

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

УДК 631.331.001.41(047.91)
Рег. № НИОКТР 121071300044-1

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора
ФГБНУ «Росинформагротех»,
канд. юрид. наук

П.А. Подъяблонский
« 14 » 12 2021 г.



ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование и разработка технического средства к штанговому
опрыскивателю для борьбы с сорняками и вредителями в полезащитных
лесных насаждениях и при краевых обработках полей

по теме:

2.1.13 ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОГО
ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ МАШИН И ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
(заключительный)

Директор КубНИИТиМ

М.И. Потапкин

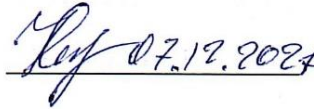
Руководитель НИР,
зав. лабораторией разработки
испытательного оборудования,
ведущий науч. сотр., д-р техн. наук

И.М. Киреев

Новокубанск 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

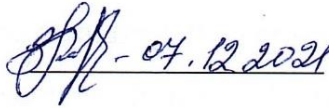
Руководитель НИР,
ответственный исполнитель,
зав. лабораторией разработки
испытательного оборудования,
вед. науч. сотр., д-р техн. наук


07.12.2021

И.М. Киреев
(реферат, введение,
разделы 1, 3, 4, заключение)

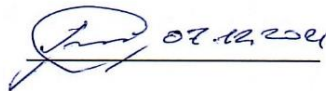
Исполнители:

Гл. науч. сотр.,
канд. техн. наук


07.12.2021

З.М. Коваль
(введение, разделы 1, 2, 3, 4,
заключение, приложение А)

И.о. ученого секретаря,
ведущий инженер


07.12.2021

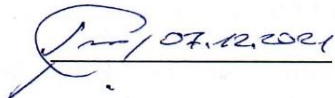
В.О. Марченко
(раздел 4)

Инженер


07.12.2021

Ф.А. Зимин
(раздел 4)

Нормоконтроль


07.12.2021

В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 53 с., 19 рис., 18 табл., 39 источн., 1 прил.

ТЕХНОЛОГИЯ, ШТАНГОВЫЙ ОПРЫСКИВАТЕЛЬ, СОПЛО, ВЕНТИЛЯТОР, СТРУЯ, РАСПЫЛИТЕЛЬ, ВОЗДУШНО-ДИСПЕРСНАЯ СИСТЕМА, СОРНЯК, ВРЕДИТЕЛЬ, ПОЛЕЗАЩИТНАЯ ПОЛОСА

Объект исследования – процесс осаждения капель из воздушно-дисперсной системы для уничтожения сорняков и вредителей при краевых обработках полей и оснований полезащитных лесных насаждений.

Цель работы – исследование и разработка технического средства к штанговому опрыскивателю для борьбы с сорняками и вредителями в полезащитных лесных насаждениях и при краевых обработках полей.

Метод проведения работы – экспериментально-теоретические исследования комбинированного способа применения полидисперсных капель для краевых обработок полей и полезащитных лесных насаждений.

В ходе выполнения НИР получены следующие результаты:

– предложен способ подачи факелов распыла жидкости щелевыми распылителями в скоростной воздушный поток струи, выходящей из сопла с массовым расходом значительно превышающим массовый расход жидкости для исключения коагуляции капель в полидисперсной системе и транспортирования крупных капель для уничтожения сорной растительности, а мелких – для уничтожения вредителей при комбинированной краевой обработке поля и оснований полезащитных лесных насаждений;

– разработана методика и проведена экспериментальная оценка дальности осаждения крупных и мелких капель на предметных карточках, расположенных в области объектов назначения, из воздушно-капельной системы от средства их образования при комбинированном применении щелевых распылителей по образующей сопла.

Новизна исследований – впервые предложен комбинированный способ для выполнения агротехнических требований по дисперсности капель при проведении краевых обработок поля и полезащитных лесных насаждений, осуществляемый конструктивно-технологическим решением в разрабатываемом техническом средстве. Подана заявка на полезную модель № 2021123068, находящаяся на рассмотрении.

Рекомендации по внедрению – результаты исследований комбинированного способа краевых обработок полей и полезащитных лесных насаждений доведены до сельхозтоваропроизводителей путем публикации научных статей.

Степень внедрения – возможность практического применения сельхозтоваропроизводителями комбинированного способа по борьбе с вредителями и сорняками на ранних фазах их развития в полезащитных лесных насаждениях при производстве растениеводческой продукции. Результаты работы предлагается использовать в направлении дальнейшего исследования способа краевых обработок полей и полезащитных лесных насаждений и технического средства для его осуществления с целью получения информационных данных в качестве рекомендаций по ресурсосберегающим и экологичным технологиям опрыскивания растений.

Эффективность разработанного способа заключается в совмещении капельного и воздушно-капельного опрыскивания, исключая метеорологическое влияние на аэрозольные струи, имеющие место при применении вентиляторных опрыскивателей и генераторов аэрозолей.

Область применения – производители растениеводческой продукции, научно-исследовательские институты и конструкторские организации, занимающиеся исследованием, разработкой и испытанием машин и машинных технологий.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – положительные результаты применения комбинированного способа краевых обработок полей и полезащитных лесных насаждений.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Выбор направления исследований	10
2 Программа и методика экспериментальных исследований.....	13
2.1 Цель и задачи экспериментальных исследований.....	13
2.2 Методика проведения лабораторных исследований по оценке эффективности нанесения на объекты обработки капель воздушно- капельного потока, создаваемого при работе различных щелевых распылителей специализированного оборудования штангового опрыскивателя	13
3 Теоретические исследования	19
4 Экспериментальные исследования.....	23
4.1 Описание конструкции и техническая характеристика средства для проведения краевых обработок поля по уничтожению сорняков и защиты от вредителей, зимующих в лесозащитных полосах	23
4.2 Проведение оценки по обеспечению работоспособности технического средства технической системой штангового опрыскивателя	24
4.3 Процесс подготовки к экспериментальным исследованиям	24
4.4 Лабораторные исследования по транспортированию капель факелов распыла жидкости различных щелевых распылителей	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	48
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Средства измерений, применяемые при испытаниях.....	53

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВОМ – вал отбора мощности

МИС – машиноиспытательная станция

НИИ – научно-исследовательский институт

НИР – научно-исследовательская работа

ПК – персональный компьютер

ТЗ – техническое задание

ГАРД – генератор аэрозольный регулируемой дисперсности

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации является переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, который на сегодняшний день невозможно осуществить без системы мероприятий по защите растений от неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

При борьбе с засухой, водной и ветровой эрозией особое значение имеют, искусственно созданные лесные насаждения. Важность таких насаждений имеет государственное значение для сбережения урожая.

В результате проведенных исследований положительных качеств полезащитных лесополос была выявлена необходимость по уничтожению сорных растений в светопроницаемых краях (технологических проходах), семена которых скоростным воздушным потоком разносятся по прилегающим полям в глубь поля, создавая дополнительные затраты по уничтожению произрастающих сорняков, а также по устранению основной опасности – нанесение порчи качеству зерна и плодов, или значительной гибели урожая сельскохозяйственных культур, которую создают зимующие в лесополосах, в стерне и в почве краевых участков поля вредители полевой растениеводческой продукции.

В настоящее время для решения существующей проблемы защиты растений от сорняков и вредителей отсутствуют высокопроизводительные технические средства. Краевые обработки полей на начальных стадиях массового развития вредителей проводятся имеющимися опрыскивателями и обеспечивают обработку лишь в пределах контура поля. Термические аэрозоли известных генераторов практически неуправляемы и опасны для птиц и полезных насекомых. Опрыскивание полезащитных лесополос с применением авиационных средств не эффективны, так как листья лесонасаждений являются «зонтиками», хорошо защищающими вредителей.

В связи с изложенным, требуется разработка технического средства для краевых обработок полей и оснований посадок при защите посевов от сорняков и вредителей, обеспечивающего управляемую подачу растворов инсектицидов и гербицидов с заданной дисперсностью в соответствии с назначением.

Таким образом, разработка технического средства для краевых обработок полей при уничтожении сорняков и вредителей растениеводческой продукции, удовлетворяющего современным требованиям научно-обоснованной технологии применения безопасного холодного аэрозоля, является актуальной и практически значимой задачей для обеспечения условий произрастания культурных растений и сохранения растениеводческой продукции. Вышеизложенное обуславливает новизну данной НИР, ее практическую значимость для проведения исследований. Данная тема соответствует приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

Цель НИР – проведение исследований и разработка технического средства к штанговому опрыскивателю для борьбы с сорняками и вредителями в полевых насаждениях и при краевых обработках полей.

Задачи, которые необходимо решить для достижения цели работы:

- провести исследования по пневматическому транспортированию полидисперсных капель с характерными размерами и числом для применения гербицидов и инсектицидов в технологии краевой обработки полей и полевых насаждений;
- обосновать конструктивно-технологические характеристики технического средства для выполнения требований по пневматическому транспортированию капель к местам произрастания сорняков и мест расположения вредителей в краевой области полей;
- провести оценку по обеспечению работоспособности технического средства технической системой штангового опрыскивателя;
- изготовить техническое средство к штанговому опрыскивателю растений;

- провести лабораторные и лабораторно-полевые исследования по обеспечению работоспособности технического средства к штанговому опрыскивателю для осуществления борьбы с сорняками и вредителями в полезащитных лесных насаждениях и при краевых обработках полей.

