

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

На правах рукописи

ОСМАНОВ ЭНВЕР ШЕВХИЙЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ
ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОТ
СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Догода Пётр Ануфриевич

Симферополь – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОТ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГЕРБИЦИДАМИ.....	11
1.1 Методы борьбы с сорной растительностью и их эффективность	11
1.1.2 Химический метод	13
1.2 Анализ технических средств для химической борьбы с сорняками ...	16
1.3 Виды распылителей для химической борьбы с сорной растительностью	28
1.4 Виды воздухораспределительных систем опрыскивателей	32
1.5 Анализ теоретических и экспериментальных исследований в области химической защиты многолетних насаждений	34
1.5 Выводы по разделу.....	41
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ БОРЬБЕ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА ВИНОГРАДНИКОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ	44
2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников	44
2.2 Исследование турбулентной воздушно-жидкостной струи, проходящей через полупроницаемый растительный слой	48
2.3 Теоретическое обоснование создания турбулентной воздушно-жидкостной струи рабочими органами опрыскивателя	53
2.3.1 Скорость турбулентной воздушно-капельной струи	53
2.3.2 Взаимодействие направленного воздушного потока с жидкостной струей	57
2.3.3 Обоснование скорости вылета капли из сопла распылителя и угла факела распыла	71

2.4 Обоснование конструктивных параметров выпускных насадок воздушного рукава	79
2.5 Обоснование параметров воздушного рукава	88
2.6 Последовательность проектирования рабочих органов опрыскивателя	92
2.7 Выводы	93
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	95
3.1 Цель и задачи экспериментальных исследований	95
3.2 Программа экспериментальных исследований	96
3.2 Установки, приборы и оборудование	96
3.2.1 Лабораторно-полевая установка навесного опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников	96
3.2.2 Экспериментальная установка для определения основных характеристик работы распылительной системы опрыскивателя	98
3.2.3 Приборы и оборудование	100
3.3 Методика определения размера капель	102
3.4 Исследование прохождения воздушного потока через растительный слой	108
3.4.1 Определение скоростей воздуха внутри воздушного рукава	109
3.4.2 Определение скоростей воздуха при истечении из воздушного рукава	110
3.5 Методика проведения полевого опыта	110
3.6 Выводы	113
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	114
4.1 Исследование видового состава сорных растений в приштамбовой зоне виноградных насаждений	114
4.2 Результаты исследования прохождения воздушного потока через растительный слой	116
4.3 Результаты экспериментальных исследований воздушного рукава	118

4.3.1 Скорости воздуха внутри воздушного рукава	118
4.3.2 Скорости истечения воздуха из воздушного рукава	119
4.4 Результаты исследования работы гидравлических распылителей	121
4.4.1 Влияние диаметра распылителя и давление в гидравлической системе на расход рабочей жидкости	121
4.4.2 Экспериментальное определение формы факела распыла	124
4.5. Показатели качества обработки сорных растений раствором гербицида	126
4.6 Сравнительный анализ качественных показателей опрыскивания	132
4.7 Обоснование взаимного расположения гидравлического и пневматической систем	135
4.8 Результаты полевых испытаний	136
4.9 Выводы	138
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПРИШТАМБОВЫХ ЗОНАХ ВИНОГРАДНИКОВ.....	140
5.1 Расчет экономической эффективности технологического процесса опрыскивания	140
5.2. Энергетическая оценка применения гербицидного опрыскивателя	143
5.3. Внедрение результатов исследования	144
5.4 Выводы	145
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	146
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ	149
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	150
ПРИЛОЖЕНИЯ	166

ВВЕДЕНИЕ

Стабильная и прибыльная работа сельскохозяйственных предприятий возделывающие многолетние культуры, невозможна без эффективной и надежной защиты выращиваемой культуры. Недостаточный и не своевременный уход причина засоренности различными сорными растениями, способствующая снижению урожая винограда. Сорняки оказывают влияние на биологические и физические свойства почвы, снижают плодородие, ухудшают тепловой и световой режим агрофитоценозов, составляют конкуренцию в потреблении воды. В течение вегетационного периода сорные растения могут потреблять 3800-4000 т воды, набрать до 350-500 ц/га зеленой массы, извлечь из почвы до 117 кг азота, 35 кг фосфора и 180 кг калия [88, 116].

Согласно ГОСТ 16265–89 «сорными называют дикорастущие растения, обитающие на сельскохозяйственных угодьях и снижающие величину и качество продукции» [33].

Многие сельскохозяйственные производители сегодня не располагают всем необходимым для устранения угрозы неурожая. По данным ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО), до 35% на дефицит урожая оказывают вредители, болезни и сорняки, в развивающихся странах даже половина урожая [57, 84, 124].

Негативное влияние сорных растений заключается в:

- снижение фотосинтеза винограда;
- замедление скорости процесса роста;
- снижение показателя продуктивности винограда (до 25%);
- уменьшение количества урожая (до 30%);
- снижается содержание сахаров в соке ягод (на 10-15%) [25].

На виноградных плантациях южных регионов нашей страны произрастает более 120 видов сорняков, 60 % из них относятся к двудольным однолетним, 30% – к корнеотпрысковым и стержнекорневым широколистным многолетникам и 10% – к злаковым однолетним. Наибольшей вредоносностью отличаются

злаковые корневищные многолетники [88, 116]. Отмечены случаи произрастания 700 сорных растений на 1 м², а накопление биомассы 200 ц/га и более [57].

Механический способ во многих хозяйствах остается приоритетным, однако рост цен на ГСМ заставляет сократить количество обработок в 2 раза, тем самым способствуя зарастанию виноградников сорными растениями.

Поэтому важным этапом повышения продуктивности - организация правильной системы защиты урожая. В такой ситуации химический способ приобретает наиболее актуальный и экономически выгодный характер.

Перед работниками сельского хозяйства поставлена задача заложить новые виноградники и увеличить занимаемую ими площадь. Увеличение площади и в связи с этим объема работ по защите культуры от болезней и сорных растений – потребует расширения производства ядохимикатов и машин, а также разработка новых прогрессивных, производительных и экономичных приемов защиты [96].

В связи с этим и возникла необходимость изучения данного вопроса

Исследования Лепехина Н.С., Воронова Ф.П., Бешанова А.В. и др. по эффективности химических методов уничтожения сорняков было определено, что увеличение размера капель с 100 до 600 мкм и, соответственно, расхода рабочей жидкости с 30 до 230 л/га не оказало существенного влияния на их гибель.

Опыты Соколова М.С. показали, что в каплях размером около 100 мкм препарата больше в 5...20 раз больше, и они лучше удерживаются на гидрофильных растениях, по сравнению с крупными каплями [116, 143].

Приведенные исследования подтверждают высокую эффективность малообъемного опрыскивания, способствуя лучшему осаждению капель и высокой равномерности покрытия. Применение данного вида опрыскивания подтверждает свою целесообразность.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Настоящая диссертационная работа является результатом научно-технических и опытно-конструкторских разработок по темам: НИР КФУ АБиП «Обоснование технологических, конструктивных и режимных параметров с целью разработки экологически безопасных сельскохозяйственных машин по уходу за

виноградниками, садовыми насаждениями и овощными культурами юга России» (Раздел 17, номер государственной регистрации 115121010071).

Цель исследований. Повышение качества внесения гербицидов в приштамбовых защитных зонах виноградных насаждений при отсутствии загрязнения окружающей среды путём обоснования технологической схемы, параметров рабочих органов и режимов работы машины для химической защиты от сорной растительности.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие основные задачи:

1) Обосновать схему технологического процесса внесения гербицидов в приштамбовых защитных зонах виноградных насаждений, обеспечивающую эффективное нанесение растворов препаратов на листовую поверхность сорной растительности;

2) Теоретически определить рациональные конструктивные и режимные параметры рабочих органов машины для внесения гербицидов, создающих турбулентный воздушно-жидкостный поток.

3) Разработать методику экспериментальных исследований по определению рабочих параметров и режимов работы машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградных насаждений.

4) Провести экспериментальные исследования и представить результаты определения параметров и режимов работы машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградных насаждений.

5) Дать технико-экономическую и энергетическую оценку работы машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградных насаждений.

Объект исследования – технологический процесс внесения гербицидов в приштамбовых зонах машиной для защиты виноградных насаждений от сорной растительности.

Предмет исследования – зависимость показателей качества внесения гербицидов в приштамбовых защитных зонах от параметров рабочих органов и

режимов работы машины для защиты виноградных насаждений от сорной растительности.

Рабочая гипотеза: рабочие органы с обоснованными основными конструктивными и режимными параметрами машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградных насаждений позволят создавать турбулентный воздушно-жидкостный поток, обеспечивающий нанесение рабочей жидкости на верхнюю и нижнюю поверхности листового аппарата сорной растительности.

Научная гипотеза: обоснование технологической схемы, параметров рабочих органов и режимов работы машины для химической защиты виноградных насаждений от сорной растительности с использованием турбулентного воздушно-жидкостного потока позволит повысить качество внесения гербицидов в приштамбовых защитных зонах и, как следствие, сократить расход ядохимикатов и уменьшить количество обработок.

Научная новизна работы. Определены аналитические зависимости и закономерности для выбора рациональных конструктивных и режимных параметров рабочих органов машины для защиты виноградных насаждений от сорной растительности гербицидами, которые могут быть использованы при разработке и модернизации опрыскивателей.

Практическая значимость. Разработаны рекомендации по расчетам оптимальных параметров и режимов работы опрыскивателя для обработки приштамбовых зон виноградных насаждений гербицидами.

На защиту выносятся:

- технологическая схема опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовую зону виноградных насаждений с дополнительным воздушным потоком от вентилятора;
- конструктивные и режимные параметры рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовую зону виноградных насаждений;
- зависимость качественных показателей работы опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовую зону виноградных насаждений от конструктивных и режимных параметров его рабочих органов;

- экономическая и энергетическая эффективность результатов исследования.

Степень достоверности и апробация диссертационной работы.

Достоверность основных выводов подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами испытаний опытного образца гербицидного опрыскивателя и актами внедрения в хозяйствах Крыма.

Результаты исследований по диссертационной работе докладывались:

1. «Новые направления разработки средств механизации сельскохозяйственного производства» (Южный филиал Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины «КАТУ», Симферополь, 22 апреля 2010 г.).

2. Международная научная конференция «Сучасні проблеми механізації сільськогосподарського виробництва» (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, 28 мая 2010 г.).

3. IV международная научно-техническая конференция «Проблемы энергосбережения» «Энергия 2010» (г. Ялта, 13-18 сентября 2010 г.).

4. Научная конференция «Проблемы механизации производства и технологии переработки сельскохозяйственной продукции в АПК» (Южный филиал Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины «КАТУ», Симферополь, 2 июня 2011 г.).

5. Научно-практические конференции Южный филиал Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины «КАТУ» (г. Симферополь, 2010...2012 гг.).

6. Выставка «АгроЭкспо Крым» г. Симферополь, 2015 г.

7. Международная научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава «Перспективы развития средств механизации и технического сервиса в АПК», Симферополь, 20 апреля 2016 г.

8. Международная научно-практическая конференция молодых ученых второго фестиваля науки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, 25 октября 2016 г.

9. Российская научно-практическая конференция «Экологическая оптимизация и управление продуктивностью ландшафтов», при поддержке РФФИ, Анапа, 20 – 25 апреля 2018 г.

10. Международной научной конференции по результатам работы научной школы «Механико-бионические основы разработки почвообрабатывающих машин», Симферополь, 2 – 3 апреля 2020 г.

11. Международной научной конференции по результатам работы научной школы «Механико-бионические основы разработки почвообрабатывающих машин», Симферополь, 15 – 16 апреля 2021 г.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства: п.7 «Разработка методов оптимизации конструкционных параметров и режимов работы технических систем и средств в растениеводстве и животноводстве по критериям эффективности и ресурсосбережения технологических процессов».

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликованы 16 научных работ, в том числе 4 в специализированных изданиях, утвержденных ВАК, из них 9 самостоятельные, получено 2 патента на изобретение.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертационная работа содержит введение, пять глав, основные выводы, список использованных источников и 4 приложения. Работа содержит 185 страницы машинописного текста, 70 рисунков, 25 таблиц и 5 приложений. Список литературы состоит из 147 наименований.

РАЗДЕЛ 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОТ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГЕРБИЦИДАМИ

1.1 Методы борьбы с сорной растительностью и их эффективность

Крупные хозяйства должны развиваться на основе прогрессивной агробиологической науки и совершенствования технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе технологии химической защиты их от вредителей, болезней и сорных растений.

Повышение урожая возможно только при тщательном и своевременном выполнении комплекса агротехнических мероприятий.

Выращивание винограда по интенсивной технологии, где схема посадки составляет не более одного метра между растениями, борьбу с сорняками механическими средствами в межкустовой и прикустовой зоне становится все более сложной для выполнения [104].

Использование культиваторов, фрез и приспособлений не удовлетворительно способствуют уничтожению сорняков, наносят травмы штамбам культурных растений, а иногда полностью уничтожают растения. Не дал должного эффекта и опыт использования зарубежных аналогов, к тому же они намного дороже в цене. Поэтому одним из эффективных решений возникшей проблемы, использование химических методов борьбы с сорной растительностью [35, 102].

Борьбы с сорной растительностью и вредителями включает в себя агротехнические, физические, механические, химические и другие методы защиты. Своевременное и в достаточное количество их проведение уменьшит потерю и увеличит валовые сборы урожая [116, 23, 24]. В зависимости от вида сорных растений, способ уничтожения или подавления может отличаться [116, 16].

Под методами защиты растений понимают комплекс мероприятий, направленный на предупреждение потерь урожая от вредителей, болезней и сорняков и способствующий росту валовых сборов продукции сельского хозяйства.

При борьбе с сорной растительностью выделяют два основных признака [23, 138]: вид объекта, на который распространяется выбранный прием или способ и вид средства, которым осуществляется уничтожение сорняков.

Из этого можно выделить, что борьба с сорной растительностью подразделяется: по назначению (рисунок 1.1) на предупредительные, истребительные, специальные [63, 143].

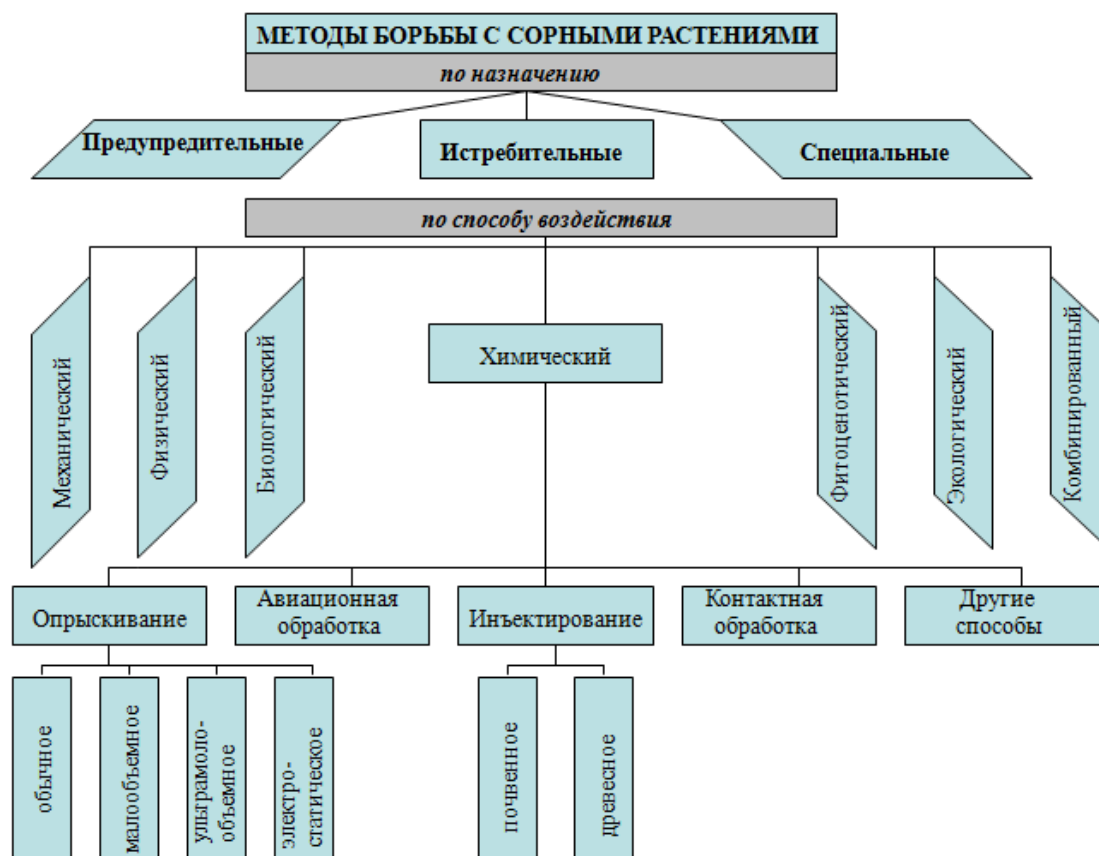


Рисунок 1.1 – Классификация методов борьбы сорной растительностью

Механические способы борьбы, даже применяя глубокую вспашку, не дает хороших результатов, а для корнеотпрысковых видов сорняков это еще будет способствовать их распространению. В таких случаях наибольший эффект можно получить используя химический метод борьбы [116].

1.1.2 Химический метод

Химический метод борьбы с сорной растительностью заключается в применении различных химических препаратов, которые пагубно влияют на объект обработки [116, 128].

Преимущество химического метода заключается в его высокой эффективности и производительности, полной механизации процесса, универсальность ядохимикатов, что позволяет использовать их на различных культурах. Сочетание химического метода с остальными способствует уменьшению затрат труда и сохранению урожая при выращивании с/х культур [48, 20, 122, 134].

Для уничтожения сорной растительности используются «гербициды», (от латинских слов "герба" – трава и "цидо" – убиваю). По характеру действия на растения их подразделяют на препараты контактного и системного действия [16].

Системные гербициды, быстро проникая внутрь, способствуют гибели растения, нарушая обмен веществ, а контактные вызывают гибель тканей растения в местах соприкосновения [16].

Многолетние наблюдения показали что, потери урожая от засоренности от 20% до 50%, а полученный урожай значительно уступает в качестве. Поэтому борьбы с сорняками с применением гербицидов, приобретает все большую популярность. [134, 80, 130, 6, 4].

Анализ отечественных [15, 24, 23, 126, 125] и зарубежных [122, 126, 125, 102, 110] средств механизации для борьбы с сорняками на многолетних насаждениях выявил, принципиально новых изменений в технологиях не произошло. Как и раньше основная часть пестицидов вносится опрыскиванием, где различают три способа опрыскивания: полнообъемное, малообъемное и ультрамалообъемное [142].

Полнообъемное опрыскивание характеризуется перерасходом препарата и его низкой концентрацией. Капли рабочего раствора размером более 250 мкм скатываются и попадают в почву. Расход может достигать 2000 л/га. Степень

осаждения лишь 20...70%, а неравномерность распределения составляет 40% [120].

Малообъемное опрыскивание характеризуется высокой концентрацией препарата и более равномерным распределением капель размером от 50 до 250 мкм. Расход варьируется в пределах 75...300 л/га. Степень осаждения составляет 70%, а неравномерность распределения 20...25%. Однако проводить опрыскивание в ветреную погоду не допустима из-за сноса препарата [120, 75].

Ультрамалообъемное опрыскивание характеризуется высокой дисперсностью распыла с каплями размером 25...125 мкм, расход жидкости 1...75 л/га. Степень осаждения 80%, а неравномерность распределения 10... 15 %. Главный недостаток снос препарата даже при незначительном ветре [50, 30].

Из-за различия размеров одного и того же препарата, наблюдается различие и в токсичности. Крупные капли менее токсичны, плохо удерживаются на растениях, быстро скатываются и попадают в почву. Мелким каплям свойственна лучшая удерживающая способность, более плотно и равномерно распределяются на объекте обработки при том же расходе на единицу площади. Таким образом, чем выше дисперсность распыла, тем сильнее токсичность гербицидов [52, 104].

Конструктивные и режимные параметры опрыскивателя и его элементов, свойства препарата, а также способ доставки (турбулентная или свободная) его к объекту обработки, значительно влияют на степень распыливания, способствуя минимальным потерям, равномерности осаждения и обработка труднодоступных мест. Мало- и ультрамалообъемные способы опрыскивания значительно экономят количество пестицидов при способствуют повышению качества выполненных работ [35, 11].

Можно сделать вывод, что в нашем случае малообъемный способ опрыскивания будет наиболее эффективным, так как создается большее число капель рабочего раствора, а снос будет исключен за счет использования вентилятора, который будет создавать воздушно-капельный поток, препятствующий сносу в ветреную погоду, а кроме того будет доставлять капли в трудно доступную при обычном опрыскивании абаксиальную (нижние) части сорных растений.

Опытами Зубенко В.В. и Соколова М.С. [129] показали, «что плохо смачиваемые водными растворами гербицидов листья растений удерживали в виде капель размером 100 мкм примерно в 5...20 раз больше препарата, чем в виде крупных капель 600 мкм. Уменьшение размера капель позволяет значительно увеличить площадь обрабатываемой поверхности притом же расходе жидкости» [5].

Было выявлено [6, 44, 58], что при обработке сорных растений на многолетних насаждениях обычными опрыскивателями для внесения гербицидов большее количество рабочего раствора гербицидов оседает на адаксиальной (верхней) стороне листьев, а на абаксиальной (нижней) оседает лишь на 4...5% препарата. По агротехническим требованиям осаждение препарата должно составлять не менее 40%. Многие вредители и патогенные микроорганизмы предпочитают высокую влажность и тень, и поэтому обитают на нижних частях растений. Из-за сложности обработки, при обычном опрыскивании, всех ярусов густых и высоких сорных насаждения, действие препарата снижается. Кроме всего, многие сорные растения, такие как сурепка полевая, осот и др. проявляют гидрофобный эффект (покрыта восковыми ворсинками), благодаря которым на адаксиальной стороне листьев сорного растения любая жидкость не задерживается, а соскальзывает и попадает в почву (рисунок 1.2) [25, 94]. Поэтому при обычном опрыскивании приходится неоднократно проводить обработку.

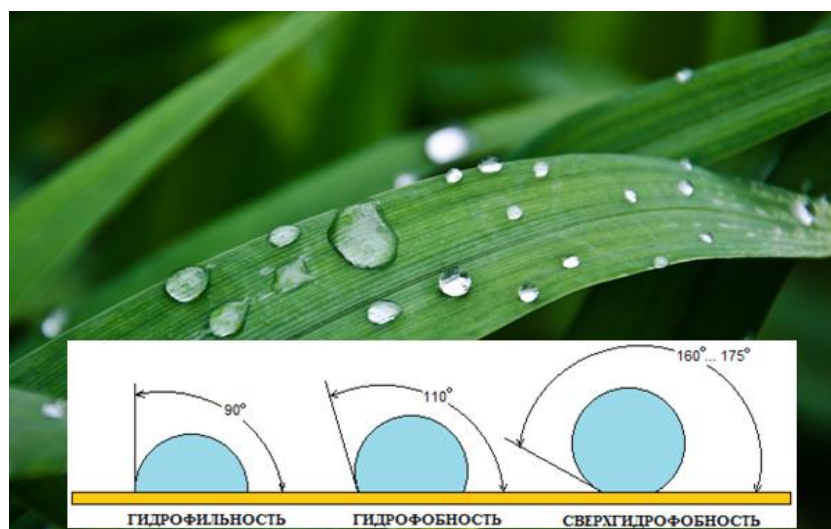


Рисунок 1.2 – Гидрофильность, гидрофобность и сверхгидрофобность на сорных растениях

В таких случаях необходимо, чтобы капли рабочего раствора попадали на абаксиальную часть растения, которая нежнее и на которой отсутствует восковое покрытие. Применение же воздушного потока снимает эту проблему, так как воздушный поток дробит крупные капли и способствует лучшему проникновению в рабочий раствор в листе-стебельную массу растений [94].

1.2 Анализ технических средств для химической борьбы с сорными растениями

В России и за рубежом ведутся исследования и разработки машин для защиты культурных растений от сорной растительности с различными типами рабочих органов и создаются различные образцы машин для внесения гербицидов. Мелкодисперсное распыление препарата является основной задачей опрыскивания [112].

Опрыскивание является наиболее эффективным способом борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями. Несмотря на многообразие опрыскивателей, они единообразны по принципиальным схемам работы, предусматривающих выполнение следующих технологических операций:

- дозирование препарата;
- распыливание;
- транспортировка препарата на объект обработки.

Расход и норму внесения регулируют дозирующие устройства, а распыливающие устройства равномерно распределяют рабочий раствор на обрабатываемый объект [80, 62, 3].

Опрыскиватели сельскохозяйственных культур по назначению разделяют на два класса (рисунок 1.3): опрыскиватели для садов, виноградников и ягодников; опрыскиватели полевых культур [102].

Посредством опрыскивания вносится более 75% всех применяемых в садоводстве и виноградарстве пестицидов. Широкое применение получили опрыскиватели Львовского завода «Сельмаш», завод «Владмаш» г.

Москва, а также производства Венгрии, Германии, Польши, Белоруссии, Италии и других зарубежных стран [50, 11, 40].

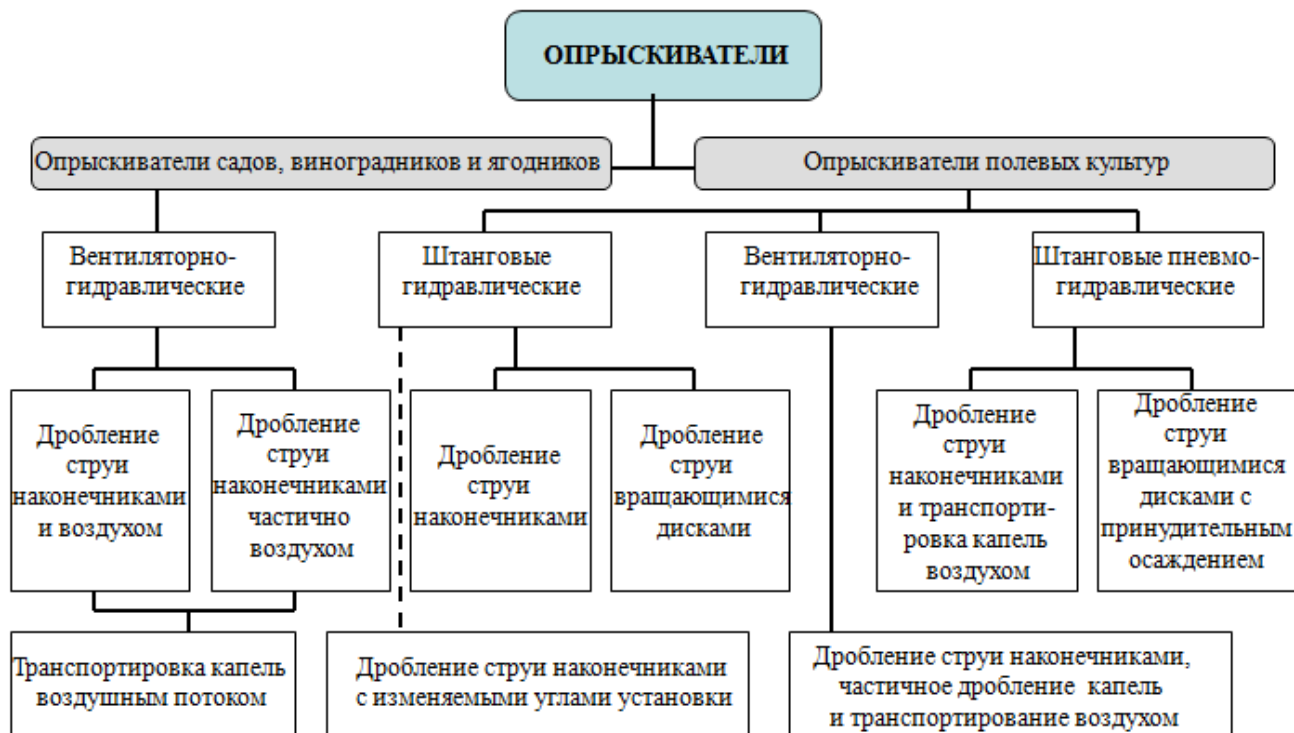


Рисунок 1.3 – Классификация сельскохозяйственных опрыскивателей и способов осуществления технологического процесса

В России, а также за рубежом ведутся исследования и разработки машин для защиты культурных растений от сорной растительности с различными типами рабочих органов. Так же создаются различные образцы машин для внесения гербицидов.

Ключевым моментом в работе гербицидных опрыскивателей, является исключение попадания гербицидов на культурное растение и равномерная обработка сорных растений. В большинстве своем можно встретить опрыскиватели с горизонтально расположенными штангами. Это такие опрыскиватели как ОНК-Б, ОН-10, ГАН-8, ПОУ, ОН-400 [122, 15].

Многие зарубежные фирмы выпускают машины для внесения гербицидов в садах и виноградниках. Так польский агрегат, модель KFMR Sp.zo.o. (рисунок 1.4), производит внесение гербицидов в садах между деревьями уничтожая

сорняки, которые не могут быть уничтожены механически, с использованием косилок.



Рисунок 1.4 – Агрегат для внесения гербицидов – KFMR Sp.zo.o.

Агрегат состоит из двухсторонней гербицидной балки, которая крепится как спереди, так и сзади трактора. На баке расположены распылители, которые помещены в конические кожуха. Последние элементы балки наклонные и отклоняются в момент столкновения со стволом дерева, а после возвращаются к первичной рабочей позиций. Данное устройство способствует межствольной обработке. Жидкостные провода гербицидной балки унифицированы, что способствует их подключению к любому опрыскивателю [102, 87].

Рабочая ширина захвата 3 – 5 м, рабочая скорость до 7 км/час, производительность 0,7 га/час.

В агрегате марки «FLAGARIA» (рисунок 1.5), основное назначение которого обработка гербицидами кустарных насаждений, состоит из: балки питаемой рабочей жидкостью с опрыскивателя с использованием гибких каналов (шлангов), подключенных к управляющему клапану. Балка состоит из трех секций и приспособлена к совершению процесса обработки гербицидом на шести рядах. Дополнительно оборудуется гидравлическим серводвигателем, который позволяет поднимать балку над поверхностью кустов при повороте. Рабочая скорость до 7 км/час, при этом производительность составляет 0,4 – 0,5 га/час [102, 87].



Рисунок 1.5 – Агрегат для внесения гербицидов – «FLAGARIA»

На базе «Института плодоводства НАН Беларуси» и ООО «СелАгро», проводились исследования, и была разработаны машины для внесения гербицидов серий ЗУБР НШ «ГЕРБИ – 1» – односторонний (рисунок 1.6 б), «ГЕРБИ/ДС – 2» – двухсторонний (рисунок 1.6 а).



а)



б)

Рисунок 1.6 – Машины для внесения гербицидов: а – «ГЕРБИ/ДС – 2»; б – НШ «ГЕРБИ – 1»

Эти машины позволяют механизировать процесс и значительно снизить потери рабочей жидкости. Регулировка высоты обработки производится силовым гидроцилиндром. Основной рабочий орган трех секционная штанга с распыливающими наконечниками. Боковые секций подвижны и оснащены защитными щитками и стеклопластиковыми шторками. Данные элементы защиты

позволяют производить обработку междустольной полосы, не поражая листовую поверхность виноградных насаждений и пальметтных деревьев [102, 89].

Опрыскиватель гербицидами навесной (рисунок 1.7) предназначен для внесения гербицидов непосредственно в приствольные полосы с целью уничтожения сорной растительности в садах и виноградниках. Рабочая ширина захвата 2,5 – 3,5 м, рабочая скорость от 2,5 до 7 км/ч, распылители щелевые.



Рисунок 1.7 – Приспособление для внесения гербицидов

Средняя штанга крепится к трактору, а все остальные узлы монтируются на ней. При соприкосновении со штамбом куста или шпалерными столбами концевые трубы отклоняются, так как они шарнирно закреплены на кронштейнах. По окончании контакта с препятствием и поворотная пружина трубы перемещает штангу в рабочее положение и прижимает ее к опорно-регулирующим болтам.

Гербицидник польской фирмы AGROJANEX Zofia Dyśko (рисунок 1.8), для работы в садах и виноградниках. Ширина захвата изменяется в диапазоне 2,5-3 метра. Рабочие органы – две центробежные форсунки. Оборудование для обработки гербицидами монтируется на силовой балке за трактором, на которой устанавливается емкость, насос, система фильтрации, регулятор давления и распылитель. Распыливающее оборудование расположено впереди трактора [102, 110].



Рисунок 1.8 – Гербицидник фирмы AGROJANEX Zofia Dyśko (Польша)

В хозяйствах специализующихся на винограде специалисты и механизаторы своими силами в мастерских в конце девяностых годов стали изготавливать и устанавливать на опрыскиватели ОПВ – 2000, приспособления для внесения гербицидов в приштамбовую зону виноградников (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Опрыскивателю ОПВ – 2000 для уничтожения сорных растений в приштамбовой зоне виноградников

Установка таких приспособлений на опрыскиватель ОПВ – 2000 приводила к уменьшению маневренности агрегата при работе и, как следствие, к снижению производительности, а также экономической эффективности [102, 40].

В начале 2000 годов учеными и специалистами Крымского проектного института ГПКТИ «Плодмашпроект» (г. Симферополь) был создан навесной агрегат «АВГ – 600» для работы на виноградниках (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Агрегат «АВГ – 600»

Машина навешивалась и агрегатировалась колесными тракторами ЮМЗ – 6 и МТЗ – 80/82. Стеклопластиковая емкость вмещает до 600 литров рабочего раствора гербицида. На задней части рамы машины смонтирован рабочий орган в виде телескопических штанг, снабженных распыливающими головками.

Конечные штанги имеют возможность отклоняться назад при встрече штамба растения или шпалерной опоры.

Основным недостатком этой конструкции является возможность попадания гербицидов на элементы кроны куста и частично на урожай винограда во время работы машины в ветреную погоду.

Для устранения этого недостатка сотрудниками НПСХП «Наука» (г. Симферополь) был разработан и стал выпускаться по заявкам хозяйств усовершенствованный агрегат «ОНГВ – 300/500» (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Опрыскиватель «ОНГВ – 300/500»

По своей компоновочной схеме машина аналогична агрегату «АВГ – 600», однако отличается от него наличием более долговечной пластиковой емкости для рабочего раствора объемом от 300 до 500 литров, наличием защитных кожухов на конечных поворотных штангах, предотвращающих попадание раствора гербицидов на виноградный куст [40].

Одним из недостатков агрегата «ОНГВ – 300/500» было то, для осуществления контроля за ходом рабочего процесса, механизатор оглядываться назад, что влияет на качество выполняемых работ и снижает производительность машины.

Для устранения вышеуказанного недостатка в НПСХП «Наука» (г. Симферополь, Крым) разработана, изготавливается и применяется в ряде виноградарских хозяйств машина для уничтожения сорной растительности в пальметтных садах и виноградниках «МВГ – 300/500» (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Машина для внесения гербицидов «МВГ – 300/500»

Машина состоит из насосной станции состоящей и рамы, пластикового бака, насоса, фильтров, пульта управления и других устройств. Телескопическая штанговый с распылителями монтируется на передний брус трактора. С помощью тросовой лебедки изменяется регулируется высота расположения штанги над почвой. Ширина захвата отклоняющихся штанг регулироваться от 2,5 м до 5 м. Штанги имеют механизм обхода препятствий, а также специальный кожух для предотвращения попадания гербицидов культурные растения [40].

На машине может устанавливаться емкости вместимостью от 300 до 500 литров, предусмотрено агрегатирование штангового рабочего органа с различными марками садовых и виноградных опрыскивателей (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Агрегатирование машины «МГВ – 300/500» с прицепным опрыскивателем «ОПСВ – 1500»

Для повышения производительности, улучшения обзорности рабочей зоны и увеличения маневренности голландской фирмой «ММ» разработана навесная машина для внесения гербицидов в приствольную зону многолетних культурах марки «М – 2402040ММsr» (рисунок 1.14).



