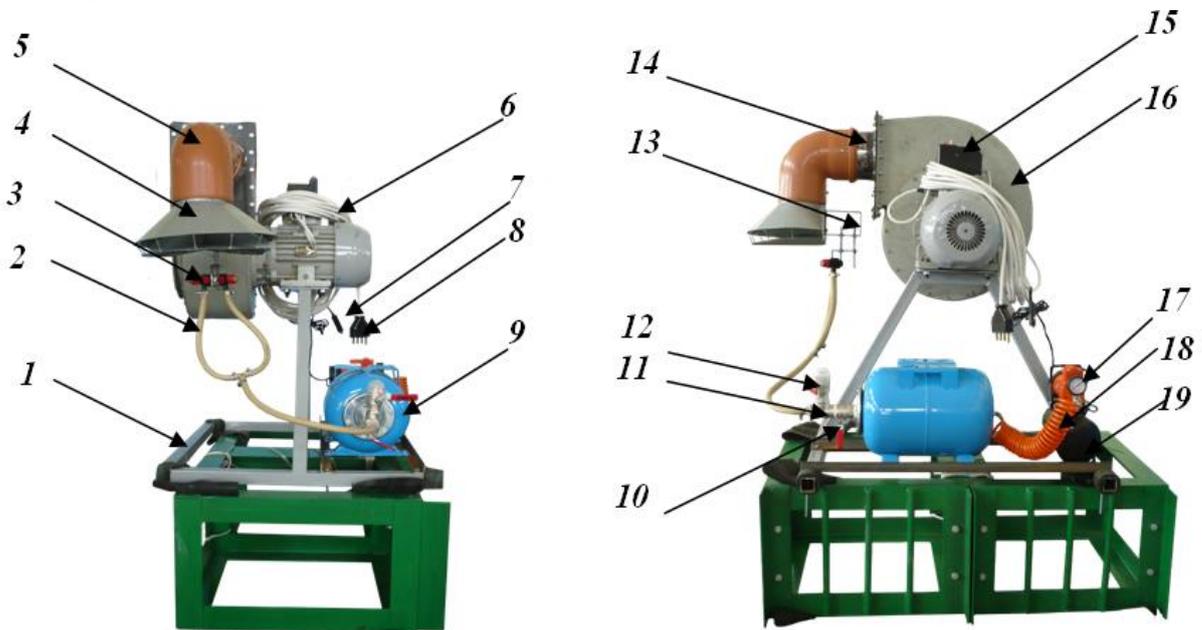
Требования по числу капель, шт./см², в соответствии с рисунком 4.3 при движении распылителя над объектами обработки будут выполняться при скорости 14,4 км/ч и расходе рабочей жидкости 25 дм³/га, который меньше существующих норм более чем в два раза. При применении устройств с дисковым распылителем плотности капель на боковых участках составляет 60 %, доля которых не превышает 15 %. При скорости движения опрыскивателя 7 км/час и дроблении жидкости на капли размером в 200 мкм при расходе равном 10 дм³/га, норма по числу капель/см² будет соблюдаться.

Результаты опытов и численного эксперимента послужили основанием для проведения исследований с двумя щелевыми распылителями жидкости в пневмогидравлическом устройстве.

4.6 Результаты лабораторных исследований пневмогидравлического щелевого устройства по нанесению капель распыляемой жидкости на объекты обработки

Исследования технологии опрыскивания пневмогидравлическим устройством проводились в лабораторных условиях. Температура окружающего воздуха была + 20 °С, при относительной влажности - 52 %.

Общий вид стандового оборудования представлен на рисунке 4.25 [8, 82, 141, 142, 190].



1 – опорное основание; 2 – магистраль для подачи жидкости; 3 –распылители со щелевым соплом; 4 – пневмогидравлическое устройство; 5 – колено воздуховода; 6 – кабель электродвигателя для вращения вентилятора; 7 – штекер разъема; 8 – вилка; 9 – ресиверная емкость; 10 –кран; 11 – тройник; 12 – кран; 13 – кронштейн; 14 – фланец; 15 – кнопка вкл. - выкл.; 16 – вентилятор; 17 – манометр; 18 – шланг соединительный; 19 – компрессор

Рисунок 4.25 – Стандовое оборудование с пневмогидравлическим распылителем жидкости [82, 190]

При проведении лабораторных исследований были определены следующие функциональные параметры пневмогидравлического устройства: и характеристики его режима работы.

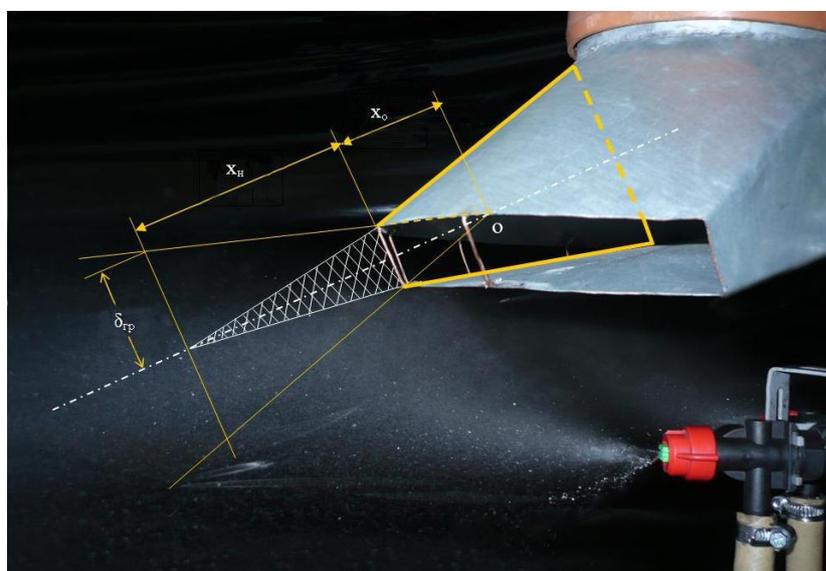
Улавливание капель подкрашенной жидкости производили на карточки. Карточки, закреплялись на расстоянии 15 см по ширине опрыскивания (рисунок 4.26) [8, 82, 141, 142, 190].



Рисунок 4.26 – Фрагмент проведения лабораторного опыта по улавливанию капель на учетные карточки

Перемещение каретки с карточками для улавливания капель (рисунок 4.26) осуществлялось со скоростью $3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Фотоизображение рабочего процесса инжектирования факела распыла при его взаимодействии с внутренней областью воздушной струи показан на рисунке 4.27 [91, 190].



○ – полюс струи;
 x_n – начальный участок воздушной струи, м;
 x_o – расстояние от начального сечения до полюса струи, м;
 $\delta_{гр}$ – половина высоты плоской струи на расстоянии x_n , м.

Рисунок 4.27 – Фотоизображение рабочего процесса инжектирования факела распыла при его взаимодействии с внутренней областью воздушной струи

Определение классовых размеров отпечатков капель на учетных карточках проводилось способом их сканирования с последующим преобразованием графических файлов в формат BMP и компьютерной программной обработкой ROY-03.

Усредненные по трем повторностям значения плотности покрытия карточек каплями, капель/см², создаваемыми оранжевыми, зеленым, желтыми и синими пластиковыми соплами (производство Lechler), представлены на рисунках 4.28 [8]-4.31 (ряд 1 – капель, капель/см², диаметрами следов в диапазоне от 0 до 150 мкм; ряд 2 – капель, капель/см², диаметрами следов диапазоне от 150 мкм до 300 мкм; ряд 3 – капель, капель/см², диаметрами следов больше 300 мкм).

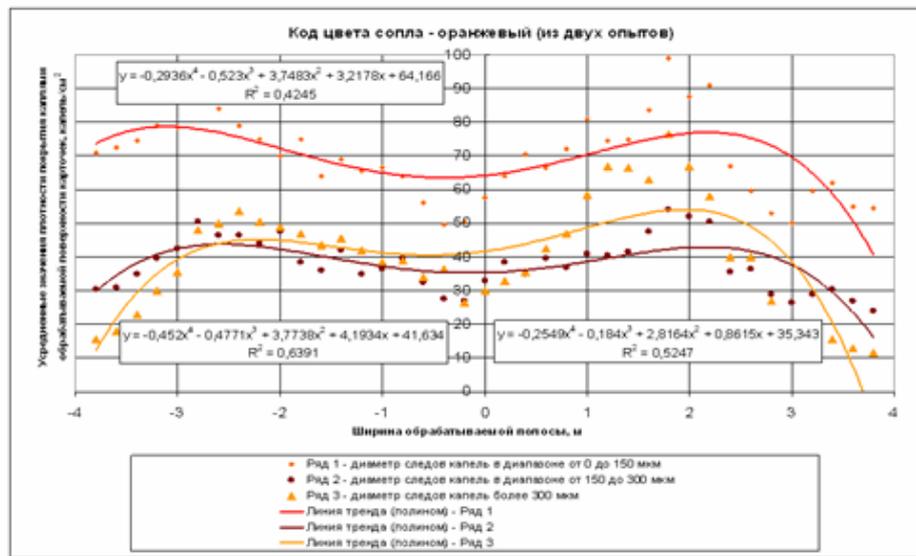


Рисунок 4.28 – Плотность покрытия поверхности карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 01, LD – 01; код цвета - **оранжевый**), по ширине опрыскивания [8, 190]

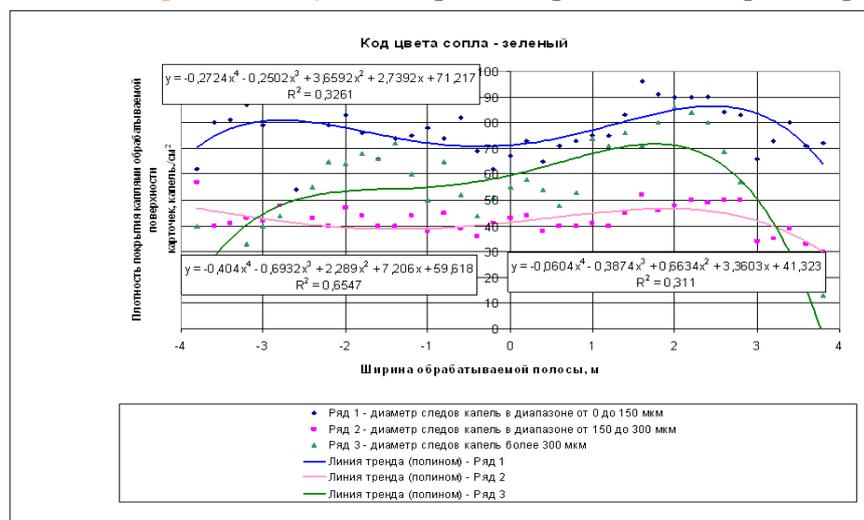


Рисунок 4.29 – Плотность покрытия поверхности карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 015; AD – 015; код цвета - **зеленый**), по ширине обработки

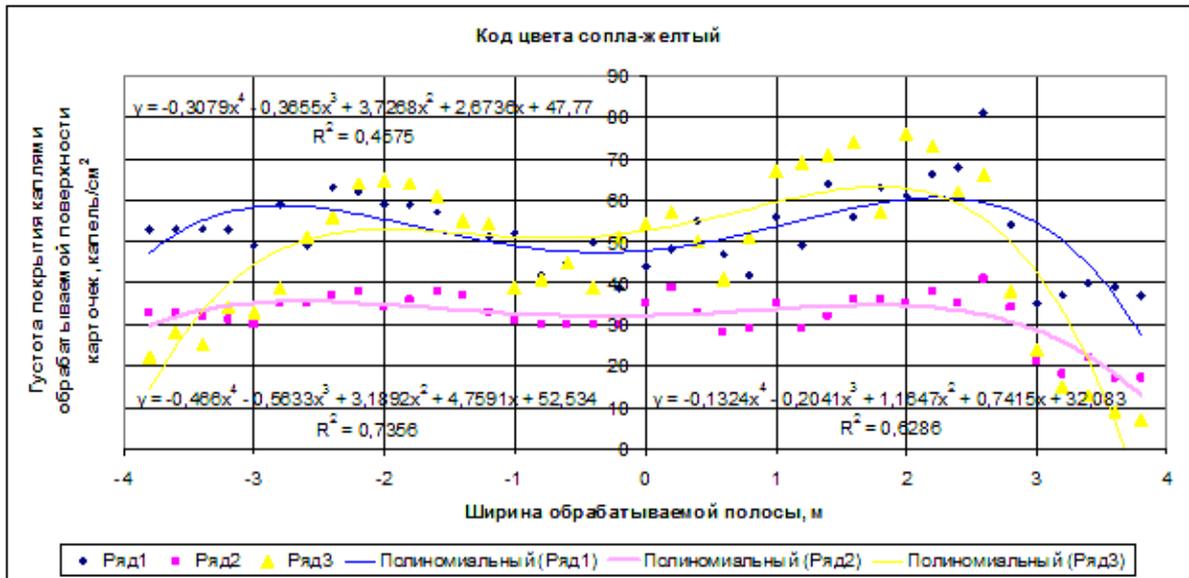


Рисунок 4.30 – Плотность опрыскивания карточек каплями, образованными пластиковыми соплами (фирма-изготовитель «Lechler» LU – 02, AD – 02; код цвета - **желтый**), по ширине обработки

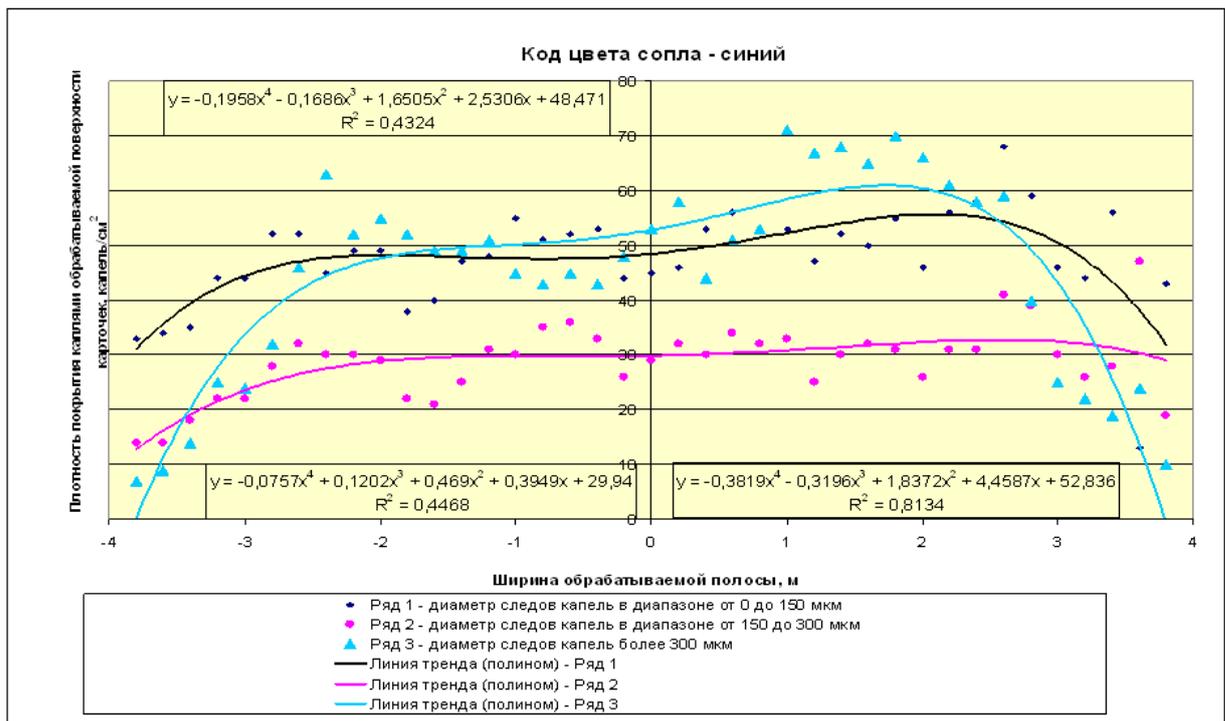


Рисунок 4.31 – Плотность покрытия поверхности карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 03, AD – 03; код цвета - **синий**), по ширине обработки [8, 190]

На рисунках 4.28 – 4.31 [8, 190]-закономерность распределения капель (капель/см²) по ширине обрабатываемой полосы определяют аппроксимирующие сглаживающие кривые многочленами четвертой степени. Величина истинности аппроксимации R^2 для диаметров отпечатков от капель, создаваемых распылителем с пластиковыми соплами (фирмы-производителя «Lechler»), приведена в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Численные значения аппроксимации R^2 для капель, получаемых в результате применения пластиковых сопел (фирмы-производителя «Lechler»)

Диапазон следов капель	Код цвета, тип сопла			
	LU – 01 LD – 01	LU – 015 AD – 015	LU – 02 AD – 02	LU – 03 AD – 03
от 0 до 150 мкм	0,4245	0,3261	0,4575	0,4324
от 150 до 300 мкм	0,6391	0,6547	0,7356	0,4468
более 300 мкм	0,5247	0,3110	0,6286	0,8134

Достоверность аппроксимации R^2 капель (таблица 4.12) размером от 150 мкм до 300 мкм находится в пределе от 0,64 до 0,74..

Сравнительные статистические показатели плотности капель на карточках, получаемой с применением сопел (фирмы «Lechler») по ширине опрыскивания пневмогидравлическим распылителем в составе стендового оборудования, приведены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Сравнительные результаты статистической обработки значений по ширине опрыскивания карточек пневмогидравлическим средством, оснащённым соплами фирмы-изготовителя «Lechler», в составе стенда

Диаметр следов капель, мкм	Среднее арифметическое, капель/см ²	Стандартное отклонение, ± капель	Коэффициент вариации, %	Ошибка опыта	Точность опыта
1	2	3	4	5	6
Тип сопла LU – 01; LD – 01; код цвета – оранжевый					
до 150	61,62	15,56	25,26	2,49	4,04
	34,59	10,08	29,14	1,61	4,67
От 150 до 300	37,38	17,37	46,45	2,78	7,44
	77,59	10,55	13,60	1,69	2,18
свыше 300	41,10	6,91	16,81	1,11	2,69
	42,38	17,25	40,70	2,76	6,52
Тип сопла LU – 015; AD – 015; код цвета – зеленый					
до 150	77,18	9,54	12,37	1,53	1,91

Окончание таблицы 4.13

1	2	3	4	5	6
От 150 до 300	41,90	6,68	15,94	1,07	2,55
свыше 300	52,56	20,65	39,28	3,31	6,29
Тип сопла LU – 02; AD – 02; код цвета сопла – желтый					
до 150	52,44	9,85	18,79	1,58	3,01
От 150 до 300	31,87	5,90	18,52	0,95	2,97
свыше 300	31,87	5,90	18,52	0,95	2,97
Тип сопла LU – 03; AD – 03; код цвета – синий					
до 150	47,79	9,16	19,17	1,47	3,07
От 150 до 300	28,82	6,71	23,27	1,07	3,73
свыше 300	44,51	18,29	41,10	2,93	6,58

Данными таблицы 4.13 показано, что с увеличением расхода жидкости статистические показатели капель от 150 мкм до 300 мкм повышаются от 13,60 % до 23,27%. Уменьшение среднеарифметического значения капель на одном квадратном сантиметре аналогично каплям до 150 мкм. Меньший коэффициент вариации для капель до 150 мкм наблюдается при использовании пластикового сопла зеленого цвета.

Следует отметить, что некоторое расхождение и несоответствие закономерности, характерной при применении пластикового сопла цвета – оранжевый, объясняется отклонениями в давлении жидкости, скорости передвижения карточек и другими неучтенными факторами.

Положительные лабораторные исследования пневмогидравлического устройства (рисунок 4.25) послужили основой создания опрыскивателя.

Экспериментальный образец штангового опрыскивателя был испытан в лабораторных и полевых условиях.

4.7 Результаты лабораторных и лабораторно - полевых исследований экспериментального штангового опрыскивателя

Нанесения капель распыляемой жидкости на обрабатываемые предметные карточки проводились при следующих условиях:

- скорости ветра от 1, 6 м/с до 7 м/с (юго-восточный с порывами ветер, направленный к движению опрыскивателя под углом 45 °);
- температуре воздуха от плюс 23 °С до плюс 33 °С;

- атмосферном давлении 746 мм рт. ст. (99,4 КПа);
- относительной влажности окружающего воздуха 30 %

Расход жидкости в опытах соплами (пр-ва Lechler) пневмогидравлических устройств, составил:

- код цвета – **оранжевый**, тип сопла – LU – 01 LD – 01 (при 3,5 атм.), дм³/мин., 84;
- код цвета – **зеленый**, тип сопла – LU – 015 AD – 015 (при 3,5 атм.), дм³/мин 1,3
- код цвета – **желтый**, тип сопла – LU – 02 AD – 02 (при 3,0 атм.), дм³/мин....1,583;
- код цвета – **синий**, тип сопла – LU – 03 AD – 03 (при 2,95 атм.), дм³/мин.....2,3;
- код цвета – **красный**, тип сопла – LU – 04 AD – 04 (при 1,96 атм.), дм³/мин ..2,47;
- код цвета – **коричневый**, тип сопла – LU – 05, (при 2,1 атм.), дм³/мин.....2,65

Сравнительные функциональные показатели используемого и рекомендуемого вариантов распыления по расходу жидкости, скорости ветра и скорости перемещения МТА (исследовательский образец навесного штангового опрыскивателя в агрегате МТЗ–82), км/ч, представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Сравнительные функциональные параметры по расходу подкрашенной жидкости, при различных скоростях ветра и передвижениях МТА

Тип сопла	Способ опрыскивания					
	Общепринятый			Рекомендуемый		
	Скорость ветра, м/с	Скорость движения МТА, км/ч	Расход подкрашенной жидкости, дм ³ /га	Скорость ветра, м/с	Скорость движения МТА, км/ч	Расход подкрашенной жидкости, дм ³ /га
LU – 01 LD – 01	1,37	9,93	50,76	3,70	9,60	12,98
LU – 015 AD – 015	2,78	9,80	79,59	3,70	9,70	20,10
LU – 02 AD – 02	2,62	10,23	92,84	3,8	9,90	23,98
LU – 03 AD – 03	3,80	9,90	139,39	4,60	11,63	29,66
LU – 04 AD – 04	1,94	10,10	146,70	4,30	9,00	53,67

Из данных таблицы 4.14 следует, что предлагаемый способ опрыскивания позволяет сокращать расходы жидкости в 2,7 раза по сравнению с известным Расход рабочей жидкости G (дм³/га) оценивался по формуле::

Расход рабочей жидкости G (дм³/га) оценивался по формуле:

$$G = \frac{Q600000}{vШ}, \quad (4.2)$$

где Q – расход раствора рабочей жидкости в дм³/мин;

v – скорость движения экспериментального образца навесного штангового опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами в составе МТЗ–82 в км/ч;

$Ш$ – ширина захвата одного распылителя (устройства) в см.

Общий вид экспериментального опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами в агрегате МТЗ–82 при опрыскивании предметных карточек приведен на рисунке 4.32 [70, 94, 107].



Рисунок 4.32 – Общий вид экспериментального опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами в составе МТЗ–82

Количество капель на квадратном сантиметре, по ширине опрыскивания рекомендуемыми соплами LU 03 AD 03, представлено на рисунке 4.33 [70, 94, 107].

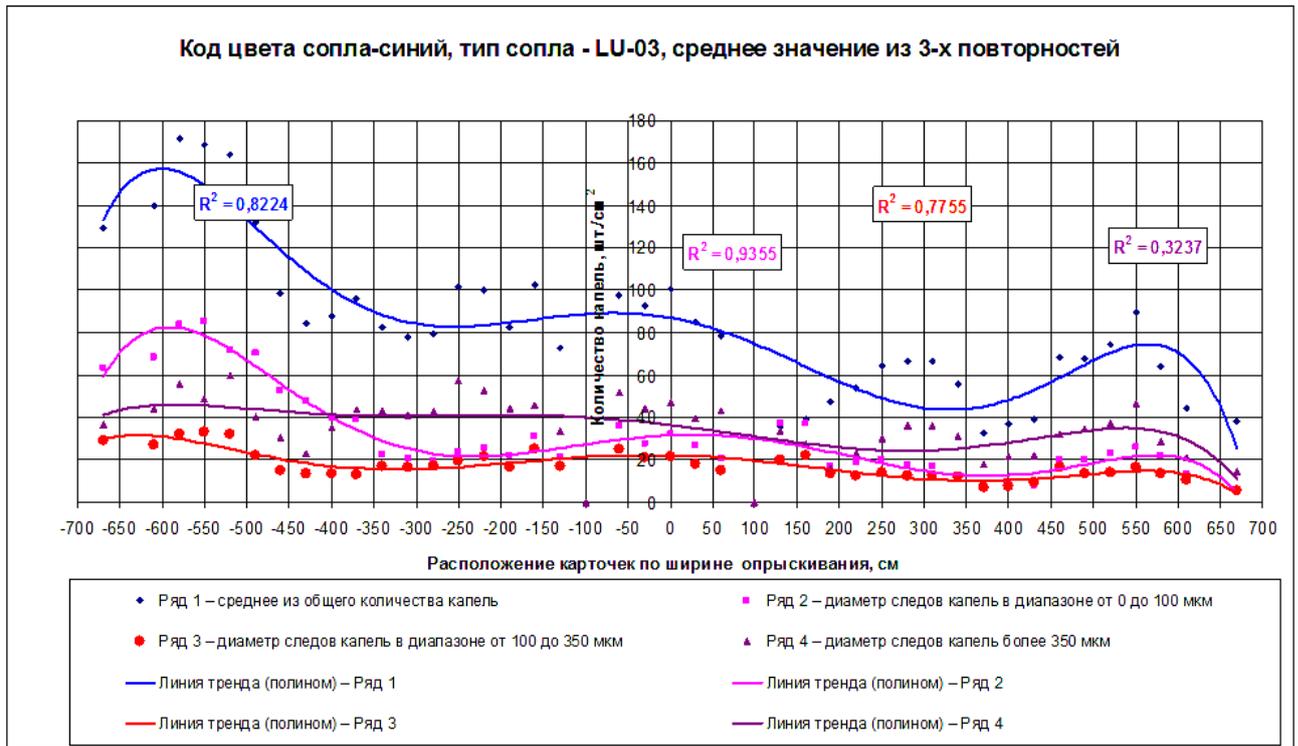


Рисунок 4.33 – Количество капель (капель/см²), по ширине опрыскивания при разработанном способе

На рисунке 4.33 полиномиальный ряд 1 представлен суммарным количеством капель/см², нанесенным на карточки. Полиномиальные ряды 2, 3 и 4 содержат распределения капель в диапазонах: от 0 до 100 мкм; от 100 мкм до 350 мкм и крупнее 350 мкм [124], которых достаточно с учетом рекомендаций многих авторов.

Для сравнения разработанного способа нанесения капель на растения с известным, проводились экспериментальные испытания. Пластиковые щелевые распылители устанавливались на расстоянии 50 см друг от друга с высотой их расположения над объектами обработки 60 см. При этом условия проведения испытаний и режим функционирования опрыскивателя были одинаковыми. Отличие было в том, что карточки располагались на расстоянии 10 см. Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 03, AD – 03; код цвета - синий), по ширине обработки при общепринятом способе опрыскивания, показана на рисунке 4.34 [70, 94, 107].

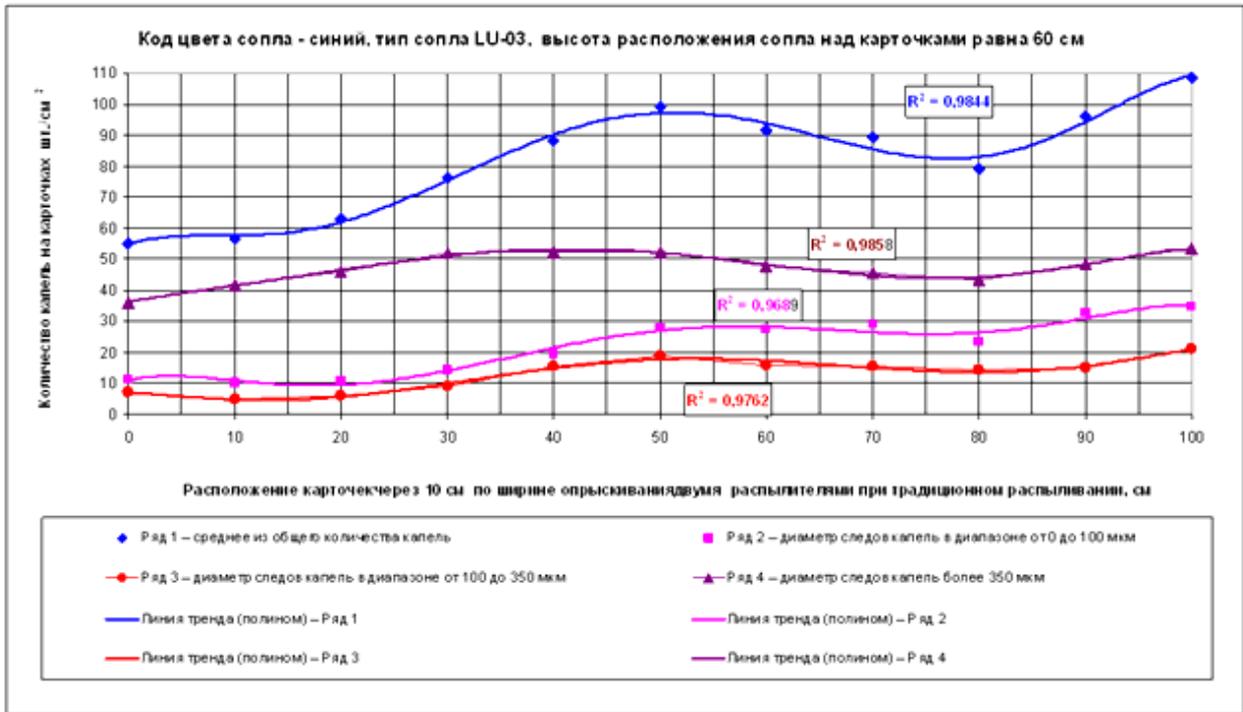


Рисунок 4.34 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 03, AD – 03; код цвета – синий), по ширине обработки при общепринятом способе опрыскивания

Приведенные на рисунке 4.34 данные распределения капель/см, по сравнению с данными распределения, приведенными на рисунке 4.33, показывают следующее. Сравнительное количество капель/см² примерно одинаковое, а расход жидкости 3,5 раза меньше известного способа.

При функционировании пневмогидравлических устройств капли шт./см² (от 0 до 150 мкм, из которых оседают капли размером от 60 до 150 мкм) больше в 1,4 раза по сравнению с общепринятым способом опрыскивания, а капли/см² размером от 150 до 350 мкм больше в 1,3 раза. Крупных капель/см² размером от 350 мкм и более при применении пневмогидравлических устройств в 1,27 раза меньше, чем при традиционном способе опрыскивания.

При применении пневмогидравлических устройств вероятность осаждения капель размером от 60 до 150 мкм и менее, за счет инерционного, турбулентного и др. явлений [15] возрастает по сравнению с традиционным способом опрыскивания.

Сравнительные значения статистической обработки предметных карточек разрабатываемым и общепринятым способами опрыскивания с использованием компьютерной вычислительной программы «Статистика» приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительные итоги статистической обработки значений по протяженности опрыскиваемых карточек разрабатываемым и общепринятым способами опрыскивания с использованием компьютерной вычислительной программы «Статистика»

Диаметр следов капель, мкм	Среднее арифметическое, шт	Стандартное отклонение, ± шт	Коэффициент вариации, %	Ошибка опыта	Точность опыта
Предлагаемый способ опрыскивания					
От 0 до 150	70,61	30,47	43,15	4,76	6,74
От 150 до 300	88,85	39,36	44,30	6,15	6,92
Более 300	89,88	72,89	81,10	11,38	12,67
Традиционный способ опрыскивания					
От 0 до 150	21,97	9,16	41,69	2,76	12,57
От 150 до 300	12,96	5,37	41,44	1,62	12,49
Более 300	47,24	5,32	11,26	1,60	3,40

Приведенные в таблице 4.15 сравнительные данные свидетельствуют о том, что капель/см² размером более 300 мкм при применении предлагаемого способа в 1,9 раза больше. Они стекают на почву и не используются полезно для защиты растений. В тоже время капель диаметром от 150 мкм до 300 мкм в 6,86 раз превышает традиционный способ опрыскивания [70, 94]. Плюс число капель размером от 0 до 150 мкм, в 3,2 раза больше, известного способа. Большее стандартное отклонение мелких и средних капель при использовании рекомендуемого способа обусловлено наличием большего их числа. Коэффициент вариации опытных данных мелких и средних капель практически одинаков для обоих способов. Ошибка опыта и выборка или мера расхождения между результатами выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины, а также точность опыта в предлагаемом выше варианте опрыскивания, или степень близости результатов к истинному значению объясняется числом данных, что типично для рекомендуемого спо-

соба. Немаловажно и то, что такая достоверность возникает при меньшем расходе жидкости на единицу обрабатываемой площади.

Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 04, AD – 04; код цвета – **красный**), по ширине обработки при предлагаемом способе опрыскивания показана на рисунке 4.35 [96].