Представленные в настоящем отчете о НИР положительные результаты теоретических и лабораторных исследований комбинированного способа краевых обработок полей и полезащитных лесных насаждений нашли отражение в публикациях научных статей в журнале «Наука в центральной России» [1], [2], в журналах «Техника и оборудование для села» [3] и «АгроФорум» [4]. О результатах НИР доложено на XIII Международной научно-практической интернет-конференции «ИнформАгро-2021» (ФГБНУ «Росинформагротех») [5] и 8-й Международной научно-практической конференции «Информационные технологии, системы и приборы в АПК» «Агроинфо 2021» (Новосибирск, р.п. Краснообск) [6]. На разработанное техническое средство подана заявка на полезную модель № 2021123068, находящаяся на рассмотрении. Полученные результаты являются новыми и служат основой для продолжения исследований рациональной технологии при применении разработанного технического средства.

В выполнении исследований принял участие доцент кафедры процессов и машин в агробизнесе ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ», к.т.н. Данилов М.В.

1 Выбор направления исследований

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 [7] разработка и внедрение рациональных и экологических технологий применения средств химической защиты сельскохозяйственных растений [8] и получения безопасных продуктов питания является инновационным развитием внутреннего рынка продуктов и услуг. Научно-техническая и технологическая проблема защиты культурной растительности поля от вредителей, зимующих в защитных лесополосах [9], и от сорняков около их оснований и в технологических проходах, семена которых распространяются на поле, до сих пор не решена. Краевая обработка поля основным способом опрыскивания при применении химического метода является актуальной до сих пор. Водные растворы пестицидов в аэрозольном состоянии из-за несовершенных технологий применения химического метода авиацией, генераторами аэрозоля и вентиляторами распространяются в атмосфере, не выполняя агротехнических требований по уничтожению растительности и вредителей [10], [11]. Известно, что термические и неуправляемые аэрозоли опасны для окружающей среды [11]-[16]. Технические средства ограничены в универсальном применении высокопроизводительных и ресурсосберегающих современных технологий защиты растений. Не выполняется главный критерий социальной значимости при применении химического метода, заключающийся в одновременном выполнении агрономических и экологических требований. Получение информационных сведений об агрономических и экологических показателях для рациональных технологий применения распылителей весьма трудоемко, а порой и невозможно даже для широко применяемых штанговых опрыскивателей.

Поэтому существует проблема совершенствования методов и средств, обеспечивающих выполнение агротехнических и экологических требований по дисперсности капель технологическими режимами работы технического

средства. Трудность решения проблемы заключается в следующем. В полидисперсной системе широко применяемых в сельском хозяйстве щелевых распылителей жидкости [17] скорости витания капель с диаметрами от $5 \cdot 10^{-4}$ до $8 \cdot 10^{-5}$ м имеют значения от 1,94 до 0,19 м/с. В воздушном потоке струи такие капли распространяются следующим образом [18]. Сравнительно мелкие капли приобретают скорость, равную пульсационной скорости воздуха. Для капель средней крупности скорости капель и воздуха через определенное время становятся близкими между собой. Для капель большой крупности и большого удельного веса ускорение, получаемое за счет разности скоростей капель и воздуха, может стать сравнимым с ускорением силы тяжести, т.е. на турбулентную структуру течения будет оказывать влияние не только присутствие «невесомых» капель, но и вес капель. Если струя направлена горизонтально, то сила тяжести оказывает воздействие на поперечные составляющие пульсационной скорости и не влияет на ее продольные составляющие. В случае наклонной струи вес капель будет оказывать влияние на обе составляющие пульсационной скорости.

В проведенной по плановой тематике НИР 2020 г. опыты показали, что разработанным техническим средством с плоским наконечником и установленными на нем двумя щелевыми распылителями (рисунок 1) возможно транспортирование капель воздушным потоком в форме воздушно-дисперсной системы.



Рисунок 1 – Общий вид технического средства с плоским наконечником и установленными на нем двумя щелевыми распылителями

В опытах исследовались различные скорости движения данного технического средства. Определение дисперсности осуществлялось на расстоянии

5 м от технического средства. Представленные результаты опытов показали, что наибольшая дисперсность капель на учетных карточках при распыливании подкрашенной воды получена при применении сопел зеленого цвета, тип – 015, на скоростях движения МТА до 12 км/ч. В целом же, результаты проведенных исследований свидетельствовали о перспективности предложенного метода разработанным техническим средством и требовали продолжения таких исследований в части увеличения скорости воздушного потока для транспортирования капель с большим расходом рабочей жидкости.

Таким образом, получение информационных сведений о размерах капель, для выполнения агротехнических требований в технологии краевой обработки поля возможно опытным путем при осаждении из воздушно-дисперсной системы полидисперсных капель на пронумерованные предметные карточки, расположенные на поверхности и на возвышениях по направлению распространения струи [19]-[22].

Метод проведения работы – экспериментально-теоретические исследования комбинированного способа применения полидисперсных капель для краевых обработок полей и полезащитных лесных насаждений.

Результаты исследований – предложен комбинированный способ подачи факелов распыла жидкости щелевыми распылителями в скоростной воздушный поток струи, выходящий из сопла с массовым расходом значительно превышающим массовый расход жидкости для исключения коагуляции капель в полидисперсной системе и транспортирования крупных капель для уничтожения сорной растительности, а мелких – для уничтожения вредителей при комбинированной краевой обработке поля и оснований полезащитных лесных насаждений. Разработана методика и проведена экспериментальная оценка дальности осаждения крупных и мелких капель на предметных карточках, расположенных в области объектов назначения, из воздушно-капельной системы от средства их образования при комбинированном применении щелевых распылителей по образующей сопла.

2 Программа и методика экспериментальных исследований

2.1 Цель и задачи экспериментальных исследований

Цель НИР – проведение исследований и разработка технического средства к штанговому опрыскивателю для борьбы с сорняками и вредителями в полезащитных лесных насаждениях и при краевых обработках полей.

Задачи, которые необходимо решить для достижения цели работы:

- провести исследования по пневматическому транспортированию размеров и числа полидисперсных капель, характерных для применения гербицидов и инсектицидов в технологии краевой обработки полей и полезащитных лесных насаждений;

- обосновать конструктивно-технологические характеристики технического средства для выполнения требований по пневматическому транспортированию капель к местам произрастания сорняков и мест расположения вредителей в краевой области полей;

- изготовить техническое средство к штанговому опрыскивателю растений;

- провести оценку по обеспечению работоспособности технического средства технической системой штангового опрыскивателя;

- провести лабораторные исследования по обеспечению работоспособности технического средства к штанговому опрыскивателю для осуществления борьбы с сорняками и вредителями в полезащитных лесных насаждениях и при краевых обработках полей.

2.2 Методика проведения лабораторных исследований по оценке эффективности нанесения на объекты обработки капель воздушно-капельного потока, создаваемого при работе различных щелевых распылителей специализированного оборудования штангового опрыскивателя

2.2.1 Назначение методики исследований

Настоящая методика предназначена для определения густоты покрытия объектов обработки каплями распыливаемого воздушно-капельного потока,

создаваемого при работе различных щелевых распылителей специализированного оборудования штангового опрыскивателя.

2.2.2 Область применения методики – МИС Минсельхоза России, НИИ и конструкторские организации, занимающиеся исследованием, разработкой и испытанием машин и машинных технологий.

2.2.3 Метод (методы) исследования:

- метод улавливания капель подкрашенной жидкости на предметные карточки с последующим их сканированием, программным определением размеров и густоты покрытия отпечатками капель/см², и статистической обработкой данных.

2.2.4 Применяемые средства измерения параметров при проведении лабораторных исследований.

Средствами измерения параметров при проведении лабораторных исследований являются: рулетка, линейка, термометр, анемометр электронный (приложение А).

2.2.5 Метрологические характеристики средств измерений, применяемых при исследовании.

Метрологические характеристики средств измерений, применяемых при исследовании определения густоты покрытия объектов обработки каплями распыливаемого воздушно-капельного потока, создаваемого при работе различных щелевых распылителей специализированного оборудования штангового опрыскивателя в составе Беларус 1025, должны обеспечивать измерения с допускаемой погрешностью, указанной в ГОСТ 34630 [23].

2.2.6 Операции при подготовке к проведению лабораторных исследований для определения густоты покрытия объектов обработки каплями распыливаемого воздушно-капельного потока, создаваемого при работе различных щелевых распылителей специализированного оборудования штангового опрыскивателя.

2.2.6.1 Штанговый опрыскиватель со специализированным оборудованием, находясь на поверхности почвы в транспортном положении, агрегати-

ровать с энергетическим средством тягового класса 1,4-2 с помощью 3-х точечной навески.

2.2.6.2 Шланги гидравлической системы энергетического средства соединить муфтами со шлангами гидравлического насоса вентилятора и цилиндра для подъема и опускания штанги.

2.2.6.3 Визуально проверить герметичность соединений гидравлических шлангов и штуцеров жидкостной и пневматической систем, а также чистоту фильтров. Выявленные недостатки устранить.

2.2.6.4 Подсоединить ВОМ.

2.2.6.5 Через горловину в емкость залить приготовленный рабочий раствор: чистую воду с красителем для принтера в соотношении 9 л воды к 1 л красителя.

2.2.6.6 В емкость для мытья рук залить чистую воду.

2.2.6.7 Опрыскиватель 3-х точечной навеской энергетического средства поднять над поверхностью почвы для перемещения к месту назначения.

2.2.6.8 Перед началом проведения исследований сопла соответствующего типа и кода цвета установить в корпуса щелевых распылителей специализированного оборудования штангового опрыскивателя.

2.2.6.9 Проверить работу гидравлической системы, включив из кабины энергосредства гидравлический мотор вентилятора и, убедившись в его работоспособности, отключить.

2.2.6.10 Осуществить движение машинно-тракторного агрегата (МТА) на заданной скорости к месту проведения лабораторных исследований.