Рисунок 1.14 – Машина для внесения гербицидов «М – 2402040ММsr»

Машина может работать при ширине междурядий от 1,8...4,1 метра. Четырехкамерный электронасос работает от электрической системы трактора при напряжении 12 В постоянного тока и развивает рабочее давление до 4,0 атм.

Форсунки имеют возможность поворачиваться вокруг своей оси и могут по одной включаться и выключаться. Кроме того, форсунки многопозиционные и при повороте на определенный угол меняют свою производительность и дисперсность распыла.

Машина навешивается на передний брус трактора. На подрамнике машины установлен бак для рабочего раствора объемом 200 литров. Под баком расположен электрический насос.

Машина снабжена электрифицированным пультом управления, на котором находится регулятор давления и клапана включения форсунок в работу.

Управление клапанами осуществляется из кабины трактора при помощи выносного пульта. Машина оборудуется дополнительными гидравлическими узлами, которые могут дистанционно из кабины трактора изменять ширину захвата рабочими органами в диапазоне до 80 см, а также изменять высоту расположения распыливающих устройств над поверхностью почвы в диапазоне до 40 см.

Выпускаемая молдавской фирмой «МекАгро» приспособление для внесения гербицидов на многолетних насаждениях марки DEL-1 (рисунок 1.15). Рабочая скорость агрегата 6 ... 8 км/ч, расход рабочей жидкости 100 ... 500 л/га, масса 50 кг, производительность 1,5 ... 2,4 га/ч.

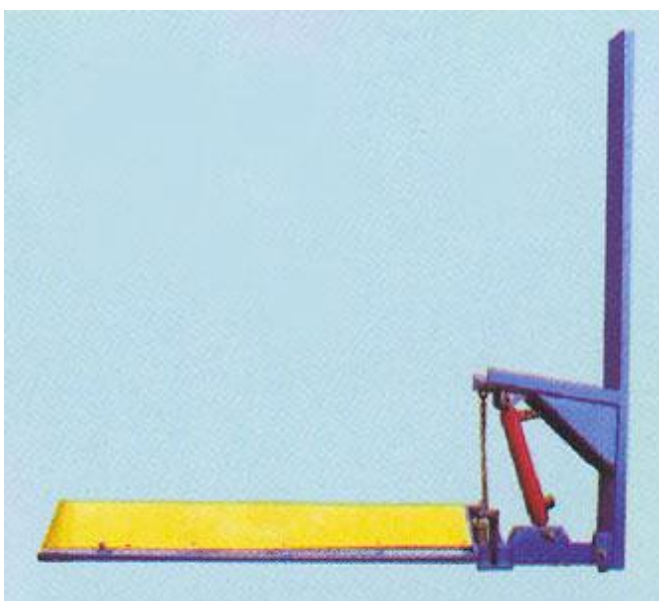


Рисунок 1.15 – Приспособление DEL-1 для внесения гербицидов

Устройство для обработки приствольных полос гербицидами (рисунок 1.16), предназначен для обработки междурядий многолетних культур для борьбы с сорными растениями [140].



Рисунок 1.16 – Гербицидная штанга

Гербицидник состоит из телескопической штанги, устройства для регулирования высоты обработки, контроля расхода рабочей жидкости производится электронным устройством.

Распылители прикрыты защитным пластиковым кожухом и имеют возможность отклоняться от оси ряда в горизонтальной плоскости и за счет возвратной пружины возвращается в исходное положение, что позволяет обработать почву вокруг штамба культурных растений и исключить попадание препарата на ствол [140].

Рассмотренные для внесения гербицидов машины и приспособления удовлетворительно выполняют поставленный технологический процесс, однако имеют некоторые существенные недостатки (рисунок 1.17):

- рабочие органы машины находятся вне зоны зрения механизатора, а это влечет за собой снижение качества выполняемых работ и производительности;
- попадание капель гербицидов на культурные растения, вызывающие их угнетение и даже гибель;
- полидисперсность распыла варьируется от 20 до 500 мкм;
- потери препаратов из-за сноса их ветром и попадания в почву составляет около 30%.

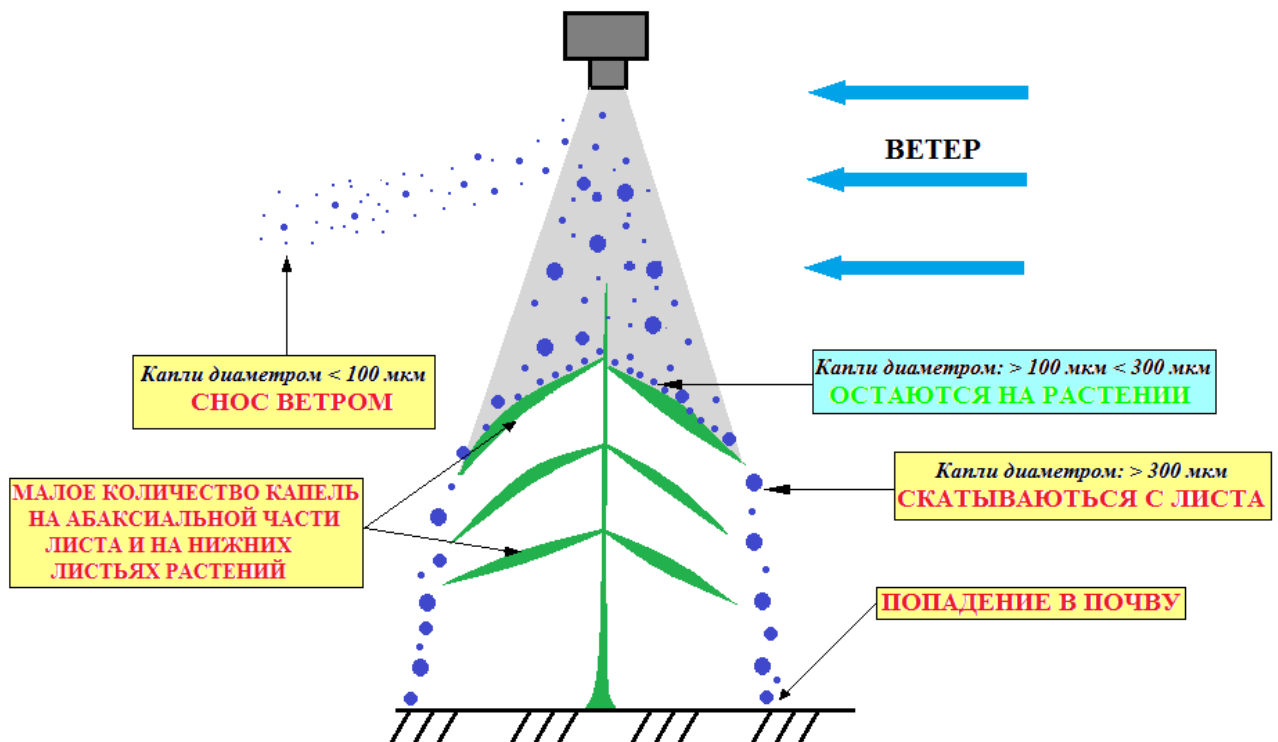


Рисунок 1.17 – Недостатки традиционного опрыскивания

В ходе выполнения технологического процессе существенным недостатком рассмотренных опрыскивателей является то, что обрабатываются только верхние ярусы сорных растений. При расходе рабочей жидкости около 300 л/га эта цифра составляет около 90% препарат [57]. Для обработки всех ярусов необходимо увеличить норму до 600 л/га. При такой норме эффект возникает из-за стекания препарата с обработанной поверхности на необработанную. Но в то же время около 50% препарата стекает в почву, и менее 10% препарата оседает на абаксиальной части растений [84].

Таким сорным растениям как сурепка полевая, осот полевой и др. свойственна гидрофобность, т.е. адаксиальная сторона листьев сорного растения покрыта восковым налетом. Это ведет к тому, что капля химического препарата соскальзывает с листа сорного растения и попадает в почву [116, 7].

Для того чтобы добиться качественного распыления, необходимо распылять препарат на капли минимального размера, используя наименьшее количество воды. Опыт многих ученых показал, что мелкие капли имеют в три раза большую контактную поверхность [84].

1.3 Виды распылителей для химической борьбы с сорной растительностью

Экономическая и биологическая эффективность, а также экологическая безопасность при опрыскивании будет, зависит от качества выбранных распылителей [123].

Распылители служат для распыливания струи жидкости, на большое число капель, распределяя их в пространстве [112].

Для удобства анализа разнообразных по конструкции форм распылителей их классифицируют по ряду признаков [23, 111]. Выделяют две группы распылителей: струйные, которые создают асимметричный поток жидкости и веерные создающие широкий веерообразный поток [23, 111, 65].

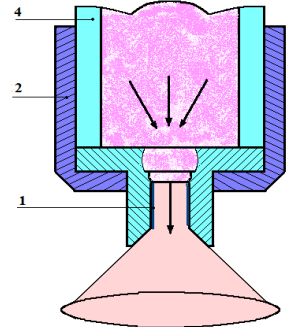
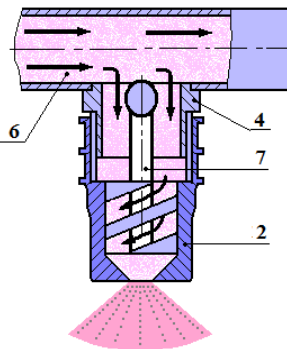
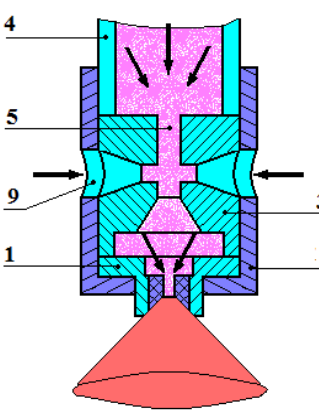
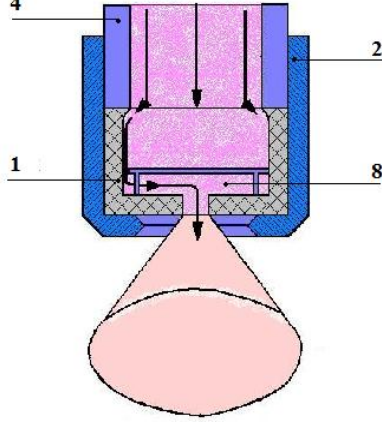
Распылители для внесения гербицидов на многолетних насаждениях должны обеспечить распыливание жидкости на близком расстоянии от поверхности почвы, для этих целей подходят веерные распылители, к которым относятся дефлекторные, щелевые и центробежные [29].

Согласно классификации Дитякина Ю.Ф. [111] распылители подразделяются на механические (вращающийся рабочий элемент придает жидкости вращательное движение и под действием центробежных сил со скоростью вылетает с распылителя и дробится на капли), гидравлические (рабочая жидкость дробится за счет давления нагнетания внутри распылителя), и пневматические (дробление происходит за счет динамического взаимодействия жидкости с потоком газа).

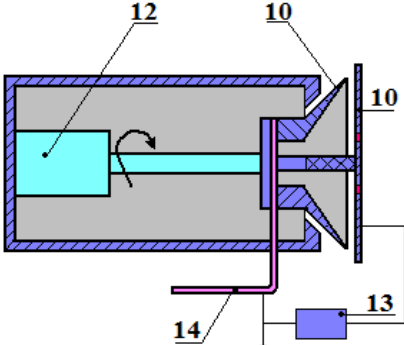
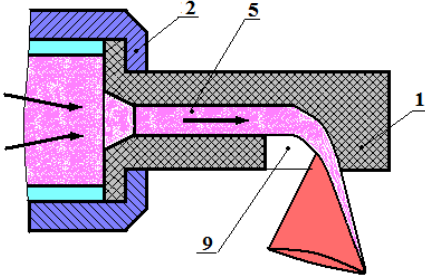
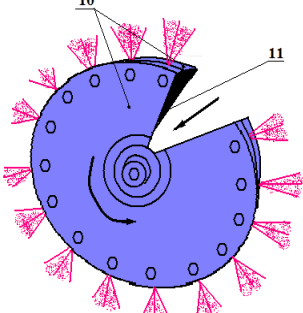
В таблице 1.1 схематически отображены распылители, используемые при опрыскивании.

Из рассмотренных распылителей центробежные и щелевые наиболее подходят для ультромалообъемного опрыскивания, так как они меньше забиваются, просты в обслуживании Диапазон рабочего давления от 0,1 до 0,8 МПа.

Таблица 1.1 – Типы распылителей используемые при опрыскивании

Тип распылителя	Схема распылителя	Условные обозначения
Щелевой		<p>1 – вкладыши; 2 – колпачок; 4 – ниппель.</p>
Полевой		<p>2 – колпачок; 4 – ниппель; 6 – коллектор; 7 – сердечник.</p>
Эжекционный		<p>1 – вкладыши; 2 – колпачок; 3 – корпус; 4 – ниппель; 5 – каналы; 9 – отверстия.</p>
Центробежный		<p>1 – вкладыши; 2 – колпачок; 4 – ниппель; 8 – камера завихрения.</p>

Продолжение таблицы 1.2

<p>Дисковый с электрозарядкой капель</p>		<p>10 – диски; 12 – двигатель; 13 – источник высокого напряжения; 14 – трубопровод.</p>
<p>Дефлекторный</p>		<p>1 – вкладыши; 2 – колпачок; 5 – каналы; 9 – отверстия.</p>
<p>Центробежно- дисковый</p>		<p>10 – диски; 11 – крышка (кожух).</p>

Из-за дороговизны химических препаратов, необходимо, чтобы используемые машины и технологии, обеспечивали окупаемость препаратов, а в дальнейшем прибыль, а так же экологичность процесса [73, 112].

Что бы повысить эффективность использования гербицидов при борьбе с сорной растительностью нужно учесть многие факторы (рисунок 1.18).

Каждый отдельный фактор может по-разному влияет на ресурсосбережение. Некоторые факторы влияют на все компоненты химической борьбы, такие как: общие конструктивно-технологические схемы машин; конструктивные формы и режимы работы рабочих органов, и т.д. Другие факторы оказывают влияние только на отдельные компоненты [99, 123].

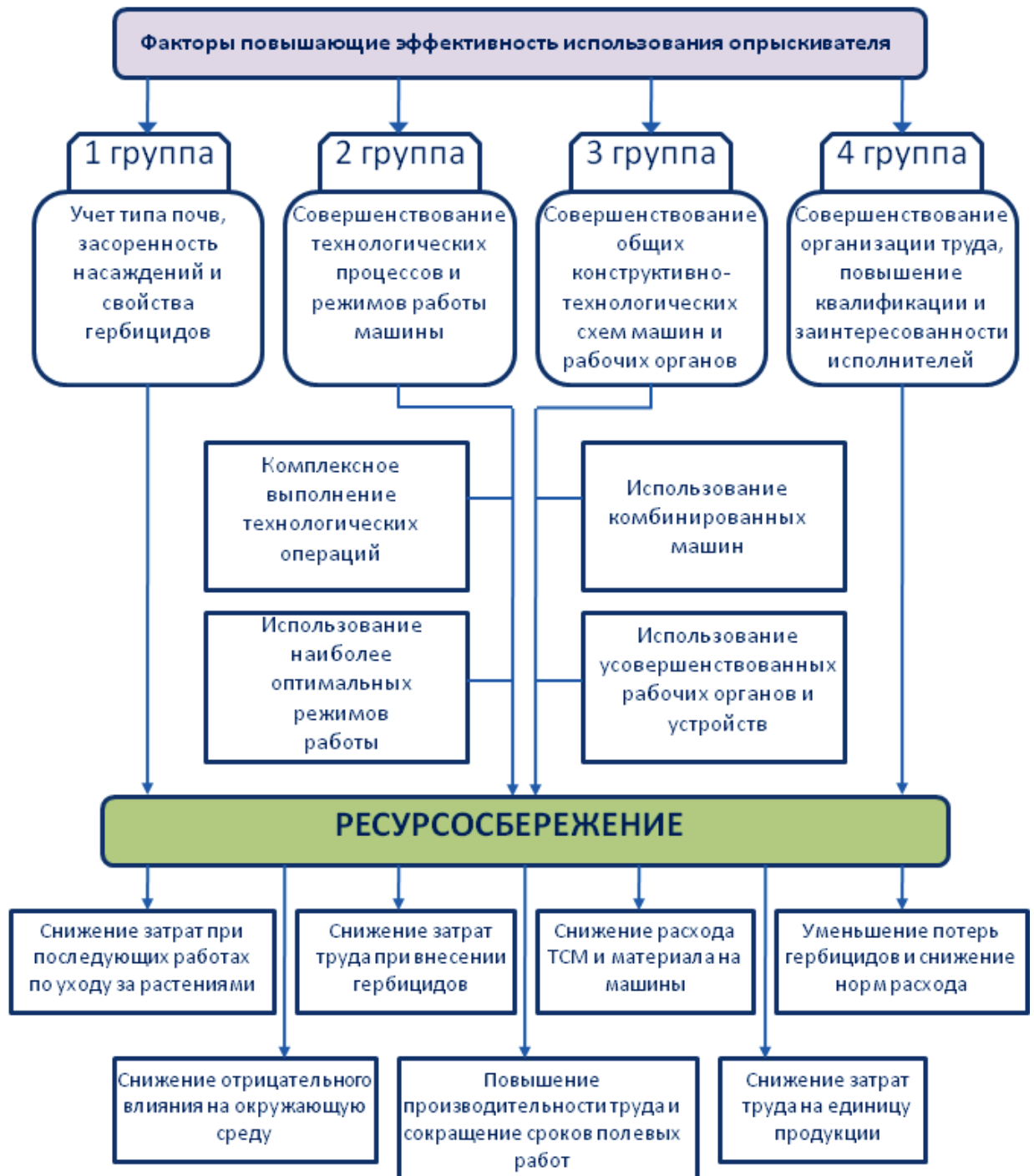


Рисунок 1.18 – Факторы эффективности работы опрыскивателей

Отметим важность факторов 2 и 3 группы, однако обеспечить ресурсосберегающие технологии возможно в том случае, когда все они в совокупности положительно влияют на технологию внесения гербицидов. Поэтому усовершенствование и внедрение ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий и технических средств внесения гербицидов при

возделывании сельскохозяйственных культур приобретает актуальность и является важнейшей научной проблемой [141].

1.4 Воздухораспределительные системы опрыскивателей

Основное требование воздухораспределительной системы, обеспечить равномерность распределение воздуха по всей длине рукава.

Установка всевозможных отверстий или щелей в воздушный рукав способствует равномерному распределению воздуха. При этом выделим основные типы воздушных рукавов (рисунок 1.19):

– диаметр рукава переменный по длине, а ширина (b) щели изменяется или постоянна по длине;

– диаметр рукава постоянный, а ширина щель постоянна или переменной по длине;

– диаметр рукава постоянный или переменного с отверстиями различной площади (S) по длине рукава [123].

Для транспортировки рабочей жидкости к объекту обработки используют вентиляторы центробежного и осевого типа. Центробежный способен развивать воздушный поток скоростью 50 м/с и более с значительным давлением, что способствует так же дроблению жидкости [66].

У центробежных вентиляторов, воздушный поток затухает медленнее, позволяет перемешать большие объемы воздуха при небольших противодавлениях. Также они просты в устройстве, монтаже и регулировках, имеют большой КПД. [57, 58, 69].

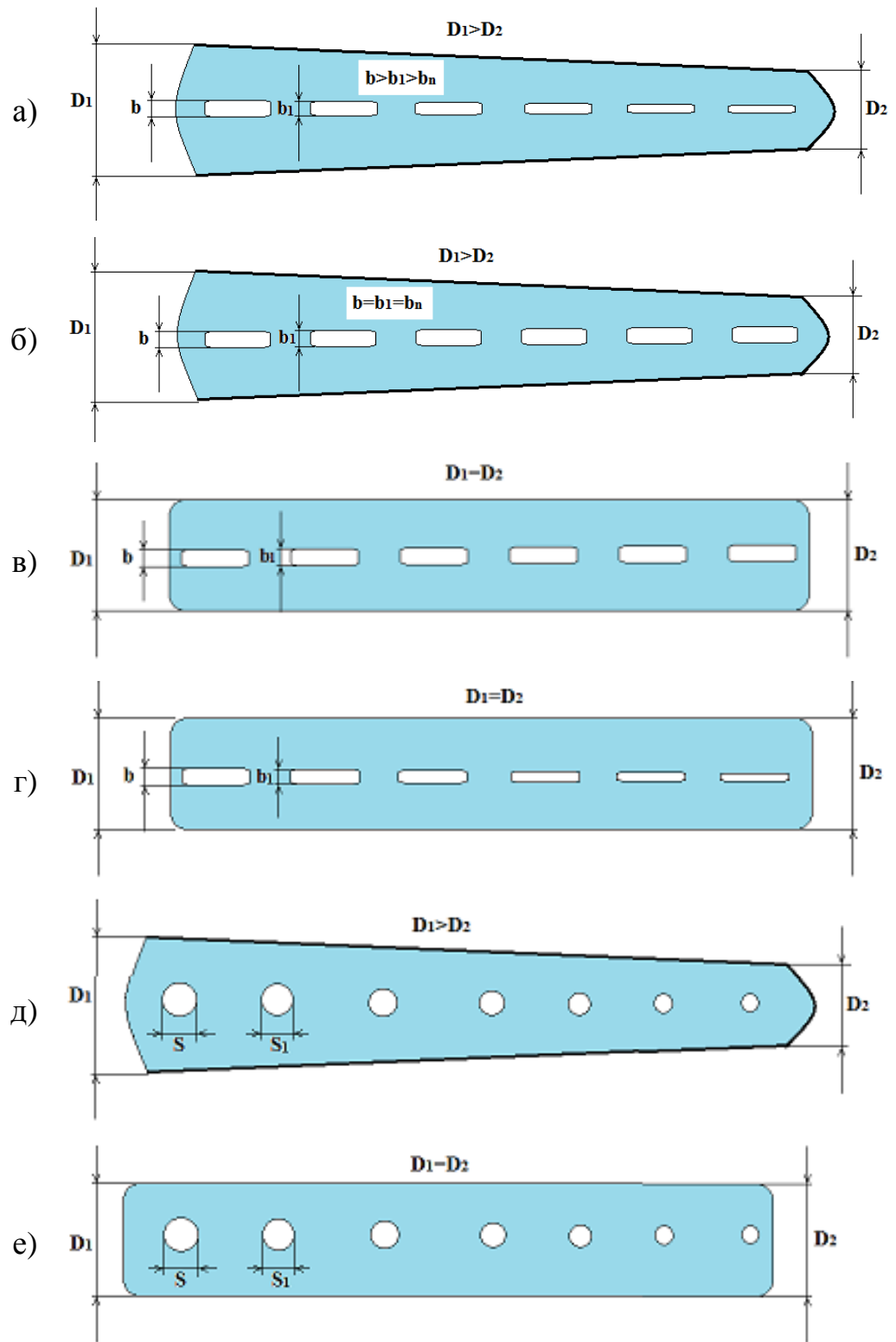


Рисунок 1.19 – Типы воздухораспределительных рукавов:

а – переменного сечения с постоянной щелью по длине рукава; б – переменного сечения с изменяющейся щелью; в – постоянного сечения с постоянной щелью; г – постоянного сечения с изменяющейся щелью; д – переменного сечения с отверстиями разной площади; е – постоянного сечения с отверстиями разной площади

1.5 Анализ теоретических и экспериментальных исследований в области химической защиты многолетних насаждений

Создаваемая вентилятором воздушная струя является свободно утопленной, она не ограничена твердыми стенками в поступающую среду, характеризуемую такими же физическими свойствами.

Условие распространения такой струй изучалось на заводах и фабриках, где нагнетаемый воздух используется для вентиляции производственных помещений, или для снижения температуры в горячих цехах, в котельных и т.д. В этом случае воздушная струя экранирует источник тепла перед рабочим местом, играет роль воздушного душа [17].

Свободная утопленная струя при турбулентном движении, увлекая за собой массы окружающей неподвижной среды, перемешивается с ней. В результате торможения окружающей среды на границах свободной струй образуется турбулентный пограничный слой, толщина которого по мере удаления от распылителя возрастает, происходит непрерывное уменьшение центрального ядра струи, а пограничный слой заполняет всё сечение струи. Таким образом, размывание свободной струи сопровождается её расширением и падением осевой скорости [17].

Данное исследование свободной струй показывает, что её границы в нормальных условиях, когда отсутствуют внешние причины, остается прямолинейной, в этом случае поля скоростей во всех сечениях пограничного слоя подобны, а количество движения секундной массы струй остается постоянным, т.е.

$$m_0 V_0 = \int_0^m V dm - m V_{cp} = const, \quad (1.1)$$

где m_0 – секундная масса струи в начальном сечении;

m – секундная масса струй в произвольном сечении;

V_0 – средняя скорость в начальном сечении струй;

$V_{cp} = \int_0^m V dm$ – средняя скорость в произвольном сечении струй.

Приведенное выражение показывает, что масса струй увеличивается с уменьшением средней скорости. Так как осевая скорость свободной струй непрерывно уменьшается, а масса струй увеличивается, то кинетическая энергия, пропорциональная квадрату скорости и первой степени массы, будет непрерывно уменьшаться.

Исследование свободной струй показали, что статическое давление в струе можно считать равным давлению в окружающей атмосфере.

Г.Н. Абрамович и В.Б. Батулин дают геометрическую схему круглой струй (рис. 1.20) с полюсом, расположенным на её оси внутри сопла. Лучи, проведенные от полюса через края выходного отверстия сопла образуют границы струй, угол расширения которой составляет 12° . Границей начального и основного участков являются точки оси, где осевая скорость равна осевой скорости струй при выходе из сопла [9, 17].

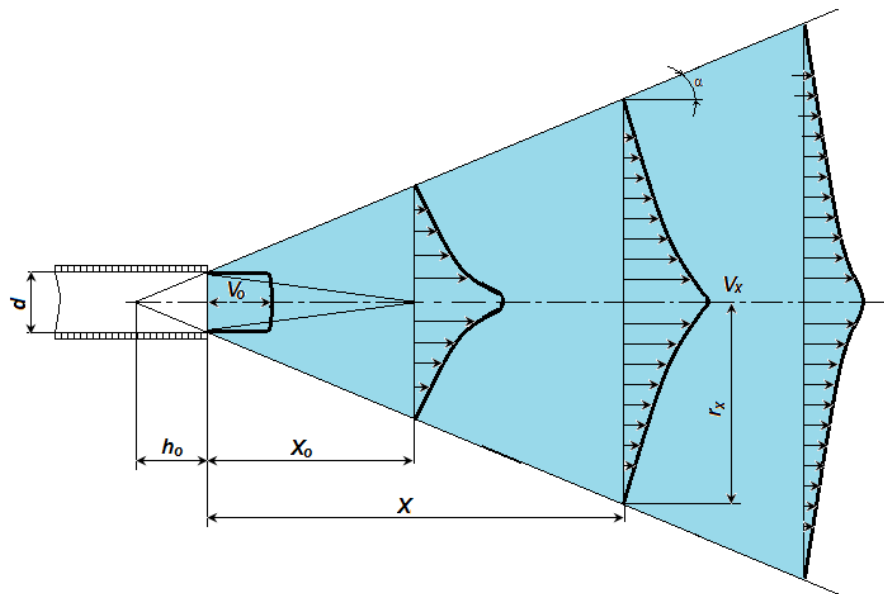


Рисунок 1.20 – Геометрическая схема воздушной струй, выходящей из круглого сопла

Относительная величина осевой и средней скорости в различных точках струй V_x/V_0 и V_{cp}/V_0 определится безразмерным выражением x/d , т.е. отношением расстояния точки замера от сопла к его диаметру.

Для определения в точке «х» относительной величины круглой свободной струй: диаметра d , расхода воздуха q и скоростей V и V_{cp} – пользуются формулой (рис. 1.21).

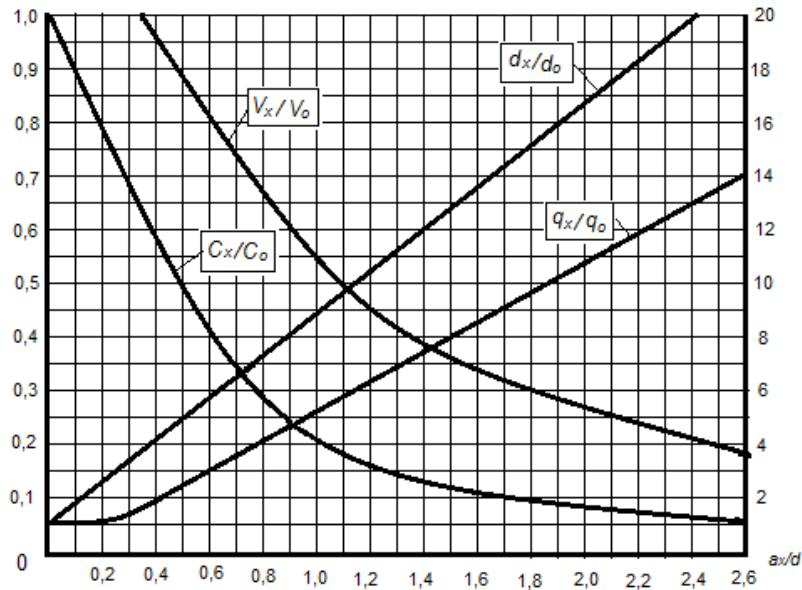


Рисунок 1.21 – Изменение относительных скоростей и расходов по длине круглой воздушной струй в обобщенных координатах

В основном участке характеристики круглой свободной струй будут иметь значения: тангенс одностороннего угла расширения.

$$\operatorname{tg} \alpha = 3,4a$$

осевая скорость на расстоянии «х» от сопла

$$V_x = \frac{0,48V_0}{\frac{ax}{d} + 0,145} \quad (1.2)$$

количество воздуха, протекающего в секунду в произвольном сечении основного участка,

$$q_x = 4,36q_0 \left(\frac{ax}{d} + 0,145 \right) \quad (1.3)$$

диаметр поперечного сечения струи на расстоянии «х» от сопла

$$d_x = 6,8ax + 0,968d \quad (1.4)$$

коэффициент турбулентности

$$a = \frac{d}{x} \left(0,48 \frac{V_0}{V_x} - 0,145 \right) \quad (1.5)$$

где $a = 0,07 \dots 0,14$ – коэффициент турбулентности, характеризующий интенсивность перемешивания основной массы струи с окружающим воздухом и определяемый экспериментальным путем;

V_x – начальная осевая скорость, м/сек;

x – расстояние от точки замера до сопла, м;

d – диаметр выходного сопла, м.

Батурин В.В. утверждает, что истечение струй из прямоугольного сопла сопровождается образованием пограничных слоёв вдоль коротких сторон, что струи, вытекающие из прямоугольных сопел, постепенно приобретают круглую форму. Затухание осевых скоростей плоских струй зависит от соотношения сторон прямоугольного сопла, чем оно больше, тем медленнее затухает скорость и тем быстрее увеличивается объем воздуха [17].

Схема плоскости струй произведена на рис.1. 22.

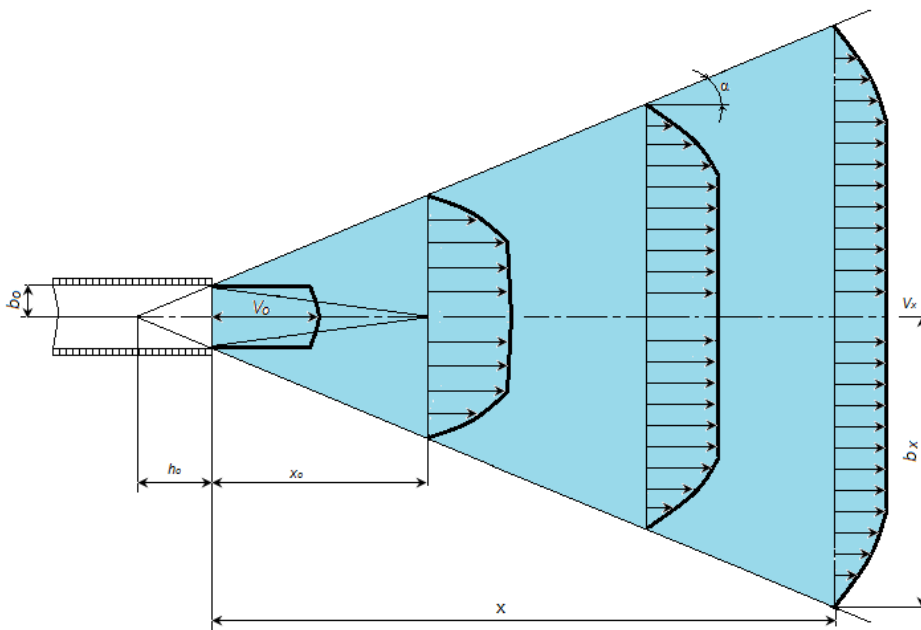


Рисунок 1.22 – Геометрическая схема плоской воздушной струй, имеющей ширину $2b$ и бесконечную длину

Закономерность изменения параметров струй, выходящих из сопел прямоугольной формы, изображен на рис. 1.23.

По данным Абрамовича, длина начального участка струй определяется из выражения:

$$\frac{S_0}{b_0} = \frac{0,67}{a} \quad (1.6)$$

где b_0 – полуширина сопла (по наименьшей кромке прямоугольника), м.

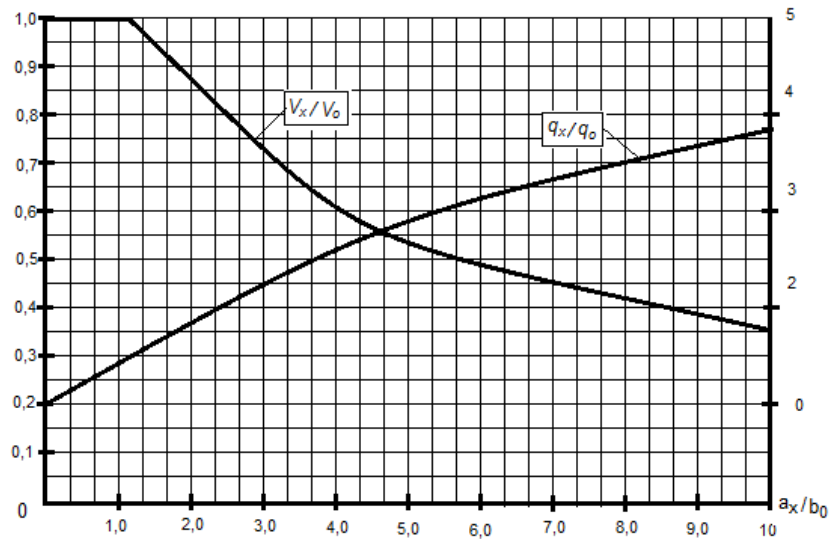


Рисунок 1.23 – Изменение относительных скоростей и расходов по длине плоской воздушной струи в обобщенных координатах

Так как струй, истекающие из сопел прямоугольной формы постепенно приобретают форму круглой струй, то закономерности изменения скоростей и расходов воздуха для одного участка будут одинаковыми, хотя коэффициент турбулентности для плоских струй имеет большее сечение. По данным Проскуры для сопла прямоугольной формы (типа воздушной завесы) коэффициент турбулентности равен $a = 0,2$; по данным Туркуса для сопла, с соотношением сторон 1:20, коэффициент турбулентности равен 0,1 – 0,15 [17].

При создании опрыскивателей проектируются сопла для воздушных струй как круглого, так и плоского профилей. Когда необходимо иметь сосредоточенный поток с большой массой воздуха, например для транспортировки твердых или жидких частиц на большие расстояния применяются струя круглого сечения.

Плоская струя характеризуется большой неравномерностью распределения скоростей по сечению, вследствие подобия профилей скоростей в основном участке эта неравномерность остается постоянной для всех сечений, т.е.

коэффициент количества движения и кинетической энергии для всех сечений одинаков:

$$M = \frac{1}{f} \int_f \left(\frac{V_0}{V_s}\right)^2 df \text{ и } N = \frac{1}{f} \int_f \left(\frac{V_0}{V_s}\right)^2 df \quad (1.7)$$

где f – площадь поперечного сечения сопла.