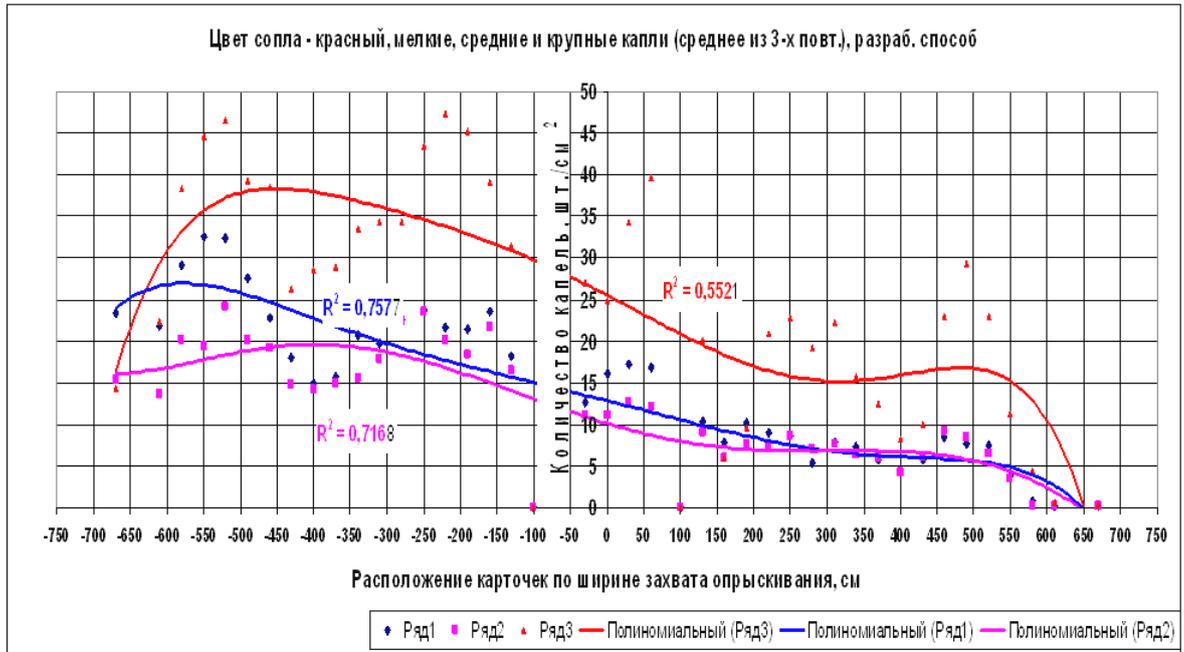


Рисунок 4.35 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 04, AD – 04; код цвета – **красный**), по ширине обработки при предлагаемом способе опрыскивания [96]

На рисунке 4.35 полиномиальные ряды 1, 2 и 3, содержащие распределения капель в требуемых интервалах: [5, 38], по сравнению с данными рисунка 4.33, отличаются меньшей величиной достоверности аппроксимации R^2 . Меньшее количество капель/см², при этом объясняется большим размером выходного сечения сопла **красного** кода цвета и меньшим давлением, создаваемым насосом.

Следует отметить, что при увеличении давления расход рабочей жидкости увеличится незначительно, а количество полезных для защиты растений капель увеличится в значительной степени при применении разрабатываемого способа их опрыскивания.

Плотность опрыскивания карточек каплями, образованными соплами фирмы – изготовителя «Lechler» (LU – 04, AD – 04; пластиковые, код цвета – **крас-**

ный), по ширине обработки при традиционном способе опрыскивания показана данными на рисунке 4.36 [96].

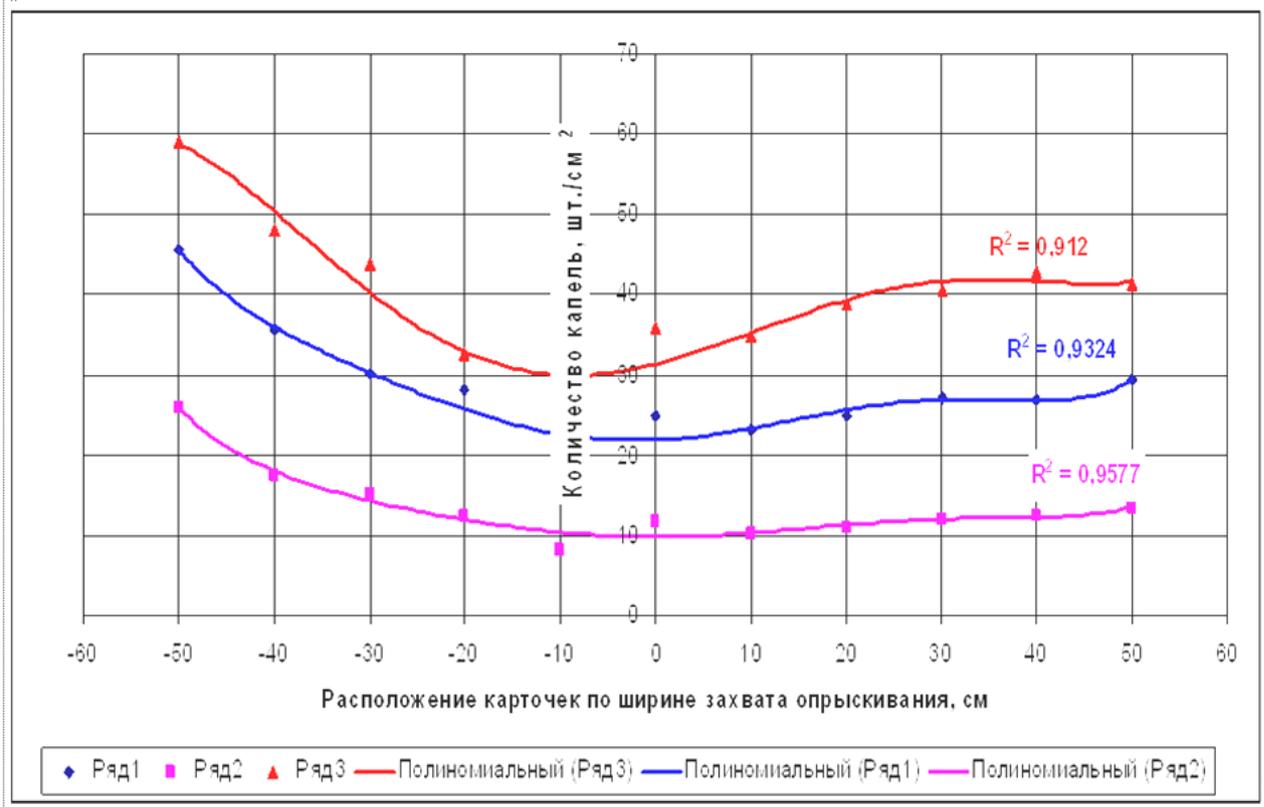


Рисунок 4.36 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 04, AD – 04; код цвета – **красный**), по ширине обработки при общепринятом способе опрыскивания [96]

Достоверность аппроксимации R^2 (рисунок 4.36) при общепринятом опрыскивании пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 04, AD – 04; код цвета – **красный**), приобретает высокое значение. Такие значения присущи повышенному расходу рабочего раствора жидкости на меньшей ширине опрыскивания объектов при использовании общепринятого способа.

Следует отметить также, что даже при сниженном давлении в жидкостной магистрали до 196,5 кПа (1,94 атм.) расход рабочего раствора жидкости при традиционном опрыскивании составит 146,73 дм³/га, что практически в 1,47 раза больше предлагаемого в настоящее время (100 дм³/га).

Значительный расход рабочей жидкости при общепринятом способе опрыскивания показан в таблице 4.16 [96] показателями статистической обработки дис-

перности, полученной с применением сопла (тип – LU – 04, AD – 04, код цвета – **красный**).

Таблица 4.16 – Показатели статистической обработки дисперсности, полученной с применением сопла **красного** **кода** **цвета** на карточках, расположенных по ширине их опрыскивания, предлагаемым и общепринятым способами с применением компьютерной программы «Статистика»

Диаметр следов капель, <u>мкм</u>	Среднее арифметическое, капель	Стандартное отклонение, ± капель	Коэффициент вариации, %	Ошибка опыта	Точность опыта
Предлагаемый способ опрыскивания					
От 0 до 150	14,44	8,86	61,34	1,38	9,58
От 150 до 300	11,98	6,79	56,66	1,07	8,96
Более 300	25,71	13,14	51,12	2,05	7,98
Общепринятый способ опрыскивания					
От 0 до 150	28,55	7,14	25,02	2,15	7,54
От 150 до 300	13,62	4,76	34,95	1,43	10,54
Более 300	40,26	8,85	21,98	2,67	6,63

Приведенная в таблице 4.16 статистическая обработка сравнительных данных для сопла LU – 04; AD – 04; **красного** **кода** **цвета** по ширине опрыскивания карточек предлагаемым и общепринятым способами опрыскивания с использованием компьютерной вычислительной программы «Статистика» обуславливает преимущество общепринятого способа опрыскивания [96].

Однако следует отметить, что сравнение приведенных на рисунке 4.35 данных с данными рисунка 4.36 в плане решения задачи настоящей НИР целесообразно проверить в полевых исследованиях, так как расход жидкости при общепринятом опрыскивании получен 147 дм³/га [96].

На рисунке 4.37 показано распределение капель шт./см² по ширине опрыскивания соплом **кода** **цвета** **желтый** при опрыскивании разработанным способом.

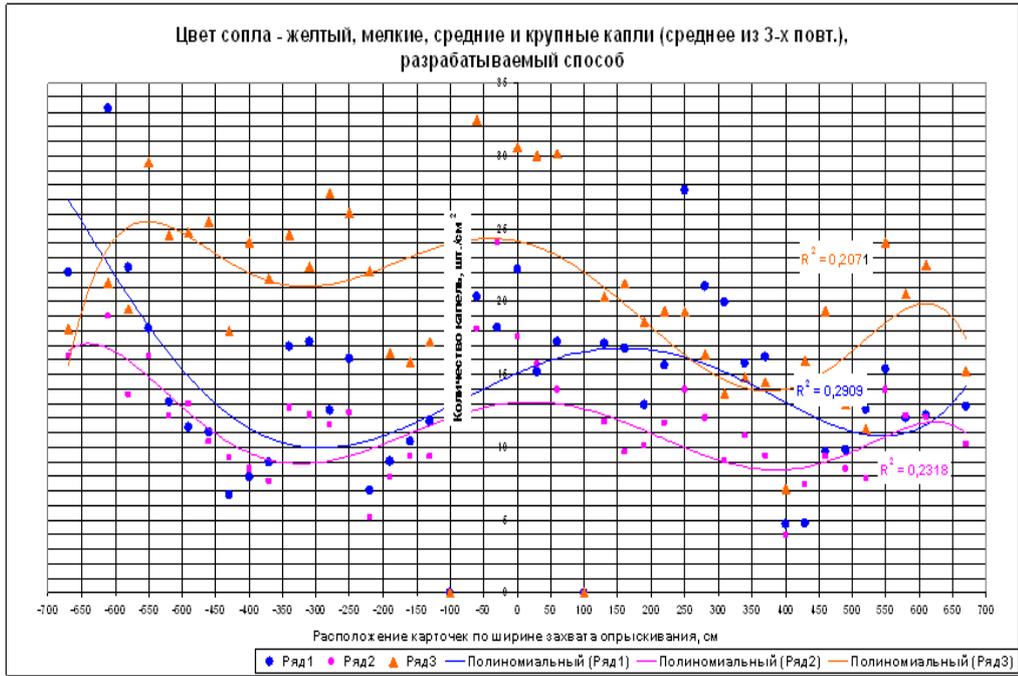


Рисунок 4.37 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый) по ширине обработки при предлагаемом способе опрыскивания**

Из данных рисунка 4.37 следует, что число капель соответствует общепринятым требованиям.

Плотность капель, полученная при общепринятом способе опрыскивания показана на рисунке 4.38.

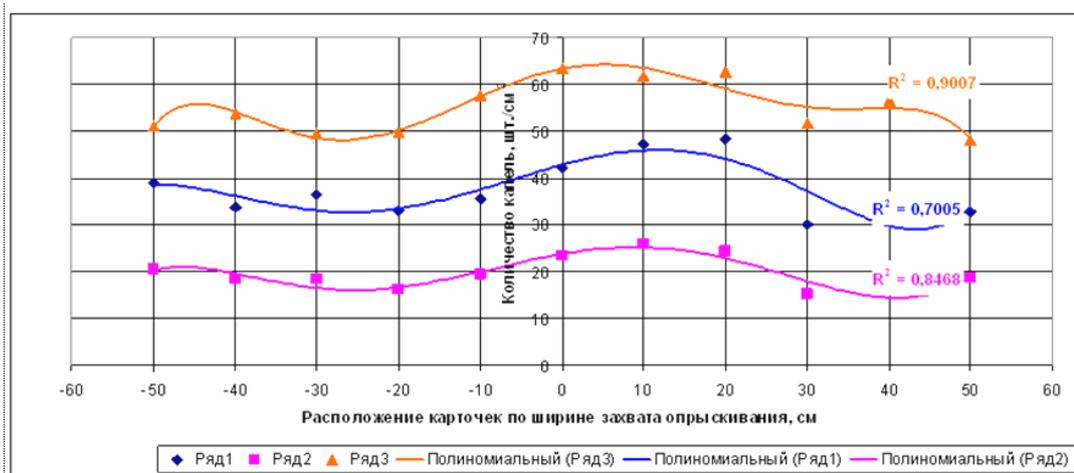


Рисунок 4.38 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый) по ширине обработки при общепринятом способе опрыскивания**

Достоверность аппроксимации R^2 (рисунок 4.37), согласно изложенным сведениям при общепринятом способе опрыскивания карточек с применением в распылителях сопла LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый**), имеет высокие значения.

Сравнительная статистическая обработка значений по протяженности опрыскиваемых карточек для сопла – LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый**) предложенным и традиционным способами опрыскивания с применением компьютерной программы «Статистика» приведены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Сравнительная статистическая обработка значений по протяженности опрыскивания карточек для сопла – LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый**) предложенным способом опрыскивания и традиционным, полученная с применением компьютерной программы «Статистика»

Диаметр следов капель, мкм	Среднее арифметическое, шт	Стандартное отклонение, ± шт	Коэффициент вариации, %	Ошибка опыта	Точность опыта
Предложенный способ опрыскивания					
От 0 до 150	14,78	5,93	40,12	0,93	6,27
От 150 до 300	11,71	3,86	32,97	0,60	5,15
Более 300	21,35	6,77	31,74	1,06	4,96
Традиционный способ опрыскивания					
От 0 до 150	37,50	6,01	16,02	1,81	4,83
От 150 до 300	19,70	3,58	18,16	1,08	5,47
Более 300	55,05	5,68	10,31	1,71	3,11

Статистическая обработка (таблица 4.17) значений для сопла (тип LU – 02, AD – 02, код цвета – **желтый**) по ширине опрыскивания карточек предложенным и традиционным способами опрыскивания, полученная с применением компьютерной программы «Статистика», свидетельствуют о преимуществе традиционного способа опрыскивания. При этом число капель/см², стандартные отклонения и коэффициенты вариации удовлетворительные и имели все основания для проведения полевых исследований с применением пластикового сопла типа – LU 02, AD 02 (**желтого** кода цвета) в экспериментальном опрыскивателе.

Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**), полученная при предлагаемом способе опрыскивания показана данными рисунка 4.39.

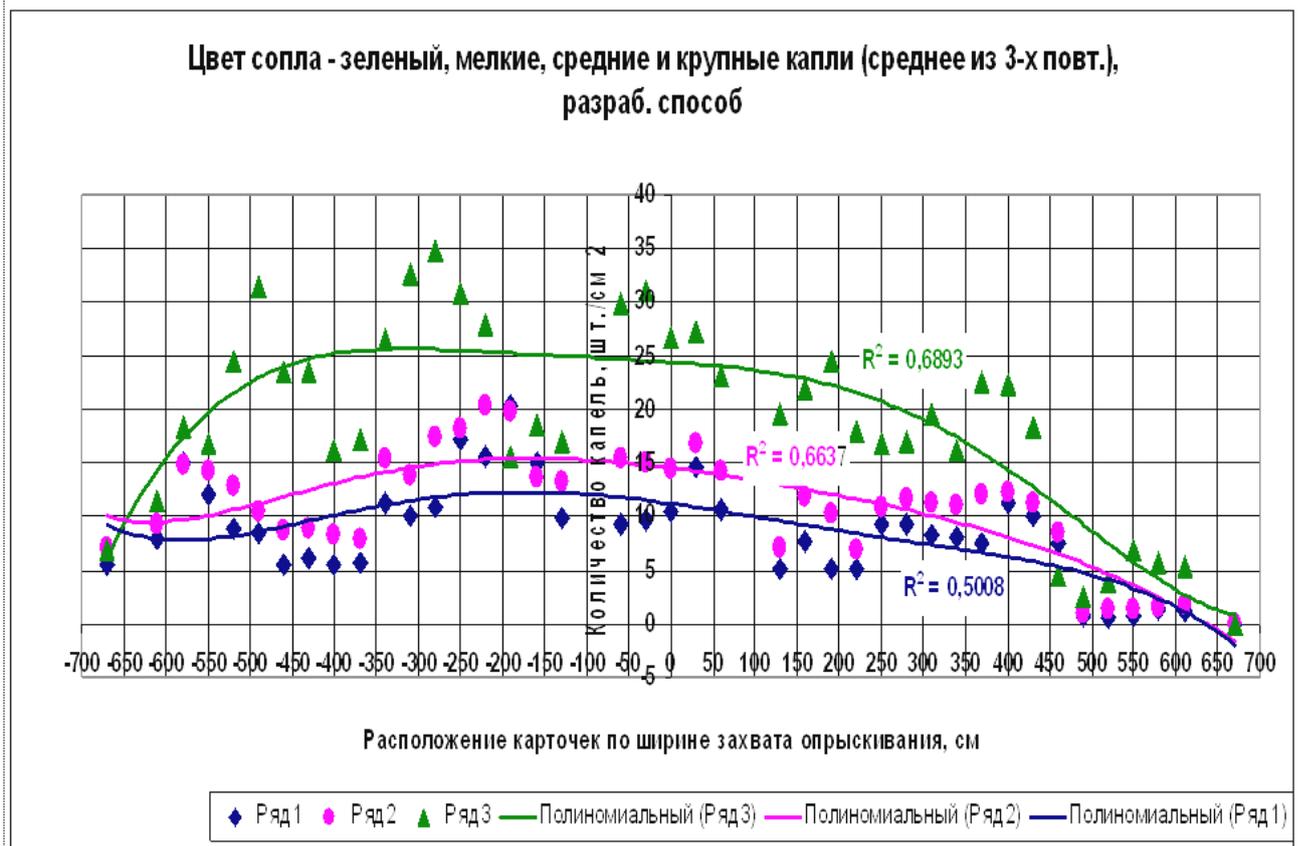


Рисунок 4.39 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**) при предлагаемом способе опрыскивания

Достоверность аппроксимации R^2 (рисунок 4.39) в предложенном способе опрыскивания карточек с применением в распылителях сопла LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**) имеет значения превосходящие 0,5.

Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми с применением в распылителях сопла LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**) по ширине опрыскивания в общепринятом способе представлена данными на рисунке 4.40.

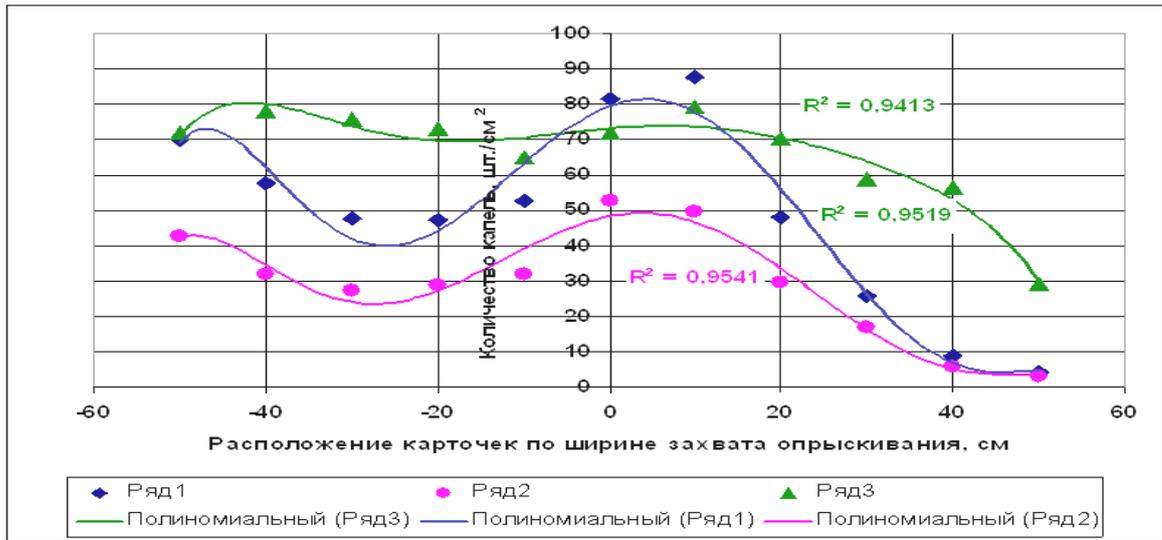


Рисунок 4.40 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**) при общепринятом способе опрыскивания

Сравнительная статистическая обработка значений по протяженности опрыскиваемых карточек с применением в распылителях сопла LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**) в предложенном и традиционном способах опрыскивания с применением компьютерной программы «Статистика» приведены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Сравнительная статистическая обработка значений по протяженности опрыскиваемых карточек с применением в распылителях сопла LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**) в предложенном и общепринятом способах опрыскивания с применением компьютерной программы «Статистика»

Диаметр следов каплей, мкм	Среднее арифметическое, шт	Стандартное отклонение, ± шт	Коэффициент вариации, %	Ошибка опыта	Точность опыта
Предложенный способ опрыскивания					
От 0 до 150	8,61	4,54	52,67	0,72	8,33
От 150 до 300	11,06	4,99	45,17	0,79	7,14
Более 300	19,45	8,60	44,24	1,36	6,99
Общепринятый способ опрыскивания					
От 0 до 150	48,35	26,91	55,67	8,11	16,78
От 150 до 300	29,14	15,95	54,73	4,81	16,50
Более 300	66,37	14,39	21,68	4,34	6,54

Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами – LU – 01 AD – 01 (код цвета – **оранжевый), полученная при**

предложенном способе опрыскивания показана на рисунке 4.41.



Рисунок 4.41 – Плотность покрытия картонок каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (код цвета – **оранжевый**), полученная при предложенном способе опрыскивания

Аппроксимация R^2 (рисунок 4.41) с использованием сопла LU – 01, AD – 01 (код цвета – **оранжевый**) приобретает значения, превосходящие 0,56.

Плотность покрытия картонок каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 01 AD – 01 (код цвета – **оранжевый**), полученная при известном опрыскивании показана рисунком 4.42.

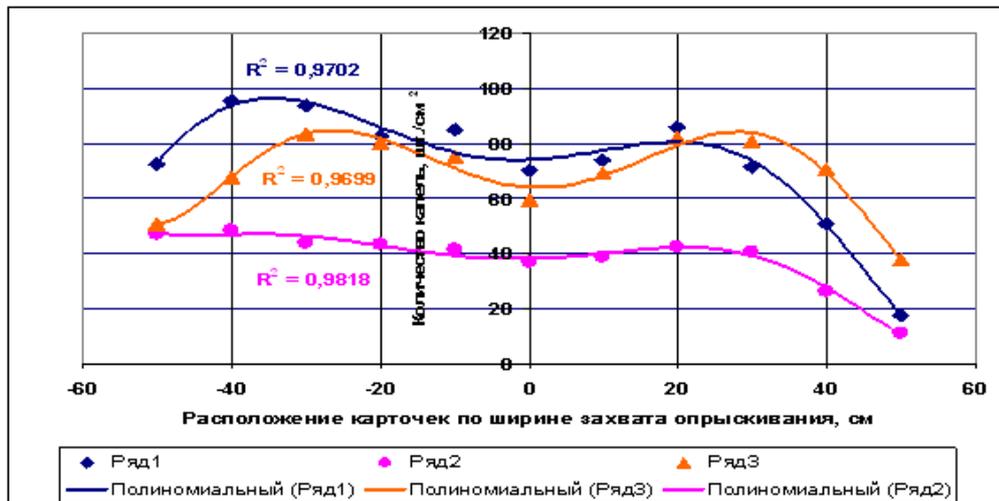


Рисунок 4.42 – Плотность покрытия картонок каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 01 AD – 01 (код цвета – **оранжевый**), полученная при общепринятом способе опрыскивания

Достоверность аппроксимации R^2 (рисунок 4.42) имеет значения, близкие к 1.

Сравнительные статистические результаты предложенным и традиционным способами опрыскивания с применением компьютерной программы «Статистика» приведены в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Сравнительная статистическая обработка значений для сопла LU – 01 AD – 01 (фирмы – изготовителя «Lechler» код цвета – **оранжевый**) предложенным и традиционным способами опрыскивания с применением компьютерной программы «Статистика»

Диаметр следов капель, мкм	Среднее арифметическое, шт	Стандартное отклонение, ± шт	Коэффициент вариации, %	Ошибка опыта	Точность опыта
Предложенный способ опрыскивания					
От 0 до 150	14,59	10,90	74,72	1,72	11,81
От 150 до 300	15,03	18,05	120,05	2,82	18,75
Более 300	16,64	12,31	73,93	1,92	11,55
Традиционный способ опрыскивания					
От 0 до 150	72,61	22,13	30,48	6,67	9,19
От 150 до 300	38,26	10,79	28,20	3,25	8,50
Более 300	68,90	14,37	20,85	4,33	6,29

Статистические показатели таблицы 4.19 известного опрыскивания имеют лучшие значения.

Результатами исследований установлено, что расход рабочей жидкости снижается до 4,7 раз при опрыскивании соплом производства Lechler типа – LU – 03 AD – 03 (код цвета – синий).

При опрыскивании другими соплами требуется больший расход воздуха для транспортирования капель к объектам обработки.

Полученные результаты лабораторных исследований экспериментального опрыскивателя с воздушным рукавом, оснащенный пневмогидравлическими распылителями, были положены в основу **лабораторно – полевых исследований.**

Рисунком 4.43 показан опрыскиватель в составе МТЗ-80. подготовленный к проведению лабораторно – полевых исследований (Приложение Б).



Рисунок 4.43 – Экспериментальный штанговый опрыскиватель в агрегате с МТЗ 80

Агротехнический фон показан на рисунке 4.44 [96, 99, 73].



Рисунок 4.44 – Общий вид агротехнического фона

Рабочие моменты выполнения лабораторно – полевых опытов экспериментального опрыскивателя в агрегате с МТЗ–82 проиллюстрированы рисунками (4.45 – 4.47) [6, 8, 71, 84, 99].



Рисунок 4.45 – Общий вид экспериментального опрыскивателя в агрегате с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований



Рисунок 4.46 – Общий вид экспериментального опрыскивателя в агрегате с МТЗ–82 при выполнении лабораторно – полевых опытов

Процесс опрыскивания растений пневмогидравлическим устройством со щелевыми распылителями приведен на рисунке 4.47.



Рисунок 4.47 – Фрагмент нанесения раствора гербицида на растения пневмогидравлическим устройством со щелевыми распылителями в составе экспериментального опрыскивателя при проведении лабораторно – полевых исследований [84, 68, 96, 69, 93]

Работы по опрыскиванию растений проводились в соответствии с ГОСТ 20915 [167].

Условия лабораторно-полевых опытов экспериментального образца в сравнении с базовым вариантом представлены таблицей 4.20 [99, 93, 71].

При опрыскивании сорняков известным способом в распылителях применялись щелевые пластиковые сопла типа LU – 04 AD – 04, код цвета красный производства Lechler, обеспечивающие, при давлении 4 атм. и скорости движения – 10,8 км/ч, расход рабочего раствора 200 дм³/га. В опытах экспериментальным образцом в составе с МТЗ–82, расход рабочего раствора и препарата обеспечивались пластиковыми соплами (производство Lechler)

Таблица 4.20 – Условия лабораторно-полевых опытов экспериментального образца в сравнении с базовым вариантом

Наименование показателя	Значение показателя:		
	Общепринятый вариант	при испытаниях	
		лабораторно-полевые	
Дата	12-13082014г.	1208. 2014г.	13082014г.
Место проведения оценок: – наименование района – название хозяйства – поле номер	Новокубанский район		
	Валидационный полигон КубНИИТиМ		
	5/2		
Вид выполняемой работы	Проверка работы опрыскивателя (экспериментального) с рекомендуемым способом опрыскивания растений, в сравнении с традиционным вариантом.		
Характеристика испытательного участка: – рельеф – микрорельеф – влажность почвы в слое от 0 до 10 см, % – твердость почвы в слое от 0 до 10 см, МПа	ровный выровненный		
	14,4 – 15,9	14,4	15,9
	1,3 – 1,7	1,3	1,7
Агротехнический фон поля	Пожнивные остатки после уборки пшеницы (измельченные) с сорняками		
Условия работы: – температура воздуха, °С			
	на высоте 0,5 м	32 – 36	32
на высоте 2,0 м	33 – 38	33	38
– относительная влажность окружающего воздуха, %	От 72 до 80	72	80
– скорость ветра, м/с	От 1,8 до 2 (временами порывистый до 4)		
– направление ветра	Юго-восточный		
Название агротехнической операции	Опрыскивание сорной растительности		
Название МТА	ОП-2000 в агрегате с МТЗ-82	Опрыскиватель с предлагаемым способом опрыскивания растений в агрегате с МТЗ-82	
Тип сопла, код цвета	LU – 04, AD – 04	LU – 03, AD – 03	LU – 04, LU – 05, LU – 02, AD – 04 AD – 05 AD-02
Направление ветра по отношению к движению МТА, ...°	90	90	45

Окончание таблицы 4.20

Характеристика химиката: гербицид	«Спрут Экстра, ВР»
Температура рабочей жидкости, °С	От 28 до 30
Характеристика сорных растений: - число сорных растений/м ² (при внесении гербицидов)	17,3
- видовой состав сорных растений и фаза развития на момент обработки	амброзия – бутонизация, ватник – период вегетации, поросль алычи – вегетация, вьюнок – цветение, дикая ежевика – вегетация, злаки – 3–5 листьев (отдельные растения начало колошения), осот – 4–5 листьев
- вес сорных растений, г	86,1

типа LU – 02 AD – 02, LU – 03 AD – 03, LU – 04 AD – 04 и LU – 05 AD – 05 кодов цвета желтый, синий, красный и коричневый соответственно [84, 99].

Режимы работы предлагаемого опрыскивателя по нанесению рабочей жидкости на растения при выполнении опытов, приведены данными в таблице 4.21 [93].

Таблица 4.21 – Режимы работы предлагаемого опрыскивателя по нанесению рабочей жидкости на растения при проведении опытов [84, 93]

Тип сопла, Код цвета	LU – 02	LU – 03	LU – 04	LU – 05
	AD – 02	AD – 03	AD – 04	AD – 05
Скорость движения МТА, км/ч	7,57	8,40	6,03	6,74
Расход рабочего раствора, дм ³ /га	31,36	41,00	64,40	73,00
Расход препарата, дм ³ /га	2,44	2,24	3,14	2,79
Концентрация (величина, характеризующая кол-во данного вещества в определенном кол-ве смеси, %)	7,77	5,46	5,11	3,82
Снижение кол-ва препарата, раз	1,31	1,43	1,02	1,15

Из таблицы 4.21 видно, что скорость МТА имела пределы от 6,03 км/ч до 8,40 км/ч. Режимы работы предлагаемого опрыскивателя обеспечивали сниженный расход рабочей жидкости, по сравнению с общепринятым. Расход рабочей жидкости, согласно данным опытов, составил 73,00; 64,40; 41,00 и 31,36 дм³/га.

При применении пластиковых сопел пр-ва Lechler (тип LU – 04, AD – 04; код цвета – красный) для предлагаемого и общепринятого опрыскивания расход препарата был практически одинаков, а для других технологических режимов он уменьшался в 1,43 раза.

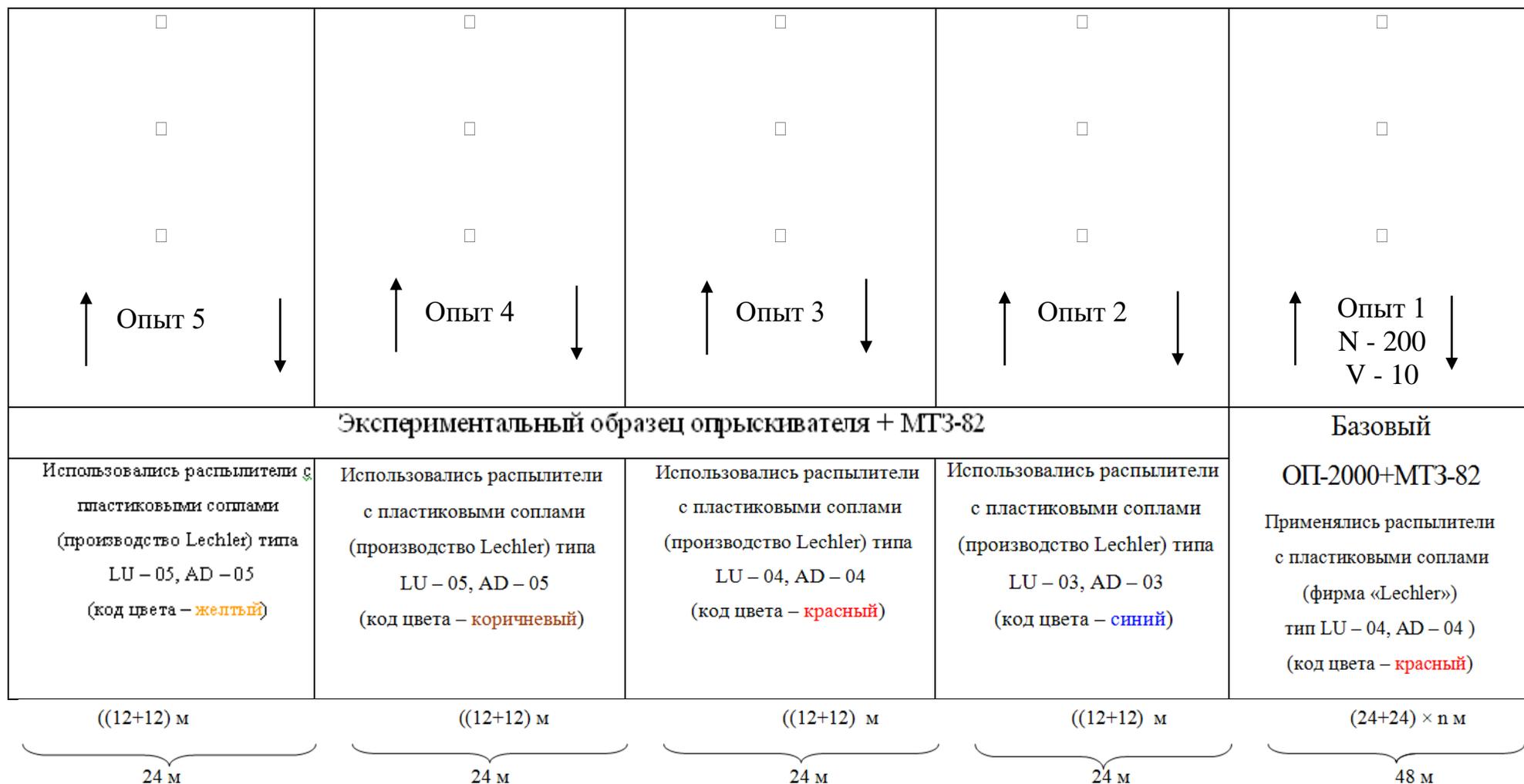
Схема полевого опыта , приведена на рисунке 4.48.