2.2.7 Операции при проведении лабораторных исследований для определения густоты покрытия объектов обработки каплями распыливаемого воздушно-капельного потока, создаваемого при работе различных щелевых распылителей специализированного оборудования штангового опрыскивателя.

2.2.7.1 Перед началом проведения лабораторных исследований необходимо определить:

- относительную влажность воздуха, % [24];

- температуру окружающего воздуха, °С [25];

- скорость ветра, м/с.

2.2.7.2 Относительную влажность окружающего воздуха определяют по ГОСТ 20915 [24] с погрешностью $\pm 2\%$.

2.2.7.3 Температуру окружающего воздуха определяют по ГОСТ 13646 [25] с погрешностью $\pm 0,1$ °С.

2.2.7.4 Перед проведением опытов определить расход чистой воды через распылители ее сбором в емкости за 1 мин. с применением поверенного секундомера и мерного цилиндра.

2.2.7.5 Для обеспечения стабильного технологического режима работы распылителей установить расход жидкости в соответствии с приведенными в каталоге [17] требованиями.

2.2.7.6 Пронумерованные учетные карточки, согласно ГОСТ 34630 [23], из фотографической бумаги размером 50×70 мм закрепить на планшетах на расстоянии 30 см друг от друга, как показано на рисунке 2.

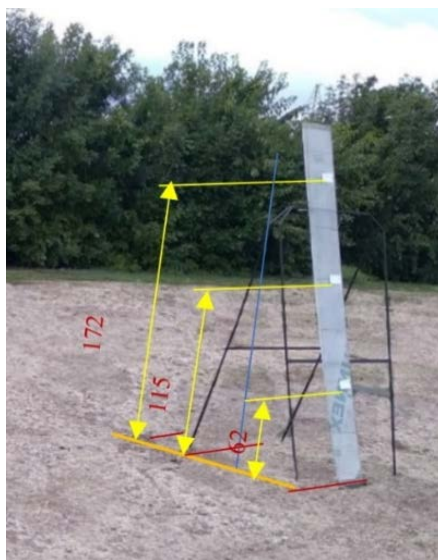


Рисунок 2 – Образец вертикального закрепления учетных карточек на планшете

Планшеты установить по отношению к краю конического сопла специализированного оборудования на расстояниях, принятых равным 5, 10 и 15 м (рисунок 3).



Рисунок 3 – Расстановка планшетов по отношению к краю конического сопла технического средства на расстояниях 5, 10 и 15 м

2.2.7.7 Опрыскивание карточек осуществлять подкрашенной жидкостью в соотношении красителя для принтера 1 л и воды 9 л. Температура подкрашенной жидкости в опытах должна была равна 23 °С [23].

2.2.7.8 Подготовленный к проведению штанговый опрыскиватель, в соответствии с п. 2.2.6 настоящей методики, в составе с энергосредством, на заданной скорости должен проехать отведенный опытный участок. Перед объектами обработки с помощью тумблера энергосредства привести в действие насос для подачи рабочего раствора к распылителям конического сопла (рисунок 4).



Рисунок 4 – Нанесение капель на карточки из воздушно-капельного потока, создаваемого подачей факелов распыла щелевыми распылителями в воздушный поток начального участка струи

2.2.7.9 После каждого опыта осуществлять сбор карточек, обработанных каплями подкрашенной жидкости, и раскладывание их в ячейки картотеки.

2.2.7.10 Густоту покрытия карточек каплями и их размер определять с помощью специальной компьютерной программы.

2.2.8 Требования к оформлению результатов лабораторных исследований.

2.2.8.1 Полученные в результате лабораторных исследований данные о густоте покрытия и размерах капель на карточках представить в виде таблиц.

3 Теоретические исследования

Струя воздуха необходима для воздействия на ветви ползающих насекомых и проникновения в просветы капель пестицида в места обитания вредителей. Для создания воздушного потока предложено использовать осевой вентилятор с гидромотором, обеспечивающим его привод от гидросистемы трактора. В расчетах принят диаметр корпуса вентилятора 0,62 м, с создаваемым расходом воздушного потока 22000 м³/ч (6,1 м³/с). Такого типа вентиляторы используются при опрыскивании многолетних насаждений и в штанговых опрыскивателях с воздушным рукавом при опрыскивании растений.

Для формирования воздушного потока от вентилятора применено коническое сопло с углом конусности 13° в форме конфузора, имеющее круглое выходное сечение. Воздушная струя из такого сопла имеет высокую дальность, указанную в исследованиях по гидравлике и аэродинамике ученых Альтшуля А.Д., Киселева П.Г. и Абрамовича Г.Н. [26], [27].

Длина сопла и площадь его выходного сечения определялись следующим образом. Усеченная плоскость конуса, параллельная плоскости основания сопла, пересекает конус по кругу, а боковую поверхность – по окружности с центром на оси конуса [28]. Плоскость сечения конуса расположена на расстоянии d , м, от вершины конуса. Сечение конуса получается из основания конуса преобразованием гомотетии относительно вершины конуса с коэффициентом гомотетии, определяемым по формуле

$$k = \frac{d}{H}, \quad (1)$$

где H – высота конуса, м.

Поэтому радиус круга r , м, в сечении вычисляется по формуле

$$r = R \frac{d}{H}, \quad (2)$$

где R – радиус основания конуса (сопла), м.

Таким образом, радиус круга r , м, в сечении вычисляется по формуле

$$r = R \frac{d}{H} = 0,31 \frac{2,15}{2,87} = 0,23, \quad (3)$$

Следовательно, площадь сечения конуса S , м^2 , вычисляется по формуле

$$S = \frac{\pi R^2 d^2}{H^2} = \frac{3,14 \cdot 0,31^2 \cdot 2,15^2}{2,87^2} = 0,169(\text{м}^2) \approx 0,17(\text{м}^2) \quad (4)$$

Например, при значении радиуса $R=0,31$ м в основании конуса из прямоугольного треугольника, получающегося в сечении конуса по его оси H , м, а также значения тангенса угла $82,5^\circ=9,255$ [29]. По теореме Пифагора расчетная высота конуса H равняется 2,87 м. С учетом калибра сопла в форме конфузора, равного двум, высоту усеченного конуса (длину сопла) можно принять равной 0,72 м, при которой:

- расстояние d от вершины конуса до усеченной области равно 2,15 м;
- радиус круга r в сечении конуса равен 0,232 м;
- площадь сечения конуса S равна 0,169 м^2 .

Расчет коэффициента сопротивления ζ при прохождении воздушного потока от вентилятора до выходного сечения сопла осуществлялся в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 5 [30].

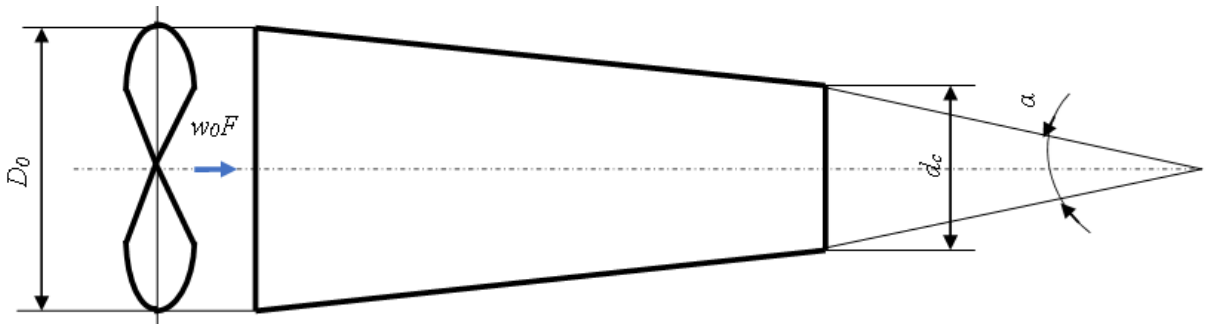


Рисунок 5 – Схема плавно сужающегося сопла для определения коэффициента сопротивления

Коэффициент сопротивления ζ вычисляется по формуле

$$\zeta = 1,05 \left(\frac{D_0}{d_c} \right)^4 = 1,05 \left(\frac{0,62}{0,46} \right)^4 = 3,465, \quad (5)$$

где $w_0 = 6,1$ м/с – скорость воздушного потока, создаваемая осевым вентилятором с производительностью расхода воздуха 22000 $\text{м}^3/\text{ч}$;

$D_0 = 0,62$ м – диаметр корпуса вентилятора;

$d_c = 0,46$ м – диаметр выходного сечения сопла,

При значении коэффициента сопротивления сопла и скорости воздушного потока, создаваемой вентилятором, определяется перепад давления ΔP , при прохождении воздуха через сопло по следующей формуле

$$\Delta P = \zeta \frac{\rho w_0^2}{2} = 3,465 \frac{1,21 w_0^2}{2} = 3,465 \frac{1,21 \cdot 6,1^2}{2} = 78,004(H), \quad (6)$$

или

$$\Delta P = \frac{78,004(H)}{0,17(M^2)} = 458,9(Па), \quad (7)$$

Значение перепада давления ΔP в Па позволяет, по формуле Сен-Венана [1] определить скорость истечения воздуха из сопла v_2 , м/с

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P_1}{\rho_1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = \sqrt{2 \frac{1,4}{1,4-1} \cdot \frac{101958,9}{1,21} \left[1 - \left(\frac{101500}{101958,9} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right]} = 27,8 (м/с), \quad (8)$$

где $k = 1,4$ – коэффициент адиабатического течения для воздуха;

P_1 – давление, создаваемое вентилятором, Па;

P_2 – атмосферное давление, Па.