Профиль скоростей струй плоского сечения может быть приближено представлен выражением:

$$\frac{V_s}{V_{max}} = \left[1 + \left(\frac{S}{b_{gp}}\right)^{3/2} \right]^2 \quad (1.8)$$

где b_{gp} – полуширина струи по высшей границе ($V_s = 0$);

S – расстояние от оси струи, м.

Приведенные исследования применимы только для случаев, когда воздушная струя распространяется свободно, не встречая на своем пути препятствие.

Истекающая из сопла вентиляторного опрыскивателя струя, встречая массы окружающего воздуха под углом $30 - 90^\circ$ отклоняется от прямолинейного направления и размывается. При истечении из сопел нескольких воздушных струй имеет место наложение их друг на друга; в этом случае создается турбулентная струя [139, 141, 147].

Е.Г. Султан-Шахом [91] проведены исследования характера распространения воздушно-жидкостного потока опрыскивателя при встрече с кроной дерева. Было установлено, что для обеспечения хорошего качества опрыскивания плодовых деревьев воздушный поток должен обладать запасом кинетической энергии, способной транспортировать распыленную жидкость в концентрации $0,14 - 0,2 \text{ г/см}^2 \cdot \text{сек}$; что наибольшая равномерность распределения ядохимикатов в кроне дерева, обеспечивается при широком факеле воздушного потока, охватывающего по высоте все дерево.

Что бы получить качественную обработку, единый поток, сформировавшийся после слияния жидкостного и воздушного потоков, должен быть равномерным и неразрывным [41, 62, 79, 81, 111].

Исследования, проводимые во многих странах показывают, что опрыскивание с осаждения капель с применением воздушного потока способствуют оседанию большего числа капель на растения [18, 111].

Исследователи приходят к тому, что необходимо увеличивать количество капель путем уменьшения размера самой капли. При этом объем химического препарата, растворенного в объеме рабочей жидкости, остается постоянным [116, 64].

Рассеивание жидких струй основано на законах турбулентного перемешивания газожидкостной среды. Характер распределения потока капель в воздушной струе изучен недостаточно, это объясняется сложностью физических процессов, сопровождающих перемешивание распыленной жидкости с окружающей средой, и трудностью построения расчетной модели.

Изучением движения капли жидкости применительно к ленточному внесению пестицида занимался Гордеенко О.В. [31].

Теорию распространения струй воздушно-жидкостного потока разработал Г.Н. Абрамович [9, 8]. Из нее следует, что поток капель, движущихся в воздушном потоке, благодаря различию в плотностях воздуха и жидкости следует рассматривать как воздушный поток.

На основе многочисленных опытов, проведенных Всероссийским научно-исследовательским институтом защиты растений (ВИЗР), составлена схема оптимальных значений показателей качества опрыскивания и эффективности использования химических средств защиты растений (рисунок 1.20) и представлены оптимальные значения плотности покрытия (N – количество капель, d – диаметр капель) для различного вида опрыскивания [116, 135].

Увеличить эффективность проникновения гербицида в глубину растительного массива сорных растений можно достичь высокой дисперсности рабочей жидкости, использования отклоняющих растений устройств, а также транспортировка капель воздушным потоком [64, 135, 142, 146].

ГЕРБИЦИДЫ	ПЕСТИЦИДЫ
БРАК Требуется регулировка параметров и режима работы опрыскивателя	
N<40 d _{cp} – любой	N<50 d _{cp} – любой
НОРМА	
40<N<100 100<d _{cp} <360	50<N<200 80<d _{cp} <360
Количество осажденного препарата ЗАВЫШЕНО	
N>110 100<d _{cp} <360	N>250 80<d _{cp} <360
ВНИМАНИЕ! Требуется настройка опрыскивателя <i>Опрыскивание экологически опасное</i>	
d _{cp} >1000 или карточки залитые	d _{cp} >1000 или карточки залитые

Рисунок 1.20 – Схема оптимальных значений показателей качества опрыскивания и его эффективность

При испытаниях опрыскивателей *RAU*, полученные данные показали, что адаксиальная поверхность сорных растений была обработана каплями размером 180...450 мкм с густотой покрытия 25...160 шт/см², а 40% абаксиальной поверхности оказалась необработанной, остальная часть была покрыта каплями размером менее 50 мкм в количестве 30 шт/см² [131]. Опрыскиватель не обеспечивал обработку всех ярусов.

1.6 Выводы по разделу

1) Многочисленными исследованиями доказано, что химический способ борьбы с сорняками был и остается наиболее эффективным. В связи с этим

возросла актуальность эколого-экономической эффективности использования химических препаратов путем совершенствования рабочих органов;

2) Наиболее эффективной является обработка пестицидами с размерами капель 80...360 мкм. Однако у большинства распылителей дисперсность составляет 40...600 мкм, что способствует стеканию капель с растений, соединяется по пути с другими каплями, скатываются и попадать в почву. Кроме всего 5% капель рабочего раствора испаряется, не долетев до объекта обработки из-за воздействия температуры воздуха, в основном испарению подвергаются капли размером от 10 до 70 мкм [35].

3) Для объемной обработки наиболее управляемым, эффективным и экологически менее опасным является пневмогидравлический способ передачи рабочей жидкости на объект обработки.

4) Обоснованный выбор рабочих органов и параметров их работы обеспечит требуемое качество выполнения технологической операции а, следовательно, и эффективность использования химических препаратов.

В связи с этим определена цель, состоящая в повышении качества внесения гербицидов в приштамбовых защитных зонах виноградных насаждений при отсутствии загрязнения окружающей среды путём обоснования технологической схемы, параметров рабочих органов и режимов работы машины для химической защиты от сорной растительности.

На основании поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1) Обосновать схему технологического процесса внесения гербицидов в приштамбовых защитных зонах виноградных насаждений, обеспечивающую эффективное нанесение растворов препаратов на листовую поверхность сорной растительности;

2) Теоретически определить рациональные конструктивные и режимные параметры рабочих органов машины для внесения гербицидов, создающих турбулентный воздушно-жидкостный поток.

3) Разработать методику экспериментальных исследований по определению рабочих параметров и режимов работы машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградных насаждений.

4) Провести экспериментальные исследования и представить результаты определения параметров и режимов работы машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградных насаждений.

5) Дать технико-экономическую и энергетическую оценку работы машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградных насаждений.

РАЗДЕЛ 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА ВИНОГРАДНИКАХ

2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников

Если воздушный поток будет направлен строго вертикально вниз, эффекта объемной обработки не добиться, так как происходит прижимание листьев к стеблям сорных растений (облицирование), капли осядут только на адаксиальной поверхности листьев. Что бы обеспечить обработку сорных растений рабочим раствором на абаксиальной стороне листьев необходимо использовать направленный под определенным углом поток.

Поставленная задача по усовершенствованию конструктивно-технологической схемы опрыскивателя для борьбы с сорной растительностью, нами предложена конструктивно-технологической схемы опрыскивателя для внесения гербицидов в междурядьях виноградников (рисунок 2.1, 2.2) от известных схем (патент №53401 и № 200666) [Приложение А, Б] [92, 51].

Расширение технических и эксплуатационных возможностей опрыскивателя заключалось в повышении качества обработки гербицидом сорных растений и снижение затрат рабочего раствора за счет создания турбулентного воздушно-жидкостного потока, путем усовершенствования конструктивно-технологической схемы воздухораспределительной системы и распыливающих устройств.

Согласно предлагаемой усовершенствованной конструктивно-технологической схеме, вентилятор опрыскивателя, приводимый в движение гидромотором, направляет воздушный поток в воздухораспределительные рукава с переменным по длине сечением (конический воздухораспределительный рукав), за счет этого статическое давление воздуха внутри рукава остается постоянным,

что способствует одинаковой скорости истечения воздуха из воздушных насадок в зону действия распылителей рабочей жидкости.

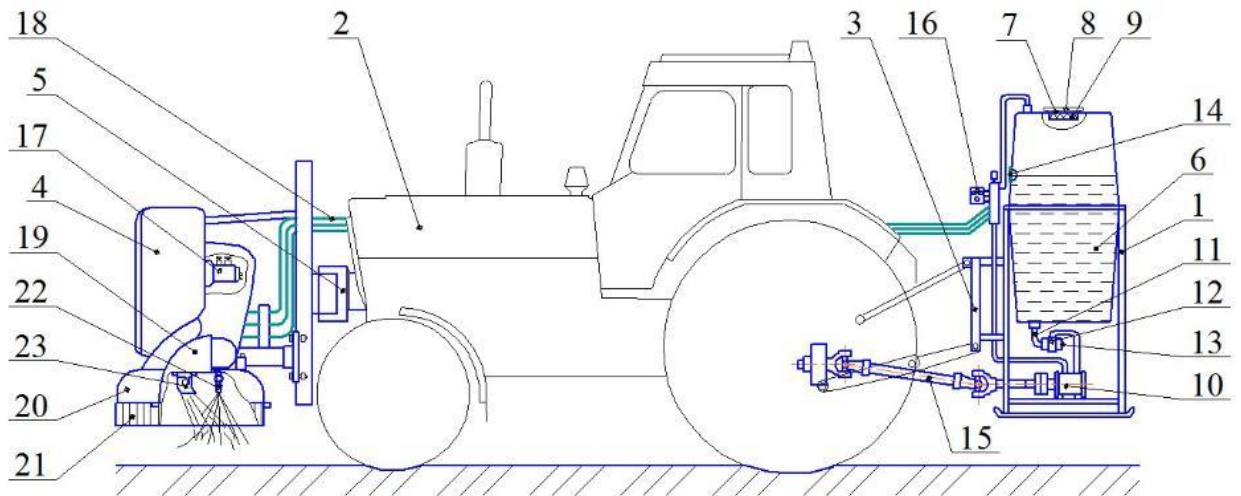


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологическая схема опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников

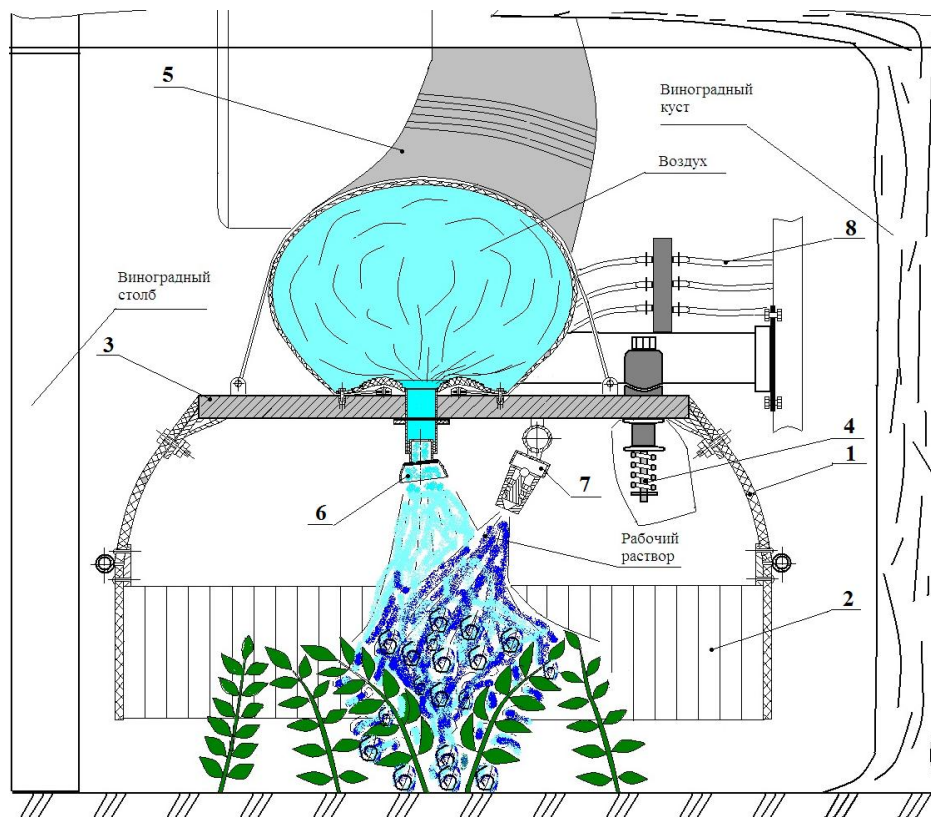


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема транспортировки раствора гербицида на листовую аппарат сорных растений

Далее воздушный поток из воздухораспределительных рукавов через воздушные насадки подается в рабочую зону. Сменные воздушные насадки с

различным углом атаки обеспечивают одинаковое направление истечения воздуха по всей длине воздухораспределительного рукава и увеличивают его пропускную способность.

Регулировка скорости воздушного потока обуславливается бесступенчато за счет гидромотора. Это позволяет изменять интенсивность напор воздуха в зависимости от фаз вегетации сорных растений. Образующий воздушно-жидкостный поток позволяет не только препятствовать снесению рабочей жидкости в ветреную погоду, но и отклоняет стебли сорных растений, увеличивая зону покрытия адаксиальной и абаксиальной поверхности листа сорного растения рабочей жидкостью.

Предлагаемая конструктивно-технологическая схема опрыскивателя для внесения гербицидов в междурядьях виноградников представлена на рисунке 2.1, а принципиальная схема транспортировки раствора гербицида посредством вихревого воздушно-жидкостного потока на листовую аппарат сорных растений – на рисунке 2.2.

Рабочий раствор из бака через заборную магистраль и заборный фильтр 9 поступает в мембранный насос. Насос под давлением подает раствор на пульт управления 12. При закрытом переливном клапане раствор под заданным давлением, установленным регулятором и контролируемым манометром, через фильтр пульта управления подается через рычажные клапана распределения потока и гибкие шланги 21 на распылители 18, установленные на штангах 15.

Через распылитель 18 рабочий раствор в виде факела распыла определенных размеров и под необходимым давлением (в зависимости от заданного расхода раствора) подается на сорные растения.

Опрыскиватель, агрегатируемый трактором состоит: из рамы 1, навешенной на трактор 2 на задней навеске 3, вентилятора 4 закрепленного спереди трактора на передней навеске 5, на раме трактора закреплен бак 6 горловина 7 которого закрывается крышкой 8 и оснащена сетчатым фильтром 9, мембранного насоса 10, заборной магистрали 11 и заборного фильтра 12, сливного устройства 13, датчика уровня 14, карданного вала 15, соединяющего насос с ВОМ трактора,

пульта управления 16, гидромотора 17 для привода вентилятора, штанги 18, воздухораспределительных рукавов 19 и под защитным кожухом 20 с боковыми шторками 21 распылителя 22 и воздушной насадки 23.

В процессе работы опрыскивателя рабочий раствор из бака 6 через заборную магистраль 11 и заборный фильтр 12 поступает в мембранный насос 10. Насос под давлением подает раствор на пульт управления 16. При закрытом переливном клапане раствор под заданным давлением, установленным регулятором и контролируемым манометром, через фильтр пульта управления подается через рычажные клапана распределения потока и гибкие шланги на распылители 22, установленные на штангах 18.

Через распылитель 22 рабочий раствор в виде факела распыла определенных размеров и под необходимым давлением (в зависимости от заданного расхода раствора) подается на сорные растения.

Вентилятор 4 опрыскивателя, приводящийся в движение гидромотором 17, направляет воздушный поток в воздушные рукава конической формы 19, а затем через воздушные насадки 23 в зону действия центробежных распылителей 22 рабочей жидкости. За счет того, что воздухораспределительные рукава 19 по всей длине имеет переменное сечение, статическое давление остается постоянным, скорость истечения из равных по площади отверстий воздушных насадок 23 будет одинаковой. Сменные воздушные насадки 23 с различным углом атаки подбираются и устанавливаются в зависимости от типа распылителей 22 рабочей жидкости.

За счет создания воздушно-жидкостного потока с завихрениями увеличивается зона покрытия адаксиальной и абаксиальной части листьев сорных растений рабочей жидкостью.

Рабочий процесс проходит в защитных кожухах 1, по периферии которых установлены шторки 2 для исключения попадания воздушно-жидкостного потока на листовую аппарат виноградного куста.

При движении агрегата боковые штанги 3 отклоняются при столкновении с препятствием (опорным столбом, штаблом виноградного куста) и возвращаются в исходное положение за счет пружинного механизма возврата 4.

За счет направленного под углом воздушного потока обеспечивается поворот и активное шевеление листьев обрабатываемых растений. Угол атаки регулируется за счет сменных воздушных насадок.

Регулировка скорости воздушного потока осуществляется бесступенчато за счет гидромотора. Это позволяет изменять интенсивность напора воздуха в зависимости от фаз вегетации сорных растений. Образующий воздушно-жидкостный поток препятствует снесению рабочей жидкости в ветреную погоду и отклоняет стебли сорных растений, увеличивая зону покрытия адаксиальной и абаксиальной поверхности листа сорного растения рабочей жидкостью.

2.2 Исследование турбулентной воздушно-жидкостной струи, проходящей через полупроницаемый растительный слой

Рассмотрим поведение направленной турбулентной воздушно-жидкостной струи проходящей через слой сорных растений (полупроницаемый слой А рисунок 2.3) [45, 55, 121].

Набегающая часть струи ($0 < x < x_1$) отличается от соответствующего участка невозмущенной струи только в непосредственной близости от слоя А, т. е., как и в не возмущенной струе, количество движения в набегающей части струи, согласно [105, 136]:

$$M_0 = \text{const}_1. \quad (2.1)$$

Количество движения струи в полупроницаемом слое А ($x_1 < x < x_2$) убывает. Количество движения в струе, прошедшей слой А ($x_2 < x$):

$$M_{\text{п.}} = \text{const}_2 < M_0. \quad (2.2)$$

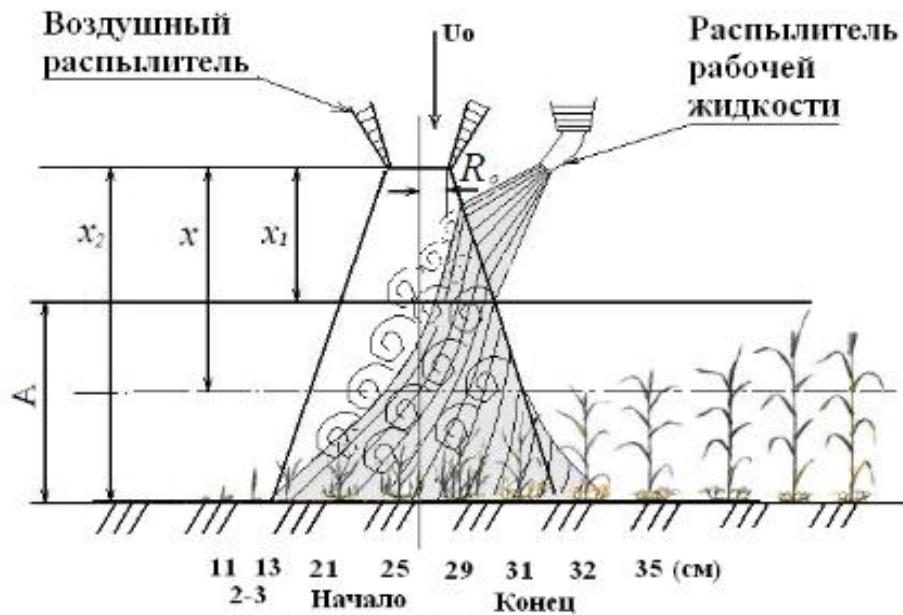


Рисунок 2.3 – Схема воздушно-жидкостной струи, проходящей через слой сорных растений

Предположим, что приращение величины движения ΔM струи для малого элемента слоя пропорциональна объему этого элемента ΔV и, согласно [28, 26], равно $\Delta V \xi \rho U^2$, где ρ – плотность, U – величина движения, ξ – величина, характеризующая степень проницаемости слоя (принимается постоянной для всего слоя A), м^{-1} .

В пределе, при $\Delta x \rightarrow 0$, для приращения количества движения ΔM струи получаем выражение:

$$dM = -\xi M dx. \quad (2.3)$$

После интегрирования (2.3), с учетом начальных условий $x = x_1$, $M = M_0$, получим:

$$M(x) = M_0 \exp[-\xi(x - x_1)]. \quad (2.4)$$

Отсюда:

$$M_{II} = M_0 \exp[-\xi(x_2 - x_1)],$$

Применительно к круглому сечению воздушно-жидкостной струи при $0 < x < x_1$:

$$M_0 = \pi \rho R_0^2 U_0^2 = \text{const}, \quad (2.5)$$

где R_0 – радиус сопла;

U_0 – скорость воздуха в выходном сечении сопла.

Оценивая распределение потока в сечении круглой формы, проходящей через слой А, примем допущение, что в струе сохраняется подобие профилей скоростей, и что эти профили приближенно соответствуют уравнению профиля для основного участка невозмущенной струи согласно [116]:

$$U = U_m \left[1 - \sqrt{\left(\frac{y}{R} \right)^3} \right]^2. \quad (2.6)$$

Из принятого подобия, согласно [116], следует прямолинейность границ струи, следовательно:

при $x < x_1$:

$$R_m = R_0 + k_1 x, \quad (2.7)$$

при $x_1 < x < x_2$:

$$R_m = R_0 + k_1 x_1 + k_2 (x - x_1), \quad (2.8)$$

при $x_2 < x$:

$$R_m = R_0 + k_1 x_1 + k_2 (x - x_1) + k_3 (x - x_2). \quad (2.9)$$

Скорость воздушно-жидкостной струи на её оси при $x < x_1$, $k_1 \approx 0,22$ согласно [116] описывается зависимостью:

$$U_{m_1} \approx 12,4 U_0 R_0 / x. \quad (2.10)$$

Для участка $x_1 < x < x_2$ при $k \approx 0,22$ согласно [116]:

$$U_{m_2} \approx 12,4 \frac{U_0 R_0}{x} \exp \left[-\frac{\xi(x - x_1)}{2} \right]. \quad (2.11)$$

Аналогично для участка $x_2 < x$ при $k_2 \approx k_3 \approx 0,22$ согласно [2]:

$$U_{m_3} \approx 12,4 \frac{U_0 R_0}{x} \exp \left[-\frac{\xi(x_2 - x_1)}{2} \right], \quad (2.12)$$

С учетом (2.7), (2.9) и (2.10), для расхода воздуха через поперечное сечение струи на участке $x < x_1$, получим:

$$Q_1 = \int_0^{R_m} U(R) 2\pi R dR \approx 0,484 U_0 R_0 x. \quad (2.13)$$

Аналогично на участке $x_1 < x < x_2$ при $k_2 \approx 0,22$:

$$Q_2 \approx 0,484 U_0 R_0 x \exp\left[-\frac{\xi(x-x_1)}{2}\right]. \quad (2.14)$$

Рассмотрим зависимость (2.14). При $x = x_1$ имеем $Q_2 \sim x_1$, т.е. с увеличением x , расход растет. Нетрудно заметить, что при $\lim_{x \rightarrow \infty} Q_2 = 0$, расход воздуха при увеличении x , сначала растет и достигая максимума, а затем убывает. Принятые выше допущения и соответствия их выражению (2.6) на участке ($x_1 < x < x_2$) физически возможными оказываются лишь при условии, что расход воздуха на участке ($x_1 < x < x_2$) растет с увеличением x [45, 46].

Выражение (2.14) исследовав на экстремум, определили, что максимальный расхода достигается при

$$x_m = x_1 \left(1 - \frac{0,22}{k_2}\right) + \frac{2}{\xi}, \quad (2.15)$$

или при $k_2 \approx 0,22$,

$$x_m = \frac{2}{\xi}.$$

При этом критическая толщина полупроницаемого слоя соответственно равна:

$$\Delta x_{кр} = x_m - x_1 = \frac{2}{\xi} - \frac{0,22}{k_2} x_1, \quad (2.16)$$

или при $k_2 \approx 0,22$:

$$\Delta x_{кр} = x_m - x_1 = \frac{2}{\xi} - x_1. \quad (2.17)$$

Максимальный расход воздуха Q_m в критическом сечении струи определяется выражением:

$$Q_m = \frac{4,42 R_0 k_2 U_0}{\xi \exp\left[1 - \frac{0,11}{k_2}\right]} = \frac{4,42 U_0 R_0 k_2}{\xi \exp\left[\frac{\xi}{2} \Delta x_{кр}\right]}, \quad (2.18)$$

или при $k_2 \approx 0,22$:

$$Q_m = \frac{0,97R_0U_0}{\xi \exp[1 - \xi x_1 / 2]} = \frac{0,97U_0R_0}{\xi \exp\left[\xi \frac{\Delta x_{кр}}{2}\right]} . \quad (2.19)$$

При толщине полупроницаемого слоя больше критической согласно (2.5) количество движения струи в полупроницаемом слое составляет:

$$M(x) = M_0 \exp[-\xi(x - x_1)] = \pi p R_m^2 \bar{U}^2 .$$

При этом расход воздуха через струю

$$Q = \pi R_m^2 \bar{U}^2 ,$$

т.е. $M_0 \exp[-\xi(x - x_1)] = Q \bar{U} p$, откуда $R_m = \text{const} Q \exp\left(\frac{\xi \Delta x}{2}\right)$.

В условиях постоянства расхода:

$$R_m \sim \exp \frac{\xi \Delta x}{2} = 1 + \frac{\xi x}{2} + \frac{\xi^2 x^2}{8} + \dots . \quad (2.20)$$

Затем, чтобы обеспечить постоянства потока воздуха по этому закону уменьшения количества движения границы струи должны быть не криволинейными, и их кривизна увеличивается с увеличением x и ξ .

Следовательно, при увеличении толщины и плотности слоя A сечение турбулентной воздушно-жидкостной струи должно увеличиваться (по площади) быстрее, чем невозмущенная струя [8, 12].

Скорость струи при $x < x_1$:

$$v_{x1} \approx 0,22 - M_1$$

Для участка $x_2 < x < x_1$:

$$v_{x2} \approx v_{x1} e^{-\xi(x-x_1)} \quad (2.21)$$

Для обеспечения равномерности обработки сорных растений рабочим раствором, необходимо, чтобы воздушно-жидкостный обеспечивал транспортировку препарата и способствовал шевелению и повороту листьев, а для этого необходимо знать эффективную минимально скорость воздушного потока.

Минимальная эффективная скорость, при которой происходит шевеление в нижней зоне роста сорных растений, составила $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, коэффициент проницаемости $1,05..1,140 \text{ м}^{-1}$ [105].

Зная минимальную скорость, выразим необходимую скорость ее вхождения в растительный слой. Из формулы 1.21 выразим v_{x1} [66]:

$$v_{x1} = \frac{v_{x2}}{e^{-\xi(x-x_1)}} = \frac{v_{x2}}{e^{-\xi A}} \quad (1.22)$$

где v_{x2} – скорость струй в нижней зоне сорных растений, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Таким образом, мы можем определить начальную скорость воздуха при выходе из воздушных насадок.

2.3 Теоретическое обоснование создания турбулентной воздушно-жидкостной струи рабочими органами опрыскивателя

2.3.1 Скорость турбулентной воздушно-капельной струи

Как отмечено в п. 2.1, для эффективного нанесения раствора гербицида на адаксиальную и абаксиальную поверхности листьев сорных растений набегающий на них воздушно-жидкостный поток должен обеспечивать поворот и активное шевеление листьев обрабатываемых растений. Согласно выдвинутой гипотезе, этот поток должен быть турбулентным, то есть нести в себе воздушно-капельные вихри. При этом продолжительность существования воздушно-капельного вихря должна быть больше, чем время, за которое этот вихрь преодолевает расстояние от места возникновения до зоны вхождения в листе-стебельную массу сорных растений. Необходимо также обеспечить достаточное количество движения в турбулентной воздушно-капельной струе для её прохождения через слой сорных растений с учетом, установленных в п. 2.2 закономерностей.

Примем допущение о том, что воздушно-капельный вихрь возникает в месте столкновения воздушной и воздушно-капельной струй.

Будем считать, что, согласно предложенной [Абрамович] модели, воздушный вихрь при движении увлекает за собой капли жидкости и тормозится суммарной силой лобового сопротивления. Сделав допущения о том, что капли жидкости сферической формы, а их диаметр значительно меньше пути смешения, запишем уравнение движения капли, учитывающее её вес:

$$m_p \frac{dv_{pi}'^{\pm}}{dt} = C_x \frac{\rho_g |v_{gi}'^{\pm} - v_{pi}'^{\pm}| \cdot (v_{gi}'^{\pm} - v_{pi}'^{\pm})}{2} \cdot \frac{\pi D_p^2}{4} - g_i, \quad (2.23)$$

где m_p – масса капли;

t – время;

$v_{pi}'^{\pm}, v_{gi}'^{\pm}$ – положительная и отрицательная пульсационные составляющие скорости соответственно капли и воздуха;

D_p – диаметр капли;

g_i – составляющие ускорения g силы тяжести, действующие на каплю в направлении распространения струи ($g_i = g \sin \alpha$) и в направлении, перпендикулярном оси струи ($g_i = g \cos \alpha$);

α – угол наклона струи к поверхности земли;

C_x – коэффициент сопротивления движению капли, который определяется по формуле Стокса:

$$C_x = \frac{24\mu_g}{\rho_g |v_g' - v_p'| \cdot D_p}, \quad (2.24)$$

μ_g – вязкость воздуха.

Из уравнения (2.23) при условии (2.24) получим:

$$dv_{pi}'^{\pm} = \left[\frac{18\mu_g}{\rho_s D_p^2} (v_{gi}'^{\pm} - v_{pi}'^{\pm}) - g_i \right] dt, \quad (2.25)$$

где ρ_s – плотность капель.

Выразим пульсационные составляющие скорости воздуха и капель через относительную скорость воздуха $v_{\approx i}'^{\pm} = v_{gi}'^{\pm} - v_{pi}'^{\pm}$ с помощью уравнения количества движения системы «воздух – капли жидкости»:

$$dv_{gi}^{\pm} = -\gamma dv_{pi}^{\pm}, \quad (2.26)$$

которое после интегрирования в предположении постоянства концентрации капель жидкости во время существования воздушно-капельного вихря имеет вид:

$$v_{gi}^{\pm} - v_{g0i}^{\pm} = -\gamma(v_{pi}^{\pm} - v_{p0i}^{\pm}), \quad (2.27)$$

где $v_{g0i}^{\pm}, v_{p0i}^{\pm}$ – пульсационные составляющие скорости воздуха и капель к концу формирования воздушно-капельного вихря;

γ – относительная концентрация жидкости в воздушно-капельной струе.

Из уравнения (2.27), после некоторых преобразований, получим формулы, выражающие пульсационные составляющие скорости движения воздуха и капель жидкости через относительную скорость движения воздуха:

$$v_{gi}^{\pm} = \frac{v_{g0i}^{\pm} + \mathcal{W}_{\approx i}^{\pm} + \mathcal{W}_{p0i}^{\pm}}{1 + \gamma}, \quad (2.28)$$

$$v_{pi}^{\pm} = \frac{v_{g0i}^{\pm} + \mathcal{W}_{p0i}^{\pm} - v_{\approx i}^{\pm}}{1 + \gamma}. \quad (2.29)$$

Подставив выражения (2.28) и (2.29) в уравнение (2.25) и проинтегрировав его, получим:

$$\ln \frac{|v_{\approx i}^{\pm} - g_i / N|}{|v_{\approx 0i}^{\pm} - g_i / N|} = -N(1 + \gamma)t_p, \quad (2.30)$$

где $N = 18\mu_g / (\rho_s D_p^2)$;

t_p – продолжительность взаимодействия капель жидкости с воздушно-капельным вихрем, которое согласно [Абрамович] определяется по формуле:

$$t_p = \frac{2l_u}{|v_{p0i}^{\pm} + v_{pi}^{\pm}|}, \quad (2.31)$$

где l_u – длина пути смешения.

В результате подстановки (2.31) в (2.30) и несложных преобразований получим уравнение для определения величины относительной пульсационной скорости $v_{\approx i}^{\pm}$:

$$\ln \frac{|v'_{\approx i} - g_i / N|}{|v'_{\approx 0i} - g_i / N|} = \frac{2N\beta\delta_u(1+\gamma)^2}{|v'_{g0i} + (1+2\gamma)v'_{p0i} - v'_{\approx i}|}, \quad (2.32)$$

где $\beta = l_u / \delta_u$ – эмпирическая константа;

δ_u – ширина струи по скорости.

Очевидно, что влияние веса капель жидкости на значение пульсационной скорости воздуха в конце существования воздушно-капельного вихря значительно в том случае, когда составляющая скорости витания капель сравнима по величине с соответствующей составляющей пульсационной скорости воздуха. Согласно [Абрамович], проекции скорости v_{Bi} витания капель на ось струи u_B и на направление, перпендикулярное оси струи, v_B определяются из условия:

$$C_x \frac{\rho_g v_{Bi}^2}{2} \frac{\pi D_p^2}{4} = \frac{4}{3} \frac{\pi D_p^3}{8} \rho_i g_i, \quad (2.33)$$

откуда, принимая для коэффициента сопротивления движению капли закон Стокса, найдём

$$v_{Bi} = \frac{\rho_s D_p^2 g_i}{18\mu_g}, \quad (2.34)$$

или

$$\frac{v'_{g0}}{v_{Bi}} = \frac{18\mu_g v'_{g0i}}{\rho_s D_p^2 g_i}. \quad (2.35)$$

Правую часть уравнения (2.35) можно преобразовать к виду:

$$\frac{v'_{g0}}{v_{Bi}} = \frac{18Fr_i}{Re} \frac{\rho_g}{\rho_s}, \quad (2.36)$$

где Fr_i и Re – числа Фруда и Рейнольдса, определяемые соответственно по формулам [Абрамович]:

$$Fr_i = \frac{v_{g0i}^2}{g_i D_p}, \quad (2.37)$$

$$Re = \frac{\rho_g v'_{g0i} D_p}{\mu_p}. \quad (2.38)$$

Из анализа зависимости (2.32) видно, что величина относительной пульсационной скорости v_{zi}^{\pm} воздуха в конце существования воздушно-капельного вихря должна также зависеть от относительной массы капель γ и относительного размера капель D_p/δ_u .

2.3.2 Взаимодействие направленного воздушного потока с капельной струёй

Поток воздуха, движущийся от вентилятора внутри рукава, подается через насадки в зону действия распылителей рабочей жидкости. Образовавшийся воздушно-жидкостный поток приводит в движение листостебельную массу растений, способствует обработке всех ярусов, а также абаксиальной поверхности растений.

На большинстве своем при технологическом процессе капельная струя направлена вертикально вниз. Изучив взаимодействия направленного вниз потока воздуха с воздушно-капельным потоком, найдем связь со скоростью воздушного потока, высоту установки распылителя и скоростью вылета капли из него, а также угол факела распыла (при этом допускаем, что факел распыла симметричен относительно продольной оси распылителя и рабочая жидкость распределена равномерно внутри факела распыла). Тогда мы можем определить скорости потоков обеспечивающих доставку капель рабочей жидкости к объекту обработки как на адаксиальную, так и на абаксиальную их часть.

В таком случае необходимо исследовать полёт только крайних капель.

В случае использования предлагаемой нами конструктивно-технологической схемы опрыскивания, на каплю жидкости, кроме силы тяжести, действует сила давления воздушного потока.

Для этого рассмотрим методику расчета соударяющихся струй [39].

Струя воздуха вытекает из насадки B и жидкостная – из распылителя $Ж$ (рисунок 2.4).