Результаты исследований полевого опыта приведены в таблицах 4.22 – 4.26.

Обобщенные результаты опытов агротехнической оценки (таблицы 4.22 – 4.26) приведены в таблице 4,27.

Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков ОП-2000+МТЗ-82 до проведения опыта и после воздействия гербицида на сорняки приведены на рисунке 4.49.

Фотографические изображения рамок с сорняками (предлагаемый способ) после их опрыскивания пластиковыми соплами пр-ва Lechler различных типов и кодов цвета (начало проведения опыта и конечный результат) приведены на рисунках 4.51 – 4.53.



N – норма расхода рабочей жидкости, л/га; V – скорость работы агрегата, км/ч;
 n – количество проходов; □ - контрольные площадки.

Рисунок 4.48 – Схема проведения полевого опыта экспериментального образца опрыскивателя в сравнении с базовым вариантом

Начало проведения опыта		Конец проведения опыта	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 1		повторность 1	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 2		повторность 2	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 3		повторность 3	

Рисунок 4.49 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков ОП-2000+МТЗ-82 (Использовались распылители с пластиковыми соплами ((производство Lechler) тип LU – 04, AD – 04, код цвета – **красный**))

Таблица 4.22 – Результаты исследований полевого опыта базового варианта (ОП-2000+МТЗ-82)

Наименование показателя	Опыт № 1					
	База - ОП-2000+МТЗ-82 (пластиковые сопла (производство Lechler) типа LU – 03, AD – 03 (код цвета – красный))					
Норма расхода рабочей жидкости, дм ³ /га	200 (3,2-3,3)					
Скорость движения, км/ч	12					
Повторность	1		2		3	
Рамка	1	2	1	2	1	2
Количество сорняков на учетных площадках, шт/м ² , - до прохода (13-14.08)	26	18	21	10	35	12
	Вьюнок 26	Вьюнок 17, злак 1	Осот 15, вьюнок 5, амброзия 1	Осот 3, вьюнок 4, злак 3	Осот 29, вьюнок 6	Осот 1, вьюнок 11
- через месяц (15.09)	20+22	17+22	17+48	5+35	6+31	7+39
	Вьюнок старый 20 цветет, падалица пшеницы 22	Вьюнок 17+2 новых, падалица 20	Осот 14, вьюнок 3 - вегетация падалица 48	Осот 1, вьюнок 4, падалица 35	Осот погиб + 2 молодых, вьюнок 6, падалица 29	Вьюнок 7, падалица 39
Итого, шт: - погибло	Вьюнок 6	Все злаки (1)	Амброзия 1, осот 1, вьюнок 2	Осот 2, все злаки (3)	Весь осот (29)	Весь осот (1), вьюнок 4
- новые всходы	Падалица пшеницы 22	Вьюнок 2, падалица 20	Падалица 48	Падалица 35	Осот 2, падалица 29	Падалица 39

Погибли: - злаки, амброзия – 100 %;

- осот – 68,8 %;

- вьюнок – 17,4 %

Взошли – осот – 2 шт; вьюнок - 2, падалица озимой пшеницы – 193 шт.

Начало проведения опыта		Конец проведения опыта	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 1		повторность 1	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 2		повторность 2	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 3		повторность 3	

Рисунок 4.50 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков экспериментальным опрыскивателем методом нанесения растворов гербицидов на растения

Использовались насадки с пластиковыми соплами (пр-во Lechler) типа LU – 03, AD – 03 (код цвета – синий))

Таблица 4.23 – Результаты исследований полевого опыта экспериментального образца опрыскивателя, оснащенного пластиковыми соплами (производство Lechler) типа LU – 03, AD – 03 (код цвета – **синий**, в составе с МТЗ-82

Наименование показателя	Опыт № 2					
	Экспериментальный образец опрыскивателя МТЗ - 82 Форсунка № 3 (пластиковые сопла (производство Lechler) типа LU – 03, AD – 03 (код цвета – синий))					
Норма расхода рабочей жидкости, дм ³ /га	41 (2,24)					
Скорость движения, км/ч	8,4					
Повторность	1		2		3	
Рамка	1	2	1	2	1	2
Количество сорняков на учетных площадках, шт/м ² , - до прохода (13-14.08)	9	9	22	6	25	29
	Осот 3, вьюнок 6	Вьюнок 7, злак 1, амброзия 1	Осот 15, вьюнок 5, злак 2	Вьюнок 3, злак 3	Осот 14, вьюнок 11	Осот 9, вьюнок 20
Через месяц (15.09)	0+18	0+15	14+15	2+12	14+49	24+67
	падалица оз. пш. 18	падалица оз. пш. 15	Осот 11+ 2 молодых, вьюнок 3, падалица 13	Вьюнок 2, падалица 12	Вьюнок 8, осот 6+1 новый, падалица 48	Осот 4+4 новых, вьюнок 20, падалица 63
Итого, шт: - погибло	Все	Все	Осот 4, вьюнок 2, все злаки	Вьюнок 1, все злаки	Осот 8, вьюнок 3	Осот 5
- новые всходы	Падалица оз. пш. 18	Падалица оз. пш. 15	Осот 2, падалица 13	Падалица 12	Осот 1, падалица 48	Осот 4, падалица 63

Погибли: - злаки и амброзия – 100 %;
 - осот – 48,8 %;
 - вьюнок – 36,5 %.

Взошли – осот – 7 шт;
 - падалица озимой пшеницы – 169 шт.

Начало проведения опыта		Конец проведения опыта	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 1		повторность 1	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 2		повторность 2	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 3		повторность 3	

Рисунок 4.51 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков опрыскивателем предлагаемым способом нанесения растворов гербицидов на растения
 Применялись распылители с пластиковыми соплами (производство Lechler) типа LU – 04, AD – 04 (код цвета – **красный**)

Таблица 4.24 – Результаты исследований полевого опыта экспериментального образца опрыскивателя, оснащенного пластиковыми соплами (производство Lechler) типа LU – 04, AD – 04 (код цвета – **красный**, в составе с МТЗ-82

Наименование показателя	Опыт № 3					
	Экспериментальный образец опрыскивателя МТЗ - 82 Форсунка № 4 (пластиковые сопла (производство Lechler) типа LU – 04, AD – 04 (код цвета – красный))					
Норма расхода рабочей жидкости, дм ³ /га	61,4 (3,136)					
Скорость движения, км/ч	6,03					
Повторность	1		2		3	
Рамка	1	2	1	2	1	2
Количество сорняков на учетных площадках, шт/м ² , - до прохода (13-14.08)	8	3	21	23	9	9
	Амброзия 2, вьюнок 6	Осот 2, злак 1	Вьюнок 6, осот 9, злак 6	Амброзия 1, осот 21, вьюнок 1	Вьюнок 9	Вьюнок 9
Через месяц (15.09)	2+15	10	15+30	0+34	3+15	3+22
	Амброзия 2, падалица пшеницы 15	Падалица пшеницы 10	Вьюнок 15, падалица 30	Всходы вьюнка 2, падалица пшеницы 32	Вьюнок 3, падалица 15	Вьюнок 3, падалица 22
Итого, шт: - погибло	Вьюнок 6	Осот 2, злак 1	Осот 9, злак 6	Амброзия 1, осот 21, вьюнок 1	Вьюнок 6	Вьюнок 6
- новые всходы	Падалица пшеницы 15	Падалица пшеницы 10	Вьюнок 9, падалица пшеницы 30	Вьюнок 2, падалица пшеницы 32	Падалица пшен. 15	Падалица пшен. 22

Погибли: - злаки и осот – 100 %;
 - вьюнок – 61,3 %;
 - амброзия – 33,3 %;

Взошли – вьюнок – 11 шт;
 - падалица озимой пшеницы – 124 шт.

Начало проведения опыта		Конец проведения опыта	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 1		повторность 1	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 2		повторность 2	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 3		повторность 3	

Рисунок 4.52 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков опрыскивателем предлагаемым способом нанесения растворов гербицидов на растения

Применялись распылители, оснащенные пластиковыми соплами (фирма «Lechler», тип LU – 05, AD – 05 код цвета – **коричневый**)

Таблица 4.25 Результаты по исследованию полевых опытов предлагаемого опрыскивателя, оснащенного пластиковыми соплами (производство Lechler) типа LU – 05, AD – 05 (код цвета – **коричневый**, в составе с МГЗ-82

Наименование показателя	Опыт № 4					
	Форсунка № 5 (пластиковые сопла (производство Lechler) типа LU – 05, AD – 05 (код цвета – коричневый					
Норма расхода рабочей жидкости, дм ³ /га	73,0 (2,79)					
Скорость движения, км/ч	6,74					
Повторность	1		2		3	
Рамка	1	2	1	2	1	2
Количество сорняков на учетных площадках, шт/м ² , - до прохода (13-14.08)	35	27	19	11	7	22
	Злаки 16, ежевика 10, вьюнок 9	ежевика 12, вьюнок 10, осот 2, злак 3	Осот 8, амброзия 1, вьюнок 8, злаки 2	Вьюнок 5, амброзия 1, осот 4, злак 1	амброзия 1, вьюнок 4, злак 2	Вьюнок 10, злак 12
Через месяц (15.09)	12+50	11+24	8+21	0+26	0+19	2+39
	2 вьюнка старых, 10 ежевики, падалица 50	3 вьюнка, ежевика 12 (4 молодых), пад. оз. пш. 20	Вьюнок 8, падалица 21	Вьюнок новый 2, оз. пш. 24	Вьюнок 1 новый, падалица 18	Вьюнок 2+3 новых, падалица 36
Итого, шт: - погибло	Злаки 16, вьюнок 7	Вьюнок 7, осот 2, злаки 3	Осот 8, амброзия 1, злаки 2	Вьюнок 5, амброзия 1, осот 4, злак 1	Амброзия 1, вьюнок 4, злак 2	Вьюнок 8, злаки 12
- новые всходы	Падалица пшеницы 50	Ежевика 4, падалица пшеницы 20	Падалица пшеницы 21	Вьюнок новый 2, падалица пшеницы 24	Вьюнок новый 1, падалица 18	Вьюнок 3, падалица пшеницы 36

Погибли: - злаки, осот и амброзия – 100 %;

- вьюнок – 67,4 %.

Не погибла ежевика- 0 %

Взошли – ежевика -4 шт, вьюнок – 6 шт, падалица озимой пшеницы – 169 шт

Начало проведения опыта		Конец проведения опыта	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 1		повторность 1	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 2		повторность 2	
 рамка 1	 рамка 2	 рамка 1	 рамка 2
повторность 3		повторность 3	

Рисунок 4.53 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков экспериментальным образцом опрыскивателя с новым способом нанесения растворов пестицидов на растения

Использовались распылители с пластиковыми соплами (производство Lechler) типа LU – 02, AD – 02 (код цвета – **желтый**)

Таблица 4.27 – Обобщенные результаты опытов агротехнической оценки по уничтожению сорняков методом опрыскивания почвы сниженными расходами жидкости и гербицида сплошного действия «Спрут - Экстра» при исследовании экспериментального образца опрыскивателя в сравнении с опрыскивателем ОП 2000+МТЗ-80/82

Наименование показателя	Распылители с соплами производства Lechler (тип сопла код цвета)				
	Базовый вариант ОП-2000+МТЗ-82	Экспериментальный образец с новым способом нанесения растворов пестицидов на растения			
		LU – 04 AD – 04	LU – 02 AD – 02	LU – 03 AD – 03	LU – 04 AD – 04
Расход рабочего раствора, дм ³ /га	200,00	31,36	41,00	61,40	73,00
Расход препарата, дм ³ /га	3,2-3,3	2,44	2,24	3,14	2,79
Снижение препарата по сравнению с нормой в кол-во раз	-	1,33	1,45	1,04	1,17
Исходное количество сорняков на учетных площадках, шт/м ² , (фаза развития на момент обработки):					
– вьюнок (цветение),	69	37	52	31	46
– амброзия (бутонизация),	1		1	3	2
– осот – 4–5 листьев,	48	40	41	32	14
– злаки – 3–5 листьев (отдельные растения начало колошения),	4	60	-	7	33
– дикая ежевика (вегетация),	-	-	-	-	22
– ватник (вегетация),	-	2	-	-	-
– поросль алычи (вегетация),	-	-	-	-	-
Гибель сорняков на учетных площадках, %					
– вьюнок (цветение)	17,4	68,7	36,5	61,3	67,4
– амброзия (бутонизация)	100	100	100	33,3	100
– осот – 4–5 листьев,	68,8	100	48,8	100	100
– злаки – 3–5 листьев (отдельные растения начало колошения),	100	100	100	100	100
– дикая ежевика (вегетация),					0
– ватник (вегетация),	-	100	-	-	-
– поросль алычи (вегетация),	-	-	-	-	-

Результаты исследований (таблица 4.27) по опрыскиванию сорняков рекомендуемым опрыскивателем при сопоставлении с данными опрыскивателя ОП 2000+МТЗ-80/82 свидетельствуют об уменьшенных расходах как рабочей жидкости, так и препарата ($\text{дм}^3/\text{га}$) [165].

При опрыскивании общепринятым вариантом (ОП-2000+МТЗ-82) концентрация в рабочем растворе препарата составляла 1,65 %, а при работе предлагаемым опрыскивателем – от 3,82 до 7,77 %.

Уничтожение злаковых сорняков было одинаковым во всех вариантах. Осот уничтожен полностью. Наблюдалась 100-% - я гибель амброзии полнолистной (опыты 4 и 5 (таблицы 16 и 17)).

Гибель вьюнка в общепринятом варианте составила 17,4 %, а при применении предлагаемого опрыскивателя – от 36,5 % до 68,7 %, т.е. – в 2 – 4 раза больше.

4. 8 Результаты лабораторных и лабораторно – полевых исследований опытного образца штангового опрыскивателя с новым способом нанесения капель распыливаемой жидкости пневмогидравлическими устройствами на объекты обработки

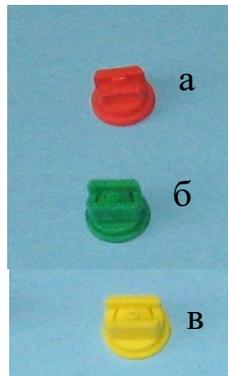
Лабораторные исследования опытного образца штангового опрыскивателя с новым способом нанесения капель распыливаемой жидкости пневмогидравлическими устройствами на объекты обработки проводились при условиях:

- температуре окружающего воздуха от плюс 23 °С до плюс 33 °С;
- относительной влажности воздуха от 52 % до 61 % ;
- атмосферном давлении 746 мм рт. ст. (99,4 КПа);
- скорости ветра в диапазоне от 0, 3 $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ до 1,6 $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ (северо-восточный и порывистый ветер был направлен по отношению к движению опрыскивателя под углом 45 °).

Условия по выполнению испытаний проверялись поверенной МЭС–200 (рисунок 3.4)) (Приложение Б). Скорость опрыскивателя в опытах

над предметными карточками фиксировались GPS (рисунок 3.4)) и составляла в диапазонах от 15,3 км/ч до 15,9 км/ч и от 18,9 км/ч до 19.1 км/ч.

В испытаниях были применены пластиковые щелевые сопла фирмы «Lechler», приведенные на рисунке 4.54.



- а) – тип сопла – LU – 01 LD – 01; код цвета – оранжевый,
 б) – тип сопла – LU – 015 AD – 015; код цвета – зеленый,
 в) – тип сопла – LU – 02 AD – 02 код цвета – желтый

Рисунок 4.54 – Общий вид сопел пластиковых (Lechler) щелевого принципа действия

Расход жидкости через 2 сопла определялся сбором в мерную емкость (рисунок 4.55).



Рисунок 4.55 – Определение расхода рабочей жидкости объемным методом в гидравлической системе в зависимости от давления, создаваемого электронасосом ELP.TRIAL 9/12 116103973

Рисунком 4.56 показана настройка опрыскивания при подаче жидкости насосом в сдвоенные распылители.



Рисунок 4.56 – Общий вид гидравлической системы при оценке ее работоспособности

Расход жидкости, определенный экспериментально к применяемым в опытах пластиковым щелевым соплам (фирма «Lechler») в пневмогидравлических устройствах, составил:

– код цвета – оранжевый , тип сопла – LU – 01 LD – 01 (при 3,5 атм.), л/мин.....	1,3;
– код цвета – зеленый , тип сопла – LU – 015 AD – 015 (при 3,5 атм.), л/мин.....	0,84;
– код цвета – желтый , тип сопла – LU – 02 AD – 02 (при 3,0 атм.), л/мин.....	1,583;
– код цвета – синий , тип сопла – LU – 03 AD – 03 (при 2,95 атм.), л/мин.....	2,47;
– код цвета – красный , тип сопла – LU – 04 AD – 04 (при 1,96 атм.), л/мин.....	2,3;
– код цвета – коричневый , тип сопла – LU – 05, (при 2,1 атм.), л/мин.....	2,65

Характеристики по расходу жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$, в зависимости от скорости ветра, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$, и скорости передвижения традиционного и опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами представлены таблицей 4.28.

Из приведенных в таблице 4.28 данных видно то, что предлагаемый способ нанесения рабочей жидкости на обрабатываемые объекты при сопоставлении с общепринятым способом опрыскивания исследовался в лабораторных условиях с уменьшенным расходом жидкости примерно в три раза.

Таблица 4.28 – Сравнительные характеристики общепринятого и предлагаемого способов опрыскивания по расходу подкрашенной жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$, в зависимости от скорости ветра, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$, и скорости передвижения МТА

Тип сопла	Способ опрыскивания					
	Общепринятый			Предлагаемый		
	Скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$	Скорость движения МТА, $\text{км}/\text{ч}$ ($\text{м}/\text{с}$)	Расход подкрашенной жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$	Скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$	Скорость движения МТА, $\text{км}/\text{ч}$ ($\text{м}/\text{с}$)	Расход подкрашенной жидкости, $\text{дм}^3/\text{га}$
LU – 01 LD – 01	0,73	14,50 (4,03)	29,79	1,53	15,70 (4,36)	10,19
LU – 015 AD – 015	0,74	14,60 (4,06)	41,10	1,53	15,50 (4,31)	14,71
LU – 02 AD – 02	0,71	14,80 (4,11($\text{м}/\text{с}$))	51,10	2,1	15,60 (4,33)	16,15

Расход жидкости G , $\text{дм}^3/\text{га}$, вычислялся по формуле 4.2.

Опрыскиватель с новым способом нанесения капель распыливаемой жидкости показан рисунком 3.24.

Перед началом работы визуально убеждались в целостности сопряжений пневматических рукавов и штуцеров жидкостной и пневматической систем, гидравлических шлангов, а также стерильность фильтров. Выявленные недостатки ликвидировались.

Согласно ГОСТ Р 53053 [32] карточки опрыскивались при соотношении:

- воды 13,5 л;
- краски для принтера 1,5 л.

Температура подкрашенной жидкости в опытах была равна 23 °С.

Карточки по ширине опрыскивания показаны рисунком 4.57, видами а) и б).

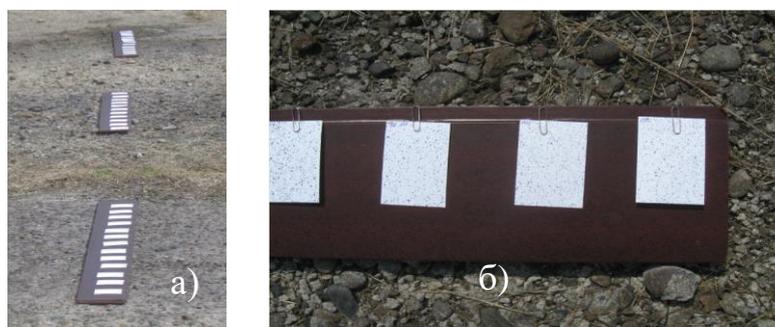
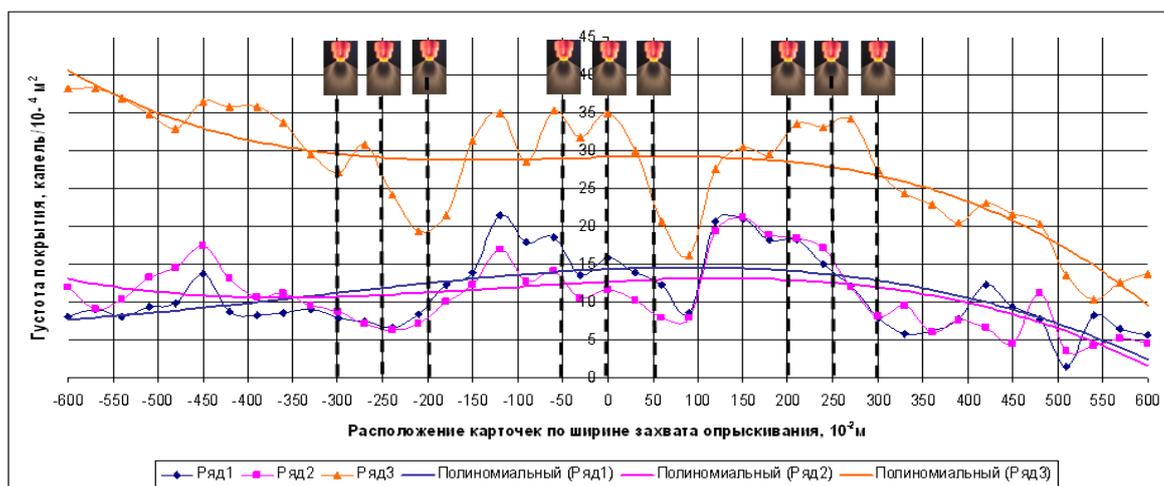


Рисунок 4.57 – Карточки после их опрыскивания показаны видами а) и б)

Параметры капель вычислялись с помощью разработанной вычислительной программы ROv-3 (рисунок 3.16.)

Опрыскивание известным способом с использованием сопла (шифр цвета – желтый) при перемещении агрегата со скоростью 14,8 км/ч ($4,11 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) показано распределением на рисунке 4.58.



- ◆— Ряд 1 - Распределение густоты покрытия каплей в диапазоне от 0 до 150 мкм на карточках (капель/ 10^{-4}м^2);
- Ряд 2 - Распределение густоты покрытия каплей в диапазоне от 150 мкм до 300 мкм на карточках (капель/ 10^{-4}м^2);
- ▲— Ряд 3 - Распределение густоты покрытия каплей в диапазоне от 300 мкм и крупнее на карточках (капель/ 10^{-4}м^2);

Рисунок 4.58 – Распределение плотности покрытия каплей на карточках (капель/ 10^{-4}м^2) по ширине опрыскивания общепринятым способом (при средней скорости движения агрегата $14,8 \text{ км/ч}$ ($4,11 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$))

Более 50 % капель от общего их числа имеют диаметр 300 мкм и более.

Статистические характеристики при общепринятом способе опрыскивания и скорости агрегата 14,8 км/ч приведены в таблице 4.29.

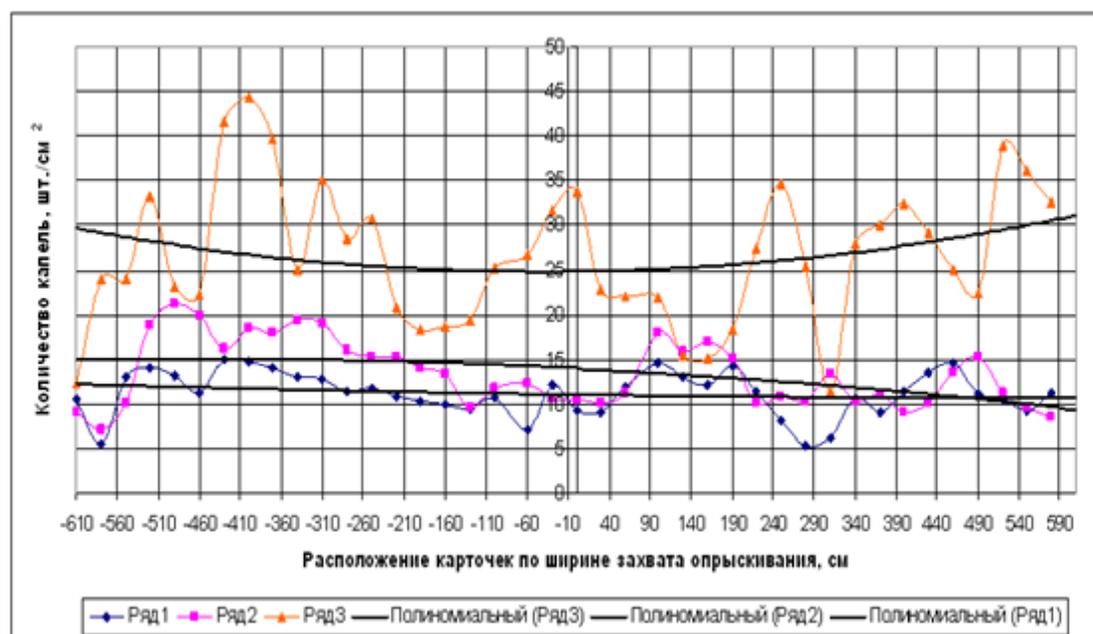
Данные в таблице 4.29 по общепринятому опрыскиванию карточек при скорости агрегата 14,8 км/ч в лабораторных опытах обуславливают то, что среднее квадратическое отклонение составляет для: мелких капель – 4,14, средних – 3,86 и крупных – 5,33. Меньшее среднее квадратическое отклонение присуще каплям диаметром от 150 до 300 мкм. Коэффициент вариации для крупных капель, имеющих размер следов капель более 300 мкм, меньше в два раза капель диаметром от

150 мкм до 300 мкм.

Таблица 4.29 – Основные статистические характеристики покрытия каплями учетных карточек при общепринятом опрыскивании

Наименование статистических характеристик выборки	Значение показателя		
	Диаметр следов капель, мкм		
	От 0 до 150	От 150 до 300	Более 300
Среднеарифметическое, мкм	12,11	10,71	29,39
Медиана	12,20	10,20	30,70
Дисперсия (выборочная)	17,13	14,93	28,44
Стандартное отклонение, ± мкм	4,14	3,86	5,33
Коэффициент вариации, %	34,18	36,08	18,15
Критерий Стьюдента, %	95		
Доверительный интервал	9,61-14,61	8,37-13,04	26,17-32,62

Распределение капель при опрыскивании соплами LU – 02, AD – 02 (код цвета – желтый), со скоростью опрыскивателя 15,5 км/ч (4,31 м/с), показано распределением на рисунке 4.59 [73, 88].



- ◆ Ряд 1 - Распределение густоты покрытия капель в диапазоне от 0 до 150 мкм на карточках (капель/10⁻⁴м²);
- Ряд 2 - Распределение густоты покрытия капель в диапазоне от 150 мкм до 300 мкм на карточках (капель/10⁻⁴м²);
- ▲ Ряд 3 - Распределение густоты покрытия капель в диапазоне от 300 мкм и крупнее на карточках (капель/10⁻⁴м²);

Рисунок 4.59 – Плотность покрытия капель/см², усредненных трехкратной повторностью по ширине захвата опрыскивания пневмогидравлическими устройствами при оснащении их соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый**) (при средней скорости агрегата 15,5 км/ч (4,31 м/с)) [91]

Графические данные (рисунок 4.59) показывают снижение нормы расхода рабочей жидкости до 16,15 дм³/га, т.е. в 3 раза меньше общепринятой 51,1 дм³/га.

В таблице 4.30 [88] количественные характеристики дисперсности приведены для скорости передвижения предлагаемого опрыскивателя равной 15,5 км/ч (4,31 м·с⁻¹),

Таблица 4.30 – Статистические характеристики опрыскивания предметных карточек каплями, полученные при лабораторных исследованиях опытного опрыскивателя, оснащенного воздушным рукавом и пневмогидравлическими устройствами (при средней скорости агрегата 15,5 км/ч (4,31 м·с⁻¹))

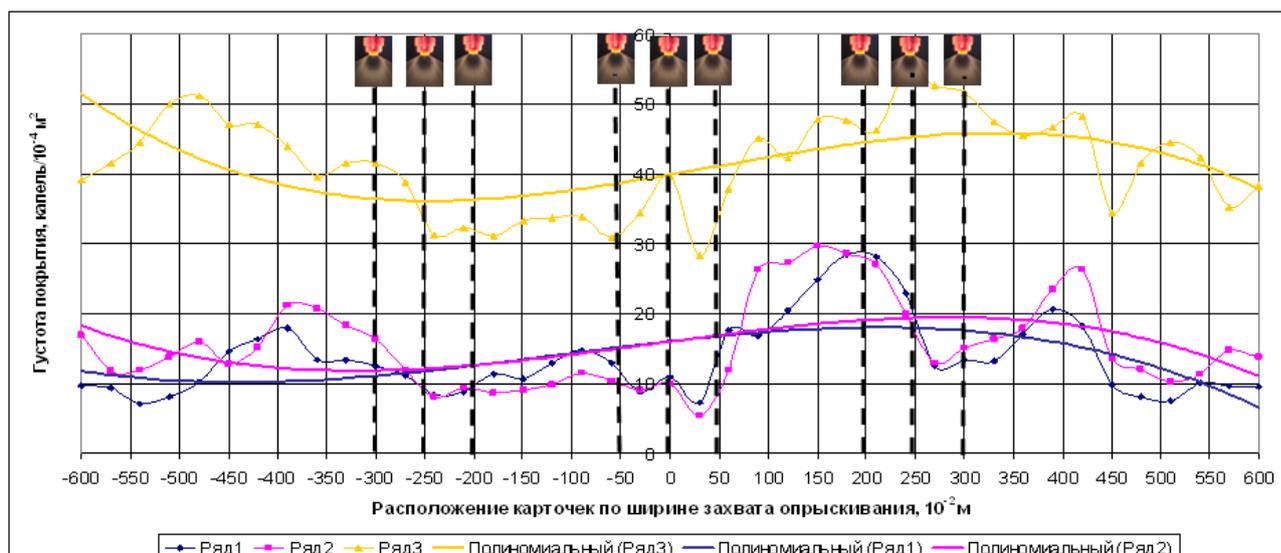
Наименование статистических характеристик выборки	Значение показателя		
	Диаметр следов капель, мкм		
	От 0 до 150	От 150 до 300	Более 300
Среднеарифметическое	11,19	13,42	26,70
Медиана	11,38	13,26	25,50
Дисперсия (выборочная)	6,04	13,68	60,92
Стандартное отклонение, ± мкм	2,46	3,70	7,80
Коэффициент вариации, %	21,97	27,57	29,23
Межквартильный размах	3,48	5,93	10,63
Критерий Стьюдента, %	95		
Доверительный интервал	10,40 – 11,98	12,23 – 14,60	24,21 – 9,20

Данные таблицы 4.30 характеризуют более равномерное опрыскивание в диапазоне от 0 до 300 мкм, чем капли более 300 мкм.

Данные таблиц 4.29 и 4,30 показывают, что при сопоставлении с данными при общепринятом способе опрыскивания предметных карточек среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации (%) для капель интервалами от 0 до 150 мкм и от 150 мкм до 300 мкм при рекомендуемом опрыскивании более, чем в 1.5 раза меньше. Исключение составляют сравниваемые значения среднего квадратического отклонения капель от 150 до 300 мкм (3,86 и 3,70).

Общепринятое опрыскивание при скорости опрыскивателя 18,8 км/ч (5,22 м·с⁻¹ представлено данными на рисунке 4.60 [32, 91].

Данные свидетельствуют о том, что число капель более 300 мкм на единицу площади в 2,5 раза больше суммарного диапазона от 0 до 150 мкм и от 150 мкм до 300 мкм (рисунок 4.60).