Скорость воздуха v_2 , м/с обеспечивает дальность действия воздушной струи для переноса полидисперсных капель, создаваемых щелевыми распылителями, и их осаждение на объектах назначения. Скорость круглой свободной струи, w_m , м/с, на расстоянии L , м, от ее начального сечения определяется по формуле [27]

$$\frac{w_m}{v_2} = \frac{0,96}{\frac{a'L}{r} + 0,29} = \frac{0,96}{\frac{0,08 \cdot 15}{0,233} + 0,29} \quad (9)$$

$$\frac{w_m}{27,8} = 0,176 \quad (10)$$

где w_m – скорость круглой свободной струи, на расстоянии L от ее начального сечения, м/с;

$a' = 0,08$ – коэффициент структуры (турбулентности) круглой струи.

Скорость воздушного потока $w_m = 4,9$ м/с, на расстоянии 15 м от сопла свидетельствует о возможности транспортирования капель с различными скоростями их витания. В полидисперсной системе широко применяемых в сельском хозяйстве щелевых распылителей жидкости [17] скорости витания капель с диаметрами от $5 \cdot 10^{-4}$ до $8 \cdot 10^{-5}$ м имеют значения от 1,94 до 0,19 м/с. В воздушном потоке струи такие капли распространяются следующим образом [18]. Сравнительно мелкие капли приобретают скорость, равную пульсационной скорости воздуха. Для капель средней крупности скорости капель и воздуха через определенное время становятся близкими между собой. Для капель большой крупности и большого удельного веса ускорение, получаемое за счет разности скоростей капель и воздуха, может стать сравнимым с ускорением силы тяжести, т.е. на турбулентную структуру течения будет оказывать влияние не только присутствие «невесомых» капель, но и вес капель. Если струя направлена горизонтально, то сила тяжести оказывает воздействие на поперечные составляющие пульсационной скорости и не влияет на ее продольные составляющие. В случае наклонной струи вес капель будет оказывать влияние на обе составляющие пульсационной скорости. Получение информационных сведений о размерах капель, для выполнения агротехнических требований в технологии краевой обработки поля, возможно опытным путем при осаждении из воздушно-дисперсной системы полидисперсных капель на пронумерованные предметные карточки, расположенные на поверхности и на возвышениях по направлению распространения струи [23]. С учетом закономерности распространения струи, предметные карточки закреплялись скрепками на планшетах в перпендикулярном направлении на расстоянии 5 м от линии движения технического средства, учитывая комбинированное применение краевого опрыскивания и опрыскивания поля штанговыми распылителями. Расстояние передвижения технического средства в соответствии с требованиями принималось 60 м [23]. На таком расстоянии устанавливается режим функционирования опрыскивания и стабильная скорость движения технического средства, принятая 7,2 км/ч.

4 Экспериментальные исследования

4.1 Описание конструкции и техническая характеристика средства для проведения краевых обработок поля по уничтожению сорняков и защиты от вредителей, зимующих в лесозащитных полосах

При выполнении НИР было разработано коническое сопло с выходным круглым сечением для установки на его образующей четырех щелевых распылителей жидкости для подачи факелов распыла в воздушный поток, которое приведено на рисунке 6 [1], [2].



Рисунок 6 – Общий вид конического сопла

Для создания воздушной струи и транспортирования капель факелов распыла в форме дисперсной системы применялся осевой вентилятор, входящий в состав разработанного технического средства к штанговому опрыскивателю для борьбы с сорняками и вредителями в лесозащитных лесных насаждениях и при краевых обработках полей (рисунок 7).



Рисунок 7 – Осевой вентилятор

4.2 Проведение оценки по обеспечению работоспособности технического средства технической системой штангового опрыскивателя

Оценка по обеспечению работоспособности технического средства, примененного в штанговом опрыскивателе для борьбы с сорняками и вредителями в полевых насаждениях и при краевых обработках полей с осевым вентилятором и обоснованной конструкцией конического сопла технической системой штангового опрыскивателя осуществлялась следующим образом.

В емкость опрыскивателя заливалась вода, температура которой была равна 23 °С [23]. В течение некоторого времени проводился процесс инжектирования капель факелов распыла жидкости щелевых распылителей воздушным потоком струи и их транспортирование в форме воздушно-дисперсной системы, который показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Процесс инжектирования капель факелов распыла жидкости щелевых распылителей воздушным потоком струи и их транспортирование в форме воздушно-дисперсной системы

4.3 Процесс подготовки к экспериментальным исследованиям

Вращение вентилятора обеспечивалось мотором от гидравлической системы технического средства. Производительность вентилятора с расходом

воздуха 22000 м³/ч обеспечивала расход воздуха на выходе из конического сопла 4,98 м³/с. Скорость истечения воздуха измерялась анемометром и составляла 29,3 м/с. Из емкости опрыскивателя, насосом с приводом от вала отбора мощности технического средства через распределитель с давлением на манометре 4 Бар массовый расход жидкости через сечения четырех сопел LU-04 AD – 04 (код цвета красный) составлял 121 г/с. Массовые расходы капельной жидкости и воздуха в соотношении 1 к 49,8 исключают взаимодействие полидисперсных капель факелов распыла и обеспечивают их транспортирование в воздушном потоке. Различные размеры и скорости витания полидисперсных капель обуславливают их осаждение на целевых объектах за счет различных механизмов [33].

С учетом закономерности распространения струи [18] предметные карточки закреплялись скрепками на планшетах в перпендикулярном направлении на расстоянии 5 м от линии движения технического средства, учитывая комбинированное применение краевого опрыскивания и опрыскивания поля штанговыми распылителями. Расстояние передвижения технического средства в соответствии с требованиями принималось 60 м [23]. На таком расстоянии устанавливается режим функционирования опрыскивания и стабильная скорость движения технического средства, принятая 7,2 км/ч.

Для опрыскивания карточек применялась подкрашенная вода красителем для принтера в соотношении 1 к 9. После проведения опытов, пронумерованные предметные карточки 5×7 см [23] с отпечатками капель снимались с планшетов и закреплялись пронумерованные чистые. Карточки с отпечатками капель сканировались компьютерной программой ROv03 и далее определялись классовые размеры капель.

Для исследований были выбраны щелевые распылители с соплами LU-015. AD-015, LU-02. AD-02, LU-03. AD-03 и LU-04. AD-04, которые при давлении жидкости 3,5-4 Бар создают капли среднего размера 127-218 мкм [17] и рекомендуются для послевсходовых обработок, а применяемые жидкости включают гербициды, инсектициды и фунгициды.

Применяемая норма гербицидов по числу капель/см² составляет $40 \leq N \leq 100$ шт. с диаметрами капель $100 < D \leq 360$ мкм. Норма при применении инсектицидов и фунгицидов: $50 \leq N \leq 200$ шт. и $80 < D \leq 360$ мкм [23], [32]–[34]. При установившемся режиме распыливания жидкости осуществлялось движение технического средства с заданной скоростью 7,2 км/ч (2 м/с), контролируемой по показаниям стрелочного секундомера.

Техническое средство [1], [2] с комплектом щелевых распылителей при комбинированной их установке по образующей сопла для подачи факелов распыливаемой жидкости под небольшим углом оси сопла в составе сельскохозяйственного агрегата Беларус 1025.2+ОН-12 приведено на рисунке 9.



Рисунок 9 – Общий вид технического средства с устройством, оснащенным щелевыми соплами для краевой обработки поля

Измерение расстояний и расположение планшетов с пронумерованными карточками на площадке показано на рисунке 10 (приложение А).



а) измерение расстояний рулеткой от сопла до начала расположения планшетов и расстановка карточек



б) расположение планшетов на площадке с предметными карточками

Рисунок 10 – Расположение планшетов с предметными карточками на площадке для получения информационных данных по дисперсности капель, создаваемых режимом технического средства

Техническое средство при установившемся режиме его функционирования приведено на рисунке 11.



Рисунок 11 – Техническое средство при установившемся режиме функционирования

4.4 Лабораторные исследования по транспортированию капель факелов распыла жидкости различных щелевых распылителей

В составе сельскохозяйственного агрегата Беларусь 1025.2+ОН-12 и смонтированного технического средства с комплектом из четырех щелевых распылителей жидкости, расположенных по образующей сопла, проведена серия лабораторных опытов по определению дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности и возвышениях из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения на имитационной площадке. Перед проведением опыта на образующей сопла устанавливались сопла распылителей с различным сочетанием типов при одинаковом давлении жидкости 4 Бар по показанию манометра на распределителе жидкости.

Далее по тексту приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности и возвышениях из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения. Ось сопла установлена с наклоном к поверхности имитационной площадки 20° для увеличения дальнотойности струи [12] и осаждения капель на карточках.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с установленными на образующей сопла четырьмя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) приведен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с установленными на образующей сопла четырьмя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный)

В таблице 1 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения 4-мя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный).