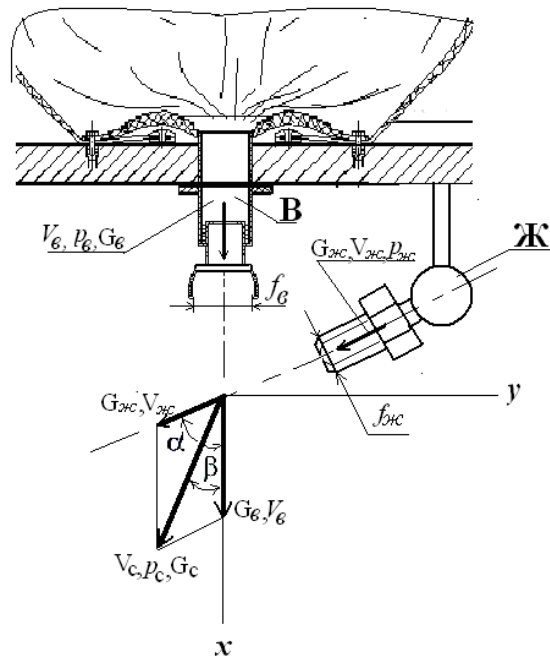


Рисунок 2.4 – Схема к расчету параметров струй

$V_в, V_жс, V_c$ – скорость воздуха, жидкости и смеси; $f_в, f_жс, f_c$ – площадь поперечного сечения воздушной, жидкостной и воздушно-жидкостной струй; $G_в, G_жс, G_c$ – расход воздуха, жидкости и их смеси; $p_в, p_жс, p_c$ – давление воздуха, жидкости и смеси

Используем теорию потенциального течения идеальной жидкости, примем допущения, для физической сущности процесса [81, 147, 31]:

– направление и размеры результирующей струи, определяемые силовым взаимодействием струй жидкости и воздуха. Полученная струя считается сформированной и распространяется как турбулентная. Это обстоятельство позволяет применить для результирующей струи соотношения, справедливые для одиночной турбулентной затопленной струи;

– статическое давление во всей области взаимодействия струй не изменяется;

– течение жидкости и воздуха рассматривается при малых перепадах давления, поэтому сжимаемостью рабочей среды можно в первом приближении пренебречь и принять $p_в = const$ и $p_жс = const$ (изохорный процесс).

Исходя из сделанных выше допущений, можно применить теорему о количестве движения и неразрывности потока для результирующей струи.

$$G_c = G_g + G_{жс}. \quad (2.39)$$

Для всей области взаимодействия струй для количества движения в проекциях на оси X и Y можно записать следующие выражения:

$$-G_g \cdot V_g + G_{жс} \cdot V_{жс} \cdot \sin \alpha = G_c \cdot V_c \cdot \cos \beta; \quad (2.40)$$

$$-G_{жс} \cdot V_{жс} \cdot \sin \alpha = G_c \cdot V_c \cdot \sin \beta. \quad (2.41)$$

где α – угол между струями;

β – угол поворота воздушно-жидкостной струи после соударения струй.

Согласно закону сохранения массы уравнения (2.41) примет вид:

$$V_c = \frac{G_{жс} \cdot V_{жс} \cdot \sin \alpha}{G_c \cdot \sin \beta}. \quad (2.42)$$

После деления (2.41) на (2.40):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{G_{жс} \cdot V_{жс} \cdot \sin \alpha}{G_g \cdot V_g} + \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.43)$$

Задавшись сечением, мы можем определить угол поворота воздушно-жидкостной струи. Для увеличения результирующей скорости струи после соударения необходимо, чтобы направление вектора скорости воздушной струи совпало с направлением вектора результирующей скорости воздушно-жидкостной струи. Угол α определяет положение распылителя рабочей жидкости. При $\beta = 0$, $\cos \beta = 1$ и, соответственно, из (2.41) получаем:

$$\cos \alpha = \frac{G_c \cdot V_c - G_g \cdot V_g}{G_{жс} \cdot V_{жс}}. \quad (2.44)$$

Т.е, задавшись скоростью, воздушно-жидкостной струи, можно определить необходимый угол установки распылителя рабочей жидкости:

$$\alpha = \arccos \frac{G_c V_c - G_g V_g}{G_{жс} V_{жс}}. \quad (2.45)$$

На рисунке 2.5 показан график теоретической зависимости угла α установки распылителя рабочей жидкости от скорости V_c воздушно-капельной струи при значениях расхода воздуха $G_{в1} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$; $G_{в2} = 1,05 \text{ м}^3/\text{с}$; $G_{в3} = 1,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

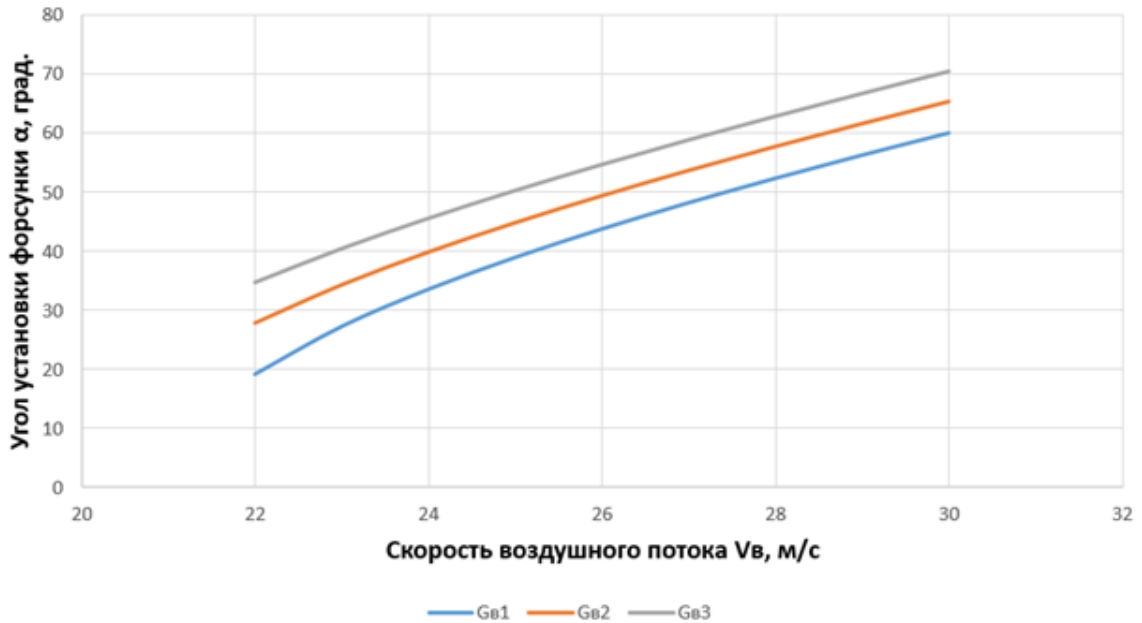


Рисунок 2.5 – График теоретической зависимости угла α от скорости V_c

При действии воздушной струи на капли рабочей жидкости, вылетающие из форсунки, происходит их подхватывание воздухом – таким образом, образуется воздушно-капельная струя, где часть капель летит вправо от вертикали, другая часть влево, оставшаяся часть приобретает вертикальную траекторию движения [103, 69].

Так как каждая капля летит по своей траектории, угол φ будет переменным (рисунок 2.6).

Капля жидкости при взаимодействии с воздушным потоком может отклониться:

- 1) на угол φ вправо от вертикали;
- 2) угол φ влево от вертикали;
- 3) капля движется вертикально вниз.

Из-за невозможности учесть все факторы, влияющие на движение капли, упростим задачу [68].

Воздушный поток со скоростью v_b (рисунок 2.7, а), капля жидкости со скоростью v_k под углом φ_v к воздушному потоку и углом φ от вертикали [37].

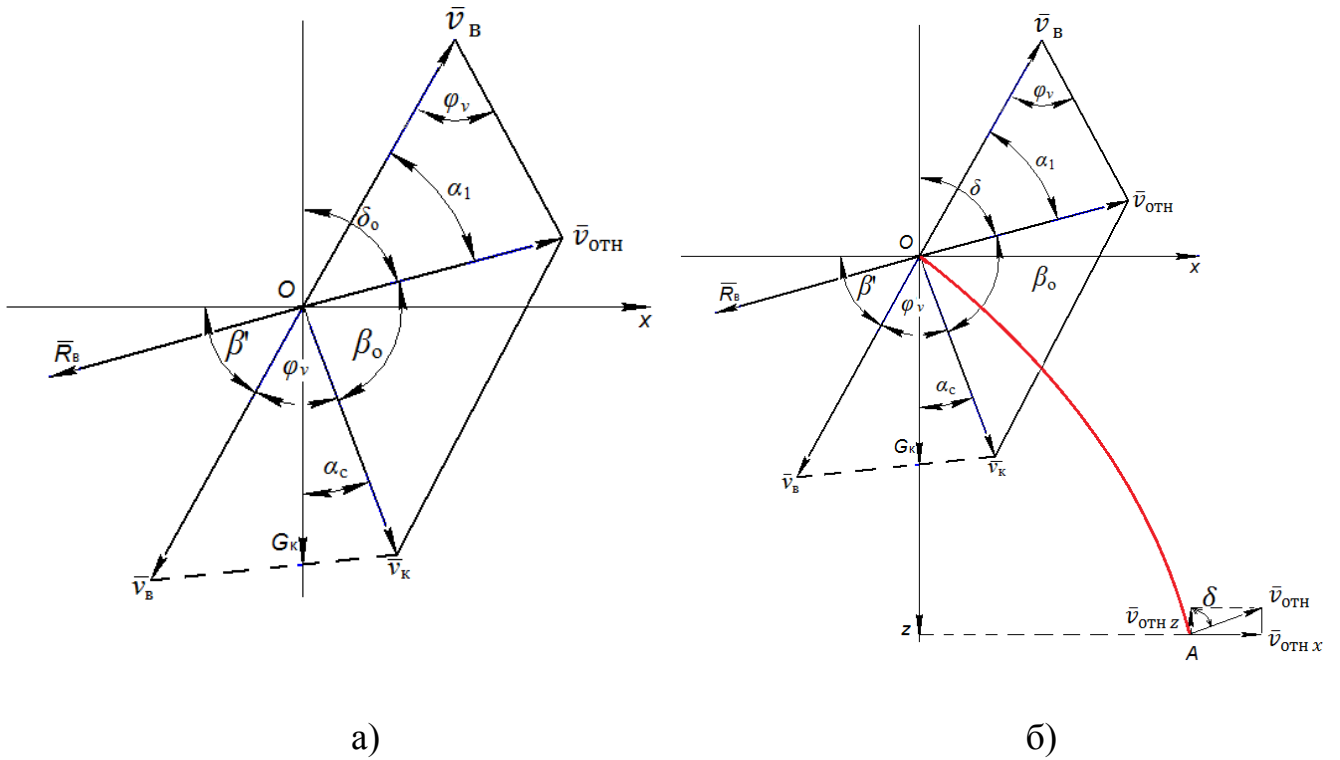


Рисунок 2.6 – Расчетная схема движения капли вправо: траектория относительного (а) и полного (б) движения капли в воздушном потоке

Относительная скорость определится из скоростного треугольника:

$$v_{\text{OTN}} = \sqrt{v_{\text{B}}^2 + v_{\text{K}}^2 - 2v_{\text{B}}v_{\text{K}}\cos\varphi_v}. \quad (2.47)$$

Скорость v_{OTN} образует с направлением v_{B} угол α_1 :

$$\sin\alpha_1 = \frac{v_{\text{K}}\sin\varphi_v}{v_{\text{OTN}}}. \quad (2.48)$$

Воздушный поток передает капле массой m_{K} ускорение, которое определим по формуле Ньютона[54]:

$$a_{R_{\text{B}}} = \frac{\xi\rho_{\text{B}}S_{\text{K}}v_{\text{OTN}}^2}{m_{\text{K}}}, \quad (2.49)$$

где ξ – аэродинамический коэффициент сопротивления воздуха.

Обозначив $\frac{\xi\rho_{\text{B}}S_{\text{K}}}{m_{\text{K}}} = k_{\text{П}}$ (коэффициент парусности), получим:

$$a_{R_{\text{B}}} = \frac{\xi\rho_{\text{B}}S_{\text{K}}v_{\text{OTN}}^2}{m_{\text{K}}} = k_{\text{П}}v_{\text{OTN}}^2. \quad (2.50)$$

В системе подвижных координат рассмотрим относительное движение капли в воздушном потоке (рисунок 2.6, б).

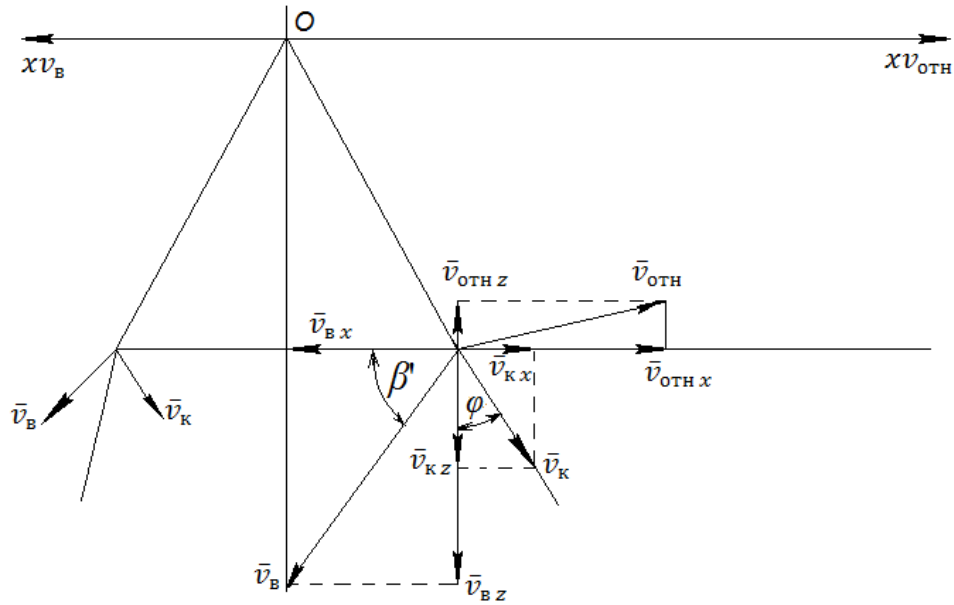


Рисунок 2.7 – Траектория движения капли в воздушном потоке

Относительного движения капли обозначим как $v_{к.отн}$. Составляющие скорости потока воздуха $v_{вх}$, $v_{вz}$ (рисунок 2.7). Тогда

$$v_{вх} = v_{в} \cos \beta' \quad (2.51)$$

$$v_{вz} = v_{в} \sin \beta' \quad (2.52)$$

β' – угол между направлением скорости и горизонтальной плоскостью.

Угол φ , характеризующий отклонение полной скорости от вертикали, определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_{кx}}{v_{кz}} = \frac{v_{к.отнх} - v_{в} \cos \beta'}{v_{в} \sin \beta' - v_{к.отнz}} \quad (2.53)$$

где $v_{кx}$, $v_{кz}$ – составляющие полной скорости $v_{к}$, отнесенной к неподвижным осям координат (рисунок 2.9).

$$v_{кx} = v_{отнх} - v_{вх} \quad (2.54)$$

$$v_{кz} = v_{вz} - v_{отнz} \quad (2.55)$$

В начале движения $v_{отн} = v_{к}$, тогда

$$F_c = m_{к} k_{п} v_{в}^2 \quad (2.56)$$

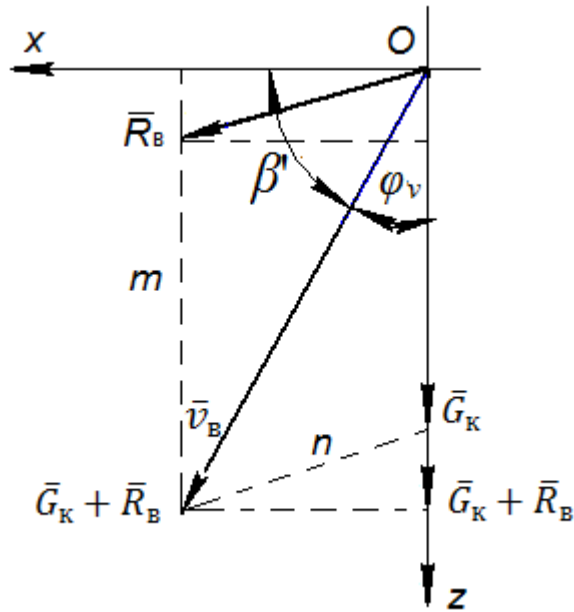


Рисунок 2.8 – Отклонение скорости от вертикали при $v_{отн} = v_k$

Из данных рисунка 2.8 следует:

$$tg\varphi_B = \frac{F_{cx}}{m_k g + F_c} = \frac{F_B \cos \beta'}{m_k g + F_B \sin \beta'} = \frac{m_k k_{\Pi} v_B^2 \cos \beta'}{m_k g + m_k k_{\Pi} v_B^2 \sin \beta'} = \frac{k_{\Pi} v_B^2 \cos \beta'}{g + k_{\Pi} v_B^2 \sin \beta'} \quad (2.57)$$

где F_{cx} , F_{cz} – составляющие сопротивления воздушного потока.

Когда относительная скорость приближается к вертикальному направлению, $v_{отн z} \rightarrow v_{отн кр}$ (относительной критической скорости) и $v_{отн x} \rightarrow 0$, формула (2.57) примет вид:

$$tg\gamma_{кр} = \frac{-v_B \cos \beta'}{v_B \sin \beta' - v_{отн кр}} = \frac{-k_{\Pi} v_B^2 \cos \beta'}{k_{\Pi} v_B^2 \sin \beta' - g} \quad (2.58)$$

Формулы (2.57), (2.58) показывают, что увеличение скорости воздушного потока v_B и его угла φ , а так же коэффициентом парусности капли k_{Π} влияют на траекторию движения капли относительно вертикали. В нашем случае отклонение уменьшается.

Во втором случае, капля летящей влево от вертикали под углом φ с направленным воздушным потоком, в формуле (2.58) знак «-» поменяется на «+», и примет вид:

$$tg\varphi_{кр} = \frac{v_B \cos \beta'}{v_B \sin \beta' - v_{отн кр}} = \frac{k_{\Pi} v_B^2 \cos \beta'}{k_{\Pi} v_B^2 \sin \beta' - g} \quad (2.59)$$

Следовательно, увеличение скорости воздушного потока, его угла и коэффициентом парусности капли увеличивает отклонение капли.

Вариант полета капли направленной вертикально вниз возможен при отсутствии воздушного потока, коэффициент парусности капли будет равна нулю или направление потока и капли совпадут.

Следовательно, что бы доставить на сорное растение все капли вылетающие рабочей жидкости необходимо обеспечить попадание их в зону действия воздушного потока [56].

Координата встречи воздушного и воздушно-капельного потоков позволит определить максимальную скорость капель.

Уравнение движения капли, летящей вертикально вниз в воздушной среде, имеет вид:

$$\frac{p}{g} = z'' = p - F_c \quad (2.60)$$

Примем допущение что капля имеет сферическую форму, а силу сопротивления – пропорциональной второй степени скорости [113].

Тогда, сопротивление воздушной среды F_c , составит:

$$F_c = \frac{0,47\pi\rho_e d_k^2 v_{кв}^2}{8} \quad (2.61)$$

где $v_{кв}$ – скорость витания капли, м/с.

Определим скорость:

$$v_{кв} = \sqrt{\frac{4g\rho_{ж}d_k}{1,41\rho_e}} \quad (2.62)$$

«где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$.

Так как, $v_k > v_{кв}$, проинтегрировав формулу (2.60) получим:

$$v_k = \frac{v_{кв} \left[e^{\frac{2gt}{v_{кв}(v_{к0}+v_{кв})} + (v_{к0}+v_{кв})} \right]}{e^{\frac{2gt}{v_{кв}(v_{к0}+v_{кв})} - (v_{к0}+v_{кв})}} \quad (2.63)$$

где v – начальная скорость капель, м/с.

Второе интегрирование (2.63) дает уравнение движения:

$$x = \frac{v_{кв}^2}{g} \ln \frac{e^{\frac{2gt}{v_{кв}(v_{к0}+v_{кв})} - (v_{к0}-v_{кв})}}{2v_{кв}} - v_{кв} t. \quad (2.64)$$

Отсюда

$$e^{\frac{2gt}{v_{кв}}} = \frac{v_{кв} e^{\frac{2gt}{v_{кв}}} + \sqrt{v_{кв}^2 e^{\frac{2gt}{v_{кв}}} + v_{к0}^2 - v_{кв}^2}}{v_{к0} - v_{кв}}. \quad (2.65)$$

Так как

$$v_{кв} e^{\frac{2gt}{v_{кв}}} \leq \sqrt{v_{кв}^2 e^{\frac{2gt}{v_{кв}}} + v_{к0}^2 - v_{кв}^2}, \quad (2.66)$$

в формуле (2.65) величину $e^{\frac{2gt}{v_{кв}}}$ при знаке минус получается отрицательной, поэтому будем знак плюс. Тогда при $t = h_2$:

$$v_{к\ max} = \frac{v_{кв} e^{\frac{2gt}{v_{кв}}} \pm \sqrt{v_{кв}^2 (e^{\frac{2gt}{v_{кв}}} - 1) + v_{к0}^2}}{\frac{2gh_2}{e^{\frac{2gt}{v_{кв}}}}}. \quad (2.67)$$

Формула (2.67) показывает максимально скорость капель в момент встречи с воздушным потоком.

Скорость капель из распылителя жидкости $v_{к0}$:

$$v_{к0} = k_{\varphi} \sqrt{\frac{2\Delta p_{ж}}{\rho_{ж}}}, \quad (2.68)$$

где $\Delta p_{ж}$ – перепад давления жидкости распылителя, Па.

Используя критериальное уравнение Дитякина Ю.Ф. определения СМД капель [111].

Диаметр отверстия распылителя определим по формуле:

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot S_c}{\pi}}, \quad (2.69)$$

где S_c – площадь отверстия распылителя, м²;

$$S_c = \frac{Q_{ж}\sigma}{\mu_p} \sqrt{\frac{p_{ж}}{2 \cdot \Delta p_{ж}}}, \quad (2.70)$$

где $Q_{ж}$ – расход жидкости через распылитель, м³/с;

μ_p – коэффициент расхода для распылителей.

Определим расстояние, на котором будет описанный поток. Воздух, который поступает из воздухораспределительных рукавов в воздушные насадоки, а затем подается в рабочую зону можно условно разделить на 3 участка: в первой зоне движения отдельных независимых друг от друга струй; во второй, сближение

и перемешивание пограничных слоев; в третьей – движение струй совместное (рисунок 2.9).

По выражению (2.71) найдем расстояние зон перекрытия факелов распределения воздуха (зона III):

$$h_1 = \frac{b_1 - 0,5 \cdot d_n}{\operatorname{tg} \gamma_6}, \quad (2.71)$$

где b_1 – расстояние между воздушными насадками, м.

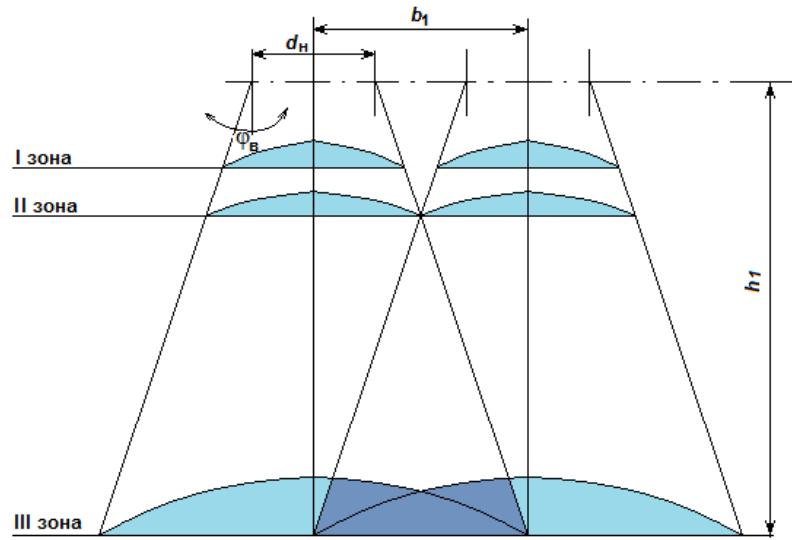


Рисунок 2.9 – Схема взаимодействия воздушных струй и определение зоны перекрытия

Такой же процесс наблюдается и при истечении рабочей жидкости из распылителей.

Формирование единого воздушно-жидкостного потока будет, является основным условием. Расстояние, где начинается слияния струй, (II зона) определяется по формуле:

$$h_2 = \frac{0,5b}{\operatorname{tg} \frac{\gamma_P}{2}}, \quad (2.72)$$

где b – межосевое расстояние между распылителями, м.

После слияния потоков формируется единый воздушно-капельный поток. Нам необходимо определить среднюю скорость и его направление. С конструктивной точки зрения, целесообразно их направлять под углом друг к

другу. На векторах их количества движения построим параллелограмм, для определения направления и скорость воздушно-жидкостного потока.

Диагональ EE' (рисунок 2.10) определит направление слившихся потоков.

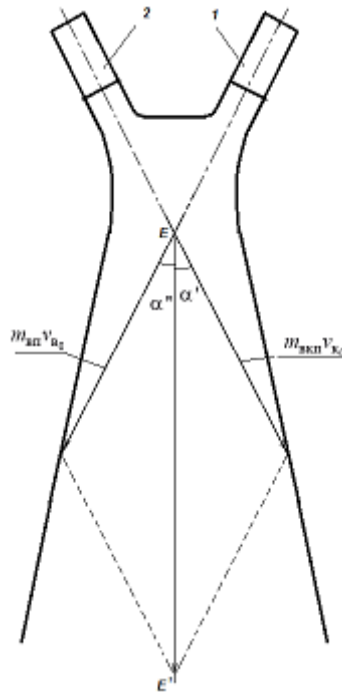


Рисунок 2.10 – Взаимодействия воздушных и капельных потоков: 1 – насадка; 2 – распылитель

По мере удаления потоков от плоскости истечения скорость v падает, но масса m потоков возрастает. Во всех сечениях потоков величина перемещения постоянна и равна начальной величине перемещения, т.е mv [127, 69].

Величину равнодействующей E определим по формуле:

$$E = m_{вп} v_{в0} \cos \alpha'' + m_{вжп} v_{к0} \cos \alpha', \quad (2.73)$$

где $m_{вп}$, $m_{вжп}$ – масса воздушного и воздушно-жидкостного потока, кг;

α' , α'' – углы, отклонения потоков от вертикали, град.

Скорость образовавшегося единого потока и его массу найдем по формулам:

$$v_{рез} = \frac{m_{вп} \cos \alpha'' + m_{вжп} v_{к0} \cos \alpha'}{m_{вп} + m_{вжп}}. \quad (2.74)$$

$$m_{вп} = \rho_0 Q_0 n_0 t, \quad (2.75)$$

где Q_0 – расход воздуха через одну насадку: $Q_0 = \mu \frac{\pi d_n^2}{4} v_{00}$ (2.76)

n_B – количество насадок, шт.;

t – время, с.

Масса воздушно-жидкостного потока:

$$m_{вжп} = \rho_{ж} Q_{ж} n_p t, \quad (2.77)$$

где n_p – количество распылителей жидкости, шт.

Подставим в формулу (2.74) формулы (2.75), (2.76), (2.77). После упрощения получаем:

$$v_{рез} = \frac{\rho_{в} \mu \frac{\pi d_H^2}{4} v_{в0}^2 n_H \cos \alpha'' + \rho_{ж} Q_{ж} n_p v_{к0} \cos \alpha'}{\rho_{в} \mu \frac{\pi d_H^2}{4} v_{в0} n_H + \rho_{ж} Q_{ж} n_p}. \quad (2.78)$$

Полученный воздушно-жидкостный поток будем рассматривать как свободную воздушную струю, для которой справедливо выражение:

$$v_{во} = \frac{v_{в0} \left(a \frac{y}{d_H} + 0,145 \right)}{0,48}. \quad (2.79)$$

Воздушно-жидкостный поток преодолевает определенное расстояние z_1 затем столкнется с сорными растениями. Скорость потока в момент входа в слой сорных растений определяется выражением:

$$v_{z_1} = \frac{0,48 v_{рез}}{\frac{a * z_1}{d_H} + 0,145}, \quad (2.80)$$

где z_1 – расстояние от зоны образования одиночного потока до входа в слой сорняков, м.

Для реальных условий для формулы (2.80) необходимо учитывать внешние факторы.

Наличие различных поверхностей (сорные растения) на пути потока, оказывают влияние на динамику потока. Возникшие конвективные токи отклоняют воздушно-жидкостный поток от первоначального направления на угол a_u (рисунок 2.11).

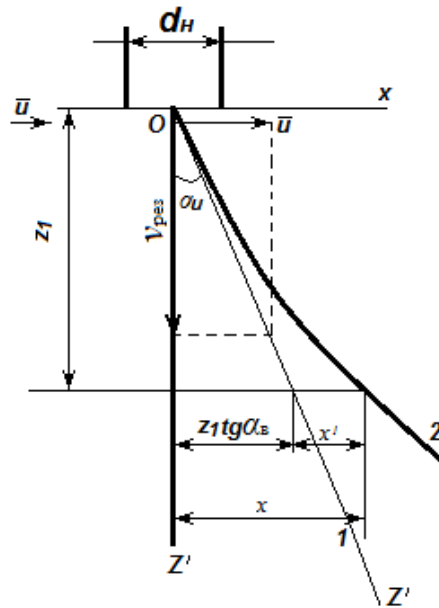


Рисунок 2.11 – График искривления оси потока: 1 – геометрическая ось потока; 2 – искривленная ось потока.

Подъемная сила, возникающая из-за конвективных течений, отклоняет поток в направлении вдоль оси Oz' на величину x' . Для упрощения анализа рассмотрим не весь поток в целом, а насадку со стоком потока.

Уравнение аэродинамической оси может быть представлено в безразмерном виде [43]:

$$\bar{x} = \bar{z}tg\alpha_u + \bar{x}', \quad (2.81)$$

где $\bar{x} = \frac{x}{d_n}$, $\bar{z} = \frac{z_1}{d_n}$.

Действие гравитационной силы на произвольный объем воздуха на оси потока придает ему горизонтального ускорения:

$$a_g = g \frac{(t_0 - t_{окр})}{T_{окр}} \quad (2.82)$$

где $t_0, t_{окр}$ – температуры потока и окружающей среды, °C;

$T_{окр} = t_{окр} + 273^\circ$ – температура окружающей среды (абсолютная), К [43].

Вертикальную подъемную скорость определим:

$$v_n = \int_0^t a_g dt = \frac{g}{T_{окр}} \int_0^t (t_z - t_{окр}) dt \quad (2.83)$$

Так как направление потока отклоняется от вертикальной оси координат вместо z_1 подставляем z' .

Так как

$$dt = \frac{dz}{v_z}, \quad (2.84)$$

$$a_\theta = g \frac{(t_{oc} - t_{окр})}{t_0 - T_{окр}} = 0,73 \frac{v_{z1}}{v_{pez}}, \quad (2.85)$$

то скорость подъема

$$v_n = \frac{0,73g}{v_{pez} \left[\frac{(t_0 - t_{окр})z}{T_{окр}} \right]^{-1}}. \quad (2.86)$$

Зная скорость подъема, можно вычислить горизонтальное перемещение:

$$x' = \int_0^t v_n dt = \int_0^z \frac{v_n}{v_{z1}} dz' = 0,73 \frac{g}{v_{pez}} \frac{t_0 - t_{окр}}{T_{окр}} \cdot \int_0^z \frac{z'}{v_{z1}} dz'. \quad (2.87)$$

Учитывая закон изменения непрерывной осевой скорости (2.80), проинтегрируем формулу (2.87), получим уравнение, позволяющее определить величину горизонтального перемещения \bar{x} в безразмерном виде:

$$\bar{x}' = 0,73 \frac{g d_n}{v_{pez}^2} \frac{t_0 - t_{окр}}{T_{окр}} \left(\frac{z'}{d_n} \right)^2 \left(0,51 \cdot \frac{a^* z'}{d_n} + 0,11 \right). \quad (2.88)$$

Приняв $z' = \frac{\bar{z}}{\cos \alpha_u}$, $Ar = \frac{g d_n}{v_{pez}^2} \frac{t_0 - t_{окр}}{T_{окр}}$ и подставив \bar{x}' в уравнение (2.81),

получим:

$$\bar{x} = \bar{z} t g \alpha_u + Ar \left(\frac{\bar{z}}{\cos \alpha_u} \right)^2 \left(0,51 \cdot a^* \frac{\bar{z}}{d_n} + 0,11 \right). \quad (2.89)$$

Уравнение (2.89) когда истечение вертикальное ($\alpha_u = 0$) и с учетом результатов исследований С.Н. Сыркина и Д.Н. Ляховского [62], получим:

$$\bar{x} = Ar \bar{z}^2 (0,51 \cdot a^* \bar{z} + 0,11). \quad (2.90)$$

Скорость на оси потока с учётом рекомендаций И.А. Шепелева [76], определим как:

$$v_{z1} = \sqrt{v_{x^*}^2 + v_{z^*}^2} \quad (2.91)$$

в нашем случай

$$v_{z^*} = 0,73 v_{pez} Ar \frac{\bar{z}}{\cos \alpha_u}, \quad (2.92)$$

$$v_{x^*} = \frac{0,48 v_{pez}}{\frac{a^* z_1}{d_n \cos \alpha_u} + 0,145}, \quad (2.93)$$

$$v_{z1} = \sqrt{\left(\frac{0,73gy_1(t_o - t_{окр})}{v_{рез}T_{окр}cos\alpha}\right)^2 + \left(\frac{0,48v_{рез}}{\frac{a^*y_1}{d_n cos\alpha} + 0,145}\right)^2}. \quad (2.94)$$

Из теории распространения струй Г.Н. Абрамовича [9] пренебрегаем коэффициентом парусности и массой капель. Тогда основными параметрами, воздействующими на воздушные и жидкостные потоки, будут: направление, скорость и величина воздушного потока; скорость жидкостного потока; взаимно положение двух потоков.

Как следствие, для обеспечения принудительной доставки препарата к объекту обработки необходимо, момент встречи двух поток скорость воздушного потока была больше жидкостного.

2.3.3 Исследование скорости вылета капли из сопла распылителя и угла факела распыла

Из распылителя, установленного на высоте H вылетает капля со скоростью $V_{жс}$ под углом φ . На каплю воздействует направленный вертикально поток воздуха со скоростью $Vв$. При этом капля должна долететь до объекта обработки не далее края защитного щита штанги, т.е в точке A . Ширина защитного щитка равна $2B$ (рисунок 2.12).

Определим ускорение капли в воздушном потоке, [116, 97]:

$$a = \frac{\rho_в \cdot c \cdot S_k \cdot V_в^2}{m}, \quad (2.95)$$

где $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м³;

c – коэффициент сопротивления воздуха;

m – масса капли, кг;

S_k – миделево сечение капли, м²;

$V_в$ – скорость потока воздуха, м/с.

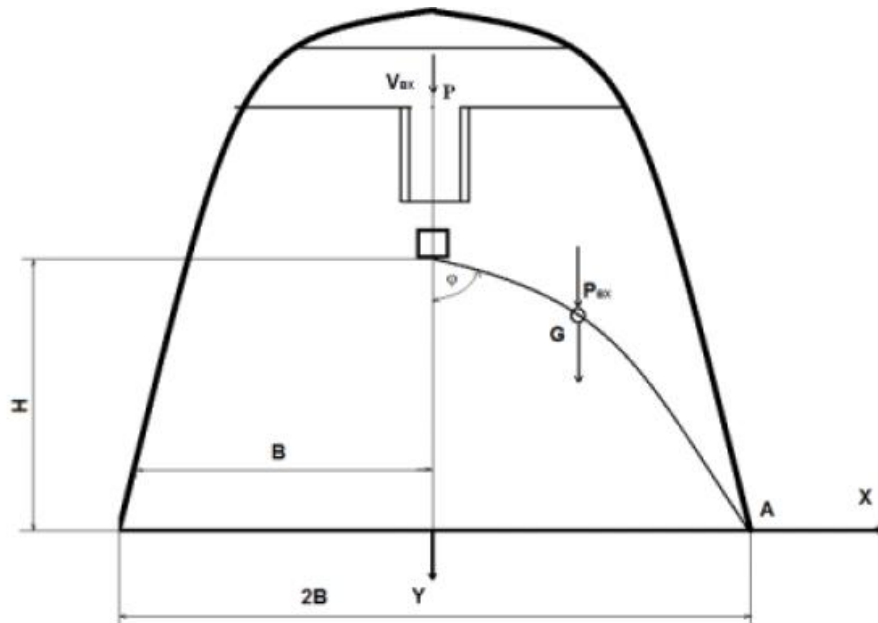


Рисунок 2.12 – Обоснование скорости вылета капли из распылителя

Зависящий от числа Рейнольдса коэффициент сопротивления воздуха определяется как [124]:

$$c = \frac{24}{Re} + \frac{2.5}{\sqrt[4]{Re}}, \quad (2.96)$$

где $Re = \frac{v_0 \cdot d_k}{\nu}$ – число Рейнольдса;

d_k – диаметр капли, м;

ν – кинематическая вязкость воздуха (при нормальных условиях $\nu = 1.45 \cdot 10^{-5}$ м²/с);

Упростим формулу (2.95):

$$a = \kappa_n \cdot v^2. \quad (2.97)$$

где κ_n – коэффициент парусности.