- ◆ Густота покрытия капель/ 10^{-4} м^2 в диапазоне от 0 до 150 мкм (средняя из 3-х повторностей)
- Густота покрытия капель/ 10^{-4} м^2 в диапазоне от 150 мкм до 300 мкм (средняя из 3-х повторностей)
- ▲ Густота покрытия капель/ 10^{-4} м^2 в диапазоне от 300 и более мкм (средняя из 3-х повторностей)

Рисунок 4.60 – Плотность покрытия карточек каплями/ 10^{-4} м^2 , усредненными трехкратной повторностью по ширине опрыскивания соплом LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый**), полученная при общепринятом опрыскивании (при средней скорости агрегата $18,8 \text{ км/ч}$ ($5,22 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$)) [91]

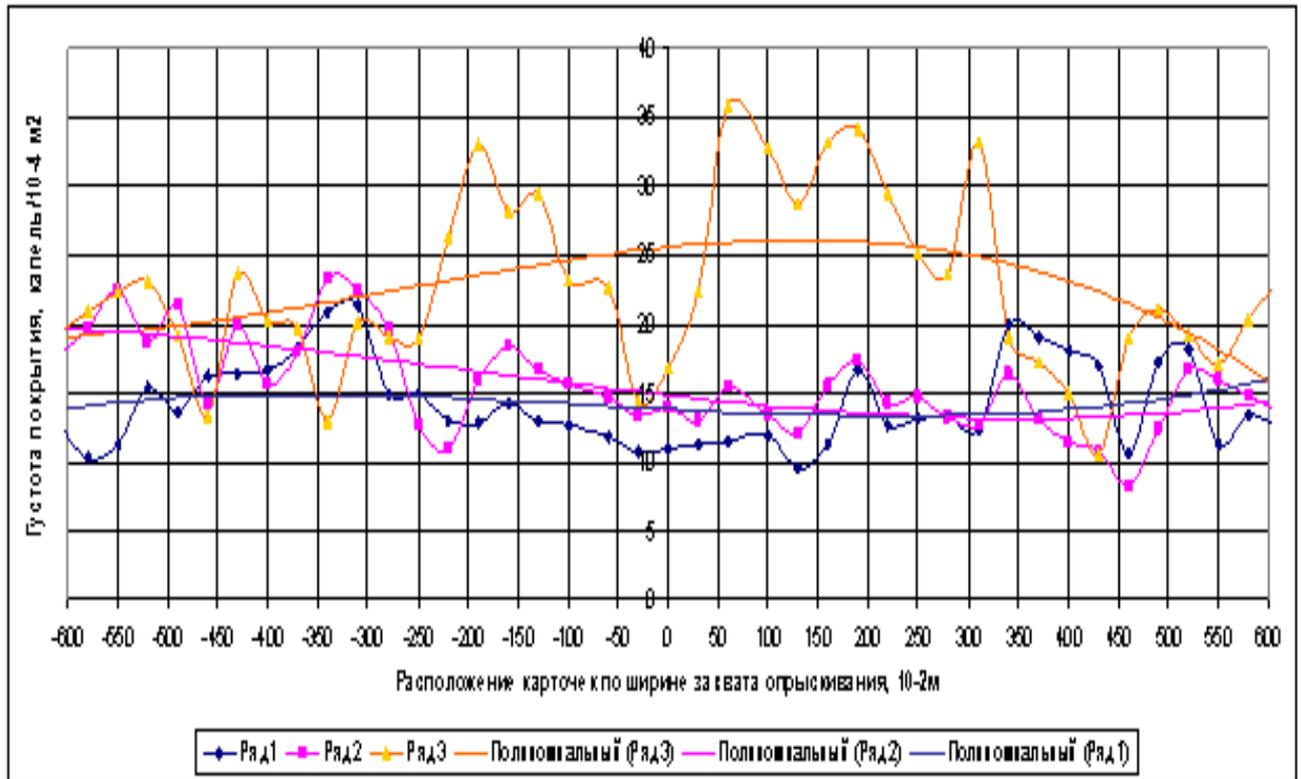
В таблице 4.31 количественные характеристики дисперсности приведены для скорости передвижения общепринятого опрыскивателя равной $18,8 \text{ км/ч}$ ($5,22 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$)

Таблица 4.31 – Основные статистические характеристики опрыскивания каплями предметных карточек при общепринятом опрыскивании и скорости агрегата $18,8 \text{ км/ч}$ ($5,22 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$)

Наименование статистических характеристик выборки	Значение показателя		
	Диаметр следов капель, мкм		
	От 0 до 150	От 150 до 300	Более 300
Среднеарифметическое	13,49	12,90	40,0
Медиана	12,48	11,95	38,8
Дисперсия (выборочная)	36,67	32,01	78,8
Стандартное отклонение, ± мкм	6,06	5,66	8,9
Коэффициент вариации, %	44,89	43,84	22,18
Межквартильный размах	6,63	6,51	17,2
Критерий Стьюдента, %	95		
Доверительный интервал	9,83-17,15	9,49-16,32	34,6-45,4

Из данных таблицы 4.31 следует, что при опрыскивании карточек при передвижении опрыскивателя (18,8 км/ч) увеличивается среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации, а также снижается равномерность по ширине опрыскивания.

Плотность осаждения капель на карточках по ширине их расположения при опрыскивании пневмогидравлическими устройствами с соплами LU – 02 AD – 02 (цвет – **желтый**) со скоростью движения агрегата 19,0 км/ч ($5,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), приведена на рисунке 4.61.



- ◆ Густота покрытия капель/ 10^{-4} м^2 в диапазоне от 0 до 150 мкм (средняя из 3-х повторностей)
- Густота покрытия капель/ 10^{-4} м^2 в диапазоне от 150 мкм до 300 мкм (средняя из 3-х повторностей)
- ▲ Густота покрытия капель/ 10^{-4} м^2 в диапазоне от 300 и более мкм (средняя из 3-х повторностей)

Рисунок 4.61 – Густота покрытия капель/ см^2 , усредненных трехкратной повторностью по ширине захвата опрыскивания пневмогидравлическими устройствами при оснащении их соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый**) (при средней скорости движения агрегата 19,0 км/ч ($5,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$))

На рисунке 4 61 число капель более 300 мкм при предлагаемом способе опрыскивания примерно в 1,5 раза меньше, чем при традиционном способе [87, 88] (рисунок 4.60).

Характеристика опрыскивания карточек опрыскивателем с пневмогидравлическими устройствами при скорости его движения 19,0 км/ч ($5,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) приведена в таблице 4.32 [87].

Таблица 4.32 – Общие статистические характеристики показателей нанесения капель на предметные карточки при лабораторных испытаниях опытного образца опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами (при средней скорости движения агрегата 19,0 км/ч ($5,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$))

Наименование статистических характеристик выборки	Значение показателя		
	Диаметр следов капель, мкм		
	От 0 до 150	От 150 до 300	Более 300
Среднеарифметическое	14,2	15,61	22,61
Медиана	13,1	15,40	21,1
Дисперсия (выборочная)	9,5	11,37	38,69
Стандартное отклонение, ± мкм	3,08	3,37	6,22
Коэффициент вариации, %	21,69	21,59	27,51
Межквартильный размах	5,05	4,65	8,2
Критерий Стьюдента, %	95		
Доверительный интервал	13,23-15,18	14,55-16,68	20,64-24,57

Приведенные в таблице 4.32 статистические данные свидетельствуют о том, что с увеличением скорости движения, по сравнению с данными таблицы 10, значения квадратического отклонения и коэффициента вариации практически одинаковы.

Диаметры следов капель (от 0 и более 300 мкм) и их статистические значения для различных скоростей опрыскивателей и способов опрыскивания приведены в таблице 4.33.

Таблица 4.33 – Значения показателей стандартного отклонения и коэффициента вариации при лабораторных испытаниях предлагаемого способа опрыскивания в сравнении с традиционным способом опрыскивания для двух скоростей

Наименование статистических характеристик выборки	Значение показателя		
	Диаметр следов капель, мкм		
	От 0 до 150	От 150 до 300	Более 300
При традиционном способе опрыскивания			
(при средней скорости движения агрегата 14,8 км/ч (4,11 м/с))			
Стандартное отклонение	4,14	3,86	5,33
Коэффициент вариации, %	34,18	36,08	18,15
(при средней скорости движения агрегата 18,8 км/ч (5,22 м/с))			
Стандартное отклонение	6,06	5,66	8,9
Коэффициент вариации, %	44,89	43,84	22,18
При разрабатываемом способе опрыскивания			
(при средней скорости движения агрегата 15,5 км/ч (4,31 м/с))			
Стандартное отклонение	2,46	3,70	7,80
Коэффициент вариации, %	21,97	27,57	29,23
(при средней скорости движения агрегата 19,0 км/ч (5,3 м/с))			
Стандартное отклонение	3,08	3,37	6,22
Коэффициент вариации, %	21,69	21,59	27,51

Из данных таблицы 4.33 следует, преимущество 3,14 раза по расходу рабочего раствора при разработанном опрыскивании.

Рабочий момент традиционного способа опрыскивания карточек показан рисунком 4.62 [95] (Приложение Б).



Рисунок 4.62 – Штанговый опрыскиватель при исследованиях традиционного способа опрыскивания карточек подкрашенной жидкостью

Статистические данные средних значений ММД капель/см² из 36 карточек при испытании распылителей приведены в таблицах 4.34-4.35 [91, 95].

Таблица 4.34 – Статистические данные средних значений ММД капель/см² из 36 карточек при испытании распылителей в традиционных технологиях их применения

Наименование статистической характеристики выборки	Медианно-массовый диаметр классовых размеров капель/см ² , мкм			ММД всех капель/см ²	Число капель/см ²
	От 0 до 150	От 150 до 300	Более 300		
Скорость движения опрыскивателя 13,5 км/ч					
Среднеарифметическое	70,3	224,4	1221,4	866,2	70
Среднеквадратическое отклонение	8,3	11,3	192,3	148,2	21,12
Коэффициент вариации, %	11,84	5,05	15,74	17,11	30,19
Скорость движения опрыскивателя 14,76 км/ч					
Среднеарифметическое	76,2	220,3	1185,7	782,7	70,71
Среднеквадратическое отклонение	5,7	7,6	182,0	204,6	21,32
Коэффициент вариации, %	7,54	3,44	15,35	26,14	30,15
Скорость движения опрыскивателя 16,2 км/ч					
Среднеарифметическое	84,0	216,2	1159,7	726,0	75,7
Среднеквадратическое отклонение	6,5	6,7	231,3	213,7	29,2
Коэффициент вариации, %	7,77	3,09	19,95	29,44	38,59
Скорость движения опрыскивателя 18,72 км/ч					
Среднеарифметическое	84,7	215,3	1176,2	747,5	51,21
Среднеквадратическое отклонение	4,2	7,4	228,8	165,7	14,82
Коэффициент вариации, %	4,96	3,45	19,46	22,17	28,94

Приведенные в таблицах 4.34-4.35 статистические данные средних значений ММД капель/см² свидетельствуют о том, что при незначительной разнице максимальных скоростей 18,72 км/ч и 19,1 км/ч (5,3 м/с) ММД в предлагаемой технологии применения распылителей имеют меньшее значения 510.2 мкм, по сравнению с традиционной - 747.5 мкм. На значения ММД сказывается скорость движения опрыскивателя и расход рабочей жидкости на единицу обрабатываемой площади. В целом же результаты исследований свидетельствуют о преимуществе способа и устройств для опрыскивания объектов обработки. Предлагаемый способ опрыскивания соответствует международным стандартам ISO [33, 95].

Таблица 4.35 – Статистические данные средних значений ММД капель/см² при испытании распылителей в предлагаемой технологии их применения

Наименование статистической характеристики выборки	Медианно-массовый диаметр классовых размеров капель/см ² , мкм			ММД всех капель/см ²	Число капель/см ²
	От 0 до 150	От 150 до 300	Более 300		
Скорость движения опрыскивателя 15,480 км/ч					
Среднеарифметическое	87.6	212.6	806.7	460.1	56.37
Среднеквадратическое отклонение	10.8	12.6	269.3	249.5	14.36
Коэффициент вариации, %	12.33	5.93	33.38	54.24	25.48
Скорость движения опрыскивателя 15,984 км/ч					
Среднеарифметическое	85.6	216.3	899.7	603.2	48.69
Среднеквадратическое отклонение	7.6	9.2	228.0	247.6	20.41
Коэффициент вариации, %	8.9	4.25	25.34	41.05	41.93
Скорость движения опрыскивателя 18,48 км/ч Скорость 5 м/с					
Среднеарифметическое	85.7	212.8	824.3	474.1	47.94
Среднеквадратическое отклонение	5.1	11.3	222.9	194.8	20.12
Коэффициент вариации, %	5.98	5.30	27.04	41.10	41.97
Скорость движения опрыскивателя 18,72 км/ч					
Среднеарифметическое	85.6	212.4	858.6	510.2	54.5
Среднеквадратическое отклонение	6.7	8.9	173.5	165.7	16.6
Коэффициент вариации, %	7.87	4,19	20.2	32.47	30.47

Преимущество предлагаемого способа обработки состоит и в том, что, выходящий воздух из устройства снижает потери мелких капель [144].

Проведенные исследования показали, что предложенный способ соответствует современной технологии опрыскивания при защите растений [144], подтвержденными *лабораторно-полевыми опытами* [77]. Фотоизображение агрономического фона приведено на рисунке 4.63 (Приложение Б).



Рисунок 4.63 – Общий вид агрономического фона (измельченные пожнивные остатки после уборки пшеницы и прорастания сорной растительности)

Опрыскиватель в составе с МТЗ–82 приведен на рисунках 4.64 – 4.68.



Рисунок 4.64 – Опрыскиватель РМ 229 с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований (транспортное положение)



Рисунок 4.65 – Общий вид опытного образца опрыскивателя с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований



Рисунок 4.66 – Общий вид базового варианта опрыскивателя с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований



Рисунок 4.67 – Общий вид базового варианта опрыскивателя в составе с МТЗ–82 при проведении лабораторно – полевых исследований



Рисунок 4.68 – Общий вид опытного образца опрыскивателя в составе с МТЗ–82 при проведении лабораторно – полевых исследований [77, 92]

С уменьшенной нормой расхода химических средств на основе нового принципа их внесения на растения в тестовом полигоне КубНИИТиМ на поле 7/3 были проведены исследования РМ 229 на трех скоростях (12 км/ч, 14,3 км/ч и 17,2 км/ч) с нормой внесения препарата «Спрут Экстра, ВР» 2,5 дм³/га в сравнении с МТЗ-82+ОП-2000 с нормой внесения препарата «Спрут Экстра, ВР» 3,3 дм³/га и скоростью 12 км/ч [77, 92, 81].

Показатели условий определялась по стандарту [31]. Условия проведения лабораторно-полевых испытаний опытного образца в сравнении с базовым вариантом представлены в таблице 4.36 [77, 92, 81].

Таблица 4.36 – Показатели условий работы опрыскивателя при химической прополке

Наименование показателя	Значение показателя			
	При испытаниях лабораторно-полевых			
	Опытный вариант			Базовый вариант
Дата	24.09.2015- 16.10.2015г			
Скорость агрегата, км/ч	12 [8]	14,3	17,2	12
Норма препарата, л/га	2,5			3,3
Место проведения оценок:				
- наименование района	Курганинский район			

Окончание таблицы 4.36

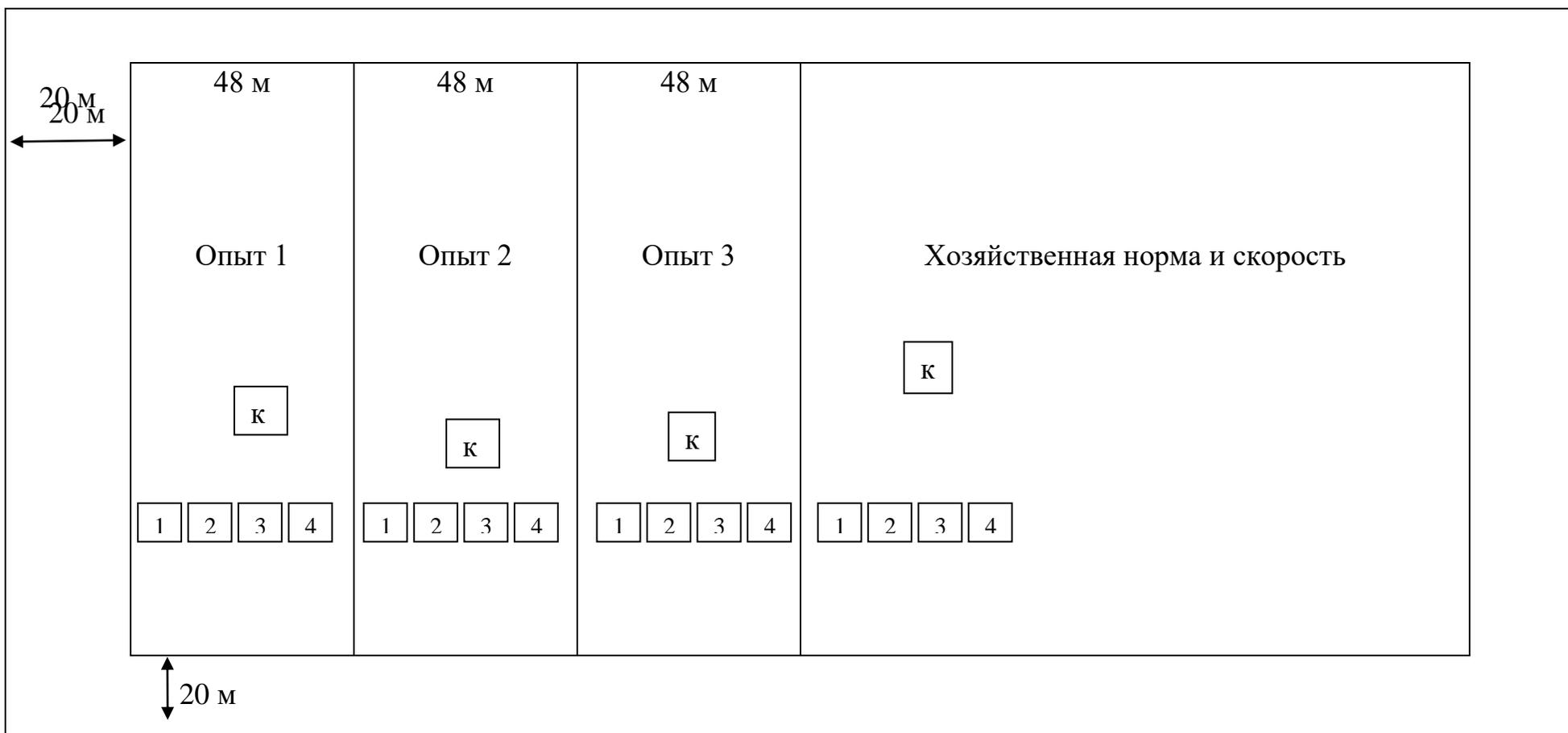
- наименование хозяйства	НТЦ КубНИИТиМ			
- номер поля	7/3			
Характеристика участка:				
- влажность почвы в слое от 0 до 10 см, %	23,7			
- твердость почвы в слое от 0 до 10 см, МПа	0,9			
Условия работы:				
- температура воздуха, °С	29,0			
- направленность ветра по отношению к движению машины, °	Восточный			
- скорость ветра, м/с	2,7			
Характеристика химпрепарата:				
Вид и наименование пестицида	«Спрут Экстра, ВР»			
Характеристика сорняков:				
- число сорняков, шт./м ² (при внесении гербицидов)	17,5	12,0	15,7	13,7
- стадия развития сорняков на момент обработки	Злаковые – 5-6 листьев			
- видовой состав сорных растений	Двудольные однолетние - цветение Амброзия, вьюнок полевой, лебеда, падалица озимой пшеницы			

Фотоизображения тестовых участков по удалению сорных растений МТА(ОП-2000+МТЗ-82) в начале выполнения опыта (24.09.20015) приведены на рисунках 4.69, 4.71 – 4.80 [77, 92, 81].



Рисунок 4.69 – Рамка (контроль) с полиэтиленовой пленкой для экранирования воздействия препарата на сорную растительность

Лабораторно – полевые исследования проводились по схеме полевого опыта, приведенной на рисунке 4.70.



Площадка К – контроль (не обработанные участки 1 м²)

Площадки 1, 2, 3, 4 – повторности учета на участках (1 м²)

Рисунок 4.70 – Схема закладки опытов по обработке сорных растений на поле 7/3

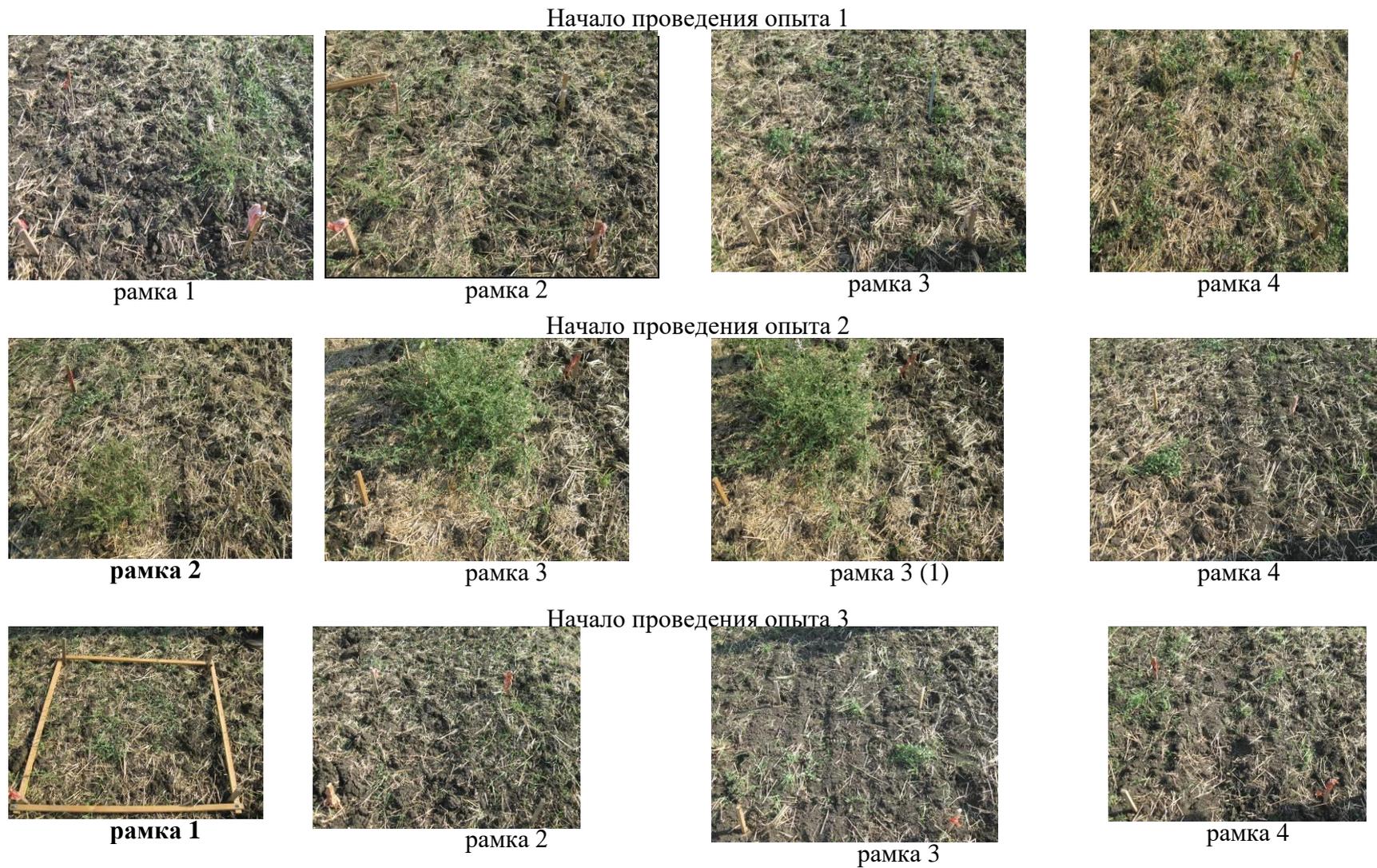


Рисунок 4.71- Закладка опытов на поле 7/3 для обработки сорных растений разрабатываемым опытным образцом



Рамка 1



Рамка 2



Рамка 3



Рамка 4

Рисунок 4.72 – Закладка опытов на поле 7/3 для обработки сорных растений базовым вариантом

Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки опрыскивателем ОП-2000 (при скорости его движения 12 км/ч ($3,33 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$)), в сравнении с контрольной рамкой, представлены рисунком 4.73.

ОПЫТ 1



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (24.09.2015)

Рисунок 4.73 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки опрыскивателем ОП-2000 (при скорости его движения 12 км/ч ($3,33 \text{ м с}^{-1}$)) в сравнении с контрольной рамкой

Результаты влияния препарата, промежуточного во времени (24.09.2015), на сорняки после их обработки на скорости 12 км/ч опытным образцом опрыскивателя при сопоставлении с контролем сорной растительности показаны на рисунке 4.74.



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (24.09.2015)

Рисунок 4.74 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 12 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой

Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 14,3 км/ч ($3,97 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой представлены рисунком 4.75.



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (24.09.2015)

Рисунок 4.75 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 14,3 км/ч ($3,97 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой

Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 17,2 км/ч ($3,97 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой представлены рисунком 4.76.



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (24.09.2015)

Рисунок 4.76 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 17,2 км/ч ($4,78 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой

Оценка промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки свидетельствовала о том, что на седьмой день после обработки поля отмечалась полная гибель падалицы озимой пшеницы, а на четырнадцатый день - полная гибель амброзии и лебеды.

Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки опрыскивателем ОП-2000 (при скорости его движения 12 км/ч ($3,33 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$)) в сравнении с контрольной рамкой представлены рисунком 4.77.



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (16.10.2015)

Рисунок 4.77 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки опрыскивателем ОП-2000 (при скорости его движения 12 км/ч ($3,33 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$)) в сравнении с контрольной рамкой

Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 12 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой представлены рисунком 4.78.



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (16.10.2015)

Рисунок 4.78 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 12 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой

Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 14,3 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой представлены рисунком 4.79.



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (16.10.2015)

Рисунок 4.79 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 14,3 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой

Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 17,2 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой представлены рисунком 4.80.



Рамка 1



Рамка 3



Рамка 2



Рамка 4



Контроль сорной растительности (16.10.2015)

Рисунок 4.80 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 17,2 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой

Результаты опытов агротехнической оценки приведены в таблице 4.37 [77, 81].

Таблица 4.37 – Результаты опытов агротехнической оценки

Наименование показателя	Значение показателя для агрегатов			
	МТЗ-82+РМ 229			МТЗ-82+ОП 2000
Скорость агрегата, км/ч	12,0	14,3	17,2	12,0
Норма препарата, дм ³ /га	2,5			3,3
Число сорных растений до прохода, шт.	17,5	12,0	15,7	13,7
Число сорных растений после прохода, шт. (на 7-й день)	Полная гибель падалицы озимой пшеницы			
Число сорных растений после прохода, шт. (на 14-й день)	Полная гибель амброзии и лебеды			
Число сорных растений после прохода, шт. (на 21-й день)	Не полная гибель вьюнка поле- вого	Полная гибель вьюнка полевого	Не полная ги- бель вьюнка по- левого	

Приведенные в таблице 4.37 данные свидетельствуют о преимуществе предлагаемого способа, реализованного МТА (МТЗ-82+РМ-229) при скорости его движения 17,2 км/ч [165, 77, 81, 92] и расходе рабочей жидкости 15,12 дм³/га.

4.9 Экологическая нагрузка на природу при применении пестицидов для защиты растений, методы и средства ее снижения

Охрана окружающей среды и ответственное природопользование становятся всё более важными задачами государственной политики. Это производственная экспериментально рациональная система общегосударственных, межгосударственных и общественных мероприятий, нацеленных на охрану, рационального применения природных ресурсов и совершенствование окружающей среды в интересах современного и грядущего поколений [35]. Одним из таких направлений является решение проблемы по снижению экологической нагрузки при применении пестицидов в технологии рациональной защиты растений путем их опрыскивания. Масштабность роста загрязнения окружающей среды обуславливает необходимость предпринимать специальные меры для сохранения и восстановления её качеств. Такие меры должны быть направлены на совершенствование технологии

использование пестицидов, снижающих загрязнения окружающей среды. [121-123].

Несовершенство технологии опрыскивания растений состоит в том, что неустойчивые аэрозольные системы в полидисперсном состоянии практически неуправляемы и под действием внешних условий мелкие капли распространяются в атмосферу, крупные капли с большим содержанием препарата оседают на почву, проникают в растения и в остаточном виде сохраняясь в растениеводческой продукции [121-123].

Несовершенство технологии опрыскивания растений влияет на биоту и здоровье человека, находящихся в окружающей среде.

При рациональном использовании ресурсов осуществляется решение существующей технологической проблемы применения пестицидов.

Среди основных факторов, способствующих загрязнению окружающей среды: является несовершенство технологии внесения: распыления жидкости в полидисперсном состоянии. Несовершенство технологии опрыскивания растений состоит в том, что мелкие капли сносятся ветром в окружающую среду, а крупные – оседают на почву и проникают в растения.

Известно, что видоизменение пестицидов следующее: воздух – растение почва – растение – травоядное животное – человек; почва – вода – зоофитопланктон – рыба – человек.

Биологически активного вещества, в воздухе рабочей зоны составляют 0,001-0,05 мг/м³ [36]. Такие допустимые значения концентраций не влияют негативно на жизнедеятельность микроорганизмов.

Согласно данным [126], применение штанговых опрыскивателей для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков в полной степени не удовлетворяет санитарным и гигиеническим нормам по безопасности обслуживающего персонала и окружающей среды [122]. Основная опасность зависит не от использования препарата, а от несовершенства применяемых технологий. При применении штангового опрыскивания большое количество рабочего раствора пестицида оседает на верхней стороне листьев и верхней части стеблей растений [36, 168].

Например, в капле диаметром 600 мкм содержится препарата в 64 раза больше чем в капле диаметром 150 мкм, которые применяются в предлагаемой технологии. Применение такого мелкодисперсного аэрозоля приводит к сокращению количества препарата на единицу обрабатываемой площади от 30 % и более [122].

Приведенные в каталогах рекомендации на основе статических исследований характеристик распылителей не соответствуют технологическим процессам опрыскивания растений [53]. Возникающие при этом воздействия на распыливаемую жидкость обуславливают изменение образуемого первоначально дисперсного состава в процессе образования коагуляции капель, происходящей за счет увеличения их количества в единице объема [91].

Для решения существующей экологической проблемы разработан способ и средство моделирования режимов работы распылителей для применяемой технологии опрыскивания растений при работе штанговыми опрыскивателями [70]. Моделированием работы распылителей в составе стендового оборудования экспериментально показана возможность получения информационных сведений об осаждении капельной жидкости, ее сносе в окружающую среду, равномерности ее распределения и дисперсности [80-83].

Для экологической безопасности опрыскивания растений предложен вариант их обрабатывания каплями рабочей жидкости, снижающий влияние метеоусловий на унос мелких капель [80-83]. Таким образом, технология мелкокапельного опрыскивания растений приводит к снижению расхода пестицидов на 20-40 % и более, установленных нормативов их расходования. Принудительным управлением мелкодисперсных капель обеспечивается равномерность их распределения и экологическая безопасность воздействия [92, 93].

Следовательно, использование рекомендуемых пневмогидравлических устройств снижает расходы пестицидов в применяемой технологии опрыскивания растений, т.к. "главная опасность окружающей среде и человеку исходит не только от пестицидов, сколько от несовершенства технологии их применения" [80-83]. Устранение сноса в окружающую среду мелкодисперсного аэрозоля при приме-

нении предлагаемой технологии опрыскивания растений штанговыми опрыскивателями является важнейшим экологическим показателем.

4.10 Выводы по главе

1 С использованием стендового оборудования установлена возможность совершенствования метода и средства оценки рациональных режимов работы опрыскивающей техники для ресурсосберегающих технологий в интересах защиты растений.

2 Сравнительными экспериментальными исследованиями получения данных по основному критерию опрыскивания медианно массовому диаметру (ММД) капель моделированием работы распылителей жидкости и при лабораторно-полевых исследованиях опрыскивателя со скоростями движения от 13,5 км/ч до 18,72 км/ч установлено, что наиболее близкое совпадение ММД капель (6,69 %) для скорости движения опрыскивателя 16,2 км/ч.

3 Опрыскиванием растений опрыскивателем ОП 2000+МТЗ-80 показано, что норма препарата снижается в 1,32 раза при скорости движения опрыскивателя 17,2 км/ч.

На штанговом опрыскивателе объемного принципа действия пневматических устройств со щелевыми и дисковыми распылителями сокращается их количество в 3 раза с соответствующим снижением расхода рабочей жидкости до 25 дм³/га и 10 дм³/га. Снижается производительность насоса от 151 дм³/ч до 12 дм³/ч и 23 дм³/ч соответственно по сравнению с базовым вариантом; сокращается расход препарата до 2,5 раз; применение инъекции капель факелов распыла сохранит образованное их количество и выполнять агротехнические требования с повышенными в 1,4 раза скоростями передвижения опрыскивателя при увеличенной в 1,6 раза высоте расположения распылителей над объектами обработки по сравнению с рекомендуемой для традиционных технологий.