Таблица 1 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения четырьмя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне-взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	77,7	212,6	1183,1	574,5	1411	782	1516	38,0	21,1	40,9	22,6	106,0
2	78,3	211,0	1159,8	575,4	1308	739,5	1551	36,4	20,6	43,1	22,4	102,8
3	77,4	210,1	1159,6	600,2	1284,5	675,5	1650	35,6	18,7	45,7	23,6	103,1
4	77,5	212,8	1252,2	668,8	1243	666	1775	33,7	18,1	48,2	26,6	105,2
5	76,7	210,8	852,1	357,2	1542	712	1079	46,3	21,4	32,4	13,1	95,2
6	76,2	208,7	731,5	279,3	1399	653	738	50,1	23,4	26,5	8,7	79,7
7	75,2	205,8	717,1	279,7	1299,5	559	783,5	49,2	21,2	29,7	8,9	75,5
8	69,4	206,5	566,9	162,8	1317	490,5	328,5	61,7	23,0	15,4	4,3	61,0
9	64,3	204,6	433,7	96,8	927,5	239,5	65,0	75,3	19,4	5,3	1,9	35,2
10	61,0	201,8	364,5	76,2	593,0	113,5	14,0	82,3	15,8	1,9	1,1	20,6
11	55,0	188,3	0,0	58,4	183,0	19,0	2,0	89,7	9,3	1,0	0,5	5,5
12	57,7	157,0	0,0	61,9	57,0	8,0	0,0	87,7	12,3	0,0	0,3	1,7
13	53,0	0,0	0,0	53,0	38,5	1,0	0,0	97,5	2,5	0,0	0,3	1,1
14	35,8	0,0	0,0	35,8	13,5	0,0	0,0	100	0,0	0,0	0,3	0,4
15	64,6	0,0	0,0	62,0	12,5	0,0	0,0	100	0,0	0,0	0,3	0,4
16	31,0	0,0	0,0	31,0	7,5	0,0	0,0	100	0,0	0,0	0,3	0,2
17	44,3	0,0	0,0	44,3	12,0	0,0	0,0	100	0,0	0,0	0,3	0,3

Из данных таблицы 1 следует, что выполнение требований по числу капель на поверхности 1 см² для применения гербицидов выполняется до расстояния более 9 м от технического средства. При этом диаметры капель удовлетворяют требованиям более 84,7 %. Следует отметить, что капли < 150 мкм распространяются до 15 м от технического средства, большое их число не оседает на поверхности карточек в отсутствии инертности и могут оседать на шероховатостях вредителей.

В таблице 2 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения 65, 115 и 172 см на планшетах на расстоянии от технического средства 5, 10 и 15 м в направлении ее распространения, создаваемыми четырьмя щелевыми распылителями (код цвета – красный).

Таблица 2 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения 65, 115 и 172 см в направлении ее распространения, создаваемые четырьмя щелевыми распылителями (код цвета – красный)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
37	72,1	210,9	917,9	360,6	650	208	392	52	16,6	31,4	5,1	35,7
38	75,9	213,0	1267,6	638,7	1089	513	1320	37,3	17,6	45,2	20,3	83,5
39	75,5	210,1	1584,3	820,7	1137	598	1586	34,2	18	47,8	29,5	94,9
40	44,6	0	0	44,6	49	0	0	100	0	0	0,3	1,4
41	48,9	0	0	48,9	21	0	0	100	0	0	0,3	0,6
42	38,8	0	0	38,8	12	0	0	100	0	0	0,3	0,3

*карточки № 37-39 – высота 62 см; № 40-42 – высота 115 см

Из данных таблицы 2 следует, что выполнение требований по числу капель на поверхности 1 см² для применения инсектицидов выполняются до расстояния 10 м от технического средства. При этом по диаметрам капель удовлетворяет требованиям примерно 50 %. Следует отметить также, что капли < 150 мкм распространяются до 10 м от технического средства, большее их число не оседает на поверхности карточек в отсутствии инертности и могут оседать на шероховатостях вредителей.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с установленными двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04, (код цвета – красный), в вертикальном направлении, и двумя щелевыми распылителями LU-015. AD-015, (код цвета – зеленый), в горизонтальном направлении, приведен на рисунке 13.

В таблице 3 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения при применении двух щелевых распылителей LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двух щелевых распылителей LU-015. AD-015 (код цвета –зеленый)



Рисунок 13 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с установленными двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04, (код цвета – красный) в вертикальном направлении и двумя щелевыми распылителями LU-015. AD-015, (код цвета –зеленый) в горизонтальном направлении

Таблица 3 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения с двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-015. AD-015 (код цвета –зеленый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне-взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	75,2	209,2	805,5	323,2	1163,5	560	742,5	47,2	22,7	30,1	8,9	70,5
2	77,6	210,9	915,0	419,8	1224	641,5	1115	41,1	21,5	37,4	13,9	85,2
3	76,3	215,3	862,4	441,4	984,5	547,5	1138,5	36,9	20,5	42,6	12,9	76,3
4	79,2	216,2	881,4	485,9	906,5	590,5	1316	32,2	21,0	46,8	14,9	80,4
5	77,3	218,5	804,3	464,1	519	363	855	29,9	20,9	49,2	9,0	49,6
6	87,7	214,9	666,9	391,7	263	254,5	445	27,3	26,4	46,2	4,3	27,5
7	90,3	215,3	597,9	333,7	176,5	175,5	239	29,9	29,7	40,4	2,4	16,9
8	86,3	207,9	529,4	260,9	139,5	141,5	121,0	34,7	35,2	30,1	1,4	11,5
9	90,9	216,0	556,1	242,0	85,0	73,5	53,0	40,2	34,8	25,1	0,9	6,0
10	87,0	207,7	370,5	170,4	58,0	50,0	11,5	48,5	41,8	9,6	0,5	3,4
11	102,9	237,0	337,9	233,0	8,5	26,0	7,5	20,2	61,9	17,9	0,4	1,2
12	0,0	250,5	423,8	168,6	0,0	7,0	7,0	0,0	50,0	50,0	0,2	0,2

Из данных таблицы 3 следует, что выполнение требований по числу капель на поверхности 1 см² выполняется до расстояния 8 м от технического средства. При этом по диаметрам капель удовлетворяет требованиям примерно 50 %. Следует отметить также, что капли <150 мкм и от 150 до

300 мкм распространяются до 10 м от технического средства, большое их число не оседает на поверхности карточек в отсутствии инертности и могут оседать на шероховатостях вредителей.

В таблице 4 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-015. AD-015 (код цвета – зеленый).

Таблица 4 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-015. AD-015 (код цвета – зеленый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
82	76,6	210,2	700,9	326,4	650	381	551	41,1	24,1	34,8	5,8	45,2
83	77,8	211,9	1447,5	739,8	1208	632	1600	35,1	18,4	46,5	27,5	98,3
84	76,8	211,7	2029,4	1067,1	1218	564	1753	34,5	16	49,6	40,6	101
85	0	302	0	302	0	5	0	0	100	0	0,3	0,2
86	105	372,3	0	156,9	12	4	0	75	25	0	0,3	0,5
87	109,1	235,7	346,5	194,8	11	5	5	52,4	23,8	23,8	0,3	0,6

*карточки № 82-84 – высота 62 см; № 85-87 – высота 115 см

Из данных таблицы 4 следует, что выполнение требований по числу капель на поверхности 1 см² для применения инсектицидов выполняются до расстояния 5 м от технического средства. При этом по диаметрам капель удовлетворяет требованиям примерно 50 %. Следует отметить, что капли < 150 мкм и от 150 до 300 мкм распространяются до 10 м от технического средства, большое их число не оседает на поверхности карточек в отсутствии инертности и могут оседать на шероховатостях вредителей.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с крестообразно установленными двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-02. AD-02 (код цвета – желтый) приведен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с крестообразно установленными двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-02. AD-02, (код цвета – желтый)

В таблице 5 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-02. AD-02, (код цвета –желтый).

Из приведенных в таблице 5 данных важным является то, что среднее число осажденных на поверхности капель на 1 см^2 на расстоянии от сопла до 15 м удовлетворяет агротехническим требованиям по применению гербицидов, а также инсектицидов и фунгицидов. При этом, суммарное число капель диапазонами менее <150 и от 150 до 300 мкм составляет более 60 %. Осаждение капель на поверхности до расстояния 15 м обусловлено, по-видимому, пульсацией воздушного потока струи и турбулентностью витающих полидисперсных капель в скоростном потоке воздуха, скорость которого на расстоянии от сопла по оси струи снижалась от 33,3 до 4,7 м/с, а также удачным сочетанием дисперсности капель для их транспортирования.

Таблица 5 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-02. AD-02, (код цвета – желтый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	80,3	214,3	787,5	358,2	578	332,5	494,5	41,1	23,7	35,2	5,7	40,2
2	74,2	211,1	678,9	281,6	942,5	386	524	50,9	20,8	28,3	5,8	52,9
3	74,4	206,8	841,4	368,5	1015	464,5	678,5	47,0	21,5	31,4	8,3	61,7
4	75,9	208,5	975,7	443,4	564	259	503	42,5	19,5	37,9	6,8	37,9
5	77,9	212,4	833,9	389,4	429	232,5	411	40,0	21,7	38,3	4,8	30,6
6	75,4	208,1	880,9	436,3	432,5	206,5	395	41,8	20,0	38,2	4,9	29,6
7	74,0	219,7	777,8	410,6	478,5	183	461	42,6	16,3	41,1	5,0	32,1
8	76,8	219,0	728,9	361,0	484,5	316,5	485,5	37,7	24,6	37,7	5,3	36,8
9	81,3	213,6	742,3	352,0	805	506,5	706	39,9	25,1	35,0	7,8	57,6
10	78,8	213,1	826,9	399,1	936,5	638,5	967	36,8	25,1	38,0	11,3	72,7
11	77,1	214,1	776,9	416,3	695	447	906	33,9	21,8	44,2	9,5	58,6
12	77,9	213,9	769,5	366,9	872	514	841,5	39,1	23,0	37,8	9,4	63,6
13	78,9	215,1	693,1	340,6	820,5	515,5	806,5	38,3	24,0	37,6	8,5	61,3
14	76,6	215,7	663,3	282,1	657,5	393	458	43,6	26,0	30,4	5,1	43,1
15	77,1	207,1	586,4	205,6	790,5	340,0	266,5	56,6	24,0	19,1	3,5	39,9
16	74,9	209,5	551,9	227,4	824,0	445,0	412,0	49,0	26,0	24,5	4,4	48,3
17	75,3	209,7	537,1	212,9	887,0	372,0	380,5	54,1	23,0	23,2	4,1	46,8
18	73,8	210,3	496,3	170,7	763,5	300,5	194,5	60,7	24,0	15,5	2,7	35,9

В таблице 6 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках, по высоте их расположения на возвышениях в направлении ее распространения.