Если пренебречь всеми внешними силами, кроме сопротивления и силы тяжести, и все капли считать сферическими и отделенными друг от друга, уравнение для движения каплей получим:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_d \quad (2.98)$$

где \vec{a} – ускорение капли определим как $d\vec{U}_p/dt$;

\vec{g} – ускорение под действием силы тяжести

Массе m сферической капли определяется:

$$m = \frac{1}{6} \pi D^3 \rho$$

и сила сопротивления в направлении $U_{\text{гр}}$ (скорость воздушного потока относительно капля, м/с) имеет величину, заданную:

$$\vec{F}_d = \frac{1}{2} C_d \rho_v (U_v - U_k)^2 A_p$$

где индекс k относится к капле, а индекс v – к воздуху; A_p – площадь, представленная воздушному потоку, и равна $\pi D^2/4$, где D – диаметр капли. Коэффициент лобового сопротивления C_d задается как функция числа Рейнольдса из стандартных таблиц аэродинамики. Число Рейнольдса можно вычислить как:

$$R_e = \rho_v (U_v - U_k) D_p / \mu$$

Затем объединяем неподвижную систему координат $ХОУ$ с распылителем, направляя ось $ОУ$ вертикально вниз. Исследуя движения капли по заданным неподвижным осям становится необходимым использовать подвижную систему координат τMn , при этом ось $M\tau$ будет направлена по касательной к траектории движения в сторону увеличения координаты дуги $ОМ$, а ось Mn – вдоль радиуса кривизны траектории.

Для оси $M\tau$ дифференциальное уравнение движения капли примет вид:

$$m \cdot \frac{dV'}{dt} = (m \cdot g + m \cdot a) \cdot \cos \varphi, \quad (2.99)$$

где $V' = V + at \cos \varphi$ – скорость капли из-за суммарного воздействия на нее силы тяжести и потока воздуха.

Для оси Mn уравнение запишем как:

$$m \cdot \frac{V'^2}{\rho} = (m \cdot g + m \cdot a) \cdot \sin \varphi, \quad (2.100)$$

Разделив левую и правую часть уравнений (2.99) и (2.100) на массу капли m получим:

$$\frac{dV'}{dt} = (g + a) \cos \varphi, \quad (2.101)$$

$$\frac{V'^2}{\rho} = (g + a) \sin \varphi. \quad (2.102)$$

Кривизна траектории точки может быть выражена в виде координаты дуги:

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{d\varphi}{ds} = -\frac{1}{V'} \cdot \frac{d\varphi}{dt}, \quad (2.103)$$

где ds – изменение координаты дуги на траектории точки во время dt ;

$d\varphi$ – угол, на который изменится положение точки за время dt , когда она будет двигаться по дуге ds ;

В уравнение (2.101) подставим выражение (2.103), преобразуем и придем к виду:

$$V' \cdot \frac{d\varphi}{dt} = -(g + a) \sin \varphi. \quad (2.104)$$

Решая (2.104) относительно dt , получим:

$$dt = -\frac{V' \cdot d\varphi}{(g + a) \cdot \sin \varphi}. \quad (2.105)$$

Зная время движения капли, получим выражение определяющую скорость.

В уравнение (2.101) подставим уравнение (2.105) и упростим:

$$dV' = (g + a) \cos \varphi \cdot \left(-\frac{V' \cdot d\varphi}{(g + a) \sin \varphi}\right). \quad (2.106)$$

Уравнение (2.106) после разделения переменных приводится к виду:

$$\frac{dV'}{V'} = -\operatorname{ctg} \varphi \cdot d\varphi. \quad (2.107)$$

Уравнение (2.107) проинтегрируем с учетом начальных условий ($t=0$; $V' = V_0$; $\varphi = \varphi_0$) и получить следующее уравнение:

$$\ln|V'| - \ln|V_0| = -\ln|\sin \varphi| + \ln|\sin \varphi_0|. \quad (2.108)$$

Решим выражение (2.108) относительно скорости движения капли для этого применим свойства логарифмов:

$$V' = V_0 \cdot \frac{\sin \varphi_0}{\sin \varphi}. \quad (2.109)$$

Выражение (2.109) представляет собой закон изменения скорости капли, движущейся под действием силы тяжести и силы давления осаждающего потока воздуха.

Траекторию движения капли найдем, рассматривая движение относительно неподвижной системы координат XOY:

$$\frac{dx}{dt} = V_x = V' \sin \varphi = V_0 \sin \varphi_0. \quad (2.110)$$

С учетом начальных условий ($t = 0$; $x_0 = 0$) проинтегрируем выражения (2.110), получим закон движения капли вдоль оси OX:

$$x = V_0 \cdot \sin \varphi_0 \cdot t. \quad (2.111)$$

Рассматривая движения капли вдоль оси OY, получим следующее:

$$\frac{dV_y}{dt} = g + a. \quad (2.112)$$

Проинтегрировав выражение (2.111):

$$V_y = \frac{dy}{dt} = (g + a) \cdot t + V_0 \cdot \cos \varphi_0. \quad (2.113)$$

Разделив переменные и проинтегрировав выражение (2.112), получим закон движения капли вдоль оси OY под действием потока воздуха и силы тяжести:

$$y = \frac{(g + a) \cdot t^2}{2} + V_0 t \cos \varphi_0. \quad (2.114)$$

После преобразований (2.114) получим вид обыкновенного квадратичного уравнения и решив его относительно времени падения капли с заданной высоты получим:

$$t = \frac{-V_0 \cos \varphi_0 + \sqrt{V_0^2 \cos^2 \varphi_0 + 2(g + a)y}}{g + a}. \quad (2.115)$$

Выражения (2.111), (2.114) и (2.115) определяют положение капли на траектории в любой момент времени.

Исключив из (2.111) и (2.114) время t , получим уравнение траектории капли:

$$y = \frac{g + a}{2V_0^2 \cdot \sin^2 \varphi_0} x^2 + x \cdot \operatorname{ctg} \varphi_0. \quad (2.116)$$

После упрощений и преобразований выражения (2.116) примет следующий вид:

$$y = \frac{(g+a)x^2}{2V_0^2} \cdot (1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi_0) + x \cdot \operatorname{ctg} \varphi_0. \quad (2.117)$$

Анализ уравнения (2.117) показывает, что вылетая из распылителя капля двигаться по параболе, параметры которой определяются скоростью капли, углом факела распыла и скоростью потока воздуха.

Для определения значения угла φ_0 , при котором капля не вылетает за край защитного кожуха с координатами $x=B$ и $y=H$, подставим значение данных координат в выражение (2.117), тогда получим:

$$y = \frac{g+a}{2 \cdot V_0^2} \cdot B^2 + \frac{(g+a) \cdot B^2}{2 \cdot V_0^2} \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_0 + B \cdot \operatorname{ctg} \varphi_0. \quad (2.118)$$

Полученное уравнение является квадратичным. После решения его относительно параметра $\operatorname{ctg} \varphi_0$ оно примет вид:

$$\operatorname{ctg} \varphi_0 = \frac{-V_0^2 + \sqrt{V_0^4 - (g+a) \cdot ((g+a) \cdot B^2 - 2 \cdot H \cdot V_0^2)}}{(g+a) \cdot B}, \quad (2.119)$$

где B – половина ширины защитного кожуха, м;

H – высота установки распылителя над уровнем почвы, м.

Выражение (2.119) будет иметь смысл только в случае, когда выражение под корнем будет больше нуля, т.е.:

$$2 \cdot H \cdot V_0^2 > (g+a) \cdot B^2. \quad (2.120)$$

Минимальную скорость вылета капли из распылителя определим из выражения (1.120):

$$V_{0\min} \geq \sqrt{\frac{g+a}{2 \cdot H}} \cdot B. \quad (2.121)$$

Рассмотрев $\operatorname{ctg} \varphi_0$ в уравнении (2.118) в качестве обобщенного параметра семейства кривых, находим уравнение, огибающее это семейство. Перепишем уравнение (2.118) в следующем виде:

$$-y + x \cdot z + \frac{(g+a)}{2 \cdot V_0^2} \cdot (1 + z^2) \cdot x^2 = 0. \quad (2.122)$$

где $z = ctg \varphi_0$.

Зададим параметры $y = H = const$; $V_0 = V_{0max}$; $z = ctg \varphi_0$ и найдем максимальное значение угла выброса капли из распылительного сопла. Дифференцируя уравнение (2.122) по « z » и приравнявая dx/dz к нулю, получим, что « z » имеет максимум, что можно заметить из отрицательного значения второй производной:

$$\frac{dx}{dz} = \frac{x \cdot (V_0^2 + (g+a) \cdot x \cdot z)}{(g+a) \cdot (1+z^2) + z \cdot V_0^2} = 0. \quad (2.123)$$

Если числитель будет равен нулю, то выражение (2.123) тоже будет равно нулю. Это возможно, если $x = 0$, что соответствует вертикальному падению капли. Приравняв к нулю выражение, заключенное в скобки в числителе в (2.123), и решив его относительно « z », получим:

$$z_{max} = ctg \varphi_{0max} = \frac{-V_0}{(g+a) \cdot x}, \quad (2.124)$$

Движение крайней капли определим подстановкой в уравнение (2.118) выражения (2.124). Получаем уравнение параболы:

$$y = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{(g+a) \cdot x^2}{V_0^2} - \frac{V_0^2}{g+a} \right). \quad (2.125)$$

Найдем максимальную скорость капли, при которой она не перелетит через край защитного кожуха, используя уравнение (2.125):

$$V_0^{max} \leq \sqrt{(g+a) \cdot (H + \sqrt{H^2 + B^2})}. \quad (2.126)$$

Допустимую скорость капли, при которой она не покинет обрабатываемую зону получим из уравнений (2.121) и (2.126):

$$\sqrt{\frac{g+a}{2 \cdot H}} \cdot B \leq V_0 \leq \sqrt{(g+a) \cdot (H + \sqrt{H^2 + B^2})}. \quad (2.127)$$

Уравнение (2.127) определяет зависимость между скоростью вылета капли, шириной защитного кожуха, высотой установки распылителя и ускорением, придаваемым капле потоком воздуха, а из формулы (2.119) определим угол факела распыла распылителя:

$$\varphi_0 = 2 \operatorname{arccctg} \left(\frac{-V_0^2 + \sqrt{V_0^4 - (g+a) \cdot ((g+a) \cdot B^2 - 2 \cdot H \cdot V_0^2)}}{(g+a) \cdot B} \right). \quad (2.128)$$

График теоретической зависимости, построенный по выражению (2.127), показан на рисунке 2.13.

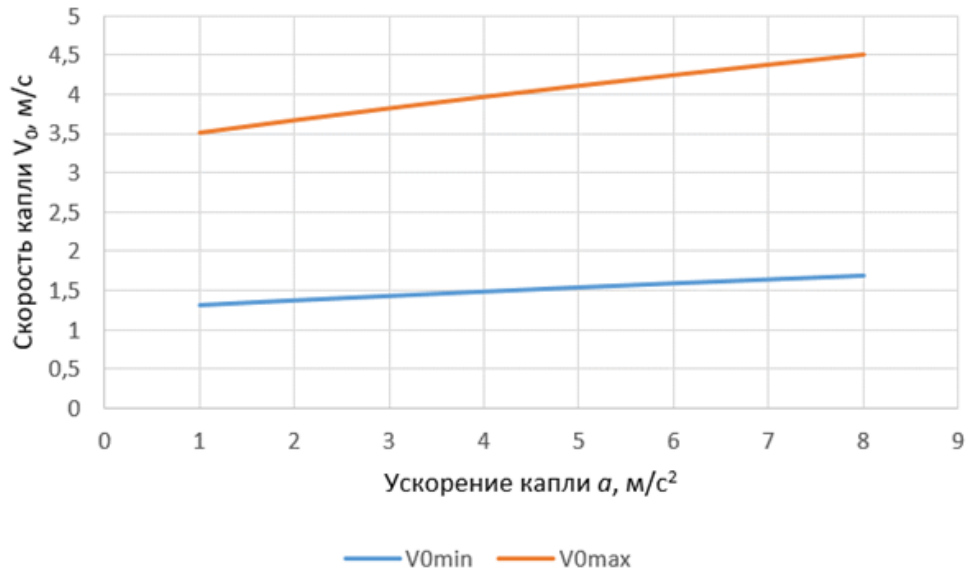


Рисунок 2.13 – График теоретической зависимости скорости вылета капли из распылителя

На рисунке 2.14 показан график теоретической зависимости угла факела распыла распылителя от ускорения капель жидкости в воздушном потоке.

Кривые V_{0min} V_{0max} на рисунке 2.14 показывают пределы изменения скорости капли, при которой они не покинут обрабатываемую зону. Из графика (рисунок 2.14) видно, что допустимая скорость вылета капель находится в диапазоне от 1,4 до 4,5 м/с.

Из графика видно, что угол факела распыла жидкостной форсунки, при котором капли раствора гербицида не покинут зону обработки, может находиться в диапазоне от 73° до 115° .

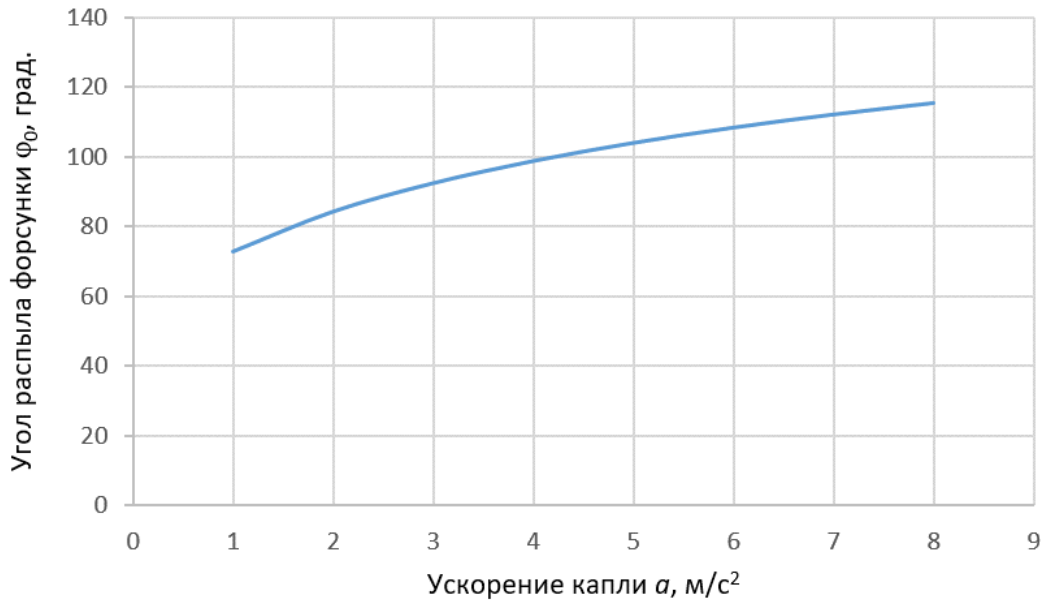


Рисунок 2.14 – Теоретической зависимости угла факела распыла распылителя от ускорения капель жидкости

2.4 Обоснование конструктивных параметров выпускных насадок воздушного рукава

Число Рейнольдса определяем по критическому значению $Re_{кр} = 2300$. Если $Re < 2000$ – режим ламинарный, при $Re > 4000$ – турбулентный.

$$Re_e = \frac{VL_{г.}}{\nu}, \quad (2.129)$$

где V – скорость потока воздуха;

$L_{г.}$ – линейный размер, равный радиусу отверстия $4r$;

ν – кинематический коэффициент вязкости воздуха ($\nu = 0,15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$) [69].

В распылителях давление жидкости установлено в пределах 0,1 – 0,3 МПа, тогда

$$\nu_e = P_a/P_e = (0,15 \cdot 10^{-4} \dots 0,05 \cdot 10^{-4}), \text{ м}^2/\text{с}, \quad (2.130)$$

где ν_e – кинематический коэффициент вязкости при соответствующем давлении;

P_a, P_e – давление атмосферное и внеатмосферное.

Радиус воздушной насадки $R_g = 3 \cdot 10^{-3}$ м, а сечении 1-1 (рисунок 2.15) для насадки круглого сечения определится как:

$$L_r = \frac{4 \frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = D, \quad (2.131)$$

т.е. пневматический радиус равен геометрическому радиусу.

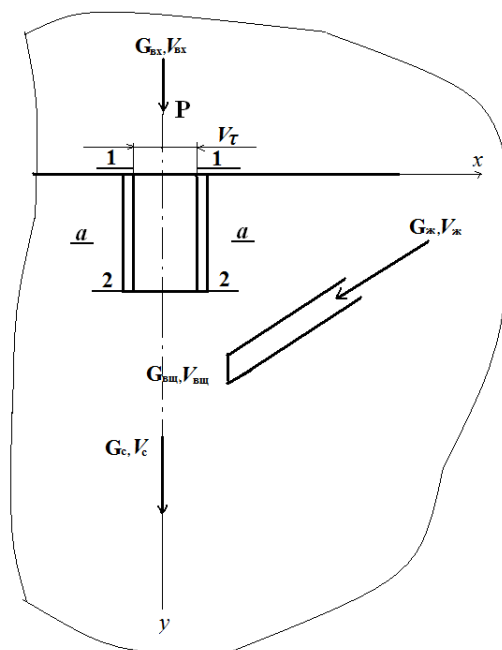


Рисунок 2.15 – Схема расчета воздушной насадки

Размер воздушной насадки выбран таким, чтобы поток воздуха хватило для дробления и доставки капель даже при максимальном диаметре выходного отверстия распылителя.

Воздух к воздушным насадкам подается от вентилятором через воздушные рукава при расходе $Q_k = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Учитывая изотермический характер процесса удельный объем воздуха определяется как:

$$P_1 Q_1 = P_2 Q_2 \text{ const}, \quad (2.132)$$

где P_1, P_2 – давление воздуха в воздушном рукаве и насадке;

Q_1, Q_2 – объемный поток воздуха в воздушном рукаве и насадке.

Необходимо учесть локальные потери энергии в каналах насадок и исходя из законов аэродинамики, диаметр на входе в насадку больше диаметра

его полости. Предполагается, что это значение наименьшее, т. е. площадь в сечении 1-1 (рисунок 2.15) будет соответствовать площади в сечении 2-2. После входа в насадку воздух поступает в его суживающуюся часть шириной 30 мм по профилю лемниската [9, 26, 54, 85].

В ходе технологического процесса используется от 1 до 9 насадок, а расход воздуха через одну насадку составит от $Q_{\min.}=0,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ до $Q_{\max.}=3,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. С учетом конструктивных и режимных параметров гербецидникового опрыскивателя, число Рейнольдса находится в диапазоне $Re=290-2900$. Исходя из закона непрерывности величина движения потока воздуха будет равна:

$$M_{\max} = G_{\max} / F_{\min}, \quad (2.133)$$

где F_{\min} – площадь поперечного сечения насадки в зоне выхода потока воздуха в сечении 3-3.

Из-за широкого диапазон рабочих параметров, течение воздуха может быть ламинарным, так и турбулентным. Однако поток воздуха поступающего в насадку под углом α является турбулентным.

Во время процесса скорость воздуха достаточно высокая, т.е. процесс можно считать адиабатическим, так как воздух не успевает передать тепло в окружающей среде.

Расчитаем параметры потока воздуха от воздушного рукава к воздушной насадке (рисунок 2.15).

Из вентилятора воздух плотностью ρ , скоростью V и площадью поперечного сечения F поступает в воздушный рукав. Применим теорему об импульсе к движению воздуха в насадке за период времени t . Этот объем заполнит участок струи длиной Vt с площадью поперечного сечения F . Игнорируя действие силы тяжести, определим массу поступающего воздуха [53, 132]:

$$G = \rho \cdot F \cdot V \cdot t, \quad (2.134)$$

Направляем оси X и Y , как указано на рисунок 2.13, и применим уравнение импульсов [9, 54, 38]:

$$K_{2Y} - K_{1Y} = \sum S_{iY}^E, \quad (2.135)$$

где K_{2Y} , K_{1Y} – проекция величины перемещения, соответственно за время t_1 и t_2 на ось y ;

ΣS_{iY}^E – проекция суммы внешних сил на ось y .

Предположим, что поток воздуха имеют одинаковую скорость V . Тогда величина движения рассматриваемого объема воздуха в момент $t_1=0$ будет вектором, имеющим направление скорости:

$$V \text{ и модуль: } K_1 = mV = \rho F v^2 t, \quad (2.136)$$

Тогда его проекция на ось x будет:

$$K_{1y} = K_{1\sin\alpha} = \rho F v^2 t \sin \alpha, \quad (2.137)$$

К моменту $t_2 = t$ частицы струи приобретут скорость, направленную вдоль скорости.

Проекция величины движения рассматриваемого объема жидкости на ось x к моменту $t_2=\tau$, $K_{2y}=0$.

Давление, создаваемое воздушной струей в сечении 1-1, определяется как

$$P_1 = \rho V^2 \sin \alpha, \quad (2.138)$$

тогда

$$P / P_1 = \rho V^2 2 \rho V^2 \sin \alpha = 1/2 \sin \alpha, \quad (2.139)$$

или

$$P_1 = 2P \sin \alpha, \quad (2.140)$$

где P – давление воздуха на входе в насадку.

При перемещении воздух из рукава в насадку происходит изменение направления движения (рисунок 2.15 сечение а-а), потери энергии происходят в области локального сопротивления.

Согласно теореме Борда [9, 36], представляя уравнение в векторной форме, получим:

$$P_n = \frac{\rho(V_1 - V_2)^2}{2}, \quad (2.141)$$

где ρ – плотность воздуха;

V_1 – скорость воздуха в сечении 1-1;

V_2 – скорость воздуха в сечении а-а после поворота на угол $180^\circ - \alpha$.

Для ускорения потока воздуха использовались сужающиеся насадки. Расчет сводится к определению размера выходного сечения по заданной скорости воздуха и расходу.

Поток в насадке можно считать изотропным, но это в случае, если пренебречь влиянием трения. В этом случае скорость в выходном сечении насадки определяется из выражения [54]:

$$V_3 = \sqrt{\frac{2k}{k-1}} R_r T (1 - \varepsilon_a^\varepsilon), \quad (2.142)$$

где k – показатель адиабаты процесса, (для воздуха $k=1,4$);

R_r – удельная газовая постоянная (для воздуха $R_r=287$), Дж/(кг·К);

T – термодинамическая температура, К;

$\varepsilon_a^\varepsilon = P_a/P_2$ – отношение давления за насадкой к давлению торможения.

Секундный расход воздуха из насадки определим [19]:

$$G_{\text{вщ}} = \mu F_c \sqrt{\frac{2k}{(k-1)R_r}} \cdot \frac{P_2}{\sqrt{T}} \cdot \varepsilon_a^{\frac{1}{k}} \cdot \sqrt{1 - \varepsilon_a^\varepsilon}. \quad (2.143)$$

Принимая во внимание параметры потока воздуха, определенные выше, выполним замену, получим:

$$\begin{aligned} G_{\text{вщ}} &= \mu F_c \sqrt{\frac{2k}{(k-1)R_r}} \cdot \frac{P_2}{\sqrt{T}} \cdot \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{\frac{1}{k}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^\varepsilon} = \\ &= \mu F_c \sqrt{\frac{2k}{(k-1)R_r}} \cdot \frac{P \sin \alpha}{\sqrt{T}} \cdot \left(\frac{P_a}{P \sin \alpha}\right)^{\frac{1}{k}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_a}{P \sin \alpha}\right)^{\frac{k-1}{k}}}. \end{aligned} \quad (2.144)$$

где μ – коэффициент расхода;

F_c – площадь выходного отверстия насадки;

P_a – давление за насадкой.

Коэффициент расхода может быть представлен выражением:

$$\mu = \frac{G_t - \nu G}{G_t}, \quad (2.145)$$

где $-\nu G = G_t - G$ – уменьшение расхода по сравнению с теоретическим.

Выражение для расхода выражает расход воздуха в зависимости от давления в системе, плотности торможения и давления воздуха. Это выражение справедливо в предположении о равномерном распределений скоростей в выходном сечении насадки, что возможно, если профиль плавный.

Рассчитаем профиль суживающей насадки по формуле Витошинского [54]:

$$r = \frac{r_1}{\sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_0}\right)^2\right] \cdot \frac{\left(1 - \frac{3x^2}{(L')^2}\right)^2}{\left(1 + \frac{x^2}{(L')^2}\right)^3}}} \quad (2.146)$$

где

$$L' = L / \sqrt{3}. \quad (2.147)$$

Значения коэффициента расхода могут быть в первом приближении, и определены по формуле:

$$\mu = \varepsilon \varphi. \quad (2.148)$$

Поскольку воздух в насадке сначала сжимается, а затем расширяется, ε принимаем 1, а μ равным коэффициенту скорости φ , который находим из выражения:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha_n + \xi}}, \quad (2.149)$$

где α_c – коэффициент Кориолиса, (согласно исследованиям воздушной насадки $\alpha=1,54$) [39];

ξ – коэффициент локальных сопротивлений.

Для свободной плоскопараллельной струй $\xi = 1$. Следовательно $\varphi = 0,625$.

Подставляя известные значения в формулу (2.144), получаем:

$$G_{\text{виз}} \approx 1,66 \cdot \frac{F_c \cdot P^{0,71} (P \sin \alpha)^{0,29}}{\sqrt{R_{22}}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_{a.}}{P \sin \alpha}\right)^{0,29}}. \quad (2.150)$$

Описанная выше зависимость с учетом известного расхода воздуха из воздушной насадки позволит определять его необходимые конструктивные и эксплуатационные параметры.

Расход рабочей жидкости, поступающей из распылителя к воздушной струе, находится из выражения:

$$G_{жс} = \mu_{жс} \cdot \rho_{жс} \cdot F_{жс} \cdot \sqrt{2g(h_{вак} \pm h)}, \quad (2.151)$$

где $G_{жс}$ – расход рабочей жидкости;

$\rho_{жс}$ – плотность жидкости;

$\mu_{жс}$ – коэффициент расхода;

$F_{жс}$ – площадь выходного отверстия воздушной насадки;

$h_{вак}$ – высокоскоростное давление, создаваемый потоком воздуха, давление рабочей жидкости, зависящий от давления воздуха;

h – положение бака в системе с рабочей жидкостью относительно выходного отверстия насадки.

В случае, когда кали подается сверху на воздушно-жидкостную струю положение h берется со знаком «+», а когда снизу со знаком «-». Скоростной напор описывается выражением:

$$h_{вак} = \frac{V_{603}^2}{2n}. \quad (2.152)$$

Коэффициент расхода рабочей жидкости из насадки с круглым сечением определяется:

$$\mu_{жс} = \varphi_{жс} \cdot \varepsilon, \quad (2.153)$$

где φ – коэффициент скорости жидкости;

ε – степень сжатия ($\varepsilon = 0,64$ – для отверстий с малым диаметром и острой кромкой).

Коэффициент скорости определим по формуле:

$$\varphi_{жс} = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi_{вхд} + \xi_{вых}}}, \quad (2.154)$$

где α – коэффициент Кариолиса ($\alpha = 1$);

$\xi_{вхд}$, $\xi_{вых}$ – коэффициенты сопротивления соответственно на входе и на выходе из насадки.

Тогда имеем: $\varphi_{жс} = 0,6$, а $\mu_{жс} = 0,38$.

Скорость жидкости определим из выражения:

$$V_{жс} = \frac{G_{жс}}{\rho_{жс} \cdot F_{жс}}, \quad (2.155)$$

или

$$V_{жс} = \mu_{жс} \cdot F_{жс} \cdot \sqrt{2g(h_{вак} + h)}, \quad (2.156)$$

Обоснование диаметра воздушных насадок проводилось графоаналитическим методом. Принимая насадки с различными диаметрами, основные параметры были рассчитаны с использованием ранее полученных формул, результаты которых представлены в таблице 2.1.

Зависимость высоты расположения распылителей от диаметра насадок отображена на рисунке 2.16.

Из графика отмечаем положение распылителей над объектом обработки, и оно составило 35 см для щелевого и см 50 для вихревого.

Из графика (рисунок 2.17), получили зоны, которые показывают, что диаметр воздушных насадок составляет 30 мм работающих совместно с щелевыми распылителями, и 26 мм с вихревыми. По конструктивным соображениям, если распылители могут менять свой тип, диаметр насадок должен быть постоянным. Поэтому целесообразно принять больший диаметр. Тогда высота расположения щелевого распылителя составит 35 см, а вихревого 50 см (таблица 2.1).

Такие параметры как конечный диаметр воздушного рукава и скорости воздуха внутри него и при исчетении из насадки, расположение насадок относительно распылителей, производительность вентилятора могут быть определены после проведения экспериментальных исследований.

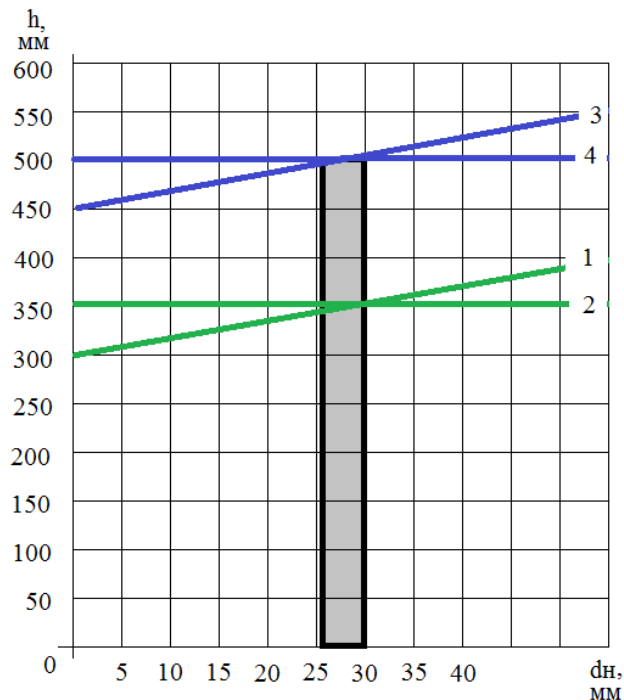


Рисунок 2.16 – Высоты расположения распылителей над сорным растением в зависимости от диаметра насадок: 1 – щелевой распылитель и его 2 – рекомендуемая высота установки; 3 – вихревой распылитель и его 4 – рекомендуемая высота установки

Таблица 2.1 – Параметры воздушного рукава и насадки

Параметр	Диаметр воздушных насадок d_n , мм			
	20	25	30	35
Расстояние между насадками b_1 , мм	200	350	400	450
Длина насадки l_n , мм	43	49	55	61
Количество насадок n_n шт.	3	3	3	3
Расстояние h (щелевые распылители), мм	50	50	50	50
Расстояние h (вихревые распылители), мм	60	60	60	60
Угол атаки насадки α , град.	25	25	30	35
Диаметр рукава в начале $D_{вр.нач}$, мм	295	300	305	330
Диаметр рукава в конце $D_{вр.кон}$, мм	195	200	205	225
Высота установки распылителей H (щелевых), мм	300	325	350	375
Высота установки распылителей H (вихревых), мм	400	450	500	550
Длина рукава $L_{рук}$, мм	1400	1400	1400	1400

2.5 Определение параметров воздушного рукава

Основными конструктивными параметрами воздушного рукава и насадок являются: длина и диаметр рукава, длина и диаметр воздушных насадок, количество и шаг расстановки.

При работе опрыскивателя для внесения гербицидов в междурядьях виноградников в воздушных рукавах необходимо создать равномерное поле скоростей воздушного потока, для этого скорость и направление воздушного потока должна быть одинаковой по всей длине воздушного рукава. Используя в воздушных рукавах, для подачи потока воздуха, отверстия с одинаковым диаметром не обеспечивается равномерное распределение воздуха. Это происходит из-за неравномерного статического давления. К тому же большая скорость воздуха в начале воздушного рукава способствует, что из первых отверстий воздух подается под небольшим углом относительно рукава, настилаясь на остальные отверстия. Нормальное положение принимают отверстия в середине и в конце воздушного рукава (рисунок 2.17) [62, 119, 69].

Угол φ_V определяется соотношением динамического и статического давлений в рассматриваемом сечении. Скорость V – статическое давлением внутри рукава, а скорость $V_x = V_B$ (V_B – скорость воздуха внутри рукава) (рисунок 2.17).

Для равномерного истечения воздуха из отверстий, статическое давление внутри рукава должно быть одинаковым. Потеря давления должна быть компенсирована изменением динамического давления. Для постоянного статического давления рукав по длине должен быть переменного сечения, т.е. иметь коническую форму [69, 76, 96].

Обеспечить одинаковое направление воздушного потока из воздушного рукава достигается установкой насадок, которые увеличат пропускную способность (раздел 1).

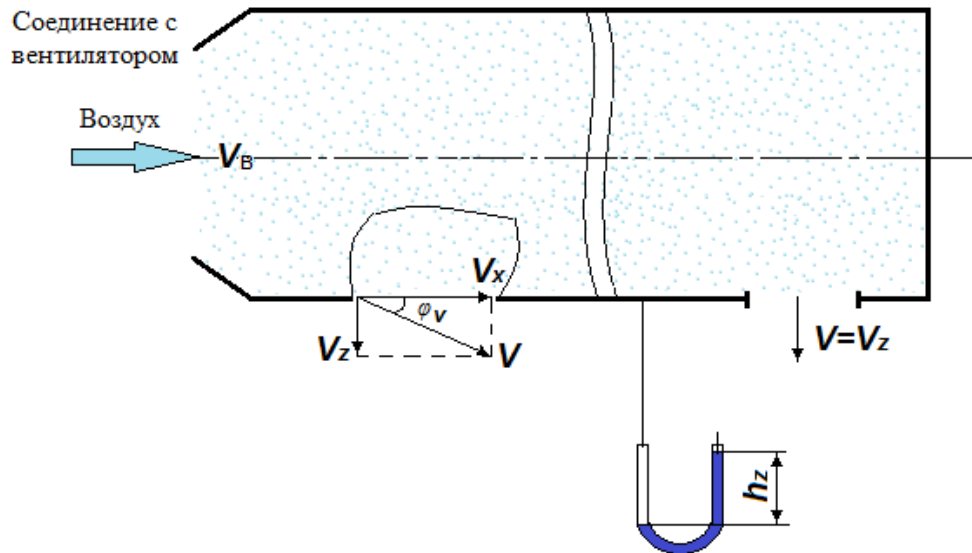


Рисунок 2.17 – Истечения воздуха и воздушного рукава: а – из первых отверстий; б – из последних отверстий

Динамическое давление для воздушного рукава найдем по выражению [62, 42]:

$$P_{дин} = \frac{V_{в.вхд}^2 \rho_v}{2} \quad (2.157)$$

где $V_{в.вхд}$ – скорость воздуха в входе в рукав, м/сек;

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³.

Статическое давление:

$$P_{ст} = \frac{V_{в.ср}^2 \xi \rho_v}{2} \quad (2.158)$$

где $V_{в.ср}$ – скорость воздуха выходящего из насадки, м/с;

ξ – коэффициент местного сопротивления при входе воздуха ($\xi = 1,5; 0,5$) и выходе ($\xi = 1,0$) из насадки [62].