4 По результатам воздействия препарата на сорную растительность на участке опыта со скоростью движения 17,2 км/ч опытного образца опрыскивателя

с нормой расхода рабочей жидкости и расходом препарата 15,12 дм³/га и 2,5 дм³/га

соответственно наблюдалась полная гибель сорной растительности, включая вьюнок полевой.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЙ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОПРЫСКИВАНИЮ РАСТЕНИЙ

5.1 Экономическая эффективность использования метода моделирования работы распылителей штанговых опрыскивателей на базе рекомендованного состава стендового оборудования

Технологический процесс распределения рабочей жидкости по обрабатываемой площади осуществляется опрыскиванием с применением технического средства. При этом в соответствии с ГОСТ Р 53053 [32] количественной оценкой процесса распыливания жидкости является дисперсность, а критерием способа опрыскивания – средневзвешенный медианно-массовый диаметр капель d_m (мкм) в образующемся спектре распыла, определяющийся по интегральной кривой распределения размеров капель из условия – половина массы жидкости заключено в каплях $d < d_m$. При определении технологического процесса испытания режима работы штангового опрыскивателя, как указано по ГОСТ Р 53053 [32], в лабораторно-полевых опытах, рабочая скорость технического средства определяется на отрезке длиной не менее 50 м длиной. Число учетных карточек по ширине захвата определяют, исходя из их расстановки с шагом не более 0,2 м. Карточки раскладывают длинной стороной по ходу движения машины [32].

При ширине захвата штанги опрыскивателя, например, 22 м, число учетных карточек в одном ряду составляет 110 шт.

Опыт по определению показателей дисперсности проводят в трехкратной повторности

Испытание технологии работы распылителя одного производителя только 8 типов сопел при 10 рекомендуемых в каталогах давлениях жидкости, на 5 высотах их расположения над обрабатываемыми предметными карточками и различных скоростях передвижения в лабораторно-полевых условиях осуществить практически не возможно в связи отсутствия приборного оснащения и методической базы, что и определило перспективную значимость моделирования технологий распы-

лителей опрыскивателей в лабораторных условиях. Для моделирования технологий распылителей предложен метод их испытаний в лабораторных условиях, исключая проведение трудоемких полевых работ. Для осуществления предложенного метода моделирования технологий распылителей разработано стендовое оборудование. При испытании распылителей на стендовом оборудовании воздушный поток создается вентилятором мощностью 1,7 кВт. Подача жидкости в распылитель осуществляется электронасосом ELP.TRIAL 9/12 116103973 с приводом от блока питания CRPVN500-12. Классовое осаждение капельной жидкости происходит в расположенные перпендикулярно желобки с ее сбором в мерные стаканчики и использования данных для расчета ММД капель в соответствии с ГОСТ Р 53053 [32].

Исходные данные для экономической оценки базового образца МТЗ-82+ +ОП-22 - 2000 при сравнении с предложенным методом моделирования технологий распылителей штанговых опрыскивателей, реализованном в рекомендуемом стенде [7, 12], приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для экономической оценки при сравнении базового образца МТЗ 82+ОП-22 - 2000 с предложенным методом моделирования технологий распылителей штанговых опрыскивателей, осуществленным с применением разработанного стендового оборудования

№ п/п	Наименование показателя	Базовый образец	Новый образец
		МТЗ 82+ + ОП-22-2000	стендовое оборудование для осуществления предложенного метода моделирования технологий распылителей опрыскивателей
1	2	3	4
1	Число обслуживающего персонала, чел.:		
	– инженер;	1	1
	– механизатор;	1	-
	– техник;	4	-
	– агроном;	1	-
	– водитель автобуса	1	-
2	Количество распылителей, шт.	44	44

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4
5	Мощность электродвигателя вентилятора для создания воздушного потока, кВт		
6	Мощность насоса для подачи жидкости к распылителям, кВт	1,8	1,8
7	Скорость движения (воздушного потока в области факела распыла жидкости), км/ч (м/с)	12,9 (3,58)	12,9 (3,58)
8	Средняя мощность компьютера с принтером, используемых для обработки полученных данных, кВт	0,3	0,3
9	Стоимость активного потребления электроэнергии 1 квтч, руб.	4,44	4,44
10	Цена 1 л дизтоплива, руб.	38,6	-
11	Цена 1 л бензина Аи 92, руб.	39,5	-
12	Цена 1 м ³ воды, руб.	35,37	35,37
13	Цена 1 л красителя, руб.	700	-
14	Количество израсходованной воды, л	100	70
15	Количество израсходованного красителя, л	1	-
16	Время обработки карточек на ПК, ч	5,5	-
17	Время расчета ММД капельной жидкости, ч	-	0,3

Данные в таблице 5.1 приняты в расчете экономической эффективности имитации технологии опрыскивания с использованием предложенного стенда и базового образца МТЗ 82+ ОП – 22 – 2000, приведенной в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Экономическая эффективность использования стандового оборудования при имитации технологии и процесса работы распылителей опрыскивателей в сравнении с агрегатом МТЗ - 82+ ОП -22 - 2000.

Наименование показателя	Значение показателя по образцам сравниваемой техники		Индекс изменения показателя, %, стандового оборудования для осуществления метода моделирования технологий распылителей опрыскивателей по отношению к МТЗ - 82+ОП -22 - 2000
	базовой	новой	
1	2	3	4
Цена оборудования, руб.: - цена трактора МТЗ-82, руб. - цена опрыскивателя ОП 2000, руб. - лабораторно-агрономическое оборудование, руб. Затраты средств на воду, руб. Затраты средств на краситель, руб.	1563032 1220000 292032 51000 3,54 700	169000+40000 работа=209000 2,48	
ИТОГО: затраты денежных средств на оборудование и материалы, руб.	1563735,54	209002,48	86,63
Затраты средств на электроэнергию, руб. - на работу электродвигателя вентилятора, руб. - на работу насоса для подачи жидкости в распылитель, руб. - на работу ПК, руб.	7,33 - - 7,33	38,23 35,82 1,31 1,10	
Затраты средств на топливо, руб. - работа агрегата МТЗ 82+ОП-22-2000, руб./га; - перевозка людей, руб.	240 40 200		
ИТОГО: затраты денежных средств на электроэнергию и топливо руб.	247,33	38,23	84,54

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4
Затраты средств на оплату труда: - инженер, руб.;	7940 (180,5 -на опыт)	7940 (180,5 -на опыт)	
- механизатор, руб./га;	6740+336 (напряженность)+1342 (классность)=8418(191,32)	-	
- техник (4 чел.), руб.;	6598x4=26392 (599,82)	-	
- агроном, руб.;	7940 (180,5 -на опыт)	-	
- водитель автобуса, руб.	6740+336 (напряженность)+1342 (классность)=8418 (191,32)	-	
ИТОГО: затраты денежных средств на оплату труда, руб.	1343,46	180,5	12,13
Всего затрат денежных средств, руб.	1603296,87	209221,21	86,95

Результаты приведенных в таблице 5.2 расчетов показывают, что индекс изменения показателя стендового оборудования для метода моделирования технологий распылителей опрыскивателей по отношению к МТЗ - 2 +ОП - 22 – 2000 составляет по затратам в %:

- средств на оборудование и материалы - 86,63;
- средств на электроэнергию и топливо - 84,54;
- средств на оплату труда - 12,13.

В целом индекс изменения показателя предлагаемого стенда по отношению к применяемому в полевых условиях (МТЗ - 82+ +ОП - 22 – 2000) по затратам равен 86,95 %:

Эффективность моделирования технологии и процесса работы распылителей опрыскивателей, в сравнении с агрегатом МТЗ - 82+ОП -22 – 2000 равна 1394075,66 руб.

В полевых условиях при применении технических средств в работе эффективность не определяется по причине отсутствия приборного оснащения.

5.2 Экономическая эффективность внедрения усовершенствованных средств опрыскивания растений

При расчете экономической эффективности рассматривался штанговый опрыскиватель с воздушным рукавом. В качестве распылителей были взяты разработанные пневмомеханические и пневмогидравлические устройства с дисковыми и щелевыми распылителями жидкости.

Базовым вариантом был принят- штанговый опрыскиватель с системой воздушного сопровождения капель, создаваемых щелевыми распылителями жидкости (таблицы 5.3 и 5.4) .

Значения таблиц 5.3 и 5.4 показывают, что индекс изменения показателя вариантов в % равен 46,30 % и 46,71 % соответственно. Эффективность между предлагаемыми первым и вторым вариантами опрыскивания в сравнении с при-

Т а б л и ц а 5.3 – Исходные данные для экономической оценки новых вариантов штангового опрыскивателя с воздушным рукавом, при условии его оснащения пневмомеханическими устройствами с дисковыми и щелевыми распылителями жидкости в сравнении с базовым вариантом: штанговым опрыскивателем с системой воздушного сопровождения капель, создаваемых щелевыми распылителями жидкости

№ п/п	Наименование показателя	Базовый вариант	Новый вариант	
			устройства с дисковыми распылителями жидкости	устройства со щелевыми распылителями жидкости
1	Рабочая ширина захвата штанги опрыскивателя, м	22	22	22
2	Скорость движения опрыскивателя, км/ч	10	10	10
3	Производительность нагнетательного (двух вентиляторов) вентилятора, м ³ /ч	(84000)	6000	6000
4	Мощность вентилятора для обеспечения воздушного сопровождения капель, создаваемых щелевыми распылителями штангового опрыскивателя, кВт	15,26	2,42	2,42
5	Производительность насоса, дм ³ /ч	151	12	23
6	Количество форсунок со щелевыми (дисковыми) распылителями жидкости, шт.	44	(6)	24
7	Количество (отверстий для выхода воздуха из воздухораспределительного рукава) пневматических устройств с дисковыми (со щелевыми) распылителями жидкости, шт.	(42)	6	6
8	Расход воздуха через (42 отверстия диаметром 0,05 м при давлении внутри воздухораспределительного рукава 716 Па) и в 6 устройствах при давлении внутри воздухораспределительного рукава 1572 Па, м ³ /ч	(10386)	1944	3198
9	Норма расхода рабочей жидкости (емкость рабочей жидкости 2500 л), дм ³ /га	100	30	60
10	Площадь, обработанная одной заправкой, га	25	83,4	41,7
11	Количество заправок водой для обработки 100 га, шт.	4	1,2	2,4
12	Количество израсходованной воды на обработку 100 га, т	10 т	3 т	6 т
13	Цена 1 м ³ воды, руб.	35,37	35,37	35,37
14	Цена 1 л дизтоплива, руб.	38,6	38,6	38,6
15	Фактическое время израсходования рабочей жидкости 2500 дм ³ , ч	1,14	3,8	1,9
16	Фактическое время заправки емкости опрыскивателя рабочей жидкостью при производительности заправочного насоса 150 дм ³ /мин, ч	0,28	0,28	0,28
17	Время, затраченное на заправку при обработке опрыскивателем 100 га, ч	1,12	0,34	0,67
18	Время, затраченное на обработку 100 га, ч	5,67	4,89	5,22

Таблица 5.4 – Сравнительная экономическая эффективность предлагаемого способа и разработанных на его основе конструкций пневматических устройств, обеспечивающих нанесение капель распыливаемой жидкости на объекты обработки в сравнении с базовым вариантом, применяемым в опрыскивателе объемного принципа действия

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам сравнения техники		Индекс изменения показателя, %		
	Базовый вариант	Новый вариант			
	Опрыскиватель с воздушным рукавом и системой воздушного сопровождения капель, создаваемых распылителями жидкости щелевого принципа действия	Опрыскиватель с воздушным рукавом при условии его оснащения пневматическими устройствами с дисковыми и щелевыми распылителями жидкости	устройства с дисковыми распылителями жидкости	устройства со щелевыми распылителями жидкости	
		устройства с дисковыми распылителями жидкости	устройства со щелевыми распылителями жидкости		
Цена штангового опрыскивателя с воздушным рукавом, руб.	1234000	662600	657600	46,30	46,71
Затраты денежных средств на оплату израсходованной воды, руб.	35,37x10= 353,70	35,37x3= 106,11	35,37x6= 212,22	70,00	40,00
Затраты денежных средств на горючесмазочные материалы (+заправщик рабочего раствора), руб.	12 л x 6,79 ч x 38.6= 3145,13	12 л x 6 ч x 38.6= 2779,20	12 л x 6 ч x 38.6= 2779,20	11,63	11,63
Затраты денежных средств на оплату механизатора, выполняющего работу на тракторе с опрыскивателем, руб.	23x125 га=2875 2300	23x151 га=3473 2300	2300	0	0
Всего затрат денежных средств, руб.	1236685,15	667185,31	662891,42	46,11	46,40

меняемым составляет 569499,84 руб. и 573793,73 руб. соответственно. По данным таблицы 6.4 следует отметить, что имеется незначительное отличие в экономической эффективности 4293,89 руб. между предлагаемыми вариантами.

5.3. Экономическая эффективность выполнения работ по опрыскиванию сельскохозяйственных растений в хозяйственных условиях

Сравнительная экономическая эффективность на сопоставимый объем работ в типичном хозяйстве (Гусаков В.Г.(2008) Аграрная энциклопедия: термины и понятия: энцикл. справ./ В.Г. Гусаков, Е.И. Дереза. – Минск: Беларусь. наука. 2008. С.366-367.) рассчитывалась по программе «Технолог».

За аналог при расчете сравнительной экономической эффективности на сопоставимый объем работ в типичном хозяйстве (Гусаков В.Г.(2008)) был принят опрыскиватель навесной ОН – 12.

Исходные значения для расчета сравнительной экономической оценки исследуемого варианта в сравнении с базовым приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Исходные значения для расчета экономической оценки

Наименование показателя	Значение показателя	
	Базовый вариант МТЗ-82 + ОН-12	Исследуемый вариант МТЗ-82 + РМ-229
Скорость передвижения, км/ч	10,8	16,4
Ширина захвата, м	12,0	
Производительность за 1 ч, га:		
- основного времени	12,96	19,69
- сменного времени	8,27	13,59
Удельный расход топлива за время сменной работы, кг/га	0,4	0,57
Расход рабочей жидкости, дм ³ /га	182,9	15,29

С учетом исходных значений, приведенных в таблице 5.5, по программе «Технолог» были проведены расчеты в соответствии с ГОСТ 34393.

Результаты таких расчетов представлены данными таблиц 5.6 - 5.10.

Задача: РМ-229

НТЦ КубНИИТиМ РМ-229

Таблица 5.6 – Структура машинотракторного парка и его основная технико-экономическая характеристика

Место испытания – НЭС КубНИИТиМ Механизаторов – 1

Водителей – 0

С.-х. рабочих – 0

Марка машины	Годовой объем работ, га	Пиковая потребность машин, шт.	Нормативная годовая загрузка, ч	Фактическая годовая загрузка, ч	Срок службы машины, лет		Цена одной машины, тыс. руб.	Капитальные вложения, тыс. руб.
					за техн. ресурс	за амортиз. ресурс		
1 МТЗ-82	1000,00	1	800,00	73,58	10,0	10,0	971,67	971,67
2 РМ-229	1000,00	1	200,00	73,58	8,0	6,0	228,43	228,43
Всего по комплексу машин:	1000,00							1200,10

Таблица 5.7 - Структура машинно-тракторного парка и его основная технико-экономическая характеристика

Задача: ОН-12

Место испытания - НТЦ КубНИИТиМ

Механизаторов -2

Водителей - 0

С.-х. рабочих - 0

Марка машины	Годовой объем работ, га	Пиковая потребность машин, шт	Нормативная годовая загрузка, ч	Фактическая годовая загрузка, ч	Срок службы машины, лет		Цена одной машины, тыс. руб.	Капитальные вложения, тыс. руб.
					за техн. ресурс	за амортиз. ресурс		
1 МТЗ-82	1000,00	3,00	800,00	40,31	10,00	10,00	971,67	2915,01
2 ОН-12	1000,00	3,00	200,00	40,31	8,00	6,00	90,00	270,00
Всего по комплексу машин:	1000,00							3185,01

Таблица 5,8 - Эксплуатационно-технологические показатели и затраты труда

Место испытания -
НЭС КубНИИТиМ
Культура - озимая
пшеница

Предшественник - кукуруза на зерно

Комплекс - уход за посевами

Вид работы, выполняемой комплексом, объем работ, га	Состав агрегата: энергомашина, с.-х. машина сцепка	Фактическая загрузка, ч	Число обслуживающего персонала, чел.	Производительность, га/ч			Расход топлива		Затраты труда	
				основная	сменная	эксплуатационная	удельный расход	расход на объем работ	на га, чел/ч	на объем работ, чел/ч
							диз. топлива, кг/га	диз. топлива, кг		
Опрыскивание 1000 га	МТЗ-82	40,31	3,00	12,96	8,27	8,27	0,40	400,00	0,12	120,00
	ОН-12	40,31					0,40	400,00	0,12	120,00
Итого по комплексу:							0,40	400,00	0,12	120,00
Итого по предшественнику:							0,40	400,00	0,12	120,00
Итого по культуре:							0,40	400,00	0,12	120,00
Всего:							0,40	400,00	0,12	120,00

Задача: ОН-12

НТЦ КубНИИТиМ РМ-229

Таблица 5.9 – Эксплуатационно - технологические показатели и затраты труда

Место испытания – НЭС КубНИИТиМ

Культура: озимая пшеница

Предшественник: кукуруза на зерно

Комплекс: уход за посевом

Вид работы, выполняемой комплексом, объем работ, га	Состав агрегата: энергомашина, с.-х. машина сцепка	Фактическая загрузка, ч	Число обслуживающего персонала, чел.	Производительность, га/ч			Расход топлива		Затраты труда	
				основная	сменная	эксплуатационная	удельный расход	расход на объем работ		
							диз. топливо кг/га	диз. топливо кг		
опрыскивание (1000 га)	МТЗ-82 РМ-229	73,58 73,58	1	19,69	13,59	13,59	0,57	570	0,07	70
Итого по комплексу							0,57	570	0,07	70
Итого по предшественнику							0,57	570	0,07	70
Итого по культуре							0,57	570	0,07	70
ВСЕГО							0,57	570	0,07	70

Таблица 5.10 – Показатели сравнительной экономической эффективности на сопоставимый объем работ в типичном хозяйстве

Операция	Вариант агрегата	Состав агрегата		Потребность, шт.	Капитальные вложения, тыс. руб.	Сумма годовой остаточной стоимости, тыс. руб.	Показатели сравнительной экономической эффективности на объем работ					
		энергосредство	с.-х. машина				Производств. затраты на объем работ, тыс. руб.	Степень снижения, %	Итого годовых затрат без ост. стоим., тыс. руб.	Затраты труда, чел.-ч	Степень снижения, %	Годовая эконом. затрат труда, чел.-ч
Опрыскивание	Базовая	МТЗ-82	ОН-12	3,00	3185,01	2,29	78,68	5,43	76,39	120,00	41,67	50,00
	Новая	МТЗ-82	РМ-229	2,00	2400,20	3,53	74,41		70,88	70,00		
Итого по комплексу:	Базовая			0,00	3185,01	2,29	78,68	5,43	76,39	120,00	41,67	50,00
	Новая			0,00	2400,20	3,53	74,41		70,88	70,00		
Итого по предшественнику:	Базовая			0,00	3185,01	2,29	78,68	5,43	76,39	120,00	41,67	50,00
	Новая			0,00	2400,20	3,53	74,41		70,88	70,00		
Итого по культуре:	Базовая			0,00	3185,01	2,29	78,68	5,43	76,39	120,00	41,67	50,00
	Новая			0,00	2400,20	3,53	74,41		70,88	70,00		
Всего:	Базовая			0,00	3185,01	2,29	78,68	5,43	76,39	120,00	41,67	50,00
	Новая			0,00	2400,20	3,53	74,41		70,88	70,00		

Приведенные в таблице 5.10 показатели сравнительной экономической эффективности на сопоставимый объем работ в типичном хозяйстве свидетельствуют о том, что производственные затраты на объем работ (тыс. руб.) при применении новой технологии при опрыскивании 1 га на **5,51** руб. меньше, чем при применении базового варианта опрыскивания без учета экономии стоимости препарата, экономия которого на данный момент времени составляет примерно **537,6** руб. на га.

С учетом стоимости заправочных работ водой (заправки основной емкости водой из скважины, заправка водой из основной емкости в емкость заправщика и заправка водой из емкости заправщика в емкость опрыскивателя) экономия составляет **0,523** руб. на га.

Стоимость воды на один га составляет **6,0** руб.

Таким образом, экономия при годовом объеме работ на 1000 га новым способом опрыскивания составляет **549633** руб.

Срок окупаемости капиталовложений новой техники для выполнения годового условного объема рассчитывался по ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки п.7 и составил 0,21 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 В результате исследований закономерностей взаимодействия элементов воздушно-дисперсной системы на объекты назначения. установлено, что применение рациональной технологии штанговых опрыскивателей растений при их защите возможно только на основе совершенствования методов и средств моделирования режимов работы распылителей. Основным направлением повышения качества опрыскивания растений является совершенствование методов и средств пневматического транспортирования капель распыливаемой распылителями жидкости к растениям в соответствии с назначением опрыскивателей.

2 Для моделирования работы распылителей жидкости опрыскивателей обоснована конструктивная схема пневматического устройства стендового оборудования. Опытными данными моделирования распылителей в сравнении с данными исследований распылителей жидкости в составе опрыскивателя установлено, что их отличие по основному критерию медианно-массовому диаметру капель не превышает 21%.

3 В результате исследований разработаны устройства пневмомеханического и пневмогидравлического принципа действия для транспортирования воздушно-капельной системы с шириной осадения более 4 м при одновременном препятствии их сноса в окружающую среду.

4 На основе режимов работы пневмогидравлического устройства проведены расчеты воздухораспределительной системы опрыскивателя с воздушным сопровождением капель к растениям. Определены коэффициенты сопротивления участков системы, потери давления 464 Па, обусловленные воздушной струей, которые определили производительность вентилятора $L = 1,35 \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$.

Расчетами оптимизирована высота расположения пневмогидравлического устройства 0,77 м, обеспечивающая функционирование опрыскивателя на скоростях движения 17 км/ч и более.

5 Сравнительными экспериментальными исследованиями получения данных моделированием работы распылителей жидкости и при лабораторно-полевых ис-

следованиях опрыскивателя со скоростями движения от 13,5 км/ч до 18,72 км/ч установлено, что наиболее близкое совпадение ММД капель (6,69 %) для скорости движения опрыскивателя 16,2 км/ч.

6 Исследованиями опытного образца опрыскивателя при сопоставлении с опрыскивателем ОП 2000+МТЗ-80 показано, что норма препарата «Спрут - Экстра, ВР» снижается в 1,32 раза при скорости движения опрыскивателя 17,2 км/ч.

На штанговом опрыскивателе объемного принципа действия пневматических устройств со щелевыми и дисковыми распылителями сокращается их количество в 3 раза с соответствующим снижением расхода рабочей жидкости до 25 дм³/га и 10 дм³/га. Снижается производительность насоса от 151 дм³/ч до 12 дм³/ч и 23 дм³/ч соответственно, по сравнению с базовым вариантом; воздушно-распределительная система с пневмогидравлическими устройствами и применение инъекции капель факелов распыла, сохранит образованное их количество, что позволит выполнять агротехнические требования с повышенными в 1,4 раза скоростями передвижения опрыскивателя при увеличенной в 1,6 раза высоте расположения распылителей над объектами обработки.

7 Экономия совершенствования технологии опрыскивания составляет:

- при применении стандового оборудования 1394075,66 руб.;
- при применении в опрыскивателе с воздушным рукавом пневматических устройств с дисковыми и щелевыми распылителями 569499,84 руб. и 573793,73 руб. соответственно;
- при годовом объеме работ на 1000 га новым способом опрыскивания с пневмогидравлическими устройствами 549633 руб.

Срок окупаемости капиталовложений новой техники для выполнения годового условного объема составил 0,21 лет.

Рекомендации производству

Моделирование режимов работы распылителей в разработанном устройстве может быть использовано для получения данных о дисперсности наряду с существующей в каталогах.

Разработанные конструкции пневмогидравлических и пневмомеханических устройств могут быть использованы в системах воздушного сопровождения капель к растениям для замены существующих решений.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Исследовать моделирование работы распылителей по получению показателей классового распределения дисперсности для современных технологий опрыскивателей.

Совершенствовать методы и средства по снижению коагуляции полидисперсного аэрозоля для высокопроизводительных технологий штанговых опрыскивателей.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АОС	– аэрозолеобразующий состав
АФА	– аналитический аэрозольный фильтр
ДАК	– динамическая аэрозольная камера
КПД	– коэффициент полезного действия
ММД	– медианно – массовый диаметр
МИС	– машиноиспытательная станция
МО	– малообъемное опрыскивание
НД	– нормативная документация
НИР	– научно–исследовательские работы
ПК	– персональный компьютер
ТУ	– технические условия
УМО	– ультрамалообъемное
ФГУ	– федеральное государственное учреждение
ФГБНУ	– федеральное государственное бюджетное научное учреждение
ЭВМ	– электронно–вычислительная машина
G	– сила тяжести, Н
$G_{\text{возд. зазор}}$	– расход воздуха через зазор, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$
$G_{\text{возд. отв}}$	– расход воздуха через отверстие, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$
$G_{\text{возд. тру}}$	– расход воздуха через направляющую трубку, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$
g	– ускорение свободного падения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
P	– энергия механического импульса, $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
$V_e (V_b)$	– скорость воздушного потока, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
v	– скорость, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
W	– относительная скорость, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
λ	– коэффициент сопротивления воздушной среды
μ	– динамическая вязкость воздуха, $\text{кг} / \text{м} \cdot \text{с}$
μ_0	– коэффициент расхода отверстия
ν	– кинематическая вязкость воздуха, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$
ρ	– плотность воздуха, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$
φ	– коэффициент скорости

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Абрамович, Г. Н. Турбулентные свободные струи жидкости и газа [Текст] / Г. Н. Абрамович. – М. - Л: Госэнергоиздат, 1948. – 288 с.
- 2 Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика, ГИТТЛ, Изд. 2, перераб.1953. 512 с.
- 3 Абрамович, Г. Н. Теория турбулентных струй [Текст] / Г. Н. Абрамович. – М.: Физматиздат, 1960. – 716 с.
- 4 Акульшина, Л. Г., Арефьев, В. Н., Никифорова Н. К., Щелчков Г. И. Фотоэлектрический прибор для измерения спектра и концентрации жидких частиц аэрозоля. Труды ИПГ, вып. 7, 1967.
- 5 Альтшуль, А. Д. Местные гидравлические сопротивления при движении вязких жидкостей и газов. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. - М., Недра, 1982. – 224 с.
- 6 Альтшуль, А.Д., Киселев, П.Г. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости) [Текст]: учебники и учебные пособия для студентов технических вузов. –М.:–2–е изд., перераб. и доп. М., Стройиздат, 1975.–323 с.
- 7 Амелин, А.Г. Теоретические основы процесса образования тумана при конденсации пара. Монография. – М.: Химия, 1966. – 294 с.
- 8 Амелин, А.Г., Беляков, И.М. Осаждение частиц из потока на обтекаемых предметах // Коллоидный журнал. 1956. Т. XVIII. Вып. 4. С. 388–394.
- 9 Амелин, А.Г., Беляков, М.И. Осаждение частиц из потока на обтекаемых объектах (Научный институт по удобрениям и инсектофунгицидам) с.53-64 в кн. Аэрозоли и их применение / Под ред. Амелина А. Г. – Труды II и III межведомственных совещаний по аэрозолям при ВАСХНИЛ. – М.: Изд – во МСХ СССР, 1959. – 228 с.).
- 10 А.с.178657 СССР МКИ³ G 01 21 / 03 Динамическая аэрозольная камера [Текст] / И.М. Киреев, К.А. Лазарев, К.А. Уразов (СССР). – № 3031949; заявл. 25.12.1981; опубл. 07.09.1982. – 3 с.: ил.
- 11 А.с.193779 дополнительное к авторскому свидетельству 178657 СССР МКИ³ G 01 21 / 03 Динамическая аэрозольная камера [Текст] / К.А. Лазарев И.М.

Киреев, Д.А. Логинов (СССР). № 3054813, заявл. 06.12.1982; опубл. 04.10.1983. – 3 с.: ил.

12 Боровский, Н. В., Волковицкий, О. А. Большая аэрозольная камера. Труды ИПГ, вып. 7, 1967.

13 Бутаков, С.Е. Аэродинамика систем промышленной вентиляции [Текст] / С. Е. Бутаков, д-р техн. наук проф.; ВЦСПС. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т охраны труда. – М.: [изд-во и 1-я тип. Профиздата], 1949. – 271 с.

14 Бутаков, С.Е., Столлер, В.Д. Воздушные завесы в горячих цехах. – В.кн. Вентиляция в металлургической промышленности . Под ред. В.А. Штомберга. – М., 1968. С. 145 – 164.

15 Вальберг, А.Ю., Исянов, Л.М., Яламов, Ю.И. Теоретические основы охраны атмосферного воздуха от загрязнения промышленными аэрозолями [Текст]: учебное пособие / А.Ю. Вальберг, Л.М. Исянов, Ю.И. Яламов. – Санкт – Петербург.: МП "НИИОГАЗ – ФИЛЬТР" – СПбТИ ЦБП, 1993. – 235 с.

16 Велецкий, И. Н., Лепехин, Н.С. Малообъемное рециркуляционное опрыскивание [Текст] / И. Н Велецкий, Н.С. Лепехин // Защита растений. – М., 1982. - № 4. – С.6–7.

17 Велецкий, И. Н. Механизация защиты вегетирующих растений [Текст] / И. Н Велецкий // Защита растений. – М., 1986. - №3. - С.17–21.

18 Велецкий, И. Н. Перспективы развития механизации. [Текст] / И. Н. Велецкий // Защита растений. – М., 1986. - №1. - С.34–35.

19 Велецкий, И. Н. Технология применения гербицидов [Текст] / Аэрозоли в защите растений // Всесоюз. акад. с-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Колос, 1982, – С.16–26.

20 Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М.: Физматгиз, 1962. – с. 564.

21 Веретенников, Ю.М., Лысов, А.К. Как отрегулировать опрыскиватель, проверить качество опрыскивания ? [Текст] / Ю.М. Веретенников, А.К. Лысов // Защита растений. – М., 1993. - №9. – С. 48–51.

22 Веретенников, Ю.М., Лысов, А.К. Регулировка штанговых опрыски-

вателей [Текст] / Ю.М. Веретенников, А.К. Лысов // Защита растений. – М., 1994. - №4. – С. 29–31.

23 Веретенников, Ю.М., Чугунов, А.И. Некоторые вариации вокруг коэффициента вариации [Текст] / Ю.М. Веретенников, А.И. Чугунов // Защита растений. – М., 1991. - №2. –С.13–15.

24 Волощук, В. М. Введение в гидродинамику грубодисперсных аэрозолей [Текст] / В. М. Волощук, – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 208 с.: ил.

25 Вукалович, М.П., Новиков, И.И. «Техническая термодинамика» [Текст]: 3-е, изд., перераб. и доп. – М.: Государственное энергетическое изд-во, 1962. Под ред. М. П Вукаловича. – 304 с. с черт.

26 Вялых, В. А.. Совершенствование и разработка технологий и технических средств защиты растений: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01: защищена 20.12.02006. Рамонь, 2006., 549 с. ил. РГБ ОД, 71:07-5/298.

27 Гейсбюлер, Х. Химический метод – настоящее и будущее [Текст] / Х. Гейсбюлер // Защита растений. – М., 1982. - № 4. – С.8.

28 Гиршович, Т.А. К расчету параметров плоских турбулентных струй в сносящем потоке. ИФЖ, т.ХХV. – 1973. - №5С. 32-39.

29 Гиршович, Т.А. Теоретическое и экспериментальное исследование плоской турбулентной струи в сносящем потоке. Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. – 1966. - №1. – С.121-126.

30 Горошко, В.Д., Розенбаум, Р.Б., Тодес, О.М. Приближенные закономерности гидравлики взвешенного слоя и стесненного падения. – Изв. вузов «Нефть и газ».1958, №1, с.125-131.

31 ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний [Текст]. Введ. 2013–01–01. –М.: ФГУП «Стандартинформ»: Изд-во стандартов, 2013. – 24 с.

32 ГОСТ Р 53053 – 2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. – Введ. 2009–01–01. –М.: Национальный Стандарт Российской Федерации: ФГУП «Стандартинформ», 2009. – 41 с.

33 ГОСТ ИСО 5682-1-2004. Оборудование для защиты растений. Оборуду-

дование распылительное. Часть 1. Методы испытаний распылительных насадок [Текст]. – Введ. в действие в качестве нац. ст-та 01–01–2008. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартиформ. 2009. – 14 с.: ил.

34 ГОСТ 13646 – 68. Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия [Текст]. – Введ. 1970–01–01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1970. – 10 с.

35 Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы [Текст]: от 14.07.2007 г. № 446 – М.: Правительство. – 47 с.

36 Государственный каталог пестицидов, разрешенных к применению на территории российской Федерации. 2008 г.

37 Дерягин, Б. В., Чураков, В. В., Власенко, Г. Я. Поточный ультрамикроскоп с автоматическим счетом аэрозольных частиц. Коллоидный журнал, 23, вып. 2, 1961.

38 Дунский, В.Ф. Обработки сельскохозяйственных полевых культур грубодисперсными аэрозолями, физический механизм процесса и методы расчета / Аэрозоли в сельском хозяйстве. М.: «Колос», 1973. С.41–61.

39 Дунский, В.Ф., Мондрус, Л.Н. О критическом числе Стокса при инерционном осаждении [Текст] // Физика атмосферы и океана. 1972. Т. VIII. № 1. – С. 99–102.

40 Дунский, В.Ф., Никитин, Н.В., Механическое распыление жидкостей [Текст] / Аэрозоли в защите растений: сб. науч. тр. / Всесоюз. акад.с.-х. наук им В.И. Ленина. – М.: Колос, 1982, С.122 –144.

41 Дунский, В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. М.: Наука, 1982. 288 с.

42 Дунский, В.Ф., Никитин, Н.В., Судит Ж.М. и др. Опрыскиватели с вращающимися распылителями // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1973. № 7. С. 17–19.