Таблица 6 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-02. AD-02 (код цвета – желтый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
127	77,2	211,8	1434	720	1324	662	1660	36,3	18,2	45,5	28,3	104,2
128	73,9	210,7	2215	1176	1201	546	1777	34,1	15,5	50,4	44,5	100,7
129	73,7	212,8	1951	974,2	1377	675	1794	35,8	17,6	46,6	40,5	109,9
130	77,9	211,8	787,9	355,8	984	618	838	40,3	25,3	34,3	9,5	69,7
131	76,7	204,9	857,2	313,4	311	139	163	50,7	22,7	26,6	2,4	17,5
132	75,8	213,6	688,6	296,1	512	256	341	46,2	23,1	30,7	3,9	31,7
133	71,8	210,9	489,7	132,9	136	42	15	70,5	21,8	7,8	0,6	0,6
134	69,2	214,3	550,3	157,4	71	25	13	65,1	22,9	11,9	0,5	3,1
135	76,7	205,2	500,2	185,6	118	36	39	61,1	18,7	20,2	0,7	5,5

*карточки № 127-129 – высота 62 см; № 130-132 – высота 115 см; № 133-135 – высота 172 см

Приведенные в таблице 6 показатели по дисперсности капель на 1 см² на расстоянии 5 м от сопла по высоте расположения карточек с повышенным их количеством. На расстоянии 10 м от сопла число капель на 1 см² снижается и в особенности при увеличении высоты их расположения от 69,7 шт./см² до 17,5 и 31,7 шт./см². На расстоянии от сопла 15 м капли мелкие и на карточки практически не оседают. Число капель на карточках по диапазонам <150 мкм, от 150 до 300 мкм и >300 мкм с увеличением расстояния до 15 м от технического средства снижается. На расстоянии 5 м от технического средства число капель на карточках по высоте их расположения для всех диапазонов практически постоянное. Процентное соотношение: капель размером >300 мкм по высоте расположения карточек составляет 45,5 %, 50,4 % и 46,6 %; капли размером <150 мкм – 36,3 %, 34,1 % и 35,8 %; капель размером от 150 до 300 мкм – 18,2 %, 15,5 % и 17,6 %. На расстоянии 10 м от технического средства процентное соотношение: капель по высоте распределяется иначе. Капли размером <150 мкм – 40,3 %, 50,7 % и 46,2 %; капли размером >300 мкм – 34,3 %, 26,6 % и 30,7 %; капли размером от 150 до 300 мкм – 25,3 %, 22,7 % и 23,1 %. На расстоянии 15 м от технического средства процентное соотношение капель по высоте распределения меняется также по-другому. Капли размером <150 мкм – 70,5 %, 65,1 % и 61,1 %; капли размером от 150 до 300 мкм – 21,8 %, 22,9 % и 18,7 %; капли размером >300 мкм – 7,8 %, 11,9 % и 20,2 %.

Таким образом, при движении технического средства со скоростью 7,2 км/час (2 м/с) суммарный массовый расход рабочей жидкости распылителей при давлении 4 Бар составляет 45,5 г на 1 м пог. На обработку 1 км лесополосы потребуется 45,5 л жидкости. Жидкости, например, в емкости 600 л достаточно для краевой обработки по периметру поля протяженностью 13,2 км.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с установленными двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий) показан на рисунке 15.



Рисунок 15 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с крестообразно установленными двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета –синий)

В таблице 7 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий).

Таблица 7 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	75,0	212,4	856,6	360,9	1283	620	925,5	45,4	21,9	32,7	11,2	80,8
2	78,1	209,0	1039,9	470,1	1274	672	1156	41,1	21,7	37,3	15,9	88,6
3	75,3	211,2	1116,0	541,1	1158,5	559,5	1247	39,1	18,9	42,1	17,4	84,7
4	77,7	212,9	1163,6	662,2	810,5	496	1352,5	30,5	18,7	50,9	19,1	75,9
5	77,4	218,3	1207,7	710,2	553,5	347,0	1051,0	28,4	17,8	53,9	15,1	55,8
6	76,3	215,4	1000,9	595,2	575,0	367,5	1062,5	28,7	18,3	53,0	13,0	57,3
7	81,8	213,4	918,1	526,1	411,5	277,0	659,5	30,5	20,5	48,9	7,7	38,5
8	75,8	215,5	825,6	462,9	453,0	258,0	660,5	33,0	18,8	48,2	7,4	39,2
9	77,0	216,2	806,5	530,1	163,5	143,5	419,5	22,5	19,8	57,7	4,5	20,8
10	88,6	230,5	802,1	619,1	20,0	63,5	193,0	7,2	23,0	69,8	2,2	7,9
11	114,1	265,1	881,9	656,2	14,0	8,5	33,0	25,2	15,3	59,5	0,6	1,4

Из данных таблицы 7 следует, что выполнение требований по числу капель на поверхности 1 см² выполняется до расстояния более 9 м от технического средства. При этом по диаметрам капель удовлетворяет требованиям примерно 60 %. Следует отметить также, что капли <150 мкм и от 150 до 300 мкм распространяются до 10 м от технического средства, большое их число не оседает на поверхности карточек в отсутствии инертности и могут оседать на шероховатостях вредителей.

В таблице 8 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках, по высоте их расположения на возвышениях в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий).

Таблица 8 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения двумя щелевыми распылителями LU-04. AD-04 (код цвета – красный) и двумя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
172	77,0	210,6	920,6	417,3	1269	696	1143	40,8	22,4	36,8	14,2	88,8
173	75,4	213,3	1782,5	824,6	1654	744	1767	39,7	17,9	42,4	37,2	119,0
174	74,1	208,0	8583,8	4492,5	544	227	823	34,1	14,2	51,6	77,0	45,5
175	80,7	242,1	650,3	471,6	18	15	54	20,7	17,2	62,1	0,7	2,5
176	91,0	253,1	496,8	363,1	9	8	21	23,7	21,1	55,3	0,4	1,1
177	78,8	255,0	503,0	249,6	14	5	9	50,0	17,9	32,1	0,4	0,8

*карточки № 172-174 – высота 62 см; № 175-177 – высота 115 см

Из данных таблицы 8 следует, что капли всех классовых размеров распространяются до 5 м и далее в незначительном их количестве.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с крестообразно установленными четырьмя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий), приведен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с установленными четырьмя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий)

В таблице 9 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения четырьмя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий).

Таблица 9 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-03. AD-03 (код цвета – синий)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	76,4	210,6	894,7	415,4	1144,5	623,5	1094,5	40,0	21,8	38,2	13,1	81,8
2	78,9	209,7	848,4	391,3	1342,5	833,5	1232,5	39,4	24,5	36,2	14,4	97,4
3	78,2	212,9	889,5	432,1	1278,5	750	1319	38,2	22,4	39,4	15,6	95,6
4	77,7	212,2	828,2	412,2	1266,5	699	1295	38,8	21,4	39,7	14,5	93,2
5	79,5	213,2	828,3	404,1	1312	896,5	1392	36,4	24,9	38,7	16,2	102,9
6	79,2	212,8	801	399,2	1375	943,5	1506,5	35,9	24,7	39,4	16,9	109,3
7	78,6	214,9	674,8	316,6	1181,5	676,5	972,5	41,7	23,9	34,4	9,9	80,9
8	79,2	210,5	569,3	263,5	884,5	595,5	610,5	42,3	28,5	29,2	6,6	59,7
9	77,4	203,6	505,3	184,4	671,0	228,5	160,0	63,3	21,6	15,1	2,4	30,3
10	65,7	216,4	481,4	183,7	245,0	34,0	60,0	72,3	10,0	17,7	0,9	9,7
11	52,2	178,7	0,0	57,1	40,5	8,0	0,0	83,5	16,5	0,0	0,3	1,3

Из данных таблицы 9 следует, что требования по числу капель на 1 см² для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 7,4 м от технического средства.

В таблице 10 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения с четырьмя щелевыми распылителями LU-03. AD-03 (код цвета – синий).

Таблица 10 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения при применении четырех щелевых распылителей LU-03. AD-03 (код цвета – синий)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
217	72,4	208,7	920,9	399,4	1419	606	1111	45,2	19,3	35,4	13,7	89,6
218	78,3	213,9	922,9	439,6	1355	774	1373	38,7	22,1	39,2	16,8	100,1
219	75,9	211,6	1060,9	491,8	1407	670	1357	41,0	19,5	39,5	18,4	98,1
220	72,5	0	654,6	521,6	10	0	28	26,3	0	73,7	0,5	1,1
221	0	0	608,9	608,9	0	0	26	0	0	100	0,5	0,8
222	0	282,7	579,0	523,4	0	6	14	0	30	70	0,4	0,6

*карточки № 217-219 – высота 62 см; № 220-222 – высота 115 см

Из данных таблицы 10 следует, что требования по числу капель, на 1 см² для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 5 м от технического средства.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с применением четырех щелевых распылителей LU-02. AD-02 (код цвета – желтый), приведен на рисунке 17.

В таблице 11 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-02, AD-02 (код цвета – желтый).

Из данных таблицы 11 следует, что требования по числу капель, на 1 см² для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 8,6 м от технического средства.