Начальный диаметр рукава найдем как:

$$D_{в.нач} = \sqrt{\frac{4Q_v}{3600\pi V_{в.нач}}}, \quad (2.159)$$

где Q_v – количество подаваемого в рукав воздуха, м³/ч.

Разбив рукав на участки определим:

1) потери динамического давления на трение участка [123]:

$$R_{в.уді} = \lambda_i \frac{l_{уч.і} V_{в.і}^2 \rho_v}{D_{в.і}^2} \quad (2.160)$$

где $\lambda_i = \frac{0,0154}{\sqrt[3]{D_{в.и}}}$ – коэффициент потерь на трение по длине рукава [56];

$l_{уч.и}$ – длина рассматриваемого участка, м;

$D_{в.и}$ – диаметр рукава на участке;

$V_{уч.и}$ – скорость воздуха внутри рукава на участке, м/сек.

2) скорость воздушного потока внутри рукава на участке [62]:

$$V_{в.и} = \sqrt{\frac{2P_{дини}}{\rho_{в}}} \quad (2.161)$$

3) диаметр рукава на участке:

$$D_{в.нач} = \sqrt{\frac{Q_{pi}}{0,785V_{в.и}}} \quad (2.162)$$

где Q_{pi} – количество воздуха, подаваемого в i -й участок рукава, м³/с.

Зная скорости в начале и в конце рукава, определим разницу динамических давлений:

$$\Delta P_{дин} = \frac{\rho_{в}(V_{в.нач}^2 - V_{в.кон}^2)}{2} \quad (2.163)$$

Удельные потери давления в рукаве определим по формуле:

$$R_{в.уд_{ср}} = \frac{(R_{в.уд_{нач}} + R_{в.уд_{кон}})}{2}, \quad (2.164)$$

где l_p – длина рукава, м.

Если потери давления на трение $\Sigma R_{вуд} \cdot l_p$ превышают разницу динамических давлений, то расчет рукава выполнен правильно:

$$\Sigma R_{в.уд} l_p = \Delta P_{дин}. \quad (2.165)$$

Зная статического и динамического давлений найдем полное давление воздуха в рукаве:

$$P = P_{дин} + P_{ст} \quad (2.166)$$

Длина воздушного рукава равна длине штанги.

Статическое давление будет тем больше, чем меньше отношение суммарной площади насадок ΣS_n к площади рукава в начальном сечении – $S_{в.нач}$.

Для равномерного истечения воздуха $\frac{\sum S_H}{S_{в.нач}} \approx (0,30 \dots 0,35)$, т.е. скорость воздуха выходящего из насадки должна превышать скорость внутри рукава в три раза [96]. Получаем условие:

$$S_{в.нач} \approx \frac{\sum S_H}{(0,30 \dots 0,35)} \text{ и } v_{в.нач} \approx \frac{v_{в0ср}}{3}, \quad (2.167)$$

где

$$\sum S_H = S_H n_H = \frac{\pi d_H^2}{4} \cdot n_H. \quad (2.168)$$

Диаметр насадок может быть обоснован на основе результатов расчета параметров воздушной системы и их взаимосвязи с системой подачи рабочей жидкости.

Количество насадок определяется по формуле [66]:

$$n_H = \frac{l_p}{b_1 + d_H}; \quad (2.169)$$

где b_1 – между насадками.

Длина насадок определяется исходя из условия формирования устойчивого истечения воздуха [42]:

$$\frac{0,145 \cdot d_H}{a^*} \leq l_H \leq (6 \dots 7) \cdot d_H. \quad (2.170)$$

Согласно теории свободной струи Абрамовича, на начальном участке воздушной струи поддерживается скорость, равная скорости истечения воздуха.

Тогда, принимаем условие:

$$h_1 \leq 0,335 \frac{d_H}{\delta}; \quad (2.171)$$

δ – коэффициент турбулентности, зависящий от формы насадки ($\delta = 0,066$) [21].

Тогда, с учетом $h_1 = \frac{b_1 - 0,5 \cdot d_H}{tg \gamma_B}$, b_1 определяется из условия:

$$d_H \leq b_1 \leq \frac{0,335 \cdot d_H}{\delta} tg \gamma_B + 0,5 d_H; \quad (2.172)$$

Общее количество подаваемого воздуха Q_p найдем как:

$$Q_p = 0,1 \cdot Q' + Q' = 1,1 \cdot 3600 \cdot \mu \frac{\pi d_H}{4} n_H v_{в0ср}. \quad (2.173)$$

где Q' – расход воздуха через насадки, м³/ч;

0,1 – запас воздуха, обеспечивающий полноту наполнения рукава.

Найдя Q_p , используя формулы (2.159), (2.173) и приняв $v_{нач} = \frac{v_{в0ср}}{3}$, начальный диаметр рукава найдем как:

$$D_{в\ нач} = \sqrt{3,3 \cdot \mu d_n^2 n_n}. \quad (2.174)$$

2.6 Последовательность проектирования рабочих органов опрыскивателя

Исходя из вышеизложенных теоретических предпосылок, предлагается следующая последовательность проектирования рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников.

Вначале по заданной высоте сорных растений с учётом величины ξ , характеризующей степень проницаемости растительного слоя, определяется критическая толщина этого слоя с использованием выражения (2.17). На основании этого находится необходимый расход воздуха по формулам (2.18), (2.19).

Далее задаются значения чисел Фруда (2.37) и Рейнольдса (2.38), при которых будет соблюдаться условие турбулентности воздушно-капельной струи с набеганием вихрей потока на слой сорных растений и находится необходимая скорость движения воздушно-капельной струи с учетом размеров (диаметра) капель, плотности раствора гербицида и расстояния от рабочих органов опрыскивателя до сорных растений.

Задавая необходимую скорость движения воздушно-капельной струи, определяют необходимый угол установки форсунки подачи рабочей жидкости по формуле (2.45).

С учётом технологических параметров (высота установки распылителя и ширина рабочего кожуха) рассчитывается необходимый угол факела распыла гидравлических распылителей по формуле (2.128).

Далее определяются параметры воздушных сопел воздухораспределительных рукавов с использованием формул (2.145), (2.146), (2.147), (2.148), (2.149).

После этого проводится расчёт параметров воздушного рукава с учётом формул (2.157) .. (2.164), (2.166), (2.169), (2.170), (2.172) и (2.174).

Конечный диаметр воздушного рукава можно определить после проведения аэродинамического расчёта.

Обосновав конструктивные параметры воздушного рукава и определив расход воздуха, проводим расчёт и выбор вентилятора.

Мощность для привода вентилятора P_B на валу гидромотора определяется по формуле [59]:

$$P_B = \frac{Q_B \rho_g}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_g \eta_n} = \frac{2Q_B \rho_g}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_g \eta_n}, \quad (2.175)$$

где Q_B – производительность вентилятора, м³/ч;

η_n – коэффициент полезного действия передачи.

Мощность гидромотора N_M :

$$N_M = k_3 N_B, \quad (2.176)$$

где k_3 – коэффициент запаса по мощности.

Частота вращения лопастного колеса ограничивается механической прочностью вентилятора, по условиям которой окружная скорость колеса $v_{\text{лк окр}}$ не должна, как правило, превышать 50...60 м·с⁻¹ [59]:

$$v_{\text{лк окр}} = \frac{D_{\text{рк}} n_{\text{лк}}}{600} \quad (2.177)$$

где $D_{\text{рк}}$ – диаметр рабочего колеса вентилятора, м.

2.7 Выводы

Предложена новая технологическая схема процесса внесения гербицидов в междурядьях и приштамбовых защитных зонах виноградных насаждений, обеспечивающая эффективное нанесение растворов препаратов на абаксиальную и адаксиальную листовую поверхности в полупроницаемом слое сорной

растительности за счёт создания турбулентного воздушно-жидкостного потока при взаимодействии направленного воздушного потока и капельной струи.

Обоснованы параметры взаимодействующих направленного воздушного потока и капельной струи, при которых достигается формирование турбулентного воздушно-жидкостного потока, обеспечивающего эффективную транспортировку и нанесение раствора гербицида на верхнюю и нижнюю листовые поверхности в полупроницаемом слое сорной растительности.

Получены теоретические зависимости для обоснования конструктивно-технологических параметров рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников: угла установки форсунки подачи рабочей жидкости воздухораспределительных рукавов (2.45); угла факела распыла гидравлических распылителей (2.128); воздушных сопел и размеров воздухораспределительных рукавов (2.145), (2.146), (2.147), (2.148), (2.149), (2.156), (2.157), (2.158), (2.159), (2.160), (2.161), (2.162), (2.163), (2.164), (2.165), (2.166), (2.172), (2.175).

По результатам теоретических исследований предложена последовательность проектирования рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников с использованием полученных зависимостей.

РАЗДЕЛ 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Цель, задачи и программа экспериментальных исследований

В научных исследованиях многообразных сельскохозяйственных процессов наибольшее место отводится экспериментальным методам [82, 13].

Цель экспериментальных исследований процесса работы навесного опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников – проверить достоверность теоретических соображений, определить влияния значимых факторов технологического процесса опрыскивания для установления основных зависимостей и оценки его эффективности. Это касается процесса распределения воздушно-жидкостного потока и нанесения его на сорное растение, равномерности и плотности распределения пестицидов, а также определения конструктивных параметров рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов [13, 67, 86].

В экспериментальных исследованиях для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) Исследование агрофона приштамбовых зон виноградников на наличие сорняков и их видовой состав;
- 2) Исследование скоростной характеристики воздушно-жидкостной струи;
- 3) Определение качества обработки адаксиальной и абаксиальной поверхности листьев при различных углах атаки воздушных насадок;
- 4) Поиск оптимальных значений конструктивных размеров воздушной насадки;
- 5) Исследование производительности, плотности покрытия распылителей, их ММД, и равномерности распределения капель раствора гербицида на сорных растениях.

3.1.1 Программа экспериментальных исследований

Программа экспериментальных исследований включает:

- конструирование гербицидного опрыскивателя для проведения лабораторно-полевых исследований;
- экспериментальные исследования для проверки полученных теоретически результатов и оптимизации параметров рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников.

В соответствии с теоретическим исследованием, а также поставленными и задачами в программа экспериментальных исследований включает:

1. Определение оптимального угла установки воздушных насадок на штанге опрыскивателя и его влияние на качество опрыскивания
2. Определение влияния скорости воздушного потока на показатели качества опрыскивания
3. Оптимизация основных технологических параметров рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников.
4. Определение количественного и размерного состава капель раствора гербицида на абаксиальной и адаксиальной сторонах обрабатываемой листовой поверхности сорных растений в результате опрыскивания.

3.2 Установки, приборы и оборудование

3.2.1 Лабораторно-полевая установка навесного опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников

На базе Академии биоресурсов и природопользования совместно с НПСП «Наука» был изготовлен экспериментальный образец гербицидного опрыскивателя (рисунок 3.1). Новизна установки подтверждена патентом №

200666 «Опрыскиватель гербицидниковый навесной виноградниковый»
(приложение А).



Рисунок 3.1 – Лабораторно-полевая экспериментальной установка
опрыскивателя навесного гербицидного виноградникового:
1 – без воздушной поддержки; 2 – с воздушной поддержкой

Установка изготовлена таким образом, чтобы можно было сравнить качественные показатели базового и исследуемого опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников. Так, на правой части штанги 2 (рисунок 3.1) опрыскивание производилось с применением воздушной поддержки, а левая часть штанги 1 работала без воздушной поддержки (как у базового варианта).

Конструктивное размещение элементов на штанге показано на рисунке 3.2.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.2 – Конструктивные элементы штанги для образования воздушно-жидкостной струй: а – общий вид; б – размещение распылителя и воздушной насадки (вид снизу); в – размещение распылителя и воздушной насадки (вид сбоку); г – расположение воздушных насадок внутри воздушного рукава

3.2.2 Экспериментальная установка для определения основных характеристик работы распылительной системы опрыскивателя

Для изучения и уточнения влияние конструктивных параметров распылительной системы и различных типов насадок использовались секторные сборники для сравнительных исследований производительности традиционного способа опрыскивания и с принудительным осаждением препарата (рисунки 3.3 – 3.4) [113, 147].

Установка состоит из секторных сборников 3, выполненного в виде буквы V. Профили состоят из выступов 4 и впадин 5, которые равномерно повторяются по всей ширине распределителя. Размер одного сектора сборника 3 составляет 1×1 см.

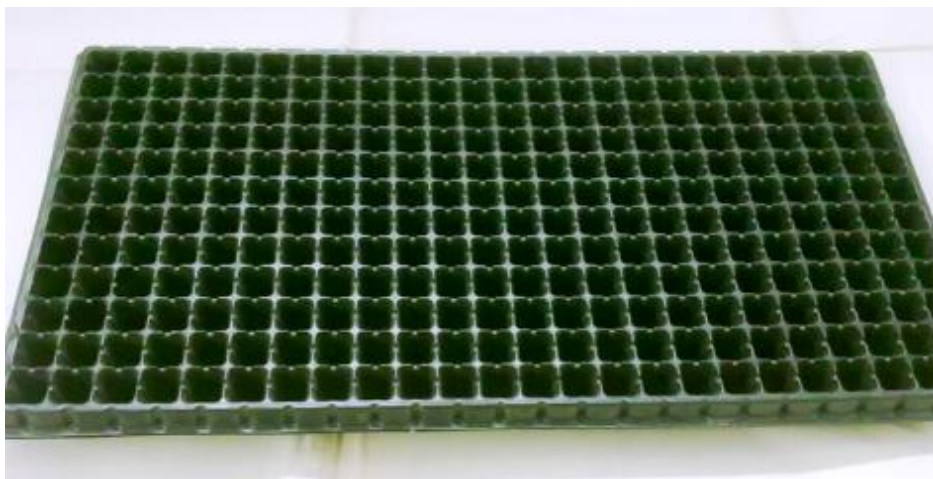


Рисунок 3.3 – Общий вид секторных сборников для исследования факела распыла и производительности

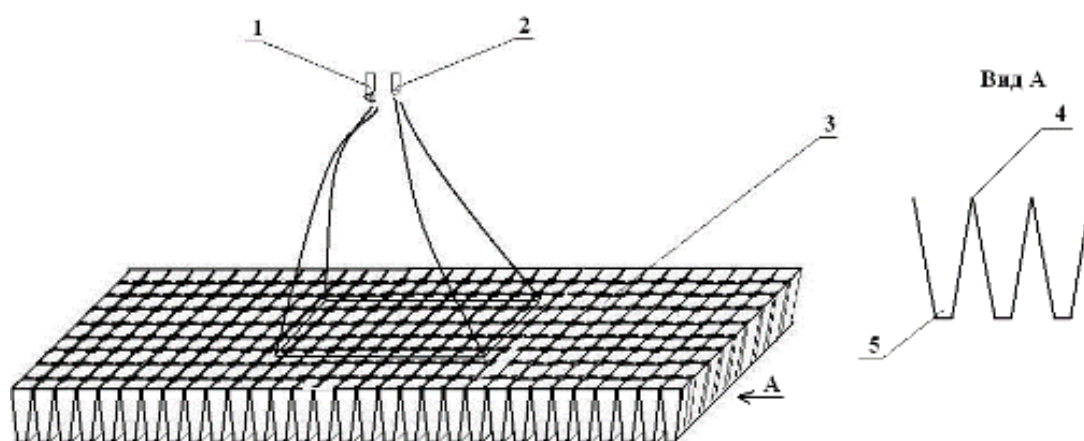


Рисунок 3.4 – Схема секторов сборников: 1 – сопло подачи воздуха; 2 – распылитель рабочей жидкости; 3 – секторный сборник; 4 – выступ; 5 – впадина.

Работает устройство следующим образом. Готовим заранее опрыскиватель к испытаниям, т.е. проверяют распылители, определяют режимы давления в них. Устройство устанавливают под штангой опрыскивателя таким образом, чтобы факел распыла был расположен посередине распределителей. Время опыта фиксируют секундомером. Ёмкости за время опыта должны быть заполнены на 2/3-3/4 своего объема.

Расхода рабочей жидкости при испытаниях необходимо определять не менее чем на трех режимах давления. Жидкость измеряется мерным цилиндром вместимостью 1 л с погрешностью не больше 1% [136, 93, 106].

Расход жидкости через распылители (q , л /мин) определяются по формуле:

$$q = \frac{Q}{t}, \quad (3.1)$$

где q – расход жидкости через распылитель, л/мин.;

Q – объем рабочей жидкости в контрольной емкости, л;

t – время опыта, мин.

Среднее значение количества рабочей жидкости в каждой контрольной емкости (\bar{X}) вычисляют по следующей формуле:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (3.2)$$

где X_i – количество рабочей жидкости в контрольной емкости;

n – количество повторов опыта.

Среднеквадратическое отклонение (\bar{G}) вычисляют по следующей формуле:

$$\bar{G} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}}, \quad (3.3)$$

где \bar{G} – среднеквадратическое отклонение;

\bar{X} – среднее значение количества рабочей жидкости в контрольных емкостях.

3.2.3 Приборы и оборудование

Для проведения экспериментальных исследований использовали следующее оборудование, приборы и приспособления.

Для измерения размера капель и подсчета их количества на единицу площади использовали микроскоп МБС-10 (рисунок 3.5).

Для измерения значений скорости ветра и скорости воздушного потока применялся анемометр марки Skywatch Atmos (рисунок 3.6), который имеет всенаправленную чашку, позволяющую проводить измерения не располагая его строго в направлении воздушного потока [116].



Рисунок 3.5 – Микроскоп МБС-10

На ЖК-дисплее отображаются характеристики скорости воздуха, относительная влажность, и температура – текущая, охлаждения ветром или точка росы.



Рисунок 3.6 – Анемометр Skywatch Atmos (Швейцария)

Трубки Пито или Прандтля использовали для измерения динамического давления (скоростного напора, откуда сразу можно получить скорость движения воздуха) в потоке движущейся сплошной среды, то есть давление, которое

является результатом полного преобразования кинетической энергии потока в энергию давления (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Трубка Пранделя: 1 – фиксатор; 2 – плита; 3 – сливной кран для слива жидкости; 4 – стеклянная трубка; 5 – кронштейн; 6 – стойка; 7 – отверстие для заливки и регулятора нулевого положения мениска; 8 – трехходовой кран; 9 – заливочная пробка; 10 – регулировочные винты

3.3 Методика определения размера капель

Дисперсность и характер расположения капель рабочей жидкости определялись при помощи улавливающих карточек (50×70 мм) изготовленных из мелованной бумаги, обработанных 3 – 5% раствором парафина в толуоле [49], за счет этого капли жидкости не впитываются и не растекаются.

Карточки крепились скрепками, по схеме: на двух ярусах «верхний» и «средний», на одном из листьев сорного растения крепили по две поверхности с соответствующими обозначениями на оборотной стороне «В» – верхняя сторона «Н» – нижняя сторона листа верхнего яруса, а также «В_{ср}», «Н_{ср}» – верхняя и нижняя сторона среднего яруса [34, 93].

При просмотре через микроскоп фиксируют количество капель в каждом классе их размеров. Распределение капель по размеру, а также плотность покрытия определяет качество обработки. Для изучения распределения капель

был предложен метод распределения спектра капель [106, 133, 10]. Капли измеряли микроскоп МБС-10 (рисунок 3.5) и классифицировали по классам.

На рисунке 3.8. показаны капли в объективе измерительного микроскопа.

Каждый класс капель характеризовали: минимальным – $r_{i\min}$, максимальным – $r_{i\max}$ и средним размером – $r_i = \frac{r_{i\min} + r_{i\max}}{2}$, где $d_r = r_{i\min} - r_{i\max}$, где d_r – ширина интервала размеров капель в классе. Если d_r постоянно по всей выборке, то данные исследования будут более надежными [70, 129].

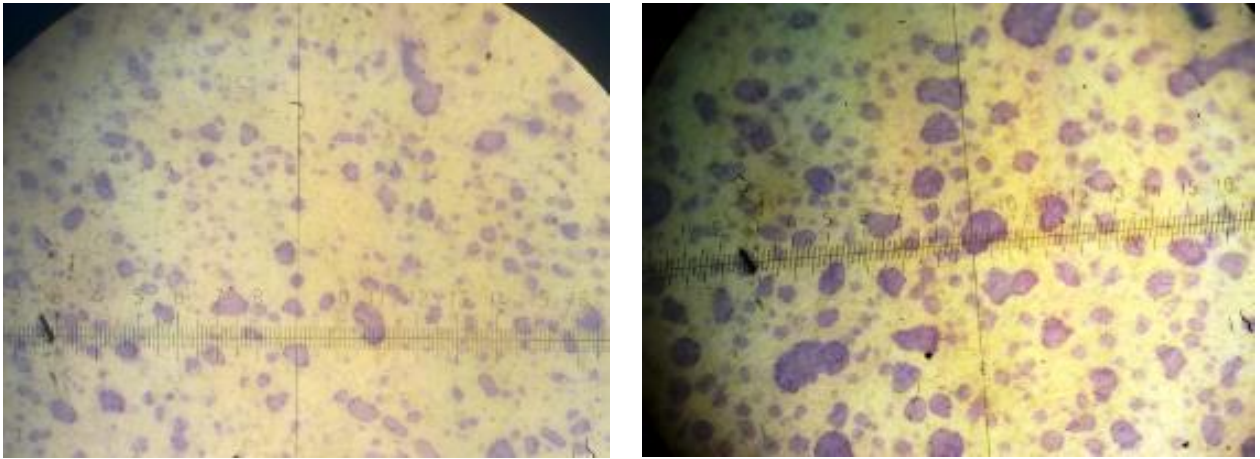


Рисунок 3.8 – Следы капель на улавливающей поверхности в поле зрения измерительного микроскопа

По формуле (3.4) определялся средний диаметр капли:

$$d_{mc} = \sqrt{\frac{\sum_1^n d^2 n}{n}}, \quad (3.4)$$

Суммируя все капли в размерных группах определяли густоту покрытия,

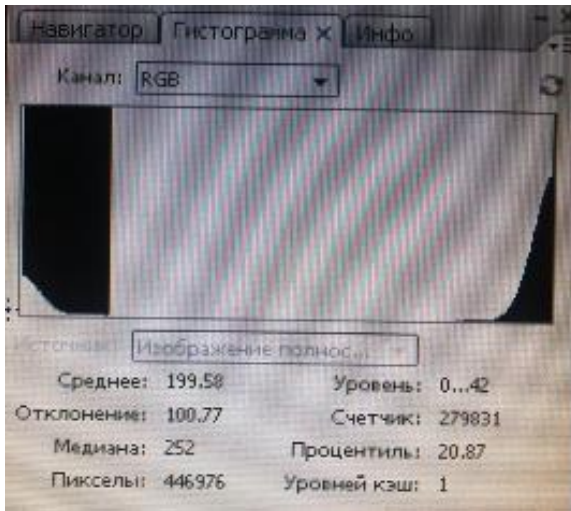
$$N = \sum n_i :$$

$$n_c = \frac{N \cdot 10^8}{f_c}, \quad (3.5)$$

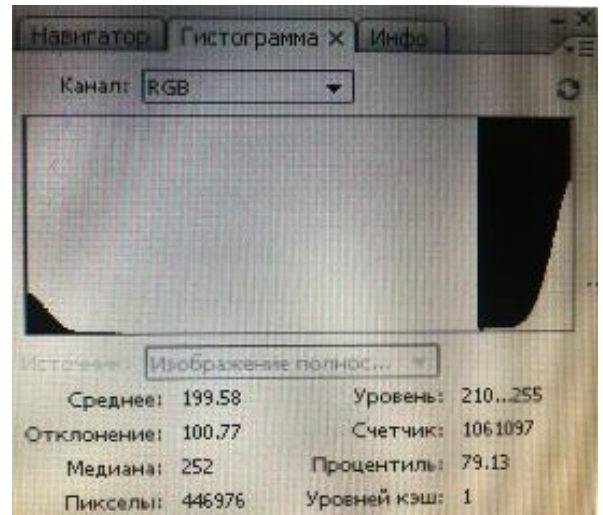
где f_c – вся рассматриваемая поверхность.

Площадь покрытия определяли, сканируя обработанные карточки, затем полученное изображение открываем в программе Paint и сохраняем как монохромный рисунок.

Полученные файлы открываем в программе Photoshop где спектр оттенков делился на области черного и белого цвета. Чёрная область отображает площадь, покрытую жидкостью (рисунок 3.9 а). Вторая область белого цвета – площади, непокрытой жидкостью (рисунок 3.8 б). Строка «Процентиль», содержит информацию о выбранной нами области, при этом погрешность измерения составляет 0,01 % [146, 22].



а)



б)

Рисунок 3.9 – Гистограммы состава оттенков: а – черного цвета; б – белого цвета

Параметры навесного гербцидникового опрыскивателя оптимизировали по методике оптимального планирования многофакторного эксперимента [82, 13, 95, 47, 2]. Полный факторный эксперимент позволит описать процесс математической модели второго порядка:

$$y = b_0 + \sum_1^k b_i X_i + \sum_{i \neq j}^k b_{ij} X_i X_j + \sum_1^k b_{ii} X_i^2, \quad (3.6)$$

где y – значение параметров оптимизации;

b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициент регрессии;

X_i, X_j – варьируемые факторы;

k – число варьируемых факторов.

Количество опытов определяли по следующей формуле [13]:

$$N = 2^k + 2k + n, \quad (3.7)$$

где k – количество факторов;

n – количество нулевых точек.

Расчет коэффициента уравнения регрессии проводился методом наименьших квадратов. Коэффициент уравнения регрессии определяли по формуле [47, 115]:

$$b_i = c_{ii} \sum_1^N X_i \bar{y}, \quad (3.8)$$

$$b_{ij} = c_{ijij} \sum_1^N X_i X_j \bar{y}, \quad (3.9)$$

$$b'_0 = c_{00} \sum_1^N \bar{y}, \quad (3.10)$$

$$b_{ii} = c_{iiii} \sum X_i'^2, \quad (3.11)$$

$$b_0 = b'_0 - \bar{X}_i^2 \sum_1^k b_{ii}, \quad (3.12)$$

где c_{ii} , c_{00} , c_{ijij} , c_{iiii} – коэффициент, зависящий от количества варьируемых факторов [95, 100];

N – число опытов;

\bar{y} – среднее арифметическое значение параметра оптимизации, полученное в N -ном опыте, находится по формуле:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i, \quad (3.13)$$

где y_i – значение параметров оптимизации в i -ом опыте;

n – число параллельных опытов;

\bar{X}_i – среднее значение факторов по опыту;

X_i' – квадратичные члены уравнения:

$$X_i' = X_i^2 - \frac{1}{N} \sum_1^N X_i^2 = X_i^2 - \bar{X}_i^2, \quad (3.14)$$

Дисперсия каждого опыта определяется по следующему выражению:

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2, \quad (3.15)$$

где y_i – значение параметра оптимизации в параллельном опыте.

Для оценки возможности регрессионного анализа рассчитывали однородность дисперсий параллельных опытов по критерию Кохрена (G):

$$G_{расч} = \frac{S_{y\max}^2}{\sum_1^N S_y^2}, \quad (3.16)$$

где $S_{y\max}^2$ – максимальная дисперсия в эксперименте;

$\sum_1^N S_y^2$ – сумма дисперсии в эксперименте.

Критерия Кохрена ($G_{расч}$) сравнивали с табличным ($G_{табл}$) [129, 115].

Если условие

$$G_{расч} > G_{табл}, \quad (3.17)$$

выполняется, то гипотеза об однородности дисперсий опытов принимается.

Дисперсия воспроизводимости равна:

$$S^2(\bar{y}) = \frac{1}{N} \sum_1^N S_y^2, \quad (3.18)$$

Для оценки значимости коэффициентов уравнения регрессии определяется их дисперсия:

$$S^2(b_i) = c_{ii} S^2(\bar{y}) \quad (3.19)$$

$$S^2(b_{ij}) = c_{ijij} S^2(\bar{y}) \quad (3.20)$$

$$S^2(b'_0) = c_{00} S^2(\bar{y}) \quad (3.21)$$

$$S^2(b_{ii}) = c_{iiii} S^2(\bar{y}) \quad (3.22)$$

$$S^2(b_0) = S^2(b'_0) + \bar{X}_i^2 \sum_1^k S^2(b_{ii}), \quad (3.23)$$

По t-критерию Стьюдента оценивали статистическую значимость коэффициентов уравнения:

$$t_0 = \frac{|b_0|}{S^2(b_0)}, \quad (3.24)$$

$$t_i = \frac{|b_i|}{S^2(b_i)}, \quad (3.25)$$

$$t_{ij} = \frac{|b_{ij}|}{S^2(b_{ij})}, \quad (3.26)$$

$$t_{ii} = \frac{|b_{ii}|}{S^2(b_{ii})}. \quad (3.27)$$

Значение t -критериев ($t_{расч}$) сравнивали с табличным ($t_{табл}$) при уровне значимости 0,95 [82].

Если

$$t_{расч} > t_{табл}, \quad (3.28)$$

выполняется, то коэффициент уравнения считается статистически значимым.

Для проверки на адекватность уравнения со значимыми коэффициентами оценивали отклонения расчетных значений параметров оптимизации \hat{y} от экспериментальных \bar{y} для каждого опыта и определяли дисперсию адекватности, которую для равного числа параллельных опытов вычисляли по следующему выражению:

$$S_{ад}^2 = \frac{n}{N - \lambda} \sum_1^N (\bar{y} - \hat{y})^2, \quad (3.29)$$

где λ – число значимых коэффициентов.

Адекватность оценивали по F-критерию Фишера:

$$F_{расч} = \frac{S_{ад}^2}{S^2(\bar{y})}, \quad (3.30)$$

Гипотеза об адекватности модели принимается, если [130]

$$F_{расч} < F_{табл}. \quad (3.31)$$

3.4 Исследование прохождения потока воздуха через слой сорных растений

Максимально допустимую скорость воздействия потока воздуха на сорное растение определялась во время эксперимента со скоростями от 10 до 35 м/с с шагом 5 м/с. Скорость воздушного потока измерялась помощью анемометра. Растения размещали по всей длине воздухораспределительного рукава.

Эффективную скорость воздушного потока определяли, фиксируя анемометром значения в точках (рисунок 3.10).

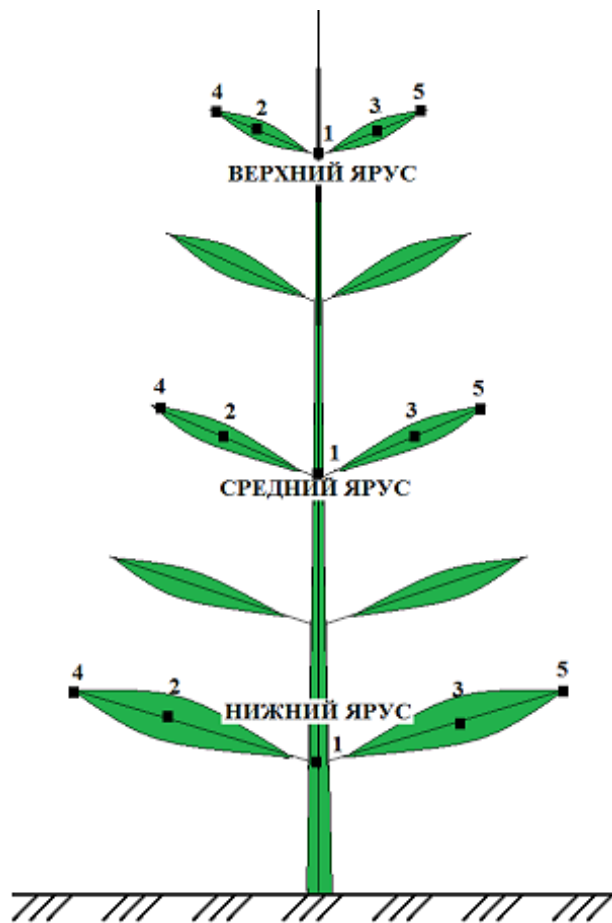


Рисунок 3.10 – Схема измерения скорости воздушного потока по ярусам

Полученные экспериментальные значения использовались для определения коэффициента проницаемости по формуле [69]:

$$\xi = \frac{2,31g \left(\frac{v_{y2}}{v_{y1}} \right)}{\Delta\delta} \quad (3.32)$$

3.4.1 Определение скорости воздуха внутри воздушного рукава

Для измерения значений воздушного потока внутри воздушного рукава проводили его разбивку с расстоянием 20 см. Трубкой Пито измерялось давление, а затем проводился расчет по формуле:

$$P_{дин} = h_{тр} \rho_{жтр} \quad (3.33)$$

где $h_{тр}$ – разность уровней в трубках, м;

$\rho_{жтр}$ – плотность используемой жидкости, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Скорость воздуха внутри рукава определяли по установленным внутри равновеликих колец (рисунок 3.11) [142]. Средними точками равновеликих колец являются точки I, II и III.

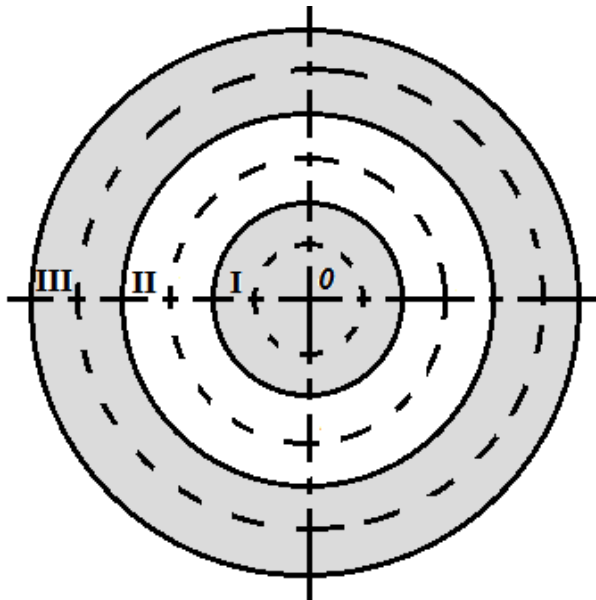


Рисунок 3.11 – Равновеликие кольца для измерения скорости внутри воздушного рукава

Средняя скорость указанных точек была рассчитана как среднее арифметическое скоростей [69]:

$$v_{воз} = \sum \frac{V_{vi}}{n_{и}} \quad (3.34)$$

где $n_{и}$ – суммарное число точек измерений.

3.4.2 Определение скоростей воздуха истекающие из воздушного рукава

При помощи трубки Пито проводились измерения скоростей воздуха для отверстий без насадок и для отверстий с насадками.

Средняя скорость воздуха вычисляется по формуле [142]:

$$v_{cp} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n} \quad (3.35)$$

где v_1, v_2, \dots, v_n – скорости воздуха истекающего из отверстия или насадки, м/с.

Что бы определить характер изменения скорости потока и сравнение с теоретическими значениями проводили замеры:

- 1) на расстоянии 10 см от насадки и отверстия;
- 2) в зонах слияния отдельных независимых воздушных струй;
- 3) через каждые 5 см до точки вхождения воздушного потока в растительный слой сорных растений.

По результатам полученных данных из всех отверстий и насадок делался вывод о распределении воздуха по всему воздушному рукаву и его характер.

3.5 Методика проведения полевого опыта

Эксперименты в полевых условиях проводились с использованием лабораторно-полевой экспериментальной установка, показанной на рисунке 3.1.

Для исследования количества сорных растений и их вида на единицу площади, использовалась рамка размером 1×1 м. Рамка размещали в приштамбовой зоне (не менее 10 раз) с сорными растениями, затем проводилась фотофиксация. Подсчет растений, проводился путем удаления их вручную и определялся их вид [41, 93] (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Определение количества и вида сорных растений

Описание изготовления карточек для улавливания распыленной жидкости и их размещение на сорных растениях описана в п. 3.3. На рисунке 3.13 показана расстановка улавливающих карточек



Рисунок 3.13 – Расстановки улавливающих карточек

В основу лабораторно-полевых исследований параметров рабочих органов навесного гербицидного опрыскивателя положен двухфакторный эксперимент, результатом которого является регрессионное уравнение (3.16). В ходе эксперимента варьировали факторы: скорость воздушного потока ($V_{п}$) и диаметра воздушной насадки ($D_{п}$). В качестве критериев оптимизации использовали количество капель на единицу площади (шт./см²).