43 Жуков, И. И. Коллоидная химия. Т.1. Суспензоиды. Л.: Изд-во ЛГУ, 1949. 324 с.

44 Жученко, А. А. Проблемы ресурсосбережения в зерновом хозяйстве.

Сберегающее земледелие как основа стабильного развития сельского хозяйства России. Материалы IV Международной научно-практической конференции, 2004, – С. 10-14.

45 Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. – М.: Химия, 1974. – 416 с.

46 Зуев, В. Е. Лазер-метеоролог. Л.: Гидрометеоиздат, 1974, 177 с.

47 Иванов, О.П., Мамченко, В.С. Аэродинамика и вентиляторы. – М.: Изд-во: «Машиностроение», 1986. – 280 с.

48 Иванов, Ю.П. Плоская струя во внешнем поперечном потоке. // Известия АНССР. – Таллин. – 1953. – т. II. №2. С. 33 – 68.

49 Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик. – М.: «Машиностроение», 1975. – 559 с.: ил.

50 Изубенко, В.В. Влияние норм расхода и размера капель раствора на эффективность 2М-4Х при монодисперсном опрыскивании льна-долгунца: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ТСХА, 1973. 21 с.

51 Исследование различных конструкций распылителей зарубежных и отечественных опрыскивателей с целью оценки их технического уровня [Текст]: отчет о НИР (заключительный): 76 – 2007 /ФГНУ "РосНИИТиМ"; рук. темы Киреев И.М.; исполн.: Коваль З.М. [и др.]. – Новокубанск, 2007. - 188 с.

52 Калинушкин, М. П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е, переработанное и дополненное. М., «ВЫСШАЯ ШКОЛА». 1979. – 218 с.

53 Каталог TeeJet Technologies 50A-RU [Текст] // TeeJet Technologies [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx>.

53а Киреев, И. М. Разработка средств управления дисперсными системами для совершенствования технологий протравливания, посева семян и опрыскивания растений: дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 : защищена: 17.11.2011: утв. 28.01.2013 / Киреев Иван Михайлович. -М., 2011. - 417с.:ил.

54 Киреев, И.М. Результаты испытаний различных конструкций щелевых распылителей опрыскивателей [Текст] / В.Ф. Федоренко, И.М Киреев // Техника и оборудование для села. – М., – ISSN 2072–3642. 2011. – № 2. – С. 28-29.

55 Киреев, И.М. Способ и устройства для нанесения капель растворов пестицидов на растения [Текст] / И.М. Киреев // Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. международной научно – технической конференции «Ресурсосберегающие технологии и инновационные проекты в АПК». – Зеленоград: "ВНИПТИМЭСХ", 2009. – С. 113 – 124.

56 Киреев, И.М. Способ и устройства для нанесения капель растворов пестицидов на растения [Текст] / И.М. Киреев // Тракторы и сельхозмашины. – М., – ISSN 0235–8573. 2010. – № 10. – С. – 8–10.

57 Киреев, И.М. Способ и устройства для нанесения капель растворов пестицидов на растения [Текст] / И.М. Киреев // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. VII международной научно – технической конференции, г. Москва. В 5 ч. Ч.2 – М.: ГНУ "ВИЭСХ " 2010. – С. 166 – 171.

58 Киреев, И.М., Федоренко, В.Ф., Буклагин, Д.С., Ерохин, М.Н., Табашников, А.Т. Техника и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике [Текст] / В.Ф.Федоренко, Д.С. Буклагин, М.Н. Ерохин, А.Т. Табашников, И.М. Киреев и [др.], – науч. издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 248 с.

59 Кленин, Н.И., Егоров, В.Г. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Колос С., 2004. – 464 с.

60 Клочков, А.В., Клочкова, В.С., Макевич, А.Е. Работа опрыскивателя с использованием дополнительного воздушного потока // Земледелие и защита растений. Республика Беларусь, 2006. № 5. С. 39–41.

61 Кнунянц, И.Л., Зефилов, Н.С., Купов, Н.Н. Химическая энциклопедия в 5 т/т.3. – М.: Изд–во «Большая российская энциклопедия», 1992. С.429. ил.

62 Коваль, З.М. Аэрозольная камера для определения концентрации и размера частиц аэрозоля, создаваемого распылителями пестицидов [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль, Н.К. Таригин // Машинно–технологическое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции: сб. науч. тр. ФГНУ "РосНИИТиМ", – Новокубанск., 2005. – С.111 – 123.

63 Коваль, З.М. Аэрозольная камера для определения концентрации и размера частиц аэрозоля, создаваемого распылителями пестицидов [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль, Н.К. Таригин // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции: сб. науч. докладов XIII международной научно – практической конференции «Новые технологии и техника для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве». – Тамбов: ГНУ "ВИАТИН", 2005. – С. 183 – 191.

64 Коваль, З.М. Аэрозольная камера для определения концентрации и размера частиц аэрозоля, создаваемого распылителями пестицидов [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Исследования и разработка современных технологий и средств механизации в полеводстве юга России: сб. науч. тр. международной научно–технической конференции «Приоритетные направления исследований и разработка новых технологий и технических средств». – зерноград: "ВНИПТИМЭСХ", 2007. – С. 252 – 260.

65 Коваль, З.М. Аэрозольная камера для определения концентрации и размера частиц аэрозоля, создаваемого распылителями пестицидов [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Труды кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар.: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2009. – Двухмес. №6. – С. 201 – 205.

66 Коваль, З.М. «Воздухораспределительная система для штангового опрыскивателя растений с пневмогидравлическими устройствами» / «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия» Часть 8 (раздел «Сельскохозяйственные науки»): сборник научных трудов по материалам X-й международной научно-практической конференции 17-18 апреля 2015 г., – г. Новосибирск, 2015. С. 69 – 73.

67 Коваль, З.М.. Динамическая аэрозольная камера с фотометрическим принципом действия [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Измерительная техника. – М. – ISSN 0368-1025. 2015. – № 12. – С. 61 – 63.

68 Коваль, З.М. Защита растений от вредителей, болезней и сорняков пневмотранспортированием и осаждением на них капель рабочей жидкости / И.М. Киреев,

З.М. Коваль // «Новейшие исследования в современной науке: опыт, традиции, инновации»: сборник научных трудов по материалам III-й междунар. науч.-практич. конф. 28-29 апреля 2015 г., – г. Москва. – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2015. С. 97 – 108.

69 Коваль, З.М. «Инжектирование капель факелов распыла жидкости воздушной струей для транспортирования пестицидов к растениям» / «Современные концепции научных исследований» Часть 11(раздел «Сельскохозяйственные науки»): сборник научных трудов по материалам XIII-й международной научно-практической конференции. – г. М.: Издательство «Евразийский союз ученых», 2015. – № 4(13). – С. 58-63.

70 1 Коваль, З.М. "Испытания распылителей в составе экспериментального образца опрыскивателя для решения экологической проблемы при защите растений" [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль, Ф.А. Зимин // «Наука и образование: проблемы и перспективы развития»: сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции 30 августа 2014 г.: в 5 частях. Часть 4; М-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТР)) «Бизнес-Наука-Общество, 2014. – С.83-89.

71 Коваль, З.М. Исследование ресурсосберегающего способа опрыскивания растений пневмогидравлическими устройствами [Текст] / Техника и оборудование для села. – М. – ISSN 2072–9642. 2015. – № 4. – С. 26-29.

72 Коваль, З.М. Конструкция пневмогидравлического распылителя для штангового опрыскивателя растений // Научный вестник. 2014 № 2(2). С.73 – 79.

73 Коваль, З.М. Лабораторно-полевые исследования опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами для экономичных и экологичных технологий применения пестицидов в растениеводстве / И.М. Киреев, З.М. Коваль // «Информационные технологии и приборы в АПК» «АГРОИНФО- 2015»: сб. науч. докл. VI Международной научно-практической конференции «АГРОИНФО 2015», г. Новосибирск. В 2 ч. Ч.1. – Новосибирск: ГНУ СибФТИ аграрных проблем, 2015. – С. 350-357.

74 Коваль, З.М. Метод и средство моделирования технологического процесса распылителей жидкости [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль, В.Н Слесарев. // Техни-

ка и оборудование для села. – М. – ISSN 2072–9642. 2017. – №. 7 – С. 28 – 31.

75 Коваль, З.М. Методы и средства исследований параметров распылителей штанговых опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль, Ф.А. Зимин // «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК» сборник научных трудов по материалам IX международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2017». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017 . – С. 353-362.

76 Коваль, З.М, Киреев, И.М., Моделирование рабочего процесса распылителей для рациональных технологий применения опрыскивателей [Текст] / АгроСнабФорум. – Краснодар: ООО «Институт развития сельского хозяйства». № 3 (159). апрель 2018. С. 22-24.

77 Коваль, З.М. Новое устройство для опрыскивания сорняков / З.М. Коваль // Сельский механизатор. – М. 2017. – №. 3 – С. 16 - 17.

78 Коваль, З.М. Обоснование высоты штанги опрыскивателя с пневмогидравлическими распылителями растворов рабочей жидкости [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Техника и оборудование для села. – М. – ISSN 2072–3642. 2016. – №. 9 – С. 19 - 22.

79 Коваль, З.М. Определение основного критерия при агротехнической оценке опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Агроинженерная наука в сфере АПК; инновации, достижения: сб. науч. тр. VII-й междунар. науч.-техн. конф. – Зерноград: ГНУ «СКНИИМЭСХ», 2012. – С. 115-121.

80 Коваль, З.М. Пневматическое устройство с щелевыми распылителями для штангового опрыскивателя с воздушным рукавом [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Техника и оборудование для села. – М. – ISSN 2072–9642. 2014. – № 1. – С. 20-22.

81 Коваль, З.М., Киреев, И.М. Пневмогидравлический распылитель жидкости для совершенствования технологии опрыскивания растений при их защите от сорняков [Текст] / Достижения науки и техники АПК. – М. – ISSN 0235–2451. 2018. – №. 2 – С. 73 – 76.

82 Коваль, З.М. Пневмогидравлический распылитель растворов пестицидов для перспективных технологий защиты растений с применением штанговых опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // «Инновационные разработки для АПК» 28-29 марта 2013 г. в 2 частях, Ч 1 «Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК»:VIII-й междунар. науч.-практич. конф. – зерноград: ГНУ «СКНИИМЭСХ», 2013, - 312 с. ISBN 978-5-904960-24-7.

83 Коваль, З.М. Пневмогидравлическое устройство для энергоэффективных и экологичных технологий применения пестицидов в растениеводстве [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Тракторы и сельхозмашины. – М. – ISSN 0235–8573. 2013. – № 10. – С. 28-30.

84 Коваль, З.М. Пневмотранспортирование и осаждение капель рабочей жидкости на растения для их защиты от вредителей, болезней и сорняков [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Тракторы и сельхозмашины. – М. – ISSN 0235–8573. 2015. – № 6. – С. 9-13.

85 Коваль, З.М.. Применение аэрозольной камеры при испытании опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль, Т.И. Козлова // Исследование сельскохозяйственных технологий и машин: сб. науч. тр., – ФГНУ "РосНИИТиМ", - Новокубанск., 2006. – С. 35 – 41.

86 Коваль, З.М. Режим распыления [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль, Ф.А. Зимин // Агробизнес – Краснодар. ООО «Пресс-центр». – 2017. – №. 5 – С.166 – 168.

87 Коваль, З.М. «Результаты лабораторно-полевых исследований опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами для высокопроизводительных экономичных и экологичных технологий применения пестицидов в растениеводстве» / Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург. 2015. – № 8(39) Часть 4. – С. 28-32.

88 Коваль, З.М. Результаты лабораторных испытаний опытного образца опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сборник научных докладов Международной научно-технической конференции.15-16 сентября 2015 г., –

М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2015. С. 231-236.

89 Коваль, З.М. Решение экологической проблемы при защите растений с применением пневмогидравлического распылителя растворов пестицидов [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // «Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития»: сборник научных трудов по материалам Международной научно – практической конференции 29 марта 2013 г.; в 10 частях. Ч.2; М-во обр. и науки РФ. Тамбов. Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. 195 с. ISBN 978-5-4343-0311-8, ISBN 978-5-4343-0313 (Часть 2).

90 Коваль, З.М. Система контроля концентрации и размера частиц аэрозоля, создаваемого распылителями пестицидов [Текст] / И.М. Киреев,

З.М. Коваль // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сб. науч. докл. X международной научно – практической конференции, г. Углич. В 2 ч. Ч.1 – М.: ФГНУ "Росинформагротех" 2008. – С.290–301.

91 Коваль, З.М. Способ и пневматическое устройство для снижения коагуляции капель в факелах распыла жидкости при защите растений [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Тракторы и сельхозмашины. – М. – ISSN 0235–8573. 2016. – № 9. – С. 3-6.

92 Коваль, З.М. Способ и средство для совершенствования технологий опрыскивания растений/ И.М. Киреев, З.М. Коваль // Агрехимия. – М.: Наука. 2017. – № 4. – С. 87-96.

93 Коваль, З.М. «Способы и технические решения по выполнению природоохранных требований при штанговом опрыскивании растений» / «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия» Часть 3 (раздел «Сельскохозяйственные науки»): сборник научных трудов по материалам XI-й международной научно-практической конференции 19-20 июня 2015 г., – г. Новосибирск, 2015. – № 5(12). – С. 103 – 107.

94 Коваль, З.М. «Сравнительные лабораторные испытания распылителей в составе экспериментального образца опрыскивателя» [Текст] / И.М. Киреев,

З.М. Коваль, Ф.А. Зимин // «Инновационные разработки для АПК»: сборник научных трудов по материалам IX-й междунар. науч.-практич. конф. – зерноград: ГНУ «СКНИИМЭСХ», 2014. – С.206-211.

95 Коваль, З.М. «Сравнительные показатели разрабатываемой и традиционной технологий опрыскивания растений по результатам лабораторных испытаний» [Текст] / АгроСнабФорум. – Краснодар: ООО «Институт развития сельского хозяйства». № 4 (160). май 2018. С. 26-28.

96 Коваль, З.М. «Сравнительные показатели традиционного и разрабатываемого способов опрыскивания для защиты растений от сорняков, вредителей и болезней» [Текст] /Международный научный журнал «Educatio». –Новосибирск: «Россия».2015. – № 4(11). – С. 118-122.

97 Коваль, З.М. Технические характеристики пневмогидравлического распылителя для разработки штанговых опрыскивателей растений // Наука и современность. 2014 № 2(2). С.53 – 59. ..(публикация 2015 г).

98 Коваль, З.М. Точность рассеивания. [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Агробизнес – Краснодар. ООО «Пресс-центр». – 2017. – №. 6 – С.192 – 198.

99 Коваль, З.М. «Уничтожение сорняков с применением опрыскивателя, оснащенного пневмогидравлическими распылителями растворов жидкости» / «Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков»: сборник материалов X-й международной научно-практической конференции 10 июня 2015 г., – г. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. С. 99 – 107.

100 Коваль, З.М. Устройство для оценки качества работы щелевых распылителей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Тракторы и сельхозмашины. – М. – ISSN 0235–8573. 2011. – № 3. – С. 16-18.

101 Коваль, З.М. Устройство к стендовому оборудованию для испытания распылителей опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Исследование сельскохозяйственных технологий и машин: сб. науч. тр., – ФГНУ "РосНИИ-ТиМ", – Новокубанск., 2007.–С. 108–117.

102 Коваль, З.М. Устройство к стендовому оборудованию для испытания распылителей опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Повышение

эффективности использования ресурсов в растениеводстве и животноводстве: сб. науч. тр. XIII международной научно – практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции». В 2 ч. Ч.1. – Тамбов: ГНУ "ВИАТИН", 2007. – С. 52 – 56.

103 Коваль, З.М. Устройство к стендовому оборудованию для испытания распылителей опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Исследования и разработка современных технологий и средств механизации в полеводстве юга России: сб. науч. тр. международной научно–технической конференции «Приоритетные направления исследований и разработка новых технологий и технических средств». – Зерноград: "ВНИПТИМЭСХ", 2007. – С. 239 – 244.

104 Коваль, З.М. Устройство к стендовому оборудованию для испытания распылителей опрыскивателей [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Труды кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар.: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2009. – Двухмес. №6. – С. 171 – 174.

105 Коваль, З.М. Характеристики дисперсности при моделировании скорости движения щелевого распылителя жидкости / Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург. 2016. – № 8(50) Часть 3. – С. 174 -177.

106 Коваль, З.М. Характеристики дисперсности щелевых распылителей некоторых производителей при моделировании их функционирования на стендовом оборудовании [Текст] /Международный научный журнал «Educatio». – Новосибирск: «Россия».2016. – № 6(24). – С. 15-21.

107 Коваль, З.М. Экспериментальный образец опрыскивателя растений с пневмогидравлическими устройствами [Текст] / И.М. Киреев, З.М. Коваль // "Geography and geology. Agriculture": Materials of the I International scientific and practical conference «Science and Education-2014», - 5-6 September 2014. Vol. 14. Belgorod – Sheffield, S Yorkshire, England. Science and education LTD – С 78 - 84.

108 Колычев, Н. Г. Какие поля пригодны для авиационной обработки [Текст] / Н. Г. Колычев // Защита растений. – М., 1976. - №12. - С.30–31.

109 Конышев, Ю. В., Лактионов, А. Г. Самолетный фотоэлектрический измеритель облачных капель. Изв. АН СССР. «Физика атмосферы и океана», т. 11, № 7, 1966.

110 Лактионов, А. Г. Автоматический поточный прибор для исследования аэрозолей. Изв. АН СССР, сер. Геофиз. № 11, 1959.

111 Лактионов, А. Г. Фотоэлектрический нефелометр. Авт. свид. СССР, № 182362. Бюллетень изобретений, № 11, 1966.

112 Левин, Л.М. Об осаждении частиц из потока аэрозоля на препятствие [Текст] / Л.М. Левин // Доклады академии наук (ДАН) СССР. 1953. - Т. 91. - № 6. - С. 1329 -1332.

113 Лепехин, Н.С., Горбач В.Я. Результаты испытаний штанговых ультра-малообъемных опрыскивателей // Аэрозоли в защите растений. М.: Колос. 1982. С. 39–51.

114 Листопад, Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Г.Е. Листопад., Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов. и др.; под общ. ред. Г.Е. Листопада,. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

115 Лысов, А.К. Каким должен быть опрыскиватель с вращающимися распылителями // Защита и карантин растений. 2003. № 5. С. 38–39.

116 Лысов, А.К. Непроизводительные потери пестицидов при опрыскивании, как их избежать // Защита и карантин растений. 2007. № 8. С. 47–48.

117 Масло, И.П., Барановский А.С. Влияние отдельных факторов на распределение рабочей жидкости по ширине захвата вентиляторного опрыскивателя [Текст] / Аэрозоли в защите растений // Всесоюз. акад. с-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Колос, 1982, – С.52–58.

118 Методическое пособие «Теория и практика опрыскивания 2010», Методическое пособие подготовлено ООО «Дюпон Наука и Технологии» при содействии фирмы Lechler (июль-август 2010). Изд-во ООО «Дюпон Наука и Технологии» при содействии компании Lechler. 2010. с.33 www.syngenta.ru (сведения из рекламных проспектов).

119 Никитин, Н.В., Абубикеров, В.А. Технология внесения гербицидов [Текст] / Н.В. Никитин, В.А. Абубикеров // Защита растений. – М., 2000. - №3. – С. 47–50.

120 Никитин, Н.В., Спиридонов, Ю.Я., Абубикеров, В.А. и др. Штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями // Защита и карантин растений. 2005. № 5 С. 46–48.

121 Никитин, Н.В., Спиридонов, Ю.Я., Шестаков, В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: РАСХН. ВНИИФ. 2010. 189 с.

122 Никитин, Н. В. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве / Н. В. Никитин, Ю. Я. Спиридонов, В. Г. Шестаков; [под общ. ред.: акад., д-ра биол. наук Ю. Я. Спиридонова, чл.-кор., д-ра биол. наук В. Г. Шестакова; отв. за вып. К. Е. Хорин]; Рос. акад. с.-х. наук, Отд-ние защиты растений, Всерос. науч. –исслед. ин-т фитопатологии. – Москва: [Печатный Город], 2010. –189 с.: ил.; 22 см.–(Полевая академия). – Библиогр.: с. 179–188. (Шифр Г2011–965).

123 Никитин, Н.В., Абубикеров, В.А. Технология внесения гербицидов // Научно обоснованные технологии химического метода борьбы с сорняками в растениеводстве в различных регионах Российской Федерации / Под ред. Спиридонова Ю.Я., Шестакова В.Г. Голицыно: РАСХН – ВНИИФ, 2001. С. 29–52.

124 Никитин, Н.В., Абубикеров, В.А., Переносной палаточный опрыскиватель для мелкоделяночных опытов // Защита и карантин растений. 2009. № 2. С. 42-43.

125 Никитин, Н.В., Абубикеров, В.А., Зорин, А.В. Вторая жизнь штанговых опрыскивателей // Агро XXI. 2002. № 5. С. 2–3.

126 Никитин, Н.В., Спиридонов, Ю.Я., Абубикеров, В.А. и др. Влияние нормы расхода, свойств и качества распыления рабочей жидкости на эффективность и экологическую приемлемость приема опрыскивания посевов сельхозкультур гербицидами // Научно обоснованные системы применения гербицидов для

борьбы с сорняками в практике растениеводства / Под ред. Спиридонова Ю.Я., Шестакова В.Г. Голицыно: РАСХН-ВНИИФ, 2005. С. 542–556.

127 Никитин, Н.В., Спиридонов, Ю.Я., Абубикеров, В.А. и др. Противосносная технология внесения гербицидов нового поколения // Вестник защиты растений ВИЗР. 2008. № 3. С.47-55.

128 Никитин, Н.В., Спиридонов, Ю.Я., Абубикеров, В.А. и др. Штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями // Защита и карантин растений. 2005. № 5. С. 46–48.

129 Никитин, Н.В., Спиридонов, Ю.Я., Абубикеров, В.А. Эффективная технология применения Дифезана и Фенфиза // Защита и карантин растений. 2003. № 10. С. 40–42.

130 Никитин, Н.В., Спиридонов, Ю.Я., Соколов, М.С. и др. Использование современных опрыскивателей в адаптивной защите растений // Агрохимия. 2008. № 11. С. 51-59.

131 Новиков, И.И., Зайцев, В.М. «Термодинамика в вопросах и ответах» [Текст]: государственное издательство литературы в области атомной науки и техники. – М.: Госкомиздат, 1961. – 144 с.

132 Ованесян, А. Г., Месропян, Э. А., Хурудян, С. А. Аналитические приборы и приборы для научных исследований: Обзорная информация. М. ЦНИИТЭ приборостроения, 1985. 24 с.

133 Пажи, Д.Г., Галустов, В.С «Основы техники распыливания жидкостей» [Текст] / Д.Г. Пажи, В.С. Галустов. – М.: «Химия», 1984. С.10–11

134 Пажи, Д.Г., Галустов, В.С «Основы техники распыливания жидкостей» [Текст] / Д.Г. Пажи, В.С. Галустов. – М.: «Химия», 1984. С.13–19.

135 Пат. 2236787 Российская Федерация, МКИ⁷ А 01 М 7/00 Способ испытаний опрыскивателей и устройства для его осуществления [Текст] / Ковлягин Ф.В., Сыса В.И., Барсукова Н.В.; заявитель и патентообладатель ФГНУ РосНИИТиМ. – № 2008130300; заявл. 27.09.2004; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 26. – 3 с.: ил. 3 с.: ил.

136 Пат. на полезную модель 73162, МПК⁷ А 01 М 7/00 Устройство для фотографирования и измерения углов факела распыливаемой жидкости [Текст] / Киреев

И.М., Коваль З.М.; заявитель и патентообладатель ФГНУ «РосНИИТиМ». – № 2007140660; заявл. 01.11.2007; опубл. 20.05.2008, Бюл. № 14. – 3 с.: ил.

137 Пат. на полезную модель 50675, МПК⁷ G 01 N 21/05 Аэрозольная камера для определения концентрации и размера частиц аэрозоля, создаваемого распылителями пестицидов [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М., Таригин Н.К.; заявитель и патентообладатель ФГНУ «РосНИИТиМ». – № 2005120138; заявл. 28.06.2005; опубл. 20.01.2006, Бюл. № 02. – 3 с.: ил.

138 Пат. на полезную модель 62495, МПК⁷ А 01 М 7/00 Система контроля аэрозоля для испытания опрыскивателей [Текст] / Киреев И.М., Таригин Н.К., Сыса В.И., Коваль З.М.; заявитель и патентообладатель ФГНУ «РосНИИТиМ». – № 2006108823; заявл. 20.03.2006; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12. – 3 с.: ил.

139 Пат. на полезную модель 87324, МПК⁷ А 01 М 7/00 Пневмомеханический распылитель растворов пестицидов [Текст] / Ревенко В.Ю., Киреев И.М., Коваль З.М., Скорляков В.И., Воробьев В.И.; заявитель и патентообладатель ГНУ СКС ВИМ Россельхозакадемии. – № 2009106632; заявл. 25.02.2009; опубл. 10.10.2009, Бюл. № 28. – 3 с.: ил.

140 Патент на изобретение № **2367153**, А01М 7/00 Способ нанесения монодисперсных капель растворов пестицидов на растения [Текст] / Киреев И.М., Скорляков В.И., Коваль З.М., (ГНУ СКС ВИМ Россельхозакадемии) (RU); зарегистрирован 20.09.2009 г.

141 Пат. на полезную модель 91807, МПК⁷ А 01 М 7/00 Пневмогидравлический распылитель растворов пестицидов [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М.; Ревенко В.Ю.; заявитель и патентообладатель ГНУ СКС ВИМ Россельхозакадемии. – № 2009136839; заявл. 05.10.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 7. – 3 с.: ил.

142 Патент на полезную модель **138902**, МПК Пневмогидравлический распылитель растворов пестицидов [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М.; заявители и патентообладатели Киреев И.М. (RU), Коваль З.М. (RU). – № 2013107260; заявл. 19.02.2013; опубл. 27.03.2014, Бюл. № 9. – 3 с.: ил.

143 Пат. на полезную модель 78406, МПК⁷ А 01 М 7/00 Пневмомеханический распылитель растворов пестицидов [Текст] / Киреев И.М., Скорляков В.И.,

Коваль З.М.; заявитель и патентообладатель ГНУ СКС ВИМ Россельхозакадемии. – № 2008125712; заявл. 24.06.2008; опубл. 27.11.2008, Бюл. № 33. – 3 с.: ил.

144 Пат. на полезную модель 111392, МПК⁷ А 01 М 7/00 Система объемного опрыскивания растений [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М.; заявитель и патентообладатель ГНУ СКС Краснодарского НИИСХ Россельхозакадемии. – № 2011100573; заявл. 11.01.2011; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35. – 3 с.: ил.

145 Пат. на полезную модель 72814, МПК⁷ А 01 М 7/00 Устройство для испытания распылителей опрыскивателей [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М., Нефедов А.А.; заявитель и патентообладатель ФГНУ «РосНИИТиМ». – № 2007106262; заявл. 19.02.2007; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 13. – 3 с.: ил.

146 Пат. на полезную модель **179647**, МПК Устройство для испытания распылителей опрыскивателей [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А., Новиков В.И.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Росинформагротех». – № 20017144656; заявл. 19.12.2017; опубл. 21.05.2018, Бюл. № 15. – 3 с.: ил.

147 Пат. на полезную модель 129764, МПК А 01 М 7/00 Устройство к опрыскивателю многолетних растений [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Росинформагротех». – № 2012133604; заявл. 06.08.2012; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 19. – 3 с.: ил.

148 Пат. на полезную модель **157537**, МПК Устройство малообъемного опрыскивания [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М.; заявители и патентообладатели Киреев И.М. (RU), Коваль З.М. (RU). – № 2015105142; заявл. 16.02.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34. – 3 с.: ил.

149 Правительство Российской Федерации. Постановление. Об осуществлении федерального государственного метрологического надзора [Текст] : от 6 апреля 2011 г. №246 [в ред. Постановлений Правительства РФ от 05.06.2013 №476, от 26.12.2017 №1643]. – М., 9 с. – Режим доступа : КонсультантПлюс.

150 Применение аэрозолей в сельском хозяйстве. [Текст] / Сборник переводов иностранной периодической литературы под редакцией проф. Амелина А.Г. Изд-во иностранной литературы. – М., 1955.

151 Протокол ФГУ "Кубанская МИС" № 07-45-2006 (4200062) Приемочных

испытаний стенда ИУ-92 для оценки параметров распылителей опрыскивателей сельскохозяйственного назначения., Новокубанск, 2006.

152 Путилов, К. А., Фабрикант, В.А. Курс физики. В 3 ч. Ч. 3. Оптика. Атомная физика. Ядерная физика / К.А. Путилов, В.А. Фабрикант. – М.: АСТ : Астрель, 2002. – 503 с.: ил.

153 Рабинович, Е.З. Гидравлика [Текст]: изд. 4-е стереотипное. – М.: Государственное изд-во физико – математической л-ры, 1963. – 408 с.

154 Российская Федерация. Законы. Об обеспечении единства измерений [Текст]: федер. закон : [принят Гос. Думой 11 июня 2008 г. : одобр. Советом Федерации 18 июня 2008 г.]. – М., 21с., 21 см.

155 Русанов, А. А., Янковский, С. С. Импакторы для дисперсионного анализа промышленных пылей: Обзорная информация. М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1970. 50 с.

156 Саратовских, Е.А. Панина, Р.И., Кондратьева, Т.А. Механизм токсичности малых концентраций гербицидов // Цитология, 1999. Т. 41. С. 308-309.

157 Сахаров, Р. Н., Шифрин, К. С. // Оптика и спектроскопия. 1975. Т 39, № 2..

158 Свириденков, А. А., Третьяков, В. В. Влияние коагуляции капель на характеристики факела распыливания за форсунками / А. А. Свириденков, В. В. Третьяков // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. С. П. Королева. – М. 2009. – N 3, ч. 2. – С. 157-161

159 Скалов, Д.Г. О сносе капель распыленной жидкости [Текст] / Д.Г. Скалов // Защита растений. – М., 1978. - № 8. – С.6.

160 Соколов, М.С., Родкин, В.С., Никитин, Н.В. Мало- и микрообъемное опрыскивание гербицидами // Защита растений. 1970. № 9. С. 17–19.

161 Соколов, М.С. Микрообъемное монодисперсное опрыскивание пестицидами // Химия в с.-х. 1978. № 12. С. 3–10.

162 Соколов, Е. Я., Зингер, Н. М. Струйные аппараты 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. 1989. – 352 с.

163 Соловьева, Н.Ф. Технологии и технические средства для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней. М.: ФГНУ «Росинформаг-

ротех», 2001. 58 с.

164 Спиридонов, Ю.Я., Ларина, Г.Е. Последействие гербицидов на основе метсольфурон - метила // Защита и карантин растений. 2003. № 3.С. 30-31.

165 Спиридонов, Ю.Я., Никитин, Н.В., Раскин, М.С. и др. Гербицидная активность Дифезана в зависимости от способа применения // Вестник Рос. акад. с.-х. наук. 1998. № 6. С. 46–48.

166 Спиридонов, Ю.Я., Никитин, Н.В., Раскин, М.С. Новому поколению пестицидов – новую технологию применения // Агро XXI. 1998. № 3. С. 6–8.

167 Справочник инженера – механика сельскохозяйственного производства. ч. I, - М., ФГНУ « Росинформагротех».- 2003 г. – с. 242-244.

168 Степук, Л. Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие / Л. Я. Степук, В.Н. Дашков, В.Р. Петровец. – Мн.: Дикта, 2006. – 448 с.: ил.

169 Устинов, А.Н. Сельскохозяйственные машины: Учеб. для нач. проф. образования. – 2-е изд., стереотип. – М.: ИРПО; Изд. Центр "Академия", 2000. – 264 с.

170 Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы): учебник для вузов. – М.; Химия, 1982. – 400 с., ил.

171 Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии. Учеб. Для вузов.– 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1984. – 368 с., ил.]

172 Фукс, Н.А. Механика аэрозолей [Текст] / Н.А Фукс, – М.: Изд. АН СССР, 1955. – 353 с.

173 Халанский, В.М., Горбачев, И.В., Сельскохозяйственные машины. [Текст]: учебники и учебные пособия для студентов вузов / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колос, 2004. – 624. – 624 с.

174 Чугаев, Р.Р. Гидравлика: Учеб. для вузов. – 3 – е изд., доп. и испр. – Л.: "Энергия", 1975. – 600 с.

175 Шандров, Г.С. Истечение из канала в неподвижную и движущуюся среду. //ЖТФ. – 1957. т. 27. – вып.1. – с.92-108.

176 Шандров, Г.С. Расчет оси струи в сносящем потоке. Известия ВУЗов. Авиационная техника. – 1966. №4. –С.55-66.