Рисунок 17 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с установленными четырьмя щелевыми распылителями LU-02. AD-02 (код цвета – желтый)

Таблица 11 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-02. AD-02 (код цвета – желтый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	80,0	214,4	736,4	358,9	733	453,5	678,5	39,3	24,3	36,4	7,3	53,3
2	79,1	211,4	764,6	352,3	780	490	654,5	40,5	25,5	34,0	7,4	55
3	81,1	212,1	760,1	367,8	670,5	431,5	666	37,9	24,4	37,7	7,3	50,5
4	78,4	208,2	757,1	318,4	736	352,5	484	46,8	22,4	30,8	5,6	44,9
5	78,1	208,7	774,9	321,6	799,5	377,5	504	47,6	22,5	30,0	6,0	48,0
6	78,4	204,2	715,5	292,6	854,5	437	498	47,8	24,4	27,8	5,8	51,1
7	75,9	210,8	608,7	267,3	812,5	362,5	495	48,7	21,7	29,6	4,9	47,7
8	73,3	204,0	534,0	199,1	596	250	298,5	52,1	21,8	26,1	3,1	32,7
9	76,8	210,7	609,9	269,0	336	257,5	269,5	38,9	29,8	31,2	3,0	24,7
10	74,7	207,8	544,3	211,4	515	283,5	223	50,4	27,8	21,8	2,7	29,2
11	79,2	213,5	498,4	224,9	224	137	178,5	41,5	25,4	33,1	2,0	15,4
12	79,0	186,9	266,6	159,6	219	98,5	106,5	51,7	23	25,1	1,3	12,1
13	79,9	205,8	493,2	100,2	379,0	220,0	152,0	50,5	29,3	20,2	1,0	10,7
14	68,4	206,7	403,9	61,8	443,0	139,0	47,0	70,4	22,1	7,5	0,6	9,0
15	68,9	196,1	0,0	42,4	130,0	17,0	0,0	88,4	11,6	0,0	0,2	2,1
16	87,5	231,2	0,0	51,2	54,0	7,0	0,0	88,5	11,5	0,0	0,2	0,9

В таблице 12 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения четырьмя щелевыми распылителями LU-02. AD-02 (код цвета – желтый).

Таблица 12 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-02, AD-02 (код цвета – желтый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
262	77,4	210,8	894,0	455,1	1017	631	1225	35,4	22,0	42,6	14,3	82,1
263	80,8	209,1	739,2	307,2	1038	547	668	46,1	24,3	29,6	7,7	64,4
264	76,9	211,0	764,7	339,5	807	500	649	41,3	25,6	33,2	7,4	55,9
265	63,4	0	0	63,4	31	0	0	100	0	0	0,3	0,9
266	69,1	0	0	69,1	16	0	0	100	0	0	0,3	0,5
267	72,7	0	0	72,7	15	0	0	100	0	0	0,3	0,5

*карточки №262-264 – высота 62 см; №130-132 – высота 115 см; №265-267 – высота 172 см

Из данных таблицы 12 следует, что требования по числу капель, на 1 см² для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 5 м от технического средства.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с применением четырех щелевых распылителей LU-015. AD-015 (код цвета – зеленый), приведен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с применением четырех щелевых распылителей LU-015. AD-015 (код цвета – зеленый)

В таблице 13 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках при расположении на поверхности в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-015. AD-015, (код цвета – зеленый).

Таблица 13 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-015. AD-015, (код цвета – зеленый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	76,1	206,9	613,6	212,3	998	395,5	340,5	57,6	22,8	19,6	4,3	49,5
2	77,0	207,4	690,0	271,6	1064	471,5	586,5	50,1	22,2	27,6	6,7	60,6
3	79,0	215,7	684,9	340,7	802	516,5	803	37,8	24,3	37,9	8,4	60,6
4	75,6	213,9	634,3	298,6	625,5	321	442,5	45,0	23,1	31,9	4,6	39,7
5	76,4	221,4	718,3	464,4	236	154	343,5	32,2	21,0	46,8	3,5	21,0
6	90,5	210,6	819,8	630,9	291,0	194,0	190,0	43,1	28,7	28,1	2,1	12,5
7	85,0	212,3	621,3	162,6	260,0	158,0	270,0	37,8	23,0	39,2	1,3	9,8
8	87,7	208,1	611,1	140,4	132,0	83,0	95,0	42,6	26,8	30,6	0,6	4,4
9	116,9	202,0	549,4	153,5	18,0	32,0	27,0	23,4	41,6	35,1	0,3	1,1

Из данных таблицы 13 следует, что требования по числу капель, на 1 см² для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 6,5 м от технического средства.

В таблице 14 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-015. AD-015, (код цвета – зеленый).

Таблица 14 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-015. AD-015 (код цвета – зеленый)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
307	76,3	210,2	985,9	451,6	1682	781	1534	42,1	19,5	38,4	19,7	114,2
308	74,9	212,6	1331,0	629,8	1710	827	1844	39,0	18,9	42,1	29,8	125,2
309	74,5	213,8	1954,8	973,1	1603	718	2022	36,9	16,5	46,6	45,6	124,1
310	81,4	206,7	452,8	185,6	67	31	24	54,9	25,4	19,7	0,5	3,5
311	80,8	222,8	438,0	229,1	35	20	25	43,8	25,0	31,3	0,5	2,3
312	75,8	209,9	469,7	135,0	98	32	11	69,5	22,7	7,8	0,8	4,0

*карточки № 307-309 – высота 62 см; № 310-312 – высота 115 см

Из данных таблицы 14 следует, что требования по числу капель, на 1 см^2 для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 5 м от технического средства. Мелкие капли распространяются до 10 м.

Общий вид технического средства для краевой обработки поля с установленными на образующей сопла четыремя щелевыми распылителями (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий) приведен на рисунке 19.



Рисунок 19 – Техническое средство для краевой обработки поля (вид спереди) с установленными четыремя щелевыми распылителями (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий)

В таблице 15 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках, расположенных в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей LU-04. AD-04, LU-015. AD-015, LU-02. AD-02, LU-03. AD-03 (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий).

Из данных таблицы 15 следует, что требования по числу капель, на 1 см^2 для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 12 м от технического средства. Мелкие капли распространяются до 16 м.

Таблица 15 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	77,2	216,9	797,9	328,9	1097	539,5	684	47,3	23,2	29,5	8,9	66,3
2	78,6	214,6	848,3	409,9	484,5	281,5	510,5	38,0	22,1	40,0	6,0	36,4
3	77,8	212,5	808,4	407,6	502	319	560	36,4	23,1	40,6	6,2	39,4
4	80,2	212,4	765,4	376,1	599,5	423,5	630,5	36,3	25,6	38,1	6,9	47,2
5	80,1	212,6	895,7	420,4	521,5	288,5	463,5	41,0	22,7	36,4	5,8	36,3
6	78,4	210,4	904,0	447,6	427,5	259,5	492,5	36,2	22,0	41,8	5,9	33,7
7	73,8	209,6	767,0	305,9	563,5	216	330	50,8	19,5	29,7	3,9	31,7
8	78,2	211,2	882,2	449,6	708	460,5	868,5	34,8	22,6	42,6	10,3	58,2
9	74,8	213,4	818,0	358,0	627,5	331,5	486,5	43,4	22,9	33,7	5,8	41,3
10	78,3	215,5	719,8	361,0	617,5	411	648	36,8	24,5	38,7	6,8	47,9
11	83,0	214,2	748,7	413,4	648	547,5	963,5	30,0	25,4	44,6	10,2	61,6
12	84,4	211,0	708,7	332,4	488	455	447	35,1	32,7	32,2	5,2	39,7
13	83,6	209,0	606,0	278,7	284,5	269,5	244,5	35,6	33,8	30,6	1,9	18,9
14	85,8	209,3	448,3	208,8	249	218,5	145,5	40,6	35,6	23,7	1,7	18,7
15	89,8	211,9	418,8	197,1	228	185	95	44,9	36,4	18,7	1,2	12,2
16	88,5	217,6	451,9	279,4	122	152	214,5	25,0	31,1	43,9	1,9	13,8
17	96,3	214,5	408,4	211,3	159	145,5	92	40,1	36,7	23,2	1,1	11,2
18	99,3	204,8	425,4	210,9	135,5	186,5	71,5	34,4	47,4	18,2	1,1	11,2

В таблице 16 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения четырьмя щелевыми распылителями (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий).

Таблица 16 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения с применением четырех щелевых распылителей (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий)

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
352	76,6	211,4	862,9	419,3	620	316	626	39,7	20,2	40,1	7,3	44,6
353	74,9	211,1	2212,1	1144,3	1279	620	1821	34,4	16,7	49,0	45,9	106,2
354	74,4	212,9	2360,9	1245,8	1220	536	1776	34,5	15,2	50,3	47,3	100,9
355	78,4	212,3	642,4	300,3	597	327	471	42,8	23,4	33,8	4,7	39,8
356	81,2	209,5	678,1	293,3	622	356	420	44,5	25,5	30,0	4,6	39,9
357	83,4	211,1	757,1	329,1	468	264	341	43,6	24,6	31,8	3,9	30,6
358	91,9	221,4	381,2	143,6	75	19	11	71,4	18,1	10,5	0,4	3
359	88,7	216,1	392,2	132,0	85	19	9	75,2	16,8	8,0	0,4	3,2
360	77,1	207,7	0	125,1	38	20	0	65,5	34,5	0	0,3	1,7

*карточки № 352-354 – высота 62 см; № 355-357 – высота 115 см; № 358-360 – высота 172 см

Из данных таблицы 16 следует, что требования по числу капель, на 1 см² для применения гербицидов выполняются на расстоянии до 10 м от технического средства. Мелкие капли распространяются до 16 м.

При проведении опытов с комбинированным применением щелевых распылителей LU-04. AD-04, LU-015. AD-015, LU-02. AD-02, LU-03. AD-03 (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий) с расходом жидкости 4,77 л/мин. получены лучшие результаты по транспортированию капель и их осаждению для краевой обработки поля (таблица 17).