Факторы кодируют для упрощения преобразований и анализа результатов эксперимента:

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}, \quad (3.36)$$

где X_i – кодовое значение i -го фактора;

x_i – натуральное значение i -го фактора;

x_{i0} – нулевой уровень фактора;

Δx_i – интервал варьирования.

Определим уровни варьированных факторов, таблица 3.1.

Таблица 3.1 – Уровни варьирования факторов

Уровни варьирования факторов	Экспериментальный опрыскиватель (с воздушной поддержкой)	
	Скорость воздушного потока $V_{\text{п}}$ (м/сек)	Диаметр воздушной насадки $D_{\text{н}}$ (мм)
Кодовое обозначение	X_1	X_2
Варьирование Δx_i	5	10
Нижний уровень $x_i = -1$	25	20
Нулевой уровень $x_i = 0$	30	30
Верхний уровень $x_i = +1$	35	40

В соответствии с планом эксперимента факторы варьировали:

– диаметр D_c воздушной насадки – $D_c = 20$ мм; $D_c = 30$ мм; $D_c = 40$ мм.

– скорость $V_{\text{п}}$ воздушного потока – $V_{\text{п}} = 25$ м/с; $V_{\text{п}} = 30$ м/с; $V_{\text{п}} = 35$ м/с

Полученные в результате проведения эксперимента числовые данные измерений обрабатывались методами математической статистики, дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием прикладных компьютерных программ.

3.6 Выводы

Разработанная программа и методика экспериментальных исследований позволяет определить эффективность технологического процесса опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников, обеспечивающего нанесение растворов препаратов на абаксиальную и адаксиальную поверхности в полупроницаемом слое сорной растительности за счёт создания турбулентного воздушно-жидкостного потока при взаимодействии направленных воздушного и воздушно-капельного потоков по показателям равномерности распределения капель раствора гербицида на сорных растениях, расхода препаратов и энергоёмкости процесса опрыскивания.

Достоверность получаемых экспериментальных данных обеспечивается необходимой повторностью опытов, методикой проведения экспериментов и применением точных измерительных приборов (микроскопа, анемометра Skywatch Atmos, угломера оптического УО – 2 (ГОСТ 11197-73), электронного секундомера, математической обработкой результатов измерений.

РАЗДЕЛ 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Исследование видового состава сорных растений в приштамбовой зоне виноградных насаждений

В целях определения видового состава, количества и физико-механических свойств сорных растений на виноградных насаждениях, нами на базе совхоз-завода "Заветное", с. Новоселовка Симферопольского района и ГП «Малореченское» Алуштинского района проведен видовой анализ наиболее часто встречающейся на винограднике сорной растительности. Исследование проводились на виноградных насаждениях 12-летней посадки, сорта Алиготе, Кабарне и Мускатель.

В ходе исследования было выявлено, что сорная растительность была представлена следующими основными видами: сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris* R. Br.), осот полевой (*Sonchus arvensis*), мокрица (*Stellaria media*), березка (*Convolvulus arvensis*), портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), свиной пальчатый (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), дурнишник итальянский (*Xanthium italicum* L.), одуванчик аптечный (*Asteraceae*), марь белая (*Chenopodium* sp.) и др.

Мы остановились на 7 наиболее часто встречающихся. Так на насаждениях винограда сорта Мускатель доля свиной пальчатого составила 24%, марьи белой 18%, вьюнка полевого 16%, сурепки обыкновенной 14%, портулака огородного 11%, одуванчика аптечного 10% и дурнишника итальянского 7%. (рисунок 4.1).

Высота сорных растений варьировалась от 10 до 60 см. Засоренность посадок составила 100%. Покров сорной растительностью многоярусный.

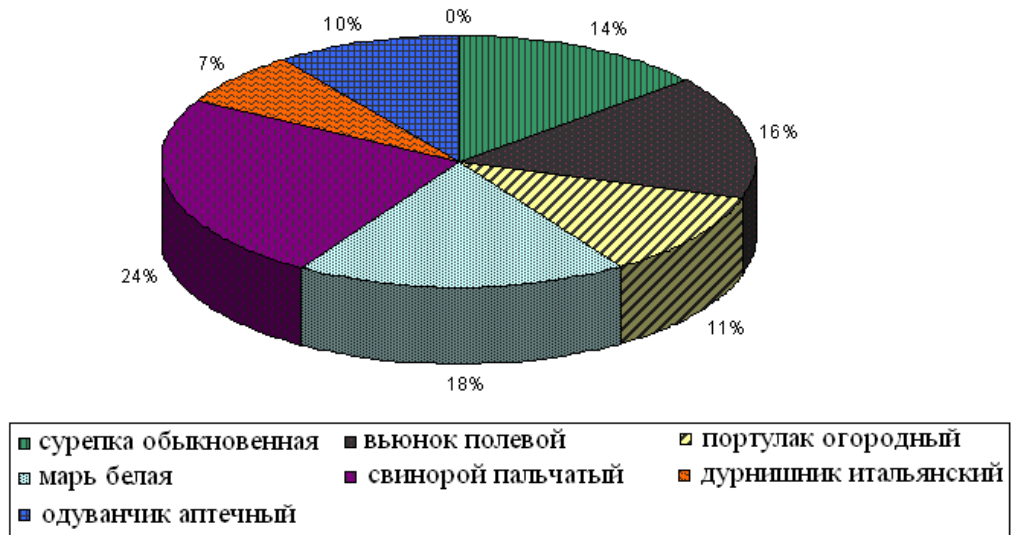


Рисунок 4.1 – Видовой состав сорных растений на винограднике сорта Мускатель, %

На насаждениях винограда сорта Кабарне доля портулака огородного 32 %, марьи белой 15 %, сурепки обыкновенной и вьюнка полевого 12 %, дурнишника итальянского 11 %, одуванчика аптечного 10 % и свиной пальчатого 8 % (рисунок 4.2).

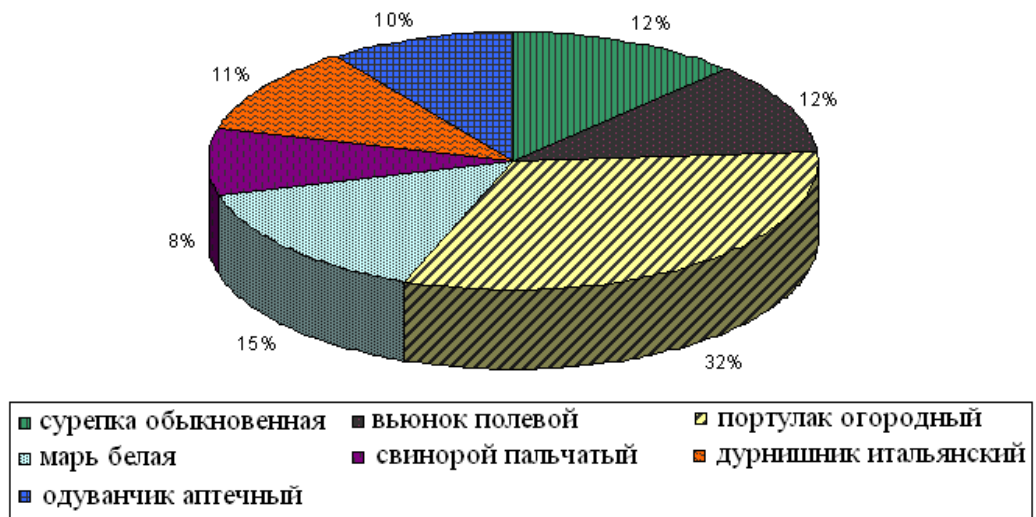


Рисунок 4.2 – Видовой состав сорных растений на винограднике сорта Кабарне, %

На насаждениях винограда сорта Алиготе доля портулака огородного 23%, свиной пальчатого 17%, сурепки обыкновенной 15%, марьи белой 14%, вьюнка

полевого 13%, дурнишника итальянского и одуванчика аптечного по 9% (рисунок 4.3).

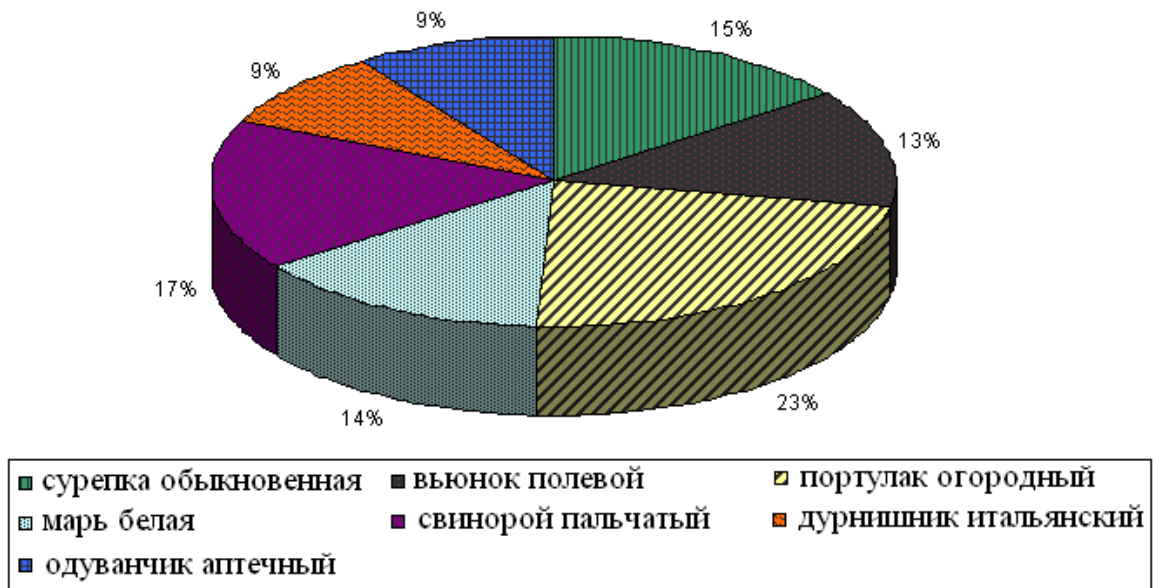


Рисунок 4.3 – Видовой состав сорных растений на винограднике сорта Алиготе, %

4.2 Результаты исследования прохождения воздушного потока через слой сорных растений

Исследования показали, что направленный перпендикулярно поверхности почвы воздушно-жидкостный поток, прижимают листья к стеблям, тем самым препятствуя попаданию рабочего раствора на абаксиальную поверхность сорных растений.

Опыты показали, что опрыскивание с наклонными более эффективны. В ходе исследований эффективным оказался угол $25...30^\circ$ к вертикальной плоскости воздушных насадок [1, 93].

Исследования прохождения воздушного потока сквозь сорные растения при различных скоростях воздушного потока при выходе из насадки представлены таблице 4.1 и на рисунке 4.5.

Таблица 4.1 – Скорости потока воздуха проходящего через слой растений

Расстояние от верхушки сорного растения, см	Средняя скорость потока воздуха, м/с				
	35	30	25	20	15
5	34,52	29,54	24,35	19,30	14,57
15	31,12	24,99	19,83	15,42	11,21
25	28,42	20,42	15,12	11,89	6,67
35	22,91	17,35	10,02	6,33	3,12
45	18,35	15,63	6,22	4,72	1,47

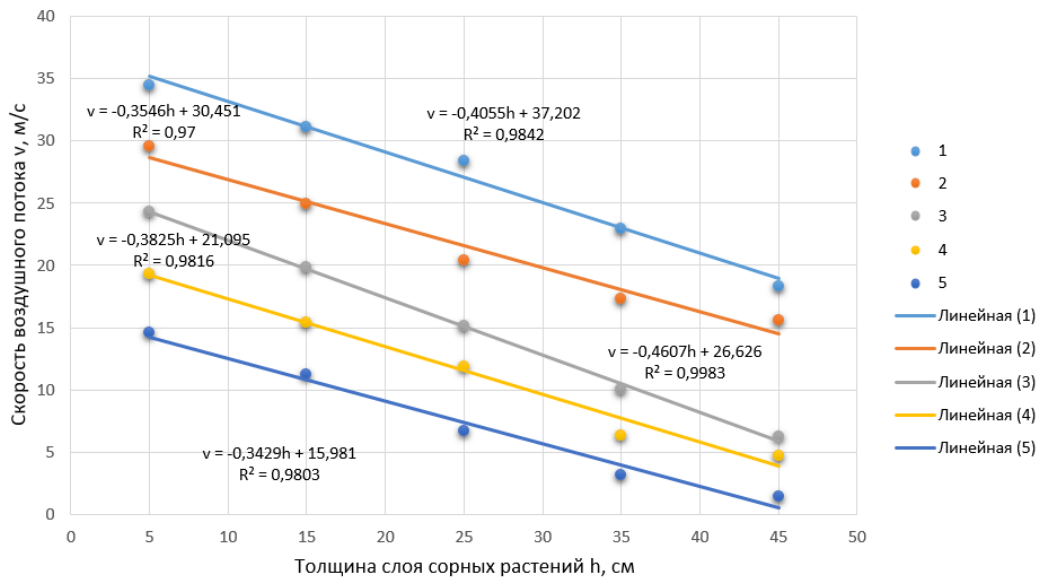


Рисунок 4.5 – График изменения скорости потока воздуха в слое сорных растений, м/с: 1 – начальная скорость – 35 м/с; 2 – начальная скорость 30 м/с; 3 – начальная скорость 25 м/с; 4 – начальная скорость 20 м/с; 5 – начальная скорость 15 м/с

Было установлено, что поворот листе-стебельной массы сорных растений, возможна при скорости потока не менее 15 м/с. При скоростях менее этого значения наблюдается лишь шевеление листьев.

Кроме всего, максимально допустимая скорость воздушного потока v_{\max} доп., должна составлять ≈ 30 м/с. Это будет способствовать обработки сорных растений на верхнем, среднем и нижнем ярусах как на адаксиальной и абаксиальной поверхности

Как видно из представленных на рисунке 4.5 графиков, убывание скорости воздушного потока по мере проникновения в слой сорных растений с достаточной

точностью описывается линейной зависимостью №2, где начальная скорость составила 29,54 м/с, а конечная 15,63 м/с.

4.3 Результаты экспериментальных исследований воздушного рукава

С учетом полученных значений коэффициент проницаемости по формуле (3.32), составил 1,03...1,37 м⁻¹. Расчитав параметры воздушного рукава, начальный диаметр составил 305 мм, а конечный 205 мм. Начальная скорость воздуха внутри рукава – 12,6 м/с; из насадок – 30 м/с; расчетная производительность вентилятора – 7,5 м³/с; установочная мощность на привод вентилятора – 3,5 кВт.

4.3.1 Скорости воздуха внутри воздушного рукава

Теоретические исследования показали (раздел 2), что бы воздуха из отверстий равномерно распределялся по всем отверстиям, диаметр воздушного рукава должен быть переменным по длине. При этом скорость внутри рукава – переменная, а скорость истечения – постоянная.

На рисунке 4.6 показан график изменения скорости воздуха внутри рукава.

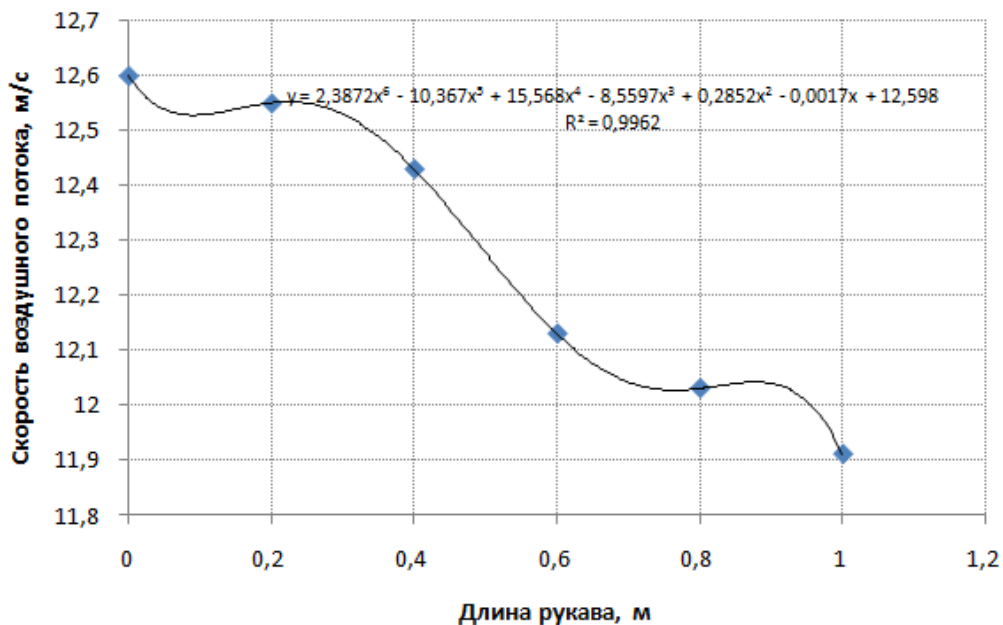


Рисунок 4.6 – Скорости потока воздуха внутри воздушного рукава

Полученные данные хорошо согласуются с теоретическими ($F_{\min} = 9,4$, $F_{\text{табл}} = 3,9$). Следовательно, диаметры воздушного рукава, обеспечивающих равномерность распределения воздуха по всему рукаву обоснованы правильно и составили $D_{\text{вр.нач.}} = 305$ мм, $D_{\text{вр.кон.}} = 205$ мм.

4.3.2 Скорости истечения воздуха из воздушного рукава

Воздушный рукав должен обеспечивать равномерный расход воздуха из всех отверстий. Согласно проведенным теоретическим исследованиям, в ближайших к вентилятору отверстиях наблюдается явление настильности. Воздух выходит под углом к оси воздушного рукава, поэтому скорость воздуха в этих отверстиях меньше необходимой. Использование насадок напротив способствует равномерному истечению воздуха. Для подтверждения этого были проведены экспериментальные исследования.

На рисунке 4.7 представлены экспериментальные зависимости, изменение скорости воздуха при удалении от насадок и отверстий.

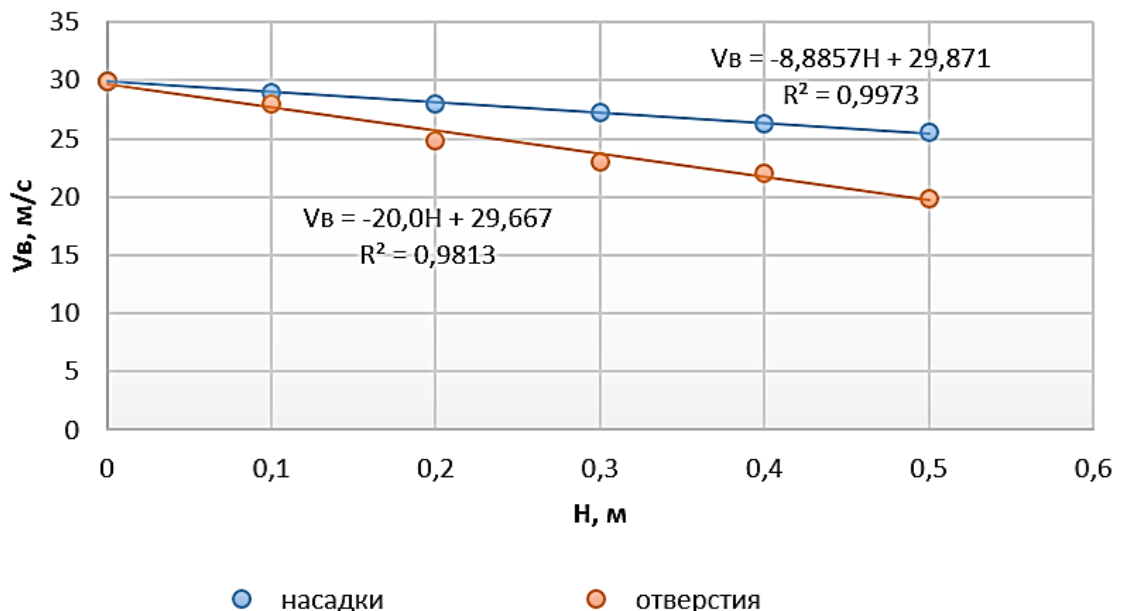


Рисунок 4.7 – Графики изменения скорости потока воздуха при выходе из насадок и отверстий по мере удаления от выходной плоскости

На графике (рисунок 4.7) скорость потока воздуха практически не изменяется. Расстояния H , на которых поддерживается это постоянство, соответствуют расстояниям h_1 ранее рассчитанным для насадок и отверстий. Эти расстояния определяют зону слияния воздушных струй и зону вхождения воздушно-жидкостного потока в воздушный поток. Скорость воздушного потока в этой зоне должна соответствовать расходу из воздушного рукава. Анализируя полученные данные, следует также отметить, что при выходе воздуха из насадок скорость воздушного потока уменьшается значительно медленнее, чем при истечении из отверстий. Кроме того насадки формируют более направленный характер воздушного потока [97].

При определении скорости воздуха из отверстий (таблица 4.2) скорость в начальной и средней частях воздушного рукава отличаются от значений скоростей в конечной его части (рисунок 4.8). Следовательно, нарушается условие равномерности потока воздуха.

Таблица 4.2 – Значения скорости потока воздуха в выходной плоскости отверстий и насадок

Повторность	Скорости воздушного потока V , м/с					
	Насадка			Без насадки		
	№ отверстия/насадки (от вентилятора)					
	1	2	3	1	2	3
1	29,94	29,95	29,9	30,1	29,2	28,9
2	29,78	29,78	29,76	29,94	29,17	27,86
3	29,69	29,75	29,77	29,85	29,16	27,87
Среднее, $v_{в\text{ ср}}$	29,9	29,83	29,81	29,96	29,18	28,21

Визуальные наблюдения дали объяснение этому. По всей длине воздушного рукава наблюдалось отклонение направления воздушной струй от нормального (90° к оси воздушного рукава), что указывало на кривизну потока. Наиболее выраженное отклонение наблюдалось вблизи вентилятора.

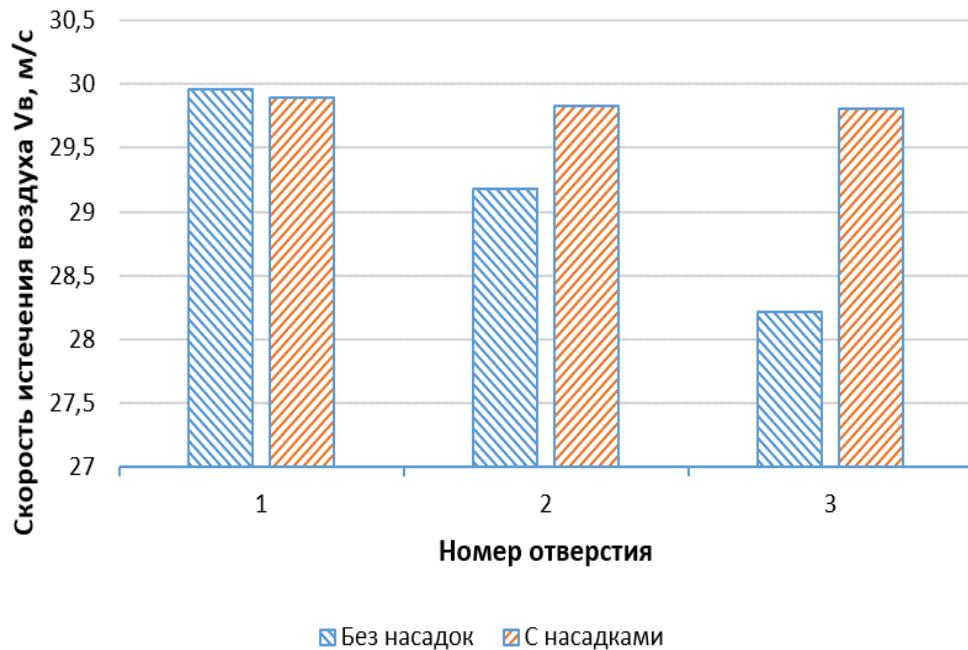


Рисунок 4.8 – Скорости воздуха при выходе из отверстия и насадки

При испытаниях воздушных насадок настильность не наблюдалось, воздух вытекал перпендикулярно оси воздушного рукава, а скорость воздуха по всей длине рукава практически не изменялась.

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили правильность теоретических исследований необходимости использования воздушных насадок в воздушном рукаве.

4.4 Результаты исследования работы гидравлических распылителей

4.4.1 Влияние диаметра распылителя и давление в гидравлической системе на расход рабочей жидкости

Исследовалась зависимость $=Q(d,P)$ расхода рабочей жидкости Q [мл/мин] от диаметра распылителя [мм] и давление в системе [МПа]. Скорость воздушного потока постоянна $V_{п} = 30$ м/с, угол атаки воздушной насадки 30° . Эмпирическая зависимость строилась одношаговым методом наименьших квадратов (1 МНК).

В таблице 4.3 представлены данные экспериментов по определению зависимости расхода рабочей жидкости Q от диаметра распылителя d и давление в системе P .

Таблица 4.3 – Экспериментальные данные зависимости расхода рабочей жидкости Q от диаметра распылителя d и давление в системе P

Диаметр распылителя, d мм	Давление в системе, P МПа	Расход рабочей жидкости, Q мл/мин
2	1	3,59
2	2	5,3
2	3	6,61
2	1,5	4,18
2,5	1	4,19
2,5	1,5	5,15
2,5	2	6,17
2,5	3	7,7
3	1	5,27
3	1,5	6,31
3	2	7,35
3	3	9,2

1. Линейная модель: $Q = -2,65363 + 2,1125d + 1,755048P$

В таблице 4.4 представлены имитационные данные на линейной модели, а на рисунке 4.9 изображена графическая поверхность.

Таблица 4.4 – Имитационные данные линейной модели

	Давление в системе, МПа					
		1	1,5	2	2,5	3
Диаметр распылителя, мм	2	3,326417	4,20394	5,081464	5,958988	6,836512
	2,3	3,960167	4,83769	5,715214	6,592738	7,470262
	2,5	4,382667	5,26019	6,137714	7,015238	7,892762
	2,8	5,016417	5,89394	6,771464	7,648988	8,526512
	3	5,438917	6,31644	7,193964	8,071488	8,949012
	3,2	5,861417	6,73894	7,616464	8,493988	9,371512
	3,5	6,495167	7,37269	8,250214	9,127738	10,00526

Коэффициент детерминированности модели $R^2 = 0,987378$

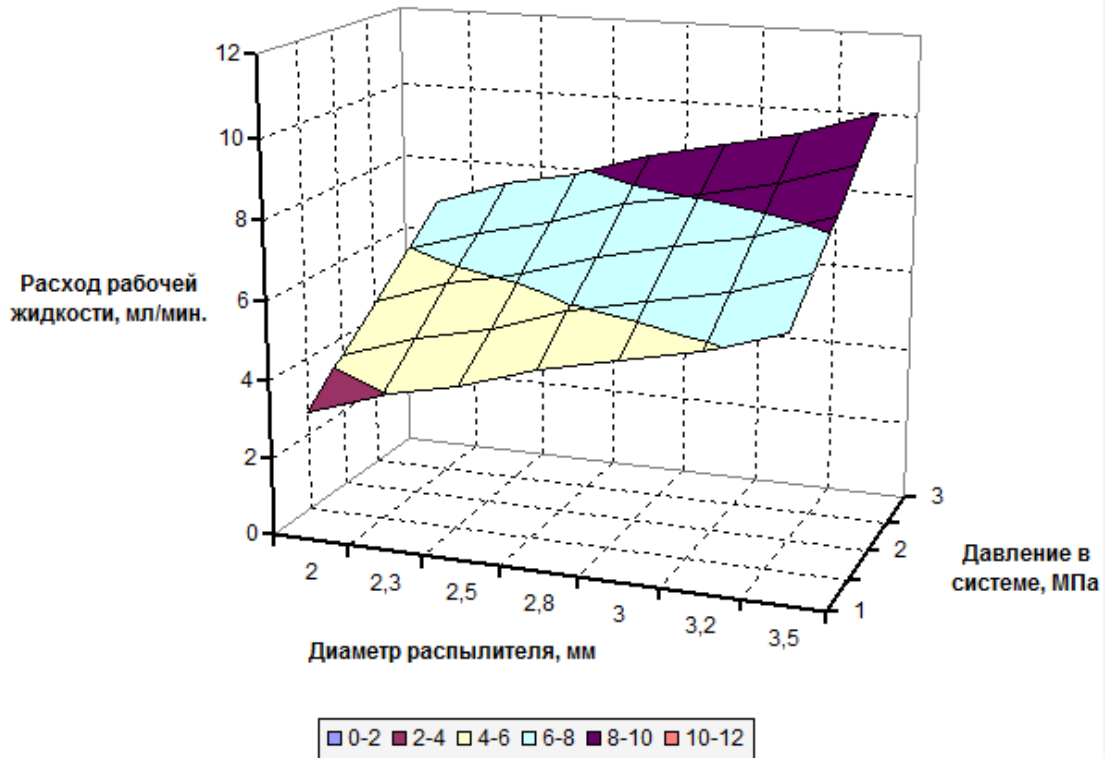


Рисунок 4.9 – Поверхность расхода рабочей жидкости давления в системе и диаметра распылителя

2. Квадратичная модель:

$$Q = 3,498858176 - 2,12951161d + 0,728608973P - 0,694415856d^2 - 0,40907286dP + 1,21536P^2$$

В таблице 4.5 представлены имитационные данные на квадратичной модели, а на рисунке 4.10 изображена графическая поверхность.

Таблица 4.5 – Имитационные данные на квадратичной модели

	Давление в системе, МПа					
		1	1,5	2	2,5	3
Диаметр распылителя, мм	2	3,56439686	4,337953939	5,11158292	5,885283789	6,659056556
	2,2	3,80361842	4,618082794	5,43261906	6,247227216	7,061907269
	2,5	4,26661316	5,142438454	6,01833565	6,894304734	7,770345715
	2,7	4,6447179	5,561450479	6,47825496	7,395131331	8,312079599
	3	5,31603738	6,294130896	7,2722963	8,250533606	9,228842802
	3,2	5,83302529	6,852026093	7,87109879	8,890243374	9,909459857
	3,5	6,71266954	7,793031266	8,87346489	9,953970406	11,03454782

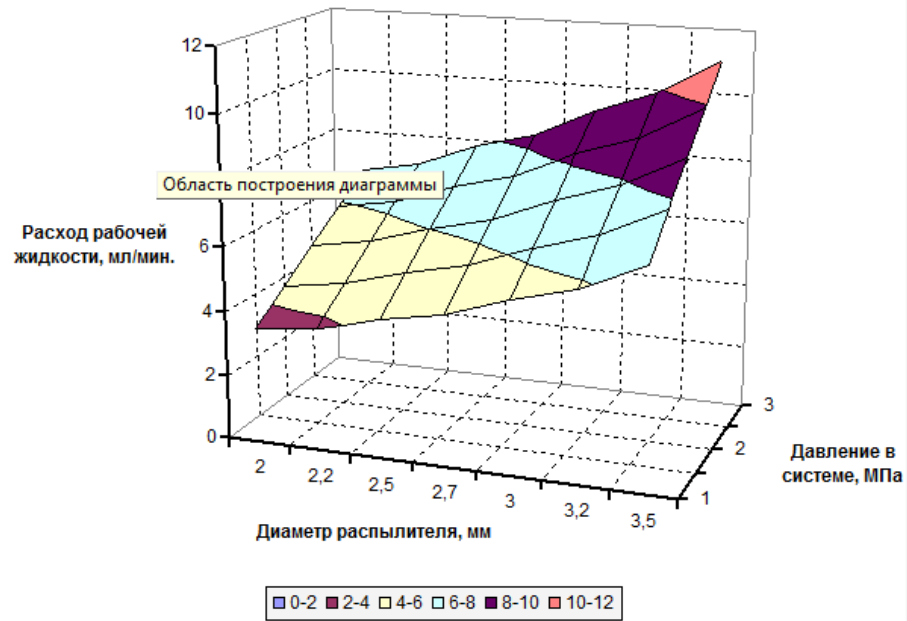


Рисунок 4.10 – Поверхность расхода рабочей жидкости давления в системе и диаметра распылителя

4.4.2 Экспериментальное определение формы факела распыла

Для исследования формы факела как было сказано выше, устанавливали секторы-сборники (рисунок 3.5) под распылителем и по количеству рабочей жидкости строились контурные диаграммы по форме факела для экспериментального и базового опрыскивателя (рисунки 4.11, 4.12).

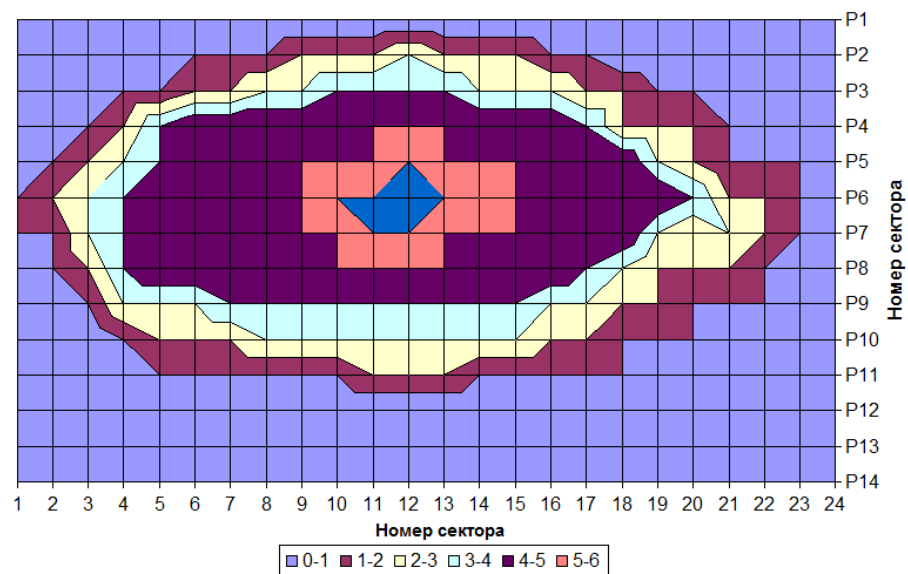


Рисунок 4.11 – Поверхность формы факела для экспериментального опрыскивателя $V_{II} = 30$ м/с, $D_p = 2$ мм, $P = 1$ МПа

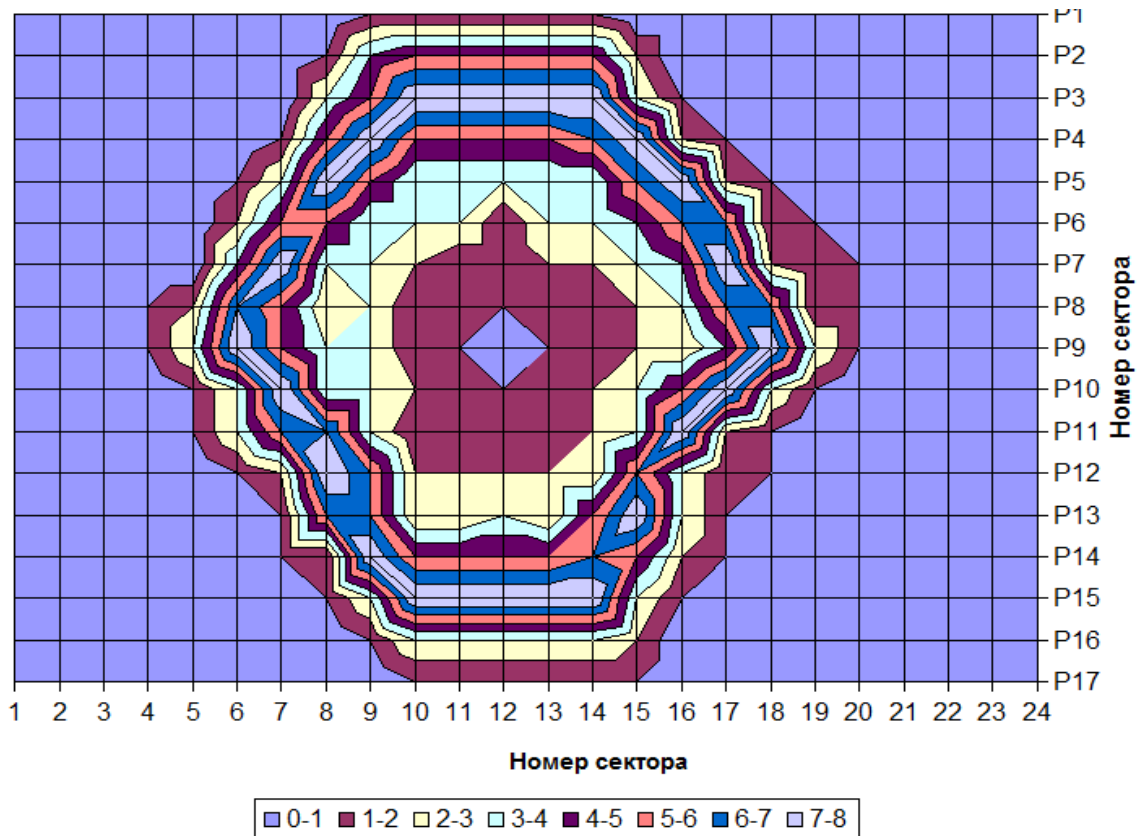


Рисунок 4.12 – Поверхность формы факела для базового опрыскивателя $V_{п} = 0$ м/с, $D_p = 2$ мм, $P = 1$ МПа

Анализируя рисунки 4.11, 4.12 видно, что на экспериментальном опрыскивателе использование воздушного потока факел приобретает форму эллипса, а рабочая жидкости равномерно распределяется по всей поверхности, в то время как на базовом опрыскивателе факел приобретает полый конус, а основная часть рабочая жидкость оседает по оси конуса.