- 177 Шелудко, А.Н. Коллоидная химия. – М., Издательский центр «Издательство «ИЛ», 1960, 332 с., ил.
- 178 Шифрин, К. С. Введение в оптику океана. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 278 с.
- 179 Шифрин, К. С. и др. // Тезисы докл. Всес. совещ. по методам и приборам -М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1069. С. 5-6.
- 180 Шумилин, В. М. Технология авиахимработ [Текст] / В. М. Шумилин // Защита растений. – М., 1984. - № 3. – С.6–7.
- 181 Шуровенков, Г.Б., Колычев, Н. Г. Организация авиационно-химических работ [Текст] / Г.Б Шуровенков, Н. Г. Колычев // Защита растений. – М., 1979. - № 2. – С.18–20.
- 182 Ямников, Ю.Н. Строже подходить к внедрению новых технологий опрыскивания // Защита и карантин растений. 2002. № 5. С. 18–19.
- 183 Bals, E.Y. A new rotary stacked disc nozzle // Brit. Crop Protect. Confer. 1977. P. 523–525.
- 184 Bals, E.Y. The development of a CDA herbicide handsprayer // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1975. V.21. P. 345–349.
- 185 Bals, E.Y. Rotary atomization // Agric. Av. 1970. 12(3). P. 85.
- 186 Bals, E.Y. Some observations on the basic principles involved in ultra low-volume spray applications // PANS. 1973. 19(2). P. 193.
- 187] Davis, B.L., Sengupta, S., Juc P.C. Ground Level Measurement of Nuclei from coal development in the northern great Plains: Baseline Measurements, 168 p.p. Rep. 78 – 14. Institute of Atmospheric Sciences, South Dakota of Mines and Technology, Rapid City, South Dakota, 1978.
- 188 Koval', Z.M. Determination of average weighted median-mass droplet diameter as one of the main criteria of agronomic evaluation of sprayers [Text] / I.M. Kireev, Z.M. Koval' // "Global Science and Innovation": materials of the I International Scientific Conference, Vol. II, Chicago, December 17-18th, 2013 / publishing office Accent Graphics communication – Chicago – USA, 2013. – P. 35 – 41. ISBN 978-0-9895852-1-7
- 189 Koval', Z.M. Dynamic aerosol chamber with photometric principle of opera-

tion Kireev I.M., Koval' Z.M. Measurement Techniques. Springer. New York Consultants Bureau 2016. P. 1392-1395. ISSN. 0543-1972. eISSN. 1573-8906 DOI: [10.1007/s11018-016-0905-5](https://doi.org/10.1007/s11018-016-0905-5).

190 Koval', Z.M. Pneumohydraulic device for protection of plants from weeds, pests and diseases with the use of boom sprayers [Text] / I.M. Kireev, Z.M. Koval' // "European Science and Technology": materials of the VII International Research and Practice Conference, Munich April 23^h–24th Vol. II, Munich, Germany, 2014. – P. 488–493. ISBN 978-3-941352-35-3.

191 Kruis, F. E., and Kusters K.A. The Collision Rate of Particles in Turbulent Flow, Chem. Eng. Comm. 158, p. 201-230. 1997.].

192 Langmuir, J. J. The Production of Rain by a Chain Reaction in Cumulus Clouds at Temperatures Above Freezing. – Meteorology, 1948, № 5. – 175 p.

193 Maas, W.Y. ULV – application and formulation techniques. Amsterdam, 1971, 164 p.

194 Mattews, G.A. Pesticide application methods. Longman Group, 1979. 334 p.

195 Mattews, G.A. C.d.a – Controlled Proplet Application // PANS. 1977. 23(4). P. 387–394.

196 May, K., Scient, I. Instr., 1947, 22, 187.

197 Ranz, W.E, Wong, J.B. Impaction of dust and smoke particles on surface and body collectors. – Ind. Eng. Chem., 1952, № 44. – 1371 p.

Написание и оформление работы осуществлялось в соответствии с требованиями и правилами составления [198, 199].

198 ГОСТ 7.9–95 (ИСО 214–76) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования [Текст]. – Минск.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – 7 с.

199 ГОСТ 7.1–2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись библиографическое описание. Общие требования и правила составления [Текст]. М.: ИПК Изд–во стандартов, 2004. – 49 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Список иллюстративного материала

1.1 – Показатели опрыскивания растений [21]	17
1.2 – Система методов и средств их реализации для технологии опрыскивания растений.....	18
1.3 – Штанговый опрыскиватель с распылителем «Заря» «Заря ОП-2000Г» на базе автомобиля ГАЗ-66 [125]	29
1.4 – Механические вращающиеся распылители (общий вид)	31
1.5 – Прицепной опрыскиватель ОПМ-2505 В	35
1.6 – Общий вид прицепного опрыскивателя JNUMA MARATHON	33
1.7 – Самоходный опрыскиватель фирмы DAMMANN (Германия) с вместимостью резервуаров до 10 тыс. литров и шириной захвата до 42 м	34
1.8 – Самоходный опрыскиватель ОПШ-05 на шинах-оболочках низкого давления	35
1.9 – Высота расположения штанги при использовании щелевых распылителей с углом факела распыла $110 \dots^\circ$ [3].....	38
1.10 – Классификация известных методов и устройств для воздушного воздействия на капли распыляемой рабочей жидкости и экранирования факелов распыла, уменьшающие снос капель в окружающую среду	40
1.11 – Схема дискового распылителя растворов пестицидов на растения	41
1.12 – Конструкция вращающегося распылителя, обтекаемого потоком воздуха, (вид а)) и внешний вид штангового опрыскивателя (вид б))	42
1.13 – Штанговый опрыскиватель с защитными экранами факелов распыляемой рабочей жидкости (BRANDT серии QF)	43
1.14 – Общий вид экспериментального образца навесного штангового опрыскивателя с защитными экранами и воздушным сопровождением капель факелов распыляемой рабочей жидкости к объектам обработки (разработка ООО «АгроТех»)	44
1.15 – Опрыскиватель с воздушным рукавом ADVANCE VORTEX 2000E.....	45
1.16 – Классификация показателей и средств их определения для технологии опрыскивания.....	47
1.17 – Схема факела распыляемой жидкости.....	48
1.18 – Определение расхода рабочего раствора в полевых условиях	50
1.19 – Стенд для проверки работоспособности опрыскивающей техники в лабораторных условиях	51

1.20 – Стенд для определения равномерности распределения жидкости по ширине опрыскивания (Catalog 51 Teejet Technologies [53]).....	52
1.21 – Стенд для определения равномерности распределения жидкости по ширине опрыскивания одним распылителем.....	52
1.22 – Схема распределительного стенда для испытания распылителей опрыскивателей [33]	53
1.23 – Стенд для испытания распылителей (общий вид).....	54
1.24 – Измерение дисперсности методом лазерного зондирования.....	61
2.1 – Система методов и средств технологии опрыскивания растений растворами пестицидов	64
2.2 – Общий вид оборудования для фотографирования и измерения углов факела распыливаемой жидкости.....	65
2.3 – Пленка жидкости, создаваемая соплом	67
2.4 – Устройство для технологии защитного опрыскивания	68
2.5 – Схема устройства для исследования распылителей жидкости в современных технологиях обработки растений штанговыми опрыскивателями	70
2.6 – Устройство для определения концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим способом.....	74
2.7 – Устройство пневмомеханического принципа действия (схема).....	77
2.8 – Усовершенствованный пневмомеханический распылитель растворов пестицидов	79
2.9 – Пневмомеханическое устройство со щелевыми распылителями	81
2.10 – Схема затопленной свободной турбулентной струи.....	81
2.11 – Пневмогидравлическое устройство со щелевыми распылителями.....	84
2.12 – Пневматическая часть пневмогидравлического устройства (схема)	85
2.13 – Схема пневматической части пневмогидравлического устройства (вид сверху).....	86
2.14 – Пневмогидравлическое устройство (общий вид)	87
2.15 – Общий вид сопла (щелевого).....	90
2.16 – Схема начального участка струи, выходящей из пневматического устройства	92
2.17 – Схема способа нанесения капель распыливаемой жидкости на объекты назначения	98

2.18 – График расхода воздуха в зависимости от создаваемого давления.....	100
2.19 – Зависимости коэффициента k_v и коэффициента расхода щелевого сопла μ от отношения d_0/h_0	106
2.20 – Схема пленки, вытекающей из щелевого сопла (распылитель со щелевым соплом зеленого цвета LU-015).....	107
3.1 – Общий вид электронасоса ELP.TRIAL 9/12 116103973 [75].....	111
3.2 – Электропривод каретки с распылителем	111
3.3 – Устройство для пространственного расположения объектов обработки (карточек из бумаги типа "Piltrak") под факелом распыливаемой жидкости	112
3.4 – Приборы для определения температуры, влажности и давления окружающего воздуха, температуры рабочей жидкости, скорости воздушного потока и скорости движения МТА [106].....	112
3.5 – Термометр сопротивления для измерения температуры рабочей жидкости, [75].....	113
3.6 – Средства измерения расхода жидкости секундомер и мерный цилиндр [106].....	113
3.7 – Электронные весы и мерный цилиндр с водой [106].....	113
3.8 – Датчик расхода жидкости [75].....	114
3.9 – Поверенный жидкостной манометр [106]	114
3.10 – Жидкостной датчик давления (электронный) [75].....	114
3.11 – Уровень – угломер [75, 100, 106, 136].....	115
3.12 – Оборудование для определения коэффициента растекания капель [75, 106]	115
3.13 – Оборудование для определения размеров капель и их плотности на объектах обработки с применением специальных программ [75, 106].....	116
3.14 – Общий вид программы с показаниями расхода и давления жидкости при проведении испытаний распылителей.....	118
3.15 – Общий вид программы по определению угла факела распыла	121
3.16 – Общий вид программы на мониторе компьютера по определению размеров капель распыливаемой жидкости и плотности (шт./см ²) покрытия каплями объектов обработки.....	123
3.17 – Чашечный анемометр	124

3.18 – Определение концентрации аэрозоля с применением ДАК.....	125
3.19 – Общий вид корпуса и фильтра АФА.....	126
3.20 – Весы аналитические.....	127
3.21 – Общий вид 4-х каскадного импактора МЭЯ.....	127
3.22 – Схема измерения угла распыления.....	128
3.23 – Усредненное по трем повторностям опыта нормальное распределение жидкости, образуемое при осаждении капель в желобки	131
3.24 – Общий вид опрыскивателя, оснащенного пневмогидравлическими устройствами в составе МТЗ–82 при прохождении над объектами обработки (пронумерованными карточками)	137
3.25 – Схема закладки опытов по обработке сорных растений на поле 7/3.....	139
4.1 – Сопла распылителей щелевого принципа действия, использованные в опытах.....	141
4.2 – Распределение плотности покрытия каплями поверхности предметных карточек, обрабатываемых на ширину факела распыла	151
4.3 – Дробление пленки при давлении жидкости 0,4 МПа и ее расходе 0,90 дм ³ /мин (тип пластикового сопла LU-02, AD-02, код цвета – желтый)	152
4.4 – Длина образующей пленку жидкости в зависимости от жидкостного давления для сопел распылителей (производство «Lechler»)	154
4.5 – Общий вид стенда для моделирования процесса работы Распылителей.....	155
4.6 – Общий вид сопла щелевого принципа действия (фирма-изготовитель «Lechler» типа LU – 04 AD – 04 красного цвета	155
4.7 – Фрагменты фотоизображений сбора капельной жидкости, в желобках в поперечном и продольном направлениях воздушному потоку ..	156
4.8 – Фрагменты фотоизображений классового распределения жидкости в мерных цилиндрах при расположении желобков в поперечном «а)» и продольном «б)» направлениях воздушному потоку [86]	156
4.9 – Среднее их трех повторностей опыта нормальное распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и собираемой в мерные цилиндры при продольном направлении желобков в статическом варианте (без воздушного потока).....	157
4.10 – Распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и, собираемой в мерные цилиндры, при поперечном направлении желобков в статическом варианте	157

4.11 – Усредненное по трем повторностям опыта нормальное распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и собираемой в мерные цилиндры, при продольном расположении желобков по направлению действия воздушного потока со скоростью 3,3 м/с (12 км/ч)	158
4.12 – Распределение капель жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков и воздействии на факел распыляемой жидкости скорости воздушного потока 3,3 м/с (скорость движения опрыскивателя 12 км/ч)	159
4.13 – Распределение жидкости, образуемой при осаждении капель в желобки и собираемой в мерные цилиндры, при продольном расположении желобков и скорости воздушного потока 4,7 м/с (17 км/ч)	160
4.14 – Распределение капель жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков и воздействии на факел распыляемой жидкости скорости воздушного потока 4,7 м/с (17 км/ч)	160
4.15 – Общий вид факелов капельной жидкости в статике (вид а) и при воздействии воздушного потока различной скорости (динамика) (виды б и в)	162
4.16 – Распределения капельной жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков по данным лабораторных опытов, приведенным в таблице 4.7	164
4.17 – Распределения жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков по опытным данным, приведенным в таблице 4.8.....	167
4.18 – Распределения капельной жидкости в продольном направлении при поперечной установке желобков по данным лабораторных опытов, приведенным в таблице 4.9	170
4.19 – Распределения капельной жидкости в продольном направлении при поперечной установке желобков по данным лабораторных опытов, приведенным в таблице 4.10	173
4.20 – Конструктивные элементы устройства фотометрического принципа действия (ДАК).....	176
4.21 – Данные по измерению концентрации мелкодисперсного аэрозоля фотометрическим весовым методом.....	176
4.22 – Общий вид макетных образцов пневмомеханических и пневмогидравлических устройств с дисковым и щелевыми распылителями жидкости	177
4.23 – Графическая зависимость числа капель, оседаемых на обрабатываемых объектах, от дальности их транспортирования потоком воздуха.....	178

4.24 – Распределение осаждаемого числа капель на обрабатываемые объекты, при применении устройств со щелевым и дисковым распылителями.....	179
4.25 – Стендовое оборудование с пневмогидравлическим распылителем жидкости [82, 190]	180
4.26 – Фрагмент проведения лабораторного опыта по улавливанию капель на учетные карточки	181
4.27 – Фотоизображение рабочего процесса инжектирования факела распыла при его взаимодействии с внутренней областью воздушной струи	181
4.28 – Плотность покрытия поверхности карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 01, LD – 01; код цвета – оранжевый), по ширине опрыскивания [8, 190]	182
4.29 – Плотность покрытия поверхности карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 015; AD – 015; код цвета - зеленый), по ширине обработки	182
4.30 – Плотность опрыскивания карточек каплями, образованными пластиковыми соплами (фирма-изготовитель «Lechler» LU – 02, AD – 02; код цвета - желтый), по ширине обработки	183
4.31 – Плотность покрытия поверхности карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 03, AD – 03; код цвета – синий), по ширине обработки [8, 190]	183
4.32 – Общий вид экспериментального опрыскивателя с пневмогидравлическими устройствами в составе МТЗ–82.....	187
4.33 – Количество капель (капель/см ²), по ширине опрыскивания при разработанном способе.....	188
4.34 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 03, AD – 03; код цвета – синий), по ширине обработки при общепринятом способе опрыскивания	189
4.35 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 04, AD – 04; код цвета – красный), по ширине обработки при предлагаемом способе опрыскивания[96].	191
4.36 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (фирмы «Lechler» LU – 04, AD – 04; код цвета – красный), по ширине обработки при общепринятом способе опрыскивания [96].....	192
4.37 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – желтый) по ширине обработки при предлагаемом способе опрыскивания)	194

- 4.38 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – **желтый**), полученная при общепринятом способе опрыскивания 194
- 4.39 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**), полученная при предлагаемом способе опрыскивания 196
- 4.40 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 015, AD – 015 (код цвета – **зеленый**) в общепринятом способе опрыскивания 197
- 4.41 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами (код цвета – **оранжевый**), полученная при предложенном способе опрыскивания..... 198
- 4.42 – Плотность покрытия карточек каплями, создаваемыми пластиковыми соплами LU – 01 AD – 01 (код цвета – **оранжевый**), полученная при общепринятом способе опрыскивания 198
- 4.43 – Экспериментальный штанговый опрыскиватель в агрегате с МТЗ 80... 200
- 4.44 – Общий вид агротехнического фона200
- 4.45 – Общий вид экспериментального опрыскивателя в агрегате с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований 201
- 4.46 – Общий вид экспериментального опрыскивателя в агрегате с МТЗ–82 при выполнении лабораторно – полевых опытов 201
- 4.47 – Фрагмент рабочего процесса пневмогидравлического устройства нанесения раствора пестицида на растения целевыми распылителями пневмогидравлического устройства экспериментального образца опрыскивателя при проведении лабораторно – полевых исследований [84, 68, 96, 69, 93] 202
- 4.48 – Схема проведения полевого опыта экспериментального образца опрыскивателя в сравнении с базовым вариантом 206
- 4.49 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков ОП-2000+МТЗ-82 (Использовались распылители с пластиковыми соплами (производство Lechler) типа LU – 04, AD – 04, (код цвета – **красный**)) 207
- 4.50 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков экспериментальным опрыскивателем методом нанесения растворов гербицидов на растения (код цвета – **синий**)... 209
- 4.51 – Фотографические изображения контрольных участков по

уничтожению сорняков экспериментальным опрыскивателем способом нанесения растворов гербицидов на растения (код цвета – красный).....	211
4.52 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков опрыскивателем предлагаемым способом нанесения растворов гербицидов на растения (код цвета – коричневый	213
4.53 – Фотографические изображения контрольных участков по уничтожению сорняков экспериментальным образцом опрыскивателя с новым способом нанесения растворов пестицидов на растения (код цвета сопла – желтый)	215
4.54 – Общий вид сопел пластиковых (Lechler) щелевого принципа действия	218
4.55 – Определения расхода рабочей жидкости объемным методом в гидравлической системе в зависимости от давления, создаваемого электронасосом ELP.TRIAL 9/12 116103973.....	218
4.56 – Общий вид гидравлической системы при оценке ее работоспособности.....	219
4.57 – Карточки после их опрыскивания показаны видами а) и б).....	220
4.58– Распределение плотности покрытия капель на карточках (капель/ $10^{-4}m^2$) по ширине опрыскивания (капель/ $10^{-4}m^2$) по ширине опрыскивания общепринятым способом (при средней скорости агрегата 14,8 км/ч ($4,11 m \cdot c^{-1}$)) [91].....	221
4.59 Плотность покрытия капель/ cm^2 , усредненных трехкратной повторностью по ширине захвата опрыскивания пневмогидравлическими устройствами при оснащении их соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – желтый) (при средней скорости агрегата 15,5 км/ч ($4,31 m/c$)) [91].....	222
4.60 – Плотность покрытия карточек каплями/ $10^{-4}m^2$, усредненными трехкратной повторностью по ширине опрыскивания соплом LU – 02 AD – 02 (код цвета – желтый), полученная при общепринятом опрыскивании (при средней скорости агрегата 18,8 км/ч ($5,22 m \cdot c^{-1}$)) [91].....	224
4.61 – Густота покрытия капель/ cm^2 , усредненных трехкратной повторностью по ширине захвата опрыскивания пневмогидравлическими устройствами при оснащении их соплами LU – 02 AD – 02 (код цвета – желтый) (при средней скорости движения агрегата 19,0 км/ч ($5,3 m \cdot c^{-1}$)).....	225
4.62 – Штанговый опрыскиватель при исследовании традиционного способа опрыскивания карточек подкрашенной жидкостью	227
4.63 – Общий вид агрономического фона (измельченные пожнивны	

остатки после уборки пшеницы и прорастания сорной растительности)	230
4.64 – Опрыскиватель РМ 229 с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований (транспортное положение)	230
4.65 – Опрыскиватель РМ 229 с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований	231
4.66 – Общий вид базового варианта опрыскивателя с МТЗ–82 перед началом проведения лабораторно – полевых исследований	231
..	
4.67 – Общий вид базового варианта опрыскивателя в составе с МТЗ–82 при проведении лабораторно – полевых исследований.....	231
4.68 – Общий вид опытного образца опрыскивателя в составе с МТЗ–82 при проведении лабораторно – полевых исследований [77, 92].....	232
4.69 – Рамка (контроль) с полиэтиленовой пленкой для экранирования воздействия препарата на сорную растительность	233
4.70 – Схема закладки опытов по обработке сорных растений на поле 7/3.....	234
4.71 – Закладка опытов на поле 7/3 для обработки сорных растений разрабатываемым опытным образцом	235
4.72 – Закладка опытов на поле 7/3 для обработки сорных растений базовым вариантом	236
4.73 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки опрыскивателем ОП-2000 (при скорости его движения 12 км/ч ($3,33 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$)) в сравнении с контрольной рамкой	237
4.74 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 12 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой.....	238
4.75 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 14,3 км/ч ($3,97 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой.....	239
4.76 – Результаты промежуточного во времени (24.09.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 17,2 км/ч ($4,78 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой.....	240
4.77 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки опрыскивателем	

ОП-2000 (при скорости его движения 12 км/ч (3,33 м·с ⁻¹)) в сравнении с контрольной рамкой.....	241
4.78 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 12 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой.....	242
4.79 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 14,3 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой.....	243
4.80 – Результаты окончательного во времени (16.10.2015) воздействия препарата на сорную растительность после ее обработки на скорости 17,2 км/ч опытным образцом опрыскивателя в сравнении с контрольной рамкой.....	244
Д.1 – Схема системы контроля аэрозоля	318

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акты об использовании результатов диссертационной работы



АКТ

о внедрении опрыскивателя с воздушным рукавом РМ-229 на полях валидационного полигона КубНИИТиМ

Опрыскиватель с воздушным рукавом РМ-229 в составе МТЗ-82 внедрен на полях валидационного полигона КубНИИТиМ.

Зав. лабораторией разработки средств измерений и испытательного оборудования, вед. науч. сотрудник, к.т.н., Коваль З.М. являлась руководителем задания «Исследование показателей качества работы экспериментального образца опрыскивателя с новым способом нанесения растворов пестицидов на растения», проводимого по плановой тематике в 2014 г.

Экспериментальный образец опрыскивателя с воздушным рукавом РМ-229 в составе МТЗ-82 применялся на технологической операции – опрыскивание почвенным гербицидом «Спрут - Экстра» сорняков на агрономическом фоне измельченные пожнивные остатки после уборки пшеницы.

Результаты исследований свидетельствовали о том, что конструкция пневмогидравлического устройства в составе опрыскивателя с воздушным рукавом РМ-229 может быть рекомендована для энергоэффективных и экологических технологий применения пестицидов в растениеводстве по защите растений от вредителей, болезней и сорняков.

Члены комиссии:

Зам. директора по науке, канд. техн. наук  Н.В.. Трубицын

Ученый секретарь, канд. техн. наук  В.И. Скорляков

Зав. валидационным полигоном  А. Е.. Ткаленко



УТВЕРЖДАЮ
Директор КубНИИТИМ

Г.В. Дробин
2015

АКТ

о внедрении опрыскивателя с воздушным рукавом РМ-229 на полях
валидационного полигона КубНИИТИМ

Опрыскиватель с воздушным рукавом РМ-229 в составе МТЗ-82 внедрен на полях валидационного полигона КубНИИТИМ.

Главный научный сотрудник КубНИИТИМ, к.т.н., Коваль З.М. являлась руководителем задания «Исследование качества работы опытного образца опрыскивателя с новым способом нанесения растворов пестицидов на растения», проводимого по плановой тематике в 2015 г.

Опытный образец опрыскивателя с воздушным рукавом РМ-229 в составе МТЗ-82 применялся на технологической операции – опрыскивание почвенным гербицидом «Спрут - Экстра» сорняков на агрономическом фоне - измельченные пожнивные остатки после уборки пшеницы и прорастания сорной растительности

Результаты исследований свидетельствовали о том, что разработанный способ нанесения капель распыла жидкости на объекты обработки со сниженным расходом рабочей жидкости на единицу обрабатываемой поверхности позволяет увеличить производительность машин вследствие повышения коэффициента использования рабочего времени смены, снизить количество техники и затраты труда.

Качество процесса опрыскивания объектов обработки опытным образцом РМ-229 соответствует агротехническим и технологическим показателям к перспективной сельскохозяйственной технике, за счет выполнения требований международного стандарта ISO по нанесению количества капель на единицу обрабатываемой поверхности с меньшим расходом рабочей жидкости.

Экономическая эффективность на сопоставимый объем работ в типичном хозяйстве при применении новой технологии при опрыскивании 1000 га составила 410928 руб.

Члены комиссии:

Зам. директора по науке, канд. техн. наук  Н.В.. Трубицын

Ученый секретарь, канд. техн. наук  В.И. Скорляков

Зав. валидационным полигоном  А. Е.. Ткаченко



УТВЕРЖДАЮ
Директор КубНИИТиМ

Г.В. Дробин

2017

АКТ

о внедрении измерительного средства для обеспечения моделирования параметров технологического процесса работы распылителей штанговых опрыскивателей

Измерительное средство для обеспечения моделирования параметров технологического процесса работы распылителей штанговых опрыскивателей внедрено в Новокубанском филиале ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ).

Главный научный сотрудник, к.т.н., Коваль З.М. являлась руководителем заданий «Разработка стендового оборудования на новой элементной базе с обеспечением моделирования параметров технологического процесса работы распылителей штанговых опрыскивателей» и «Разработка экспериментального образца измерительного средства для обеспечения моделирования параметров технологического процесса работы распылителей штанговых опрыскивателей», проводимых по плановой тематике в 2016 г. КубНИИТиМ и «Исследование качества работы опытного образца опрыскивателя с новым способом нанесения растворов пестицидов на растения» – в 2017 г.

Сравнительными данными по критерию опрыскивания медианно-массовому диаметру (ММД) капель, полученными с использованием измерительного средства для обеспечения моделирования параметров технологического процесса работы распылителей штанговых опрыскивателей и при исследовании распылителей жидкости в составе опрыскивателя, показана принципиальная возможность получения сравнительных информационных сведений, позволяющих сделать выбор о рациональных технологиях применения опрыскивателей.

Члены комиссии:

Зам. директора по науке, канд. техн. наук  Н.В.. Трубицын

Ученый секретарь, канд. техн. наук  В.И. Скорляков

Науч. сотрудник  Е.В. Бондаренко

**Сельскохозяйственный производственный кооператив
«Племзавод Вторая Пятилетка»**



ИНН 2608008720, КПП 260801001, ОКТМО 07622404, ОКОНХ 21230, ОКВЕД 01.221, ОГРН 1022602625143
35625 Ставропольский край, Ипатовский район,
с. Большая Джалга, ул. Колхозная, №19.
Тел.: (86542) 3-31-66, тел/факс: (86542) 3-31-85, 3-31-48.

р/сч. 40702810160160000288, б/сч 040702615, кор. счет 30101810907020000615
Отделение №5230 Сбербанка России г. Ставрополь

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель
СПК «Племзавод Вторая Пятилетка»
Ипатовского городского округа
Ставропольского края



И.Г.Сердюков
2018 г.

АКТ

о проведении производственной проверки технологического процесса
обработки сорных растений гербицидами опрыскивателем с воздушным
рукавом РМ-229 с пневмогидравлическими средствами
в составе трактора Беларусь 82.1

В 2018 году в СПК «Племзавод Вторая Пятилетка» Ипатовского городского округа Ставропольского края проводилась производственная проверка технологического процесса обработки растительных остатков (после сбора урожая пшеницы) и сорняков в составе агрегата: опрыскивателя с воздушным рукавом РМ-229 с пневмогидравлическими средствами и трактора Беларусь 82.1.

В основу технологического процесса положены результаты исследований Коваль Зинаиды Михайловны, главного научного сотрудника Новокубанского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», кандидата технических наук (г. Новокубанск, Краснодарский край).

В результате проверки установлено: при применении метода и средства для пневмотранспортирования капель распыливаемой жидкости к растениям со скоростью движения опытного образца опрыскивателя 16,3 км/ч с нормой расхода рабочей жидкости и расходом препарата 18,4 л/га и 2,5 л/га соответственно наблюдалась полная гибель сорной растительности.

Главный агроном
СПК «Племзавод Вторая Пятилетка»

А.Е.Иванников

Главный инженер
СПК «Племзавод Вторая Пятилетка»

А.И.Харченко

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель
СПК-колхоза «Родина»
Красногвардейского
муниципального района
Ставропольского края


Л.Г. Душка
« ___ » _____ 2018 г.

АКТ

о проведении производственной проверки технологического процесса обработки сорных растений гербицидами опрыскивателем с воздушным рукавом РМ-229 с пневмогидравлическими средствами в составе трактора Беларусь 82.1

В 2018 году в СПК-колхозе «Родина» Красногвардейского муниципального района Ставропольского края проводилась производственная проверка технологического процесса обработки растительных остатков (после сбора урожая пшеницы) и сорняков в составе агрегата: опрыскивателя с воздушным рукавом РМ-229 с пневмогидравлическими средствами и трактора Беларусь 82.1.

В основу технологического процесса положены результаты исследований Коваль Зинаиды Михайловны, главного научного сотрудника Новокубанского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», кандидата технических наук (г. Новокубанск, Краснодарский край).

В результате проверки установлено: при применении метода и средства для пневмотранспортирования капель распыливаемой жидкости к растениям со скоростью движения опытного образца опрыскивателя 16,3 км/ч с нормой расхода рабочей жидкости и расходом препарата 18,4 л/га и 2,5 л/га соответственно наблюдалась полная гибель сорной растительности.

Заместитель председателя
по механизации СПК-колхоза «Родина»




(подпись)

В.П.Егупов

Главный агроном
СПК-колхоза «Родина»


(подпись)

А.Б.Умаров

«Утверждаю»

Проректор по учебной и
воспитательной работе ФГБОУ
ВПО «Ставропольский
государственный аграрный
университет», профессор

И.В. Атанов

2019 г.



АКТ

внедрения результатов исследований

При проведении практических занятий по дисциплинам: «Сельскохозяйственные машины», «Производственная эксплуатация» для студентов технических и технологических специальностей использованы результаты научных исследований главного научного сотрудника КубНИИТиМ, кандидата технических наук Коваль Зинаиды Михайловны.

Предложенная конструкция опрыскивателя с воздушным рукавом для пневмотранспортирования капель распыливаемой жидкости, нашла свое отражение при выполнении выпускных квалификационных работ студентами-бакалаврами факультета механизации сельского хозяйства.

Декан факультета

«Механизация сельского хозяйства»

к.т.н., доцент


 Е. В. Кулаев

Зав. кафедрой

«Процессы и машины в агробизнесе»

к.т.н., доцент


 М. В. Данилов

АКТ

внедрения результатов научных исследований соискателя ученой степени доктора технических наук Новокубанского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех») КубНИИТиМ Коваль Зинаиды Михайловны на тему: «Совершенствование технологии опрыскивания растений растворами пестицидов».

Исследования, результаты которых представлены в докторской диссертации Коваль З.М. на тему: «Совершенствование технологии опрыскивания растений растворами пестицидов», проводились совместно с Министерством сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края при обосновании и разработке рекомендаций по выбору конкурентоспособных машин для технологических процессов в растениеводстве Краснодарского края.

Эффективность научно-технической продукции подтверждается разработанными для специалистов АПК научно-практическими рекомендациями по выбору наиболее эффективных технологических комплексов машин по защите растений от сорняков, вредителей и болезней, обеспечивающих выполнение агротребований со сниженным расходом рабочей жидкости до 25 дм³/га, что позволит сократить расход препарата в 1,3 раза, при сокращенном количестве целевых распылителей на штанге опрыскивателя с воздушным рукавом в 3 раза.

Заместитель министра сельского хозяйства
Краснодарского края



М.Н. Тимофеев

Начальник Управления инженерно-технической политики Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края

Д.Н. Павлов

АКТ

внедрения результатов научных исследований соискателя ученой степени доктора технических наук Новокубанского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех») КубНИИТиМ Коваль Зинаиды Михайловны на тему: «Совершенствование технологии опрыскивания растений растворами пестицидов».

Результаты исследований, которые представлены в докторской диссертации Коваль З.М. на тему: «Совершенствование технологии опрыскивания растений растворами пестицидов», переданы Ассоциации производителей сельскохозяйственной техники и оборудования агропромышленного комплекса Краснодарского края для совместного практического внедрения по созданию семейства образцов техники для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.

Эффективность научно-технической продукции подтверждается разработанными для специалистов АПК научно-практическими рекомендациями по выбору наиболее эффективных технологических комплексов машин по защите растений от сорняков, вредителей и болезней, обеспечивающих выполнение агротребований со сниженным расходом рабочей жидкости до 25 дм³/га, что позволит сократить расход препарата в 1,3 раза, при сокращенном количестве щелевых распылителей на штанге опрыскивателя с воздушным рукавом в 3 раза.

Председатель Ассоциации производителей
сельскохозяйственной техники и оборудования
агропромышленного комплекса
Краснодарского края, д.т.н.



В.В. Абаев

ПРИЛОЖЕНИЕ В

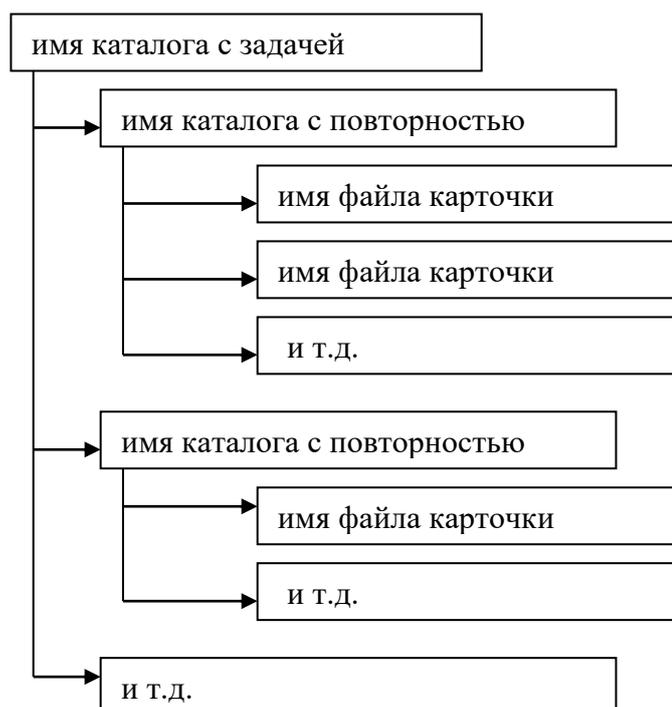
Рекомендации по подготовке карточекГ.1. Сканирование

формат:	bmp
разрешение:	от 200
резкость:	высокая
полутона:	от 0,0 до 2,0
светлые:	от 140 до 180
темные:	от 45 до 55

* Желательно обрезать края с потеками краски и записывать фактические размеры (ширину и высоту) отсканированного образца карточки в мм.