Таблица 17 – Суммарный расход жидкости в опытах по применению щелевых распылителей при скорости движения средства 7,2 км/ч

Номер опыта	Тип распылителей				Суммарный расход жидкости, л/мин.
	-04	-03	-02	-015	
	Число распылителей, шт.				
1	4				7,28
2	2			2	5
3	2		2		5,46
4	2	2			6,36
5		4			5,44
6			4		3,64
7				4	2,72
8	1	1	1	1	4,77

Вывод. Представленные результаты опытов (таблица 17) показывают, что лучший результат по транспортированию капель для уничтожения сорной растительности и воздействия на вредителей получен при комбинированном применении щелевых распылителей LU-04. AD-04, LU-015. AD-015, LU-02. AD-02, LU-03. AD-03 (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий) с расходом жидкости 4,77 л/мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате применения методов и технических средств для краевой обработки поля основным способом опрыскивания сорной растительности вблизи полевых защитных лесополос и в технологических проходах с одновременным воздействием на вредителей культурных растений не обеспечивается выполнение существующими средствами агротехнических требований по количеству капель и их размеру, обуславливающих рациональную технологию защиты растений.

В результате выполнения НИР разработан комбинированный способ подачи факелов распыла жидкости щелевыми распылителями в скоростной воздушный поток струи, выходящий из сопла с массовым расходом воздуха значительно превышающим массовый расход жидкости для исключения коагуляции капель в полидисперсной системе и транспортирования крупных капель для уничтожения сорной растительности, а мелких – для уничтожения вредителей при краевой обработке поля и оснований полевых защитных лесных насаждений.

Разработана методика и проведена экспериментальная оценка дальности осаждения крупных и мелких капель на предметных карточках, расположенных в области объектов назначения, из воздушно-капельной системы от средства их образования при комбинированном применении щелевых распылителей по образующей сопла.

Представленные результаты опытов показывают, что лучший результат по транспортированию капель для уничтожения сорной растительности и воздействия на вредителей получен при комбинированном применении щелевых распылителей LU-04. AD-04, LU-015. AD-015, LU-02. AD-02, LU-03. AD-03 (код цвета – красный, зеленый, желтый и синий) с расходом жидкости 4,77 л/мин.

В целом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности предложенного метода и технического средства и требуют продолжения таких исследований, а разработанное техническое средство позволит обеспечить эффективную обработку полезащитных лесных насаждений от сорняков и вредителей при производстве растениеводческой продукции во исполнение Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Экспериментальная оценка дисперсности капель, создаваемой разработанным техническим средством для краевой обработки поля // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 3. – С. 26–30.

2 Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Дисперсные показатели для технологии краевой обработки поля // Наука в центральной России. – Тамбов: ФГБНУ «ВНИИТИН». – 2021. – № 3. – С. 512.

3 Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Рациональное применение щелевых распылителей жидкости для аэрозольной технологии краевой обработки поля // Наука в центральной России. – Тамбов: ФГБНУ «ВНИИТИН». – 2021. – № 5 – С. 42–48.

4 Киреев, И.М., Коваль, З.М., Зимин Ф.А. Данилов М.В. Инновационный способ для краевой обработки поля и средство его реализации // Агрофорум. – 2021. – № 8. – С. 66–70.

5 Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Показатели дисперсности для технологии краевой обработки поля // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: (матер. XIII Международной науч.-практ. интернет-конф. ИнформАгро-2021). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – С. 433–439.

6 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А., Марченко В.О., Данилов М.В. Исследования по транспортированию капель воздушным потоком для технологии краевой обработке поля / «Информационные технологии, системы и приборы в АПК»: материалы 8-й Международной научно-практической конференции «АГРОИНФО-2021» (Новосибирская обл., р.п. Краснообск. 21-23 октября 2021 г.) Сибирский физико-технический институт аграрных проблем, – Новосибирская обл., р.п. Краснообск. Академиздат, 2021. – С. 183–187.

7 Российская федерация. Указ Президента. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. [утверждено Указом Президента от 01.12.2016 N 642 (ред. от 15.03.2021)] – М: Правительство. – 2016. – 24 с.

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

9 Докучаев В.В. Лекции о почвоведении. Избранные труды / В.В. Докучаев. – М.: Изд-во «Юрайт», 2020. – 464 с.

10 Гейсбюлер, Х. Химический метод – настоящее и будущее / Х. Гейсбюлер // Защита растений. – М., 1982. – № 4. – С. 8.

11 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. – (Полевая академия). – Библиогр.: С. 179–188.

12 Дунский, В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. М.: Наука, 1982. – 288 с.

13 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).

14 Никитин, Н.В., Абубикеров, В.А. Технология внесения гербицидов // Защита растений. – М., 2000. – № 3. – С. 47–50.

15 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.

16 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.

17 Каталог TeeJet Technologies 50A-RU // TeeJet Technologies [Электронный ресурс]. URL: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> (дата обращения 13.01.2021).

18 Теория турбулентных струй / Абрамович Г.Н., Гиршович Т.А., Крашенинников С.Ю., Секундов А.Н., Смирнова И.П. Изд. 2-е перераб. и доп. / Под ред. Г.Н. Абрамовича. – М: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. – 1984. – 717 с.

19 Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Средство защиты от вредителей, зимующих в ползащитных лесополосах // Точная наука (матер. LIX Международной науч. конф. «Техноконгресс». – Кемерово, 2020. – С. 3–6.

20 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Обоснование технического средства защиты растений для борьбы с вредителями, зимующими в ползащитных лесополосах // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11. – С. 16–19.

21 Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Комбинированное средство для краевых обработок полей // Матер. Международной науч.-практ. конф. «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК». – Мичуринск. – ФГБОУ ВО «МГАУ», 2020. – С. 7.

22 Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Комбинированное средство для краевых обработок полей // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: (матер. Международной науч.-практ. конф.). – Мичуринск: ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», 2020. – 7 с.

23 ГОСТ 34630 – 2019. Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. – Введ. 2021–15–03. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 38 с.

24 ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – Взамен ГОСТ.20915 – 75, введ. 2013–01–01. – М.: «Стандартинформ» 2013. – III, 23 с.

25 ГОСТ 13646 – 68. Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия. – Введ. 1970–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1970. – 10 с.

26 Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости). Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 323 с.

27 Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Репринтное воспроизведение издания 1960 г. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 720 с.

28 Саламатова А.Г. Справочник по математике (геометрия) для 5-9 классов общеобразовательных организаций. – М.: гуманитарный издательский центр «Владос», 2020. – 256 с.

29 Брадис В.М. Четырехзначные математические таблицы / Брадис Владимир Модестович. – 19-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2016. – 96 с.

30 Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

31 Вальберг, А.Ю., Исянов, Л.М., Яламов, Ю.И. Теоретические основы охраны атмосферного воздуха от загрязнения промышленными аэрозолями: учебное пособие / А.Ю. Вальберг, Л.М. Исянов, Ю.И. Яламов. – Санкт – Петербург.: МП "НИИОГАЗ – ФИЛЬТР" – СПбТИ ЦБП, 1993. – 235 с.

32 Киреев, И.М., Федоренко, В.Ф., Буклагин, Д.С., Ерохин, М.Н., Табашников, А.Т. Техника и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / 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.

33 Веретенников, Ю.М., Лысов, А.К. Как отрегулировать опрыскиватель, проверить качество опрыскивания? / Ю.М. Веретенников, А.К. Лысов //

Защита растений. – М., 1993. – № 9. – С. 48–51.

34 Киреев, И.М. Результаты испытаний различных конструкций щелевых распылителей опрыскивателей // Техника и оборудование для села. 2011. – № 2. – С. 28–29.

35 ГОСТ 1770-74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия. – Введ. 1976–01–01. – М.: ФГУП «Стандартинформ»: Изд-во стандартов, 2000. – 19 с.

36 ГОСТ 427-75. Линейки измерительные металлические. Технические условия. – Введ. 1977–01–01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1975. – 5 с.

37 ГОСТ 7502-98. Рулетки измерительные металлические. Технические условия. – Введ. 2000-07-01. – Минск.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М: Издательство стандартов, сор., 2002. – 7 с.

38 ГОСТ 28498-90. Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 1991–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 19 с.

39 ГОСТ 6376-74 Анемометры ручные со счетным механизмом. – Взамен ГОСТ 6376-52; введ. 1975–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 8 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Средства измерений, применяемые при испытаниях

Средства измерений, применяемые при испытаниях, приведены в таблице А.1

Таблица А.1 – Средства измерений, применяемые при испытаниях

Наименование измеряемой характеристики, параметра	Наименование, марка испытательного оборудования, прибора, его номер, стандарт	Дата аттестации, поверки испытательного оборудования, прибора
Объем	Цилиндр мерный 1000 мл ГОСТ 1770 [35]	До 07.07.2022
Геометрические измерения	Линейка металлическая МЦ 0000000826 L=1 м ГОСТ 427 [36]	До 08.07.2022
Измерение расстояния	Рулетка РЗ-10 (ФИТ) № 17410 ГОСТ 7502 [37]	До 08.07.2022
Температура воздуха	Термометр № 266 ГОСТ 28498 [38]	До 07.11.2022
Влажность воздуха	Психрометр МВ-4М № 2729 ТУ 25-1607054-85	До 30.05.2022
Скорость ветра	Анемометр ГОСТ 6376 [39]	До 22.11.2022
Время	Секундомер СОС пр. 2б, № 7702, ТУ 1819.021-90	До 15.06.2022
Частота вращения	Тахометр часовой ТЧ 10-Р № 03.007687.12	До 14.08.2022