Г.2. Размещение карточек

Карточки группируются по повторностям. Повторности по задачам. Таким образом, в одной задаче несколько повторностей, а в каждой повторности по несколько карточек.



Следует иметь в виду, что полное имя файла должно быть до 256 символов. Потому нужно каталоги для задачи размещать в корневом каталоге (C:/, D:/ и т.д.) и избегать длинных имен.

Рекомендуется, например,

- для имени каталога задачи (по марке опрыскивателя):
ОП-2,3
- для имени каталога с повторностью (номер повторности):
Пов1 или Пов2
- для имени файла карточки (повторность_номер карточки п/п):
1_1.bmp или 2_3.bmp

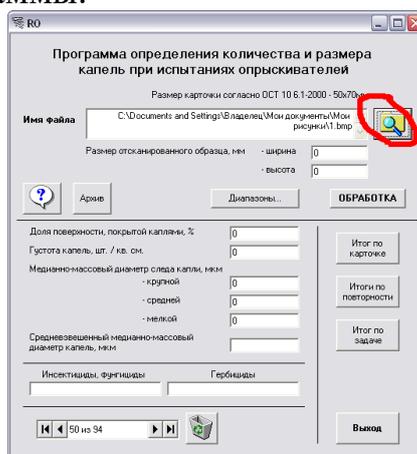
ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Инструкция по работе с программой RO v-03

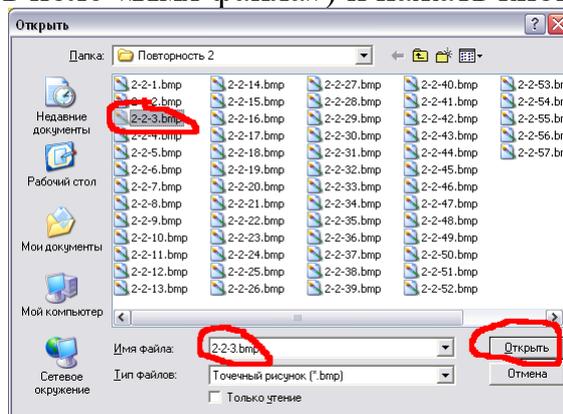
Программа предназначена для определения параметров капель и анализа степени покрытия поверхности карточки, обработанной окрашенным средством при испытании опрыскивателей на специализированном стенде.

1 Добавление карточки

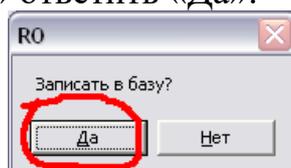
Чтобы добавить новую карточку в базу для расчета необходимо нажать кнопку «Обзор» в окне программы.



В окне «Открыть» выбрать файл рисунка карточки (так, чтобы имя выбранного файла отобразилось в поле «Имя файла») и нажать кнопку «Открыть».



На вопрос «Записать в базу?» ответить «Да».



После добавления новой карточки в базу происходит переход к первой записи.

2 Поиск карточки

Поиск нужной записи, соответствующей карточке, осуществляется при помощи кнопок со стрелками (слева направо: «к первой записи», «к предыдущей записи», «к следующей записи», «к последней записи»).

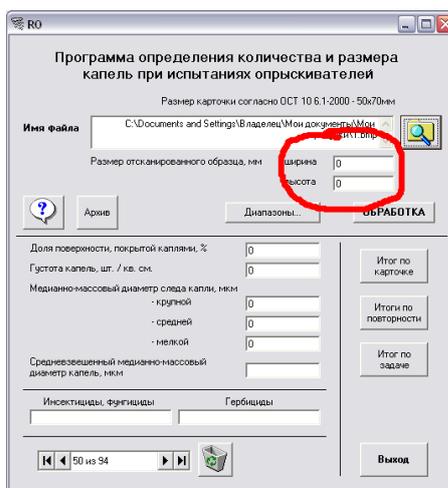


Если база сильно заполнена, и поиск при помощи кнопок становится трудоемким, то переход к карточке можно произвести, используя кнопку «Обзор» (аналогично добавлению новой карточки).

Когда выбранная в окне «Открыть» карточка уже заведена в базу, то произойдет автоматический переход к соответствующей записи.

3 Обработка карточки

Для обработки следует заполнить поля «ширина» и «высота» соответствующими значениями, в миллиметрах (мм), фактических размеров отсканированного образца карточки, записанных при подготовке карточки (размер по нормативному документу: 50x70 мм).

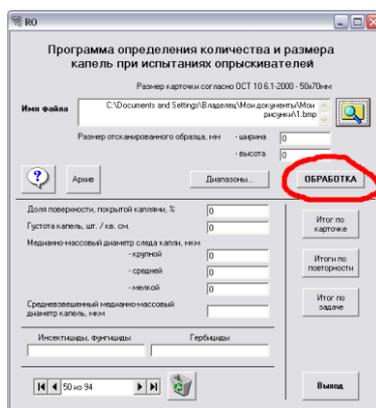


При помощи кнопки «Диапазоны» можно просмотреть (только чтение) расчетные диапазоны. По нормативному документу:

- от 0 до 150
- от 150 до 300
- от 300 и более.

Код	От	До
1	0	150
2	150	300
3	300	0

Для непосредственной обработки карточки, убедившись, что поля «ширина» и «высота» заполнены, необходимо нажать кнопку «Обработка».



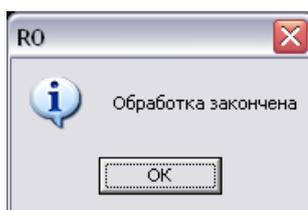
Процесс обработки отображается на экране полосой прогресса в отдельном окне «Обработка карточки».

Скорость обработки одной карточки может занимать от нескольких секунд до нескольких минут. Это зависит от:

- разрешения отсканированного образца (чем оно больше, тем скорость меньше),
- качества опрыскивания карточки,
- загрузки процессора ПК,
- производительности ПК,
- других факторов.

Чтобы прервать обработку карточки, необходимо прервать работу программы. Для этого используйте сочетание (одновременное нажатие) клавиш «Alt + Ctrl + Delete».

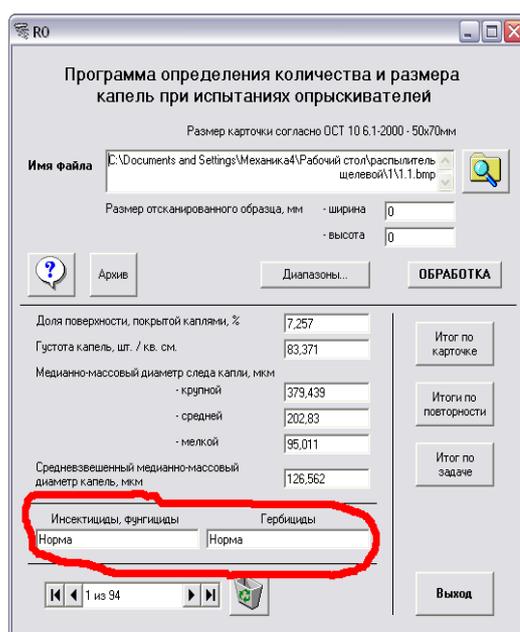
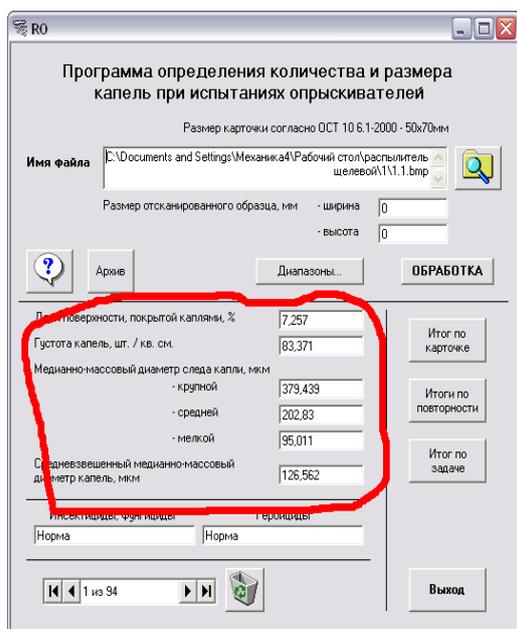
Когда обработка карточки будет окончена, на экране появится сообщение «Обработка закончена». Следует нажать кнопку «ОК».



Результаты обработки отображаются на экране в соответствующих полях:

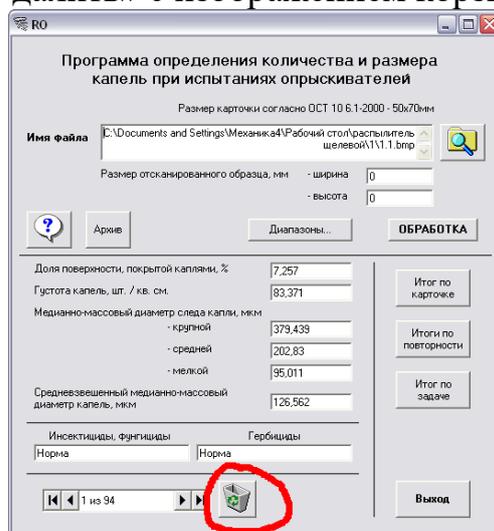
- доля поверхности, залитой каплями,
- густота капель на см²,
- медианно-массовый диаметр следа капли (крупной, средней, мелкой),
- средневзвешенный медианно-массовый диаметр капли.

Также осуществляется анализ эффективности и экологической безопасности опрыскивания по данным обработки конкретной карточки отдельно для инсектицидов, фунгицидов и гербицидов.

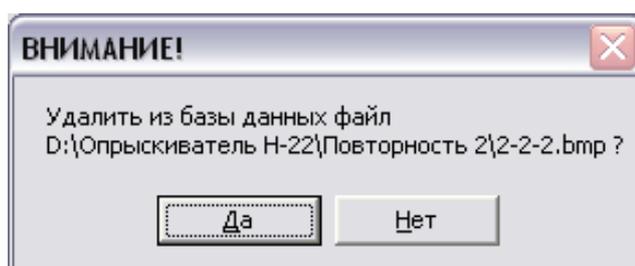


4 Удаление записи о карточке из базы

Чтобы удалить запись о карточке из базы, необходимо сначала убедиться, что она активна (отображена на экране запись с ее именем и результатами расчета). Затем нажать кнопку «Удалить» с изображением корзины.



На вопрос «Удалить?» следует ответить «Да». Если кнопка была нажата случайно, следует ответить «Нет».

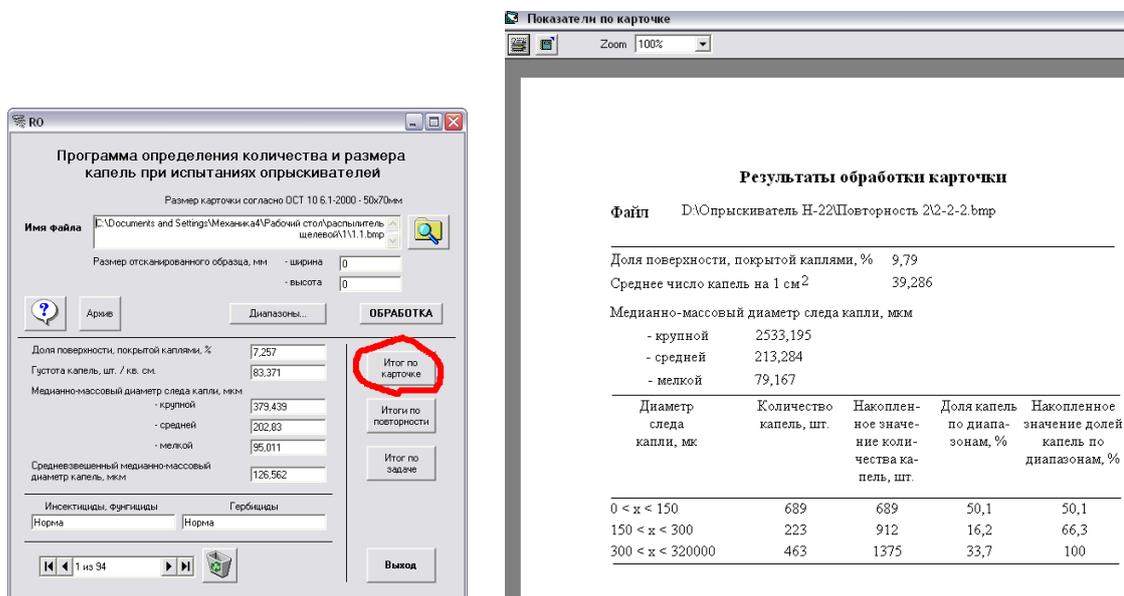


5 Просмотр итогов

а) Итоги по карточке.

Для этого предусмотрена кнопка «Итог по карточке».

Отображаются результаты обработки выбранной карточки.



Показатели по карточке

Zoom 100%

Результаты обработки карточки

Файл D:\Опрыскиватель Н-22\Повторность 2\2-2-2.bmp

Доля поверхности, покрытой каплями, % 9,79
Среднее число капель на 1 см² 39,286

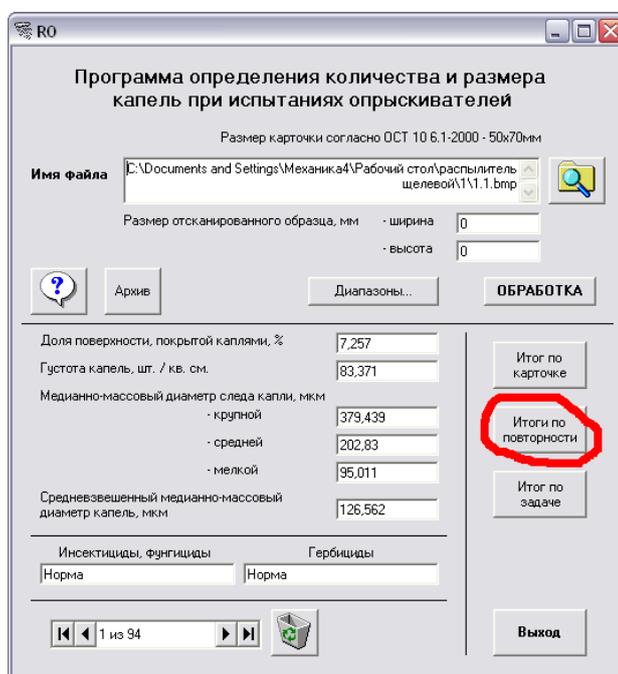
Медианно-массовый диаметр следа капли, мкм

- крупной 2533,195
- средней 213,284
- мелкой 79,167

Диаметр следа капли, мкм	Количество капель, шт.	Накопленное значение количества капель, шт.	Доля капель по диапазонам, %	Накопленное значение долей капель по диапазонам, %
0 < x < 150	689	689	50,1	50,1
150 < x < 300	223	912	16,2	66,3
300 < x < 320000	463	1375	33,7	100

б) Итоги по повторностям

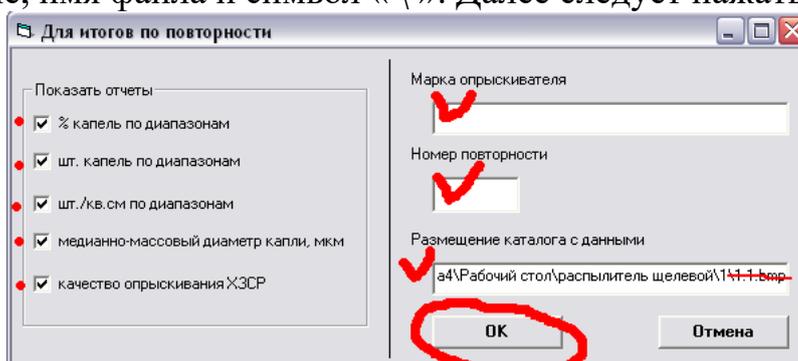
Для этого предусмотрена кнопка «Итог по повторности»



Итоги по повторности

В окне запроса после нажатия этой кнопки следует выбрать вид отчета (один, несколько или все) и заполнить поля «Марка опрыскивателя», «Номер повторности» и «Размещения каталога с данными».

Путь к каталогу уже заполнен полным именем файла выбранной карточки. Чтобы получить размещение каталога с повторностью, достаточно удалить справа налево расширение, имя файла и символ « \ ». Далее следует нажать кнопку «ОК».



Отображаются сводные результаты по всем карточкам повторности.

Результаты обработки карточек по повторности

Zoom 100%

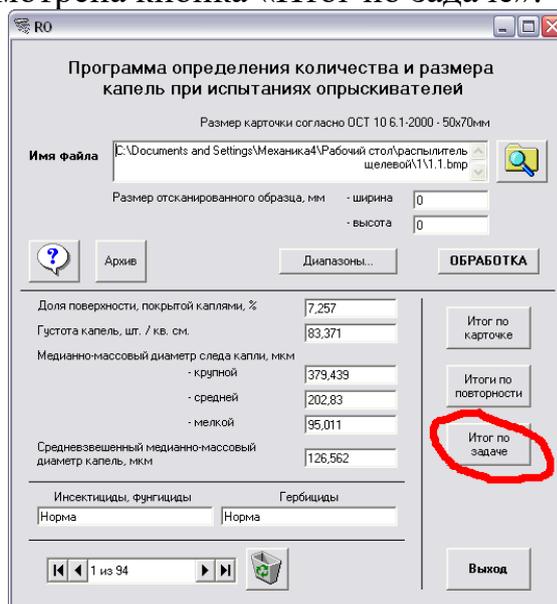
Результаты обработки карточек по повторности № 2

Каталог размещения D:\Опрыскиватель Н-22Повторность 2
Машина ОП

Карточка	Доля, %	Густота, шт. см	Процент капель по диапазонам, %		
			до 150	от 150 до 300	свыше 300
2-2-2.bmp	9,79	39,286	50,10	16,20	33,70
2-2-3.bmp	10,113	37,771	47,70	16,10	36,20
Среднее арифметическое			48,90	16,15	34,95
Стандартное отклонение			1,70	0,07	1,77

в) Итоги по задаче (опрыскивателю)

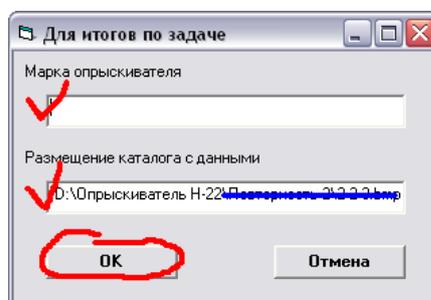
Для этого предусмотрена кнопка «Итог по задаче».



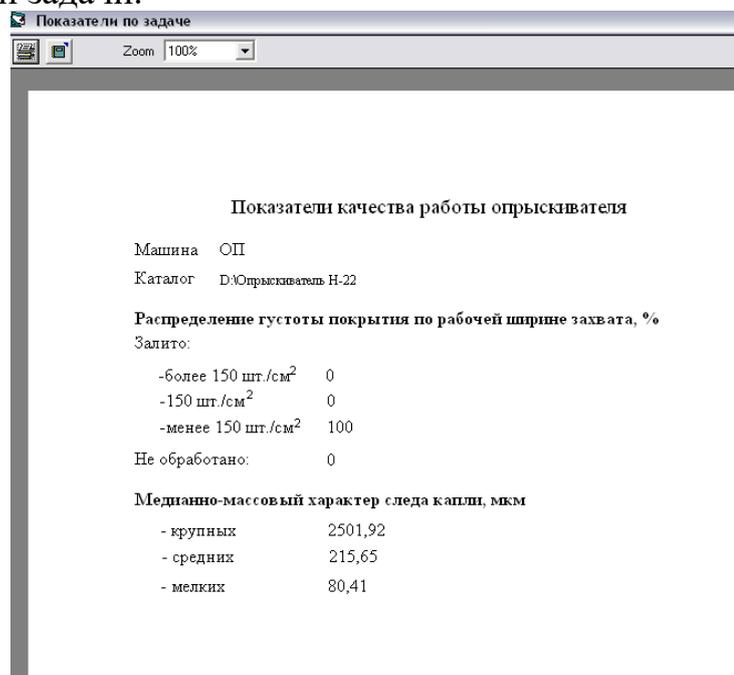
В окне запроса после нажатия этой кнопки следует заполнить поля «Марка машины» и «Размещение каталога с данными».

Путь к каталогу уже заполнен полным именем выбранной карточки. Чтобы получить размещение каталога с задачей, достаточно удалить справа налево расширение, имя файла, имя каталога повторности и символ « \ ».

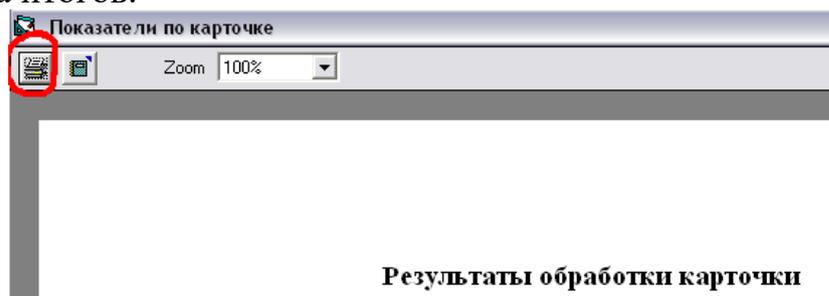
Для просмотра результатов следует нажать кнопку «ОК».



Отображаются проанализированные данные по всем карточкам всех повторностей данной задачи.

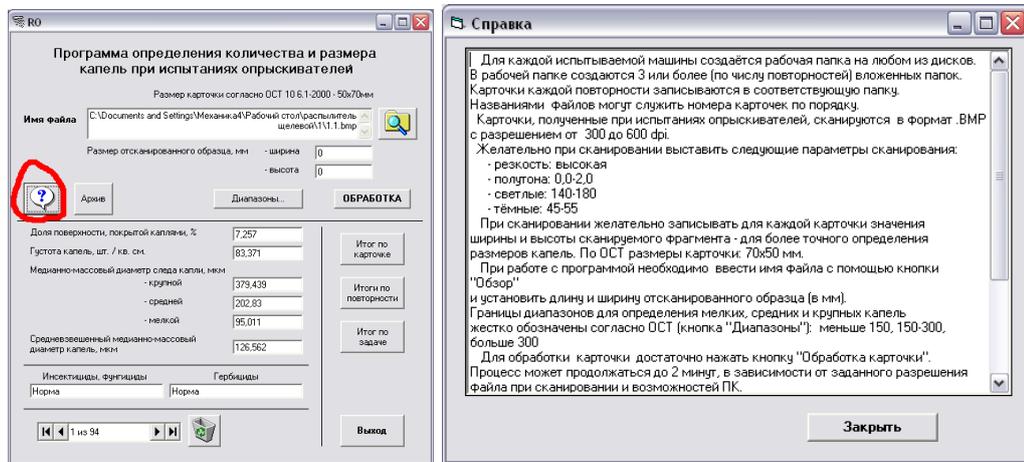


Для печати любых итогов используют кнопку «Print» в окне предварительного просмотра итогов.



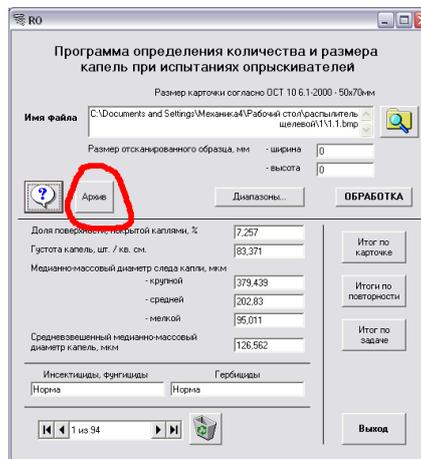
6 Помощь

Для помощи пользователю при работе с программой предусмотрено справочное окно, открываемое кнопкой «Справка».

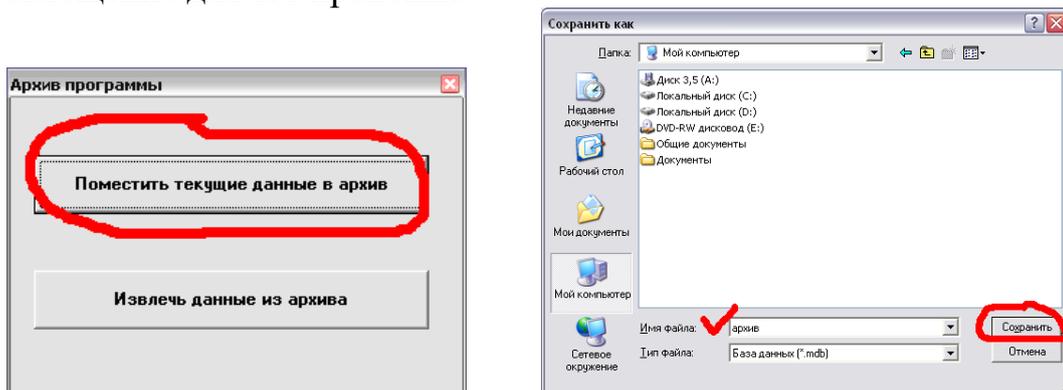


7 Хранение результатов обработки

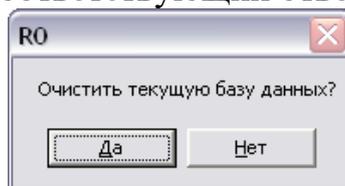
а) Для хранения результатов обработки отсканированных образцов карточек предусмотрена возможность создать архивную копию базы с данными обработки при помощи кнопки «Архив».



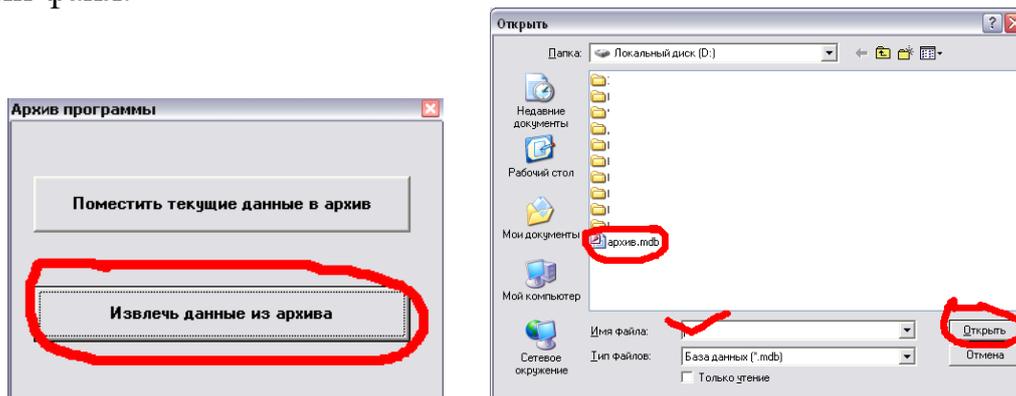
Нажатие этой кнопки вызывает окно «Архив программы», где нажатие кнопки «Поместить текущие данные в архив» можно выбрать имя архивного файла и размещение для его хранения.



После создания архивной копии текущей базы данных, появляется запрос на очищение. Необходимо дать соответствующий ответ.



б) Чтобы извлечь ранее сохраненные данные, необходимо воспользоваться кнопкой «Извлечь данные из архива» в окне «Архив программы» и выбрать архивный файл.



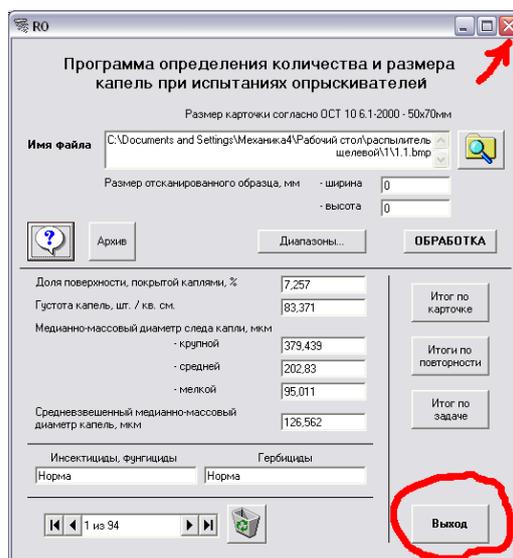
!!! Следует учитывать, что при извлечении данных из архива, текущие данные (если они не были помещены в другой архив) будут утеряны.

8 Завершение работы с программой

Для завершения работы с программой предусмотрена кнопка «Выход».

Также программу можно завершить обычным закрытием главного окна программы.

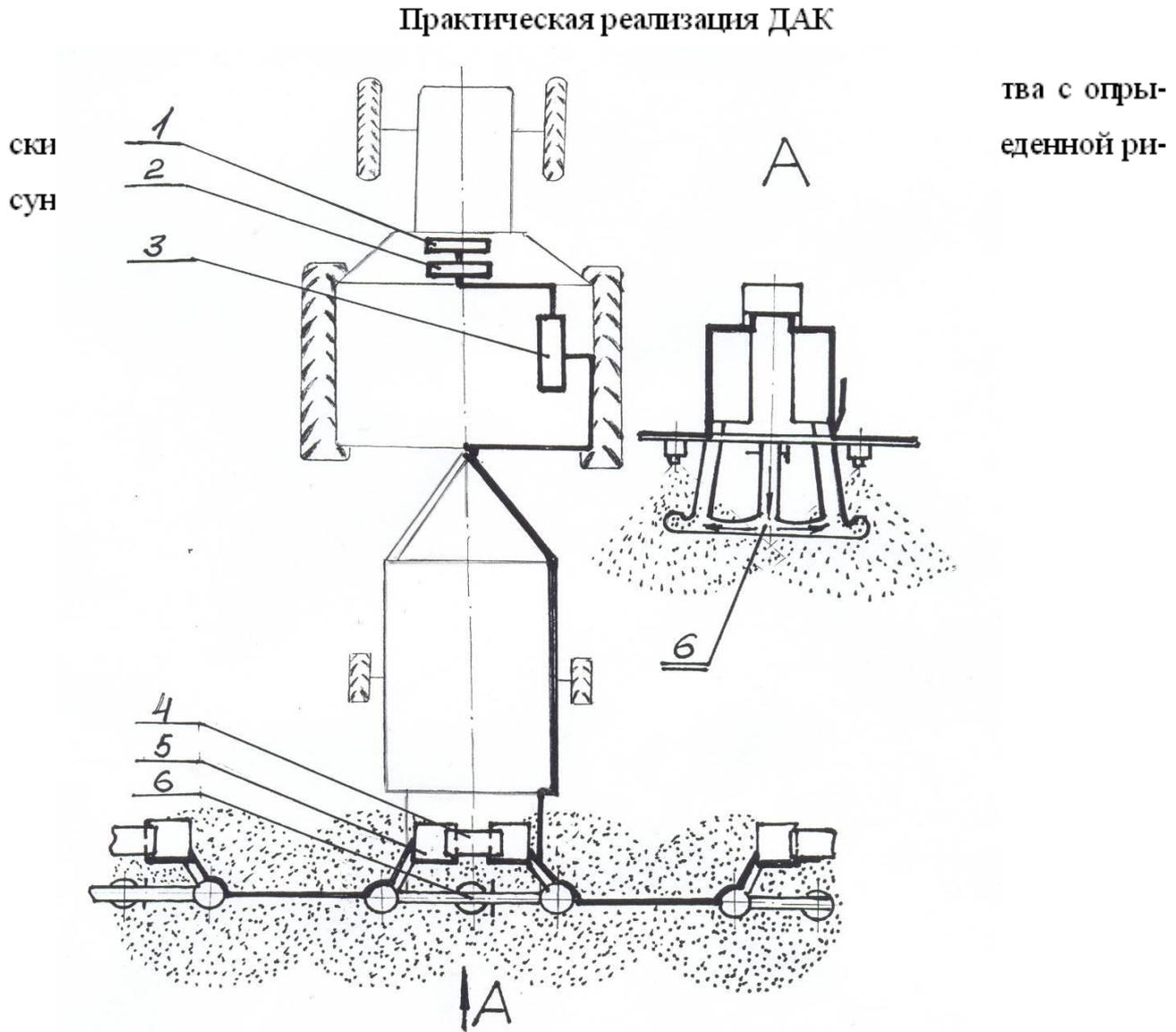
Чтобы прервать обработку карточки, необходимо прервать работу программы. Для этого используйте сочетание (одновременное нажатие) клавиш «Alt + Ctrl + Delete».



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Практическая реализация ДАК

Практическая реализация ДАК в составе энергетического средства с опрыскивателем иллюстрируется схемой системы контроля аэрозоля, приведенной на рисунке Д.1 [138].



- 1 – пульт управления, 2 – дисплей, 3 – микроконтроллерный блок,
4 – вакуумная установка, 5 – фотометрическая ДАК,
6 – устройство изокINETического принципа действия

Рисунок Д.1 – Схема системы контроля аэрозоля

ПРИЛОЖЕНИЕ Е



Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий
Российской академии наук
Сибирский физико-технический институт аграрных проблем

7-я Международная научно-практическая конференция
«Информационные технологии, системы и приборы в АПК»

АГРОИНФО' 2018

СЕРТИФИКАТ

удостоверяет, что

Коваль

Зинаида Михайловна

принял участие в конференции АГРОИНФО' 2018
24-25 октября 2018 г. с докладом

Председатель организационного
комитета АГРОИНФО' 2018

Альт В.В.