Такая ситуация наблюдалась и в остальных вариантах наблюдения при различных диаметрах распылителя и давления в системе.

Гистограмма распределения удельного объемного расхода рабочей жидкости для базового и экспериментального опрыскивателя представлена на рисунке 4.13.

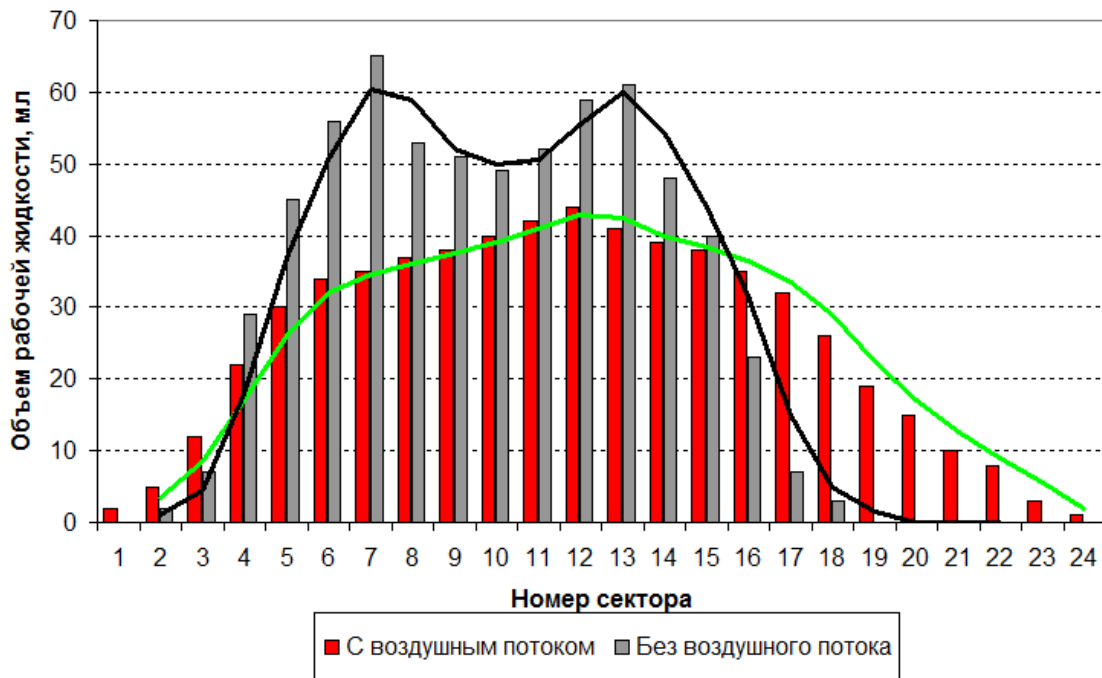


Рисунок 4.13 – Гистограмма распределения удельного объемного расхода рабочей жидкости для базового и экспериментального опрыскивателя

4.5. Показатели качества обработки сорных растений раствором гербицида

После реализации полного факторного эксперимента (ПФЭ) вид поверхности отклика не известен, поэтому наиболее применимым для исследований является центральный композиционный ортогональный план, позволяющий получить равномерную информацию по всем направлениям факторного пространства.

Количество опытов определяем по формуле (3.7). Ядром плана с двумя факторами является полный факторный эксперимент $2^k = 4$, содержащий четыре опыта. Для описания поверхности отклика полиномом второго порядка требуется постановка дополнительных опытов, образующих «звездные» точки. Количество «звездных» точек $2^k = 4$, количество нулевых точек $n = 1$. Значит $N = 9$.

Каждый опыт проводился в трехкратной повторности. Результаты исследований по количеству капель рабочей жидкости на исследуемой площади приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Матрица планирования двухфакторного эксперимента

№ опыта	X_0	X_1	X_2	Количество капель, шт./см ²			
				y_{11}	y_{12}	y_{13}	\bar{y}_1
1	+1	-1	-1	80	83	81	81,3
2	+1	+1	-1	60	60	61	60,3
3	+1	-1	+1	72	75	73	73,3
4	+1	+1	+1	52	49	50	50,3
5	+1	-1	0	81	80	81	80,7
6	+1	+1	0	56	53	54	54,3
7	+1	0	-1	87	85	88	86,7
8	+1	0	+1	78	75	74	75,7
9	+1	0	0	85	86	86	85,7
							Σ 648,3

Среднее значение параметра оптимизации определили по формуле (3.13), а дисперсию опытов по формуле (3.15). Результаты расчетов представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Оценка воспроизводимости эксперимента

№ опыта	$(y_{11} - \bar{y}_1)^2$	$(y_{12} - \bar{y}_1)^2$	$(y_{13} - \bar{y}_1)^2$	S_{y1}^2	$S^2(\bar{y}_1)$
1	1,78	2,78	0,11	2,33	1,889
2	0,11	0,11	0,44	0,33	
3	1,78	2,78	0,11	2,33	
4	2,78	1,78	0,11	2,33	
5	0,11	0,44	0,11	0,33	
6	2,78	1,78	0,11	2,33	
7	0,11	2,78	1,78	2,33	
8	5,44	0,44	2,78	4,33	
9	0,44	0,11	0,11	0,33	
Σ				17,00	

По формуле (3.16) нашли однородность дисперсности опытов и получили $G_{расч}=0,255$.

Для степени свободы числителя $n-1=2$ и знаменателя $N=9$ при уровне значимости 0,05 сравнили расчетное значение с табличным [130].

$$G_{табл}=0,4775 > G_{расч}=0,255$$

Условие (3.17) выполнено, следовательно гипотеза об однородности дисперсий опытов может быть принята. Затем рассчитали дисперсию воспроизводимости по формуле (3.18) и получили $s^2(\bar{y}_1)=1,889$.

По формулам (3.8) .. (3.12) и (3.14) рассчитываем коэффициенты уравнения регрессий (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Определение коэффициентов регрессии

№ опыта	\bar{y}_1	$X_1 \bar{y}_1$	$X_2 \bar{y}_1$	$X_1 X_2 \bar{y}_1$	X'_1	X'_2	$X'_1 \bar{y}_1$	$X'_2 \bar{y}_1$
1	81,3	-81,3	-81,3	+81,3	+0,33	+0,33	+26,83	+26,83
2	60,3	+60,3	-60,3	-60,3	+0,33	+0,33	+19,90	+19,90
3	73,3	-73,3	+73,3	-73,3	+0,33	+0,33	+24,19	+24,19
4	50,3	+50,3	+50,3	+50,3	+0,33	+0,33	+16,60	+16,60
5	80,7	-80,7	0	0	+0,33	-0,67	+26,63	-54,07
6	54,3	+54,3	0	0	+0,33	-0,67	+17,92	-36,38
7	86,7	0	-86,7	0	-0,67	+0,33	-58,09	+28,61
8	75,7	0	+75,7	0	-0,67	+0,33	-50,72	+24,98
9	85,7	0	0	0	-0,67	-0,67	-57,42	+28,28
Σ	648,3	-70,4	-29	1			-34,16	78,94

Критерий Фишера показал однородность полученных экспериментальных данных, так как расчетное значение $F=6,63398$ меньше табличного $F_T=7,7086$ при уровне значимости 0,95. Таким образом, эмпирическая модель показывает монотонный тренд дисперсий.

По формулам (3.24) .. (3.27) определили статическую значимость коэффициентов по t -критерию Стьюдента.

В наших опытах уровень значимости 0,05 и степени свободы $N(n-1)=18$ табличное значение Стьюдента $t(18; 005) = 2,101$. Проверили выполнения условия (3.28).

Математическая модель после исключения статически незначимых коэффициентов представлена в виде:

$$y_1 = 84,18 - 11,72X_1 - 4,83X_2 + 2,72X_2^2 + 15,94X_1^2, \quad (4.2)$$

Проверим адекватность полученное уравнение по формуле (3.30). Результаты заносим в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Адекватность представленных результатов эксперимента уравнения регрессии

№ опыта	Экспериментальное значение \hat{y}_1	Расчетное значение \bar{y}_1	Значение выражения $(\bar{y}_1 - \hat{y}_1)^2$
1	80,6	81,3	0,49
2	59,9	60,3	0,16
3	73,0	73,3	0,09
4	50,3	50,3	0
5	81,0	80,7	0,09
6	54,1	54,3	0,04
7	86,5	86,7	0,1
8	75,4	75,7	0,09
9	85,9	85,7	0,04
Σ	646,7	648,3	1,1

Аналогично поступаем с экспериментальными данными количеству капель при нахождении угла установки воздушного сопла.

Исходные данные и результаты расчетов представлены в таблицах 4.10 ... 4.14.

Исключаем статистически незначимых коэффициентов уравнение регрессии, описывающее количество капель на обрабатываемой площади, уравнение примет вид:

$$y_2 = 91,3 - 9,2X_1 - 4,6X_2 + 3,42X_1X_2 + 16,83X_1^2 + 5,5X_2^2, \quad (4.3)$$

Определим уровни варьированных факторов, таблица 4.10.

Таблица 4.10 – Уровни варьирования факторов

Уровни варьирования факторов	Экспериментальный опрыскиватель (с воздушной поддержкой)	
	Угол атаки α (м/сек)	Диаметр воздушного сопла D_c (мм)
Кодовое обозначение	X_1	X_2
Интервал варьирования Δx_i	15	10
Нулевой уровень $x_i = 0$	45	30
Нижний уровень $x_i = -1$	30	20
Верхний уровень $x_i = +1$	60	40

Таблица 4.11 – Матрица планирования двухфакторного эксперимента

№ опыта	X_0	X_1	X_2	Количество капель, шт./см ²			
				y_{11}	y_{12}	y_{13}	\bar{y}_1
1	+1	-1	-1	79	81	79	79,7
2	+1	+1	-1	69	66	67	67,3
3	+1	-1	+1	79	77	76	77,3
4	+1	+1	+1	52	50	52	51,3
5	+1	-1	0	82	83	84	83,0
6	+1	+1	0	65	67	67	66,3
7	+1	0	-1	90	92	90	90,7
8	+1	0	+1	83	81	80	81,3
9	+1	0	0	89	91	93	91,0
							Σ 688,0

Таблица 4.12 – Оценка воспроизводимости эксперимента

№ опыта	$(y_{11} - \bar{y}_1)^2$	$(y_{12} - \bar{y}_1)^2$	$(y_{13} - \bar{y}_1)^2$	$S_{y_1}^2$	$S^2(\bar{y}_1)$
1	0,44	1,78	0,44	1,33	
2	2,78	1,78	0,11	2,33	
3	2,78	0,11	1,78	2,33	
4	0,44	1,78	0,44	1,33	
5	1,00	0,00	1,00	1,00	
6	1,78	0,44	0,44	1,33	
7	0,44	1,78	0,44	1,33	
8	2,78	0,11	1,78	2,33	
9	4,00	0,00	4,00	4,00	
Σ				17,33	

Таблица 4.13 – Определение коэффициента регрессии

№ опыта	\bar{y}_1	$X_1 \bar{y}_1$	$X_2 \bar{y}_1$	$X_1 X_2 \bar{y}_1$	X'_1	X'_2	$X'_1 \bar{y}_1$	$X'_2 \bar{y}_1$
1	79,7	-79,7	-79,7	+79,7	+0,33	+0,33	+26,30	+26,30
2	67,3	+67,3	-67,3	-67,3	+0,33	+0,33	+22,21	+22,21
3	77,3	-77,3	+73,3	-73,3	+0,33	+0,33	+25,1	+25,1
4	51,3	+51,3	+51,3	+51,3	+0,33	+0,33	+16,93	+16,93
5	83,0	-83,0	0	0	+0,33	-0,67	+27,39	-55,61
6	66,3	+66,3	0	0	+0,33	-0,67	+21,88	-44,42
7	90,7	0	-90,7	0	-0,67	+0,33	-60,77	+29,93
8	81,3	0	+81,3	0	-0,67	+0,33	-54,47	+26,83
9	91,0	0	0	0	-0,67	-0,67	-60,97	+60,97
Σ	687,9	-55,1	-31,8	-9,6			-36,4	108,24

Таблица 4.14 – Результаты эксперимента уравнения регрессии и их адекватность

№ опыта	Экспериментальное значение \hat{y}_1	Расчетное значение \bar{y}_1	Значение выражения $(\bar{y}_1 - \hat{y}_1)^2$
1	80,0	79,7	0,09
2	67,2	67,3	0,01
3	77,1	77,3	0,04
4	51,5	51,3	0,04
5	83,0	83,0	0
6	66,1	66,3	0,04
7	91,0	90,7	0,09
8	81,4	81,3	0,01
9	89,8	91,0	0,04
Σ	687,1	687,9	0,36

В таблице 4.15 представлены результаты статической обработки эмпирических данных.

Таблица 4.15 – Результаты статической обработки эмпирических данных

Критерий	Табличное значение	Эмпирическое значение
Воспроизводимость процесса по критерию Кохрена	Степень свободы числителя $n-1=2$ и знаменателя $N=9$ при уровне значимости 0,05 $G_T=0,4775$	$G_9=0,230$
Оценка значимости коэффициентов модели по критерию Стьюдента	При уровне значимости 0,05 и степени свободы $N(n-1)=18$ табличное значение Стьюдента $t(18; 0,05) = 2,101$	$t_9=1,882$
Проверка адекватности модели по критерию Фишера	Для уровня значимости 0,05 и степеней свободы $N-\lambda = 5$ и $N(n-1) = 18$ $F_T = 2,7$	$F_9=1,216$

Полученные уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс нанесения рабочей жидкости на единицу площади в закодированных значениях факторов по количеству капель на единицу площади:

$$- y_1 = 84,18 - 11,72X_1 - 4,83X_2 + 2,72X_2^2 + 15,94X_1^2, \text{ шт/см}^2$$

где X_1 – кодовое значение скорости воздушного потока;

X_2 – кодовое значение диаметра воздушного сопла.

$$- y_2 = 91,3 - 9,2X_1 - 4,6X_2 + 3,42X_1X_2 + 16,83X_1^2 + 5,5X_2^2, \text{ шт/см}^2$$

где X_1 – кодовое значение угла атаки воздушного сопла;

X_2 – кодовое значение диаметра воздушного сопла.

4.6 Сравнительный анализ качественных показателей опрыскивания

Проведем сравнительный анализ по количеству капель на абаксиальной (нижней) части обрабатываемой поверхности на базовом без воздушной поддержки ($V_B=0$) и на экспериментальном опрыскивателе с воздушной поддержкой ($V_B=30$). В таблице 4.16 указаны полученные в ходе проведения полевых исследований данные по количеству капель на абаксиальной части сорного растения без воздушной поддержки (базовый опрыскиватель) и с воздушной поддержкой (экспериментальный опрыскиватель).

Таблица 4.16 – Результаты по количеству капель на абаксиальной части сорного растения на базовом и экспериментальном опрыскивателях

Диаметр распылителя, мм (d)	Давление, МПа (P)	Кол-во капель, шт. (N) (базовом опрыскиватель)	Кол-во капель шт. (N) (экспериментальном опрыскиватель)
1	0,1	6	43
1	0,2	8	47
1	0,3	12	53
2	0,1	5	39
2	0,2	5	46
2	0,3	9	50
3	0,1	5	38
3	0,2	6	40
3	0,3	8	49

На рисунке 4.14 отображена гистограмма размера капель и их количества для базового и экспериментального опрыскивателей (при давлении в системе $P = 0,1$ МПа, диаметр распылителя $d=1$ мм, скорость воздушного потока $V_B=30$ м/с).

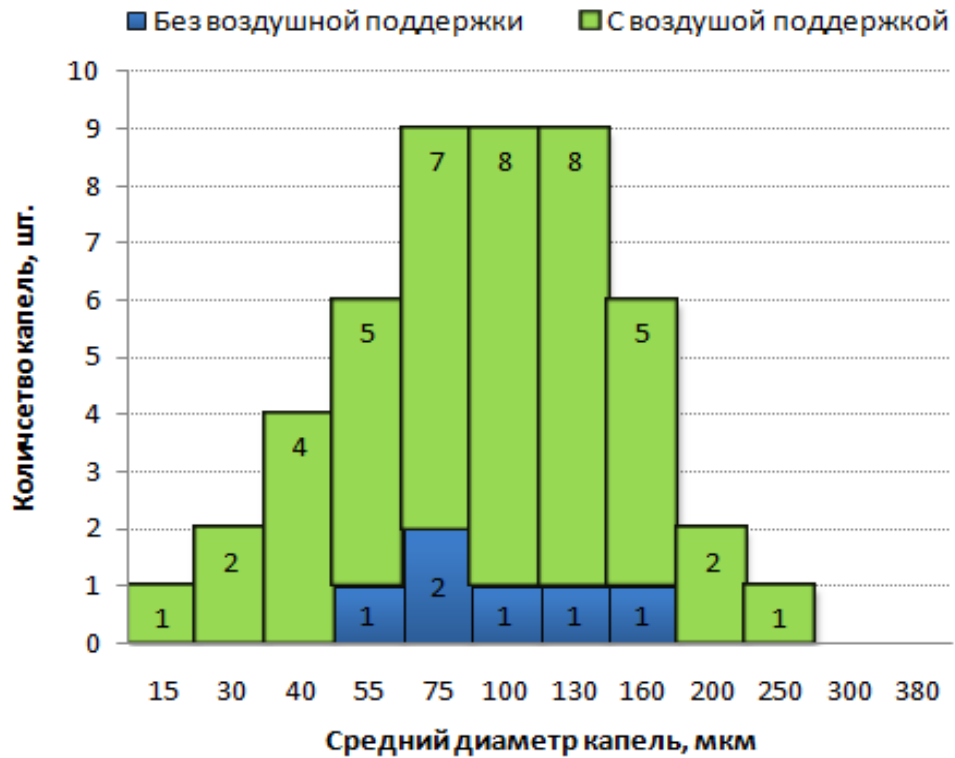


Рисунок 4.14 – Гистограмма распределения размера капель и их количества на 1 см²

На рисунке 4.15, представлена диаграмма, которая показывают количество капель на адаксиальной поверхности листа на базовом и на новом опрыскивателях. Аналогичная картина наблюдалась в остальных опытах.

На основании дисперсионного анализа экспериментальных данных по количеству капель и площади покрытия получили данные о влиянии давления P , диаметра насадки d и скорости воздушного потока на количество капель, осевших на улавливающие поверхности, а также на площадь покрытия. По полученным данным построили графики. Аппроксимация экспериментальных зависимостей проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. В результате были получены уравнения и значения коэффициентов аппроксимации R .

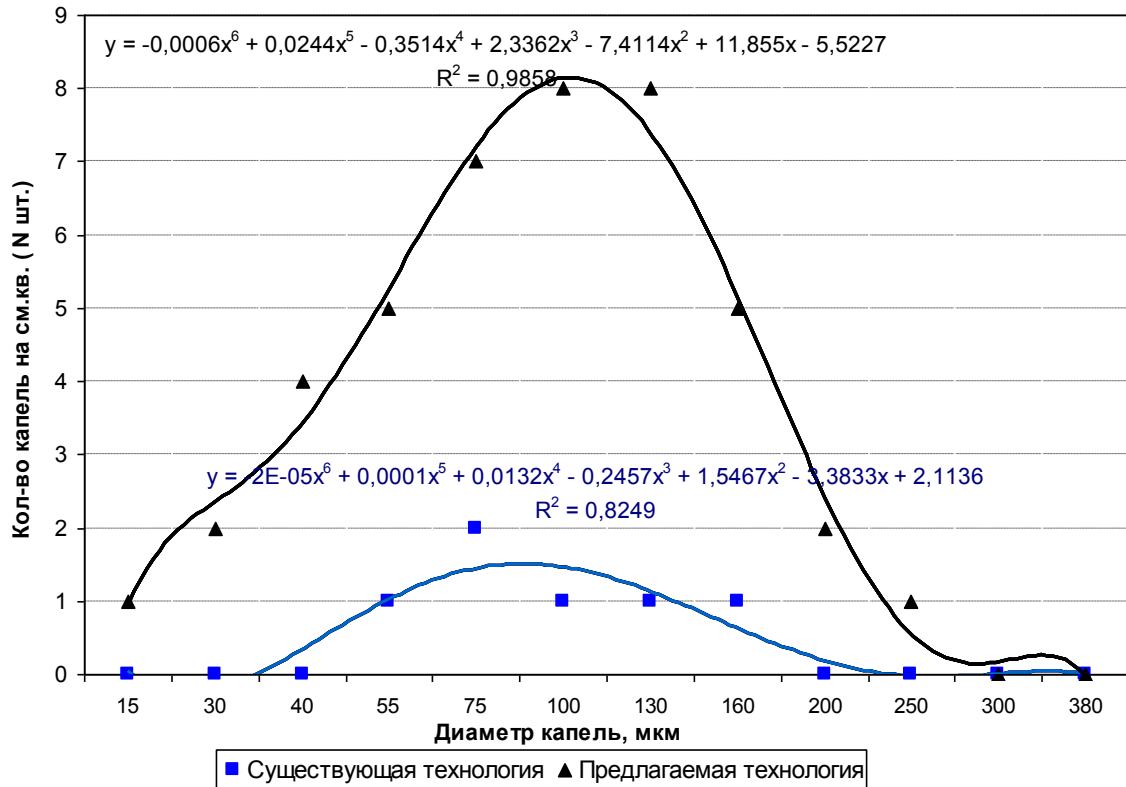


Рисунок 4.15 – Распределения капель на абаксиальной поверхности листьев сорных растений

На основе полученных данных представлены зависимости распределения количества капель на 1 см² на абаксиальной стороне сорного растения от давления в системе и диаметра распылителя с применением воздушной поддержки (предлагаемая технология) так и без воздушной поддержки (существующая технология).

Из диаграмм на рисунках 4.15 следует, что на базовом опрыскивателе общее количество капель на абаксиальной поверхности сорных растений не удовлетворительное и не превышает 20 шт./см². На новом же количество капель соответствует норме и составляет от 40 до 60 шт./см². Полученные результаты соответствуют схеме оптимальных значений показателей качества опрыскивания и эффективности их использования (см. рисунок 1.20). Это ведет к уменьшению энергозатрат и химических препаратов, так как отпадает необходимость повторного опрыскивания.

В результате обработки полученных данных получили, что площади покрытия абаксиальной (нижней) части листа на базовом составила в среднем 5 % на экспериментальном 40 % (таблица 4.17).

Таблица 4.17 - Экспериментальные данные по площади покрытия абаксиальной (нижней) части листа

Диаметр форсунки и давление в системе	Базовый ($V_B=0$)	Экспериментальный ($V_B=30$ м/с)
d=1 мм, P=1 МПа	4,12 %	39,56 %
d=1 мм, P=2 МПа	4,2 %	39,6 %
d=1 мм, P=3 МПа	4,36 %	39,62 %
d=2 мм, P=1 МПа	4,47 %	39,6 %
d=2 мм, P=2 МПа	4,5 %	39,97 %
d=2 мм, P=3 МПа	4,55 %	39,98 %
d=3 мм, P=1 МПа	4,99 %	39,99 %
d=3 мм, P=2 МПа	5,12 %	40,6 %
d=3 мм, P=3 МПа	5,3 %	41,26 %

Из данных таблицы 4.17 видно, что наибольшая площадь покрытия (41,26%) раствором гербицида абаксиальной (нижней) части листьев сорных растений при скорости воздушного потока $V_B = 30$ м/с достигается при диаметре форсунки $d = 3$ мм и давлении в гидравлической системе $P = 3$ МПа.

4.7 Обоснование взаимного расположения гидравлического и пневматической систем

Эффективность работы гербицидного опрыскивателя зависит от взаимного расположения гидравлической и пневматической систем относительно друг друга.

Воздействие воздушно-жидкостного потока на объект обработки возможно после того, как воздушный поток преодолеет расстояние h_1 (формула 2.71), а воздушно капельный h_2 (формула 2.72).

Качественная объемная обработка зависит от угла (α) вхождения воздушного потока в сорные растения. Наилучшее проникновение обеспечил угол

30°. При этом происходит шевеление и отклонение листьев сорных растений при наименьшем расстоянии от воздушных насадок до сорных растений.

На рисунке 4.16 показана схема расположения воздушных насадок и распылителей.

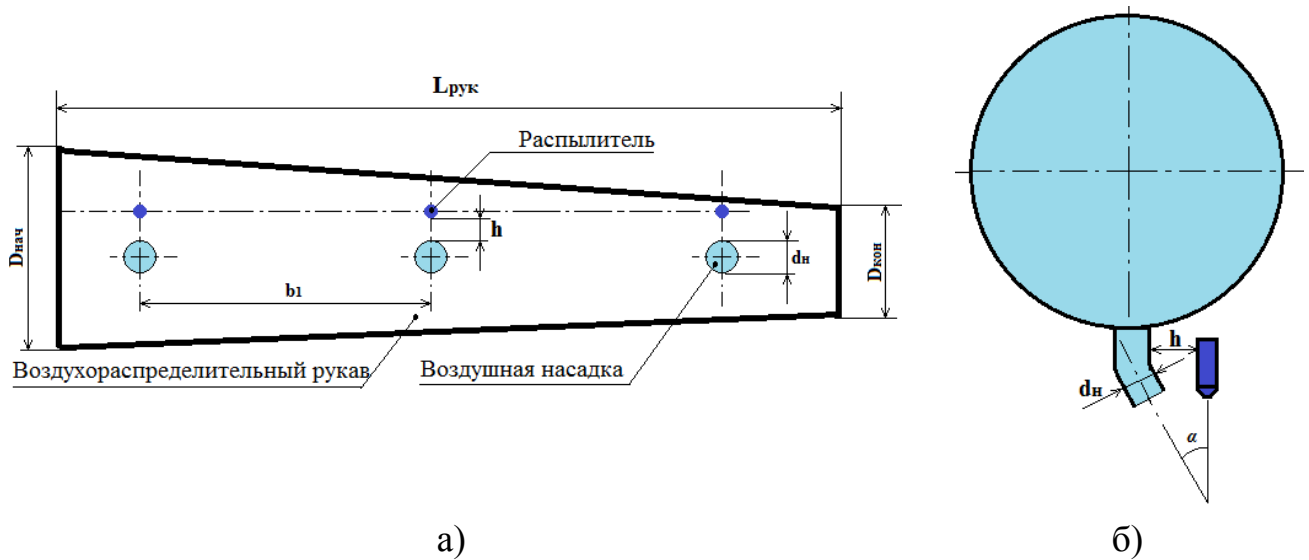


Рисунок 4.16 – Схема расположения гидравлической и пневматической системы:
а – вид снизу; б – вид сбоку

4.8 Результаты полевых испытаний

В результате проведения полевых испытаний получены качественные показатели работы машины с предложенными рабочими органами для химической защиты виноградных насаждений от сорняков: густота покрытия (количество капель на см^2) в зависимости от угла атаки насадки для подачи воздуха и скорости воздушного потока. Результаты испытаний сведены в таблицу 4.18 (скорость движения агрегата $V_a = 4$ км/ч) и таблицу 4.19 (скорость движения агрегата $V_a = 6$ км/ч).

Исходя из полученных экспериментальным путём данных, характеризующих качество покрытия листовой поверхности сорного растения, построены графики (рисунок 4.17, 4.18).

Таблица 4.18 – Густота покрытия капель на листовом аппарате сорного растения при $V_a = 4$ км/ч

		Угол атаки насадки						
		30	35	40	45	50	55	60
Скорость воздушного потока	20	49	48	47	45	44	42	42
	22	50	51	49	48	45	43	42
	24	53	53	49	48	47	44	43
	26	55	54	50	50	47	45	45
	28	57	55	53	51	49	47	46
	30	59	59	55	52	50	48	47

Таблица 4.19 – Густота покрытия капель на листовом аппарате сорного растения $V_a = 6$ км/ч

		Угол атаки насадки						
		30	35	40	45	50	55	60
Скорость воздушного потока	20	51	48	45	45	42	41	40
	22	50	48	44	46	43	44	42
	24	53	49	45	50	44	41	43
	26	53	52	48	47	47	43	45
	28	56	55	51	48	44	43	46
	30	57	56	52	49	45	44	43

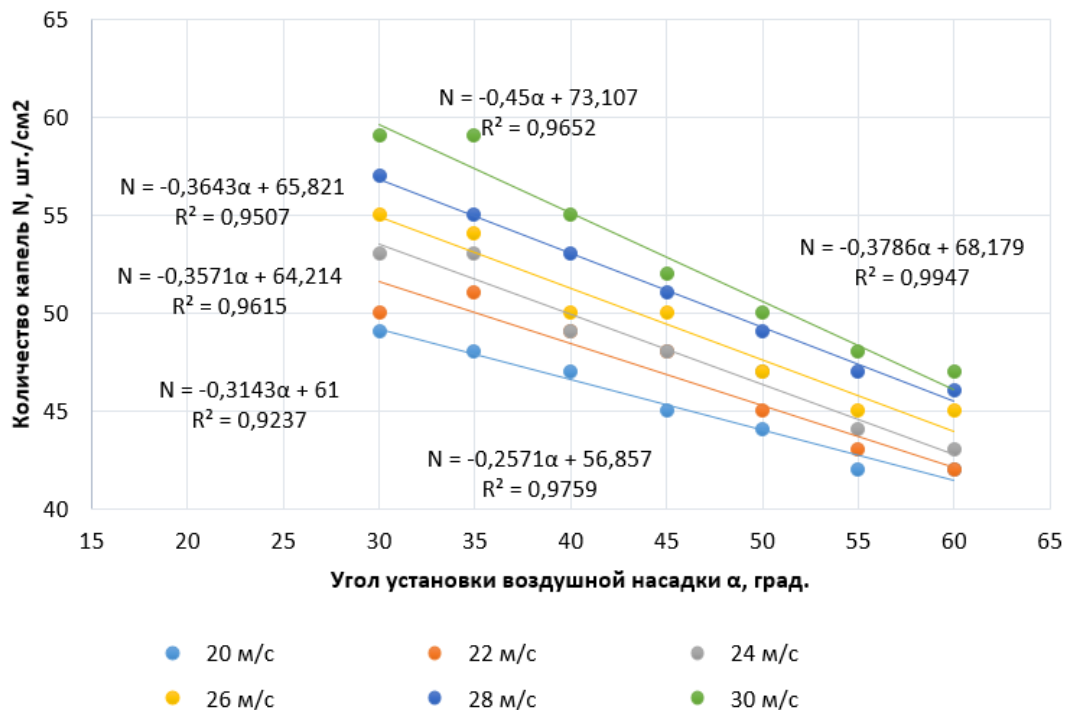


Рисунок 4.17 – Зависимость числа капель в зависимости от угла атаки воздушных насадок и скорости воздушного потока ($V_a = 4$ км/ч)

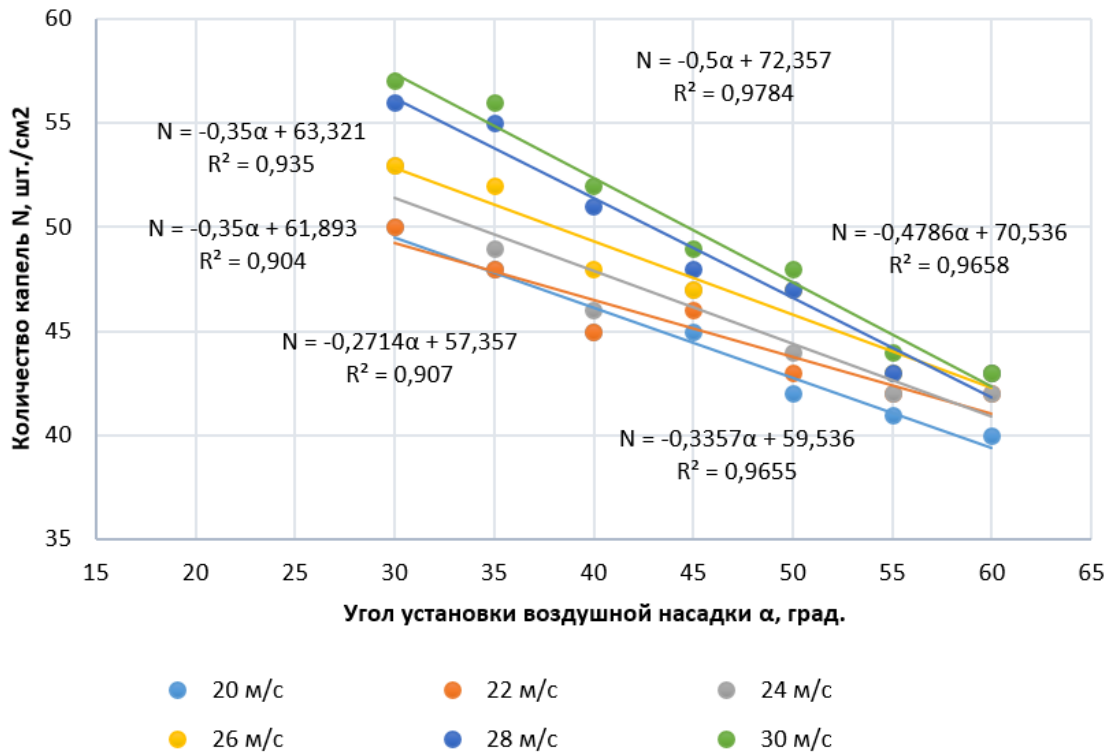


Рисунок 4.18 – Зависимость числа капель в зависимости от угла атаки воздушной насадки и скорости воздушного потока ($V_a = 6$ км/ч)

4.9 Выводы

Экспериментальные исследования подтвердили правильность теоретических исследований о необходимости использования насадок в воздушном рукаве: насадки позволяют формировать более направленный воздушный поток при его истечении из воздушного рукава, при этом скорость истечения воздуха практически не меняется по всей длине рукава.

Данные, полученные в ходе проведения лабораторно-полевых исследований предложенных рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в приштамбовых зонах междурядий виноградников, соответствуют оптимальным значениям показателей качества опрыскивания и эффективности использования химических средств защиты растений (рисунок 1.20). Количество капель препарата осевшего на сорные растения находится в пределах 40...59 шт./см² (по сравнению с 5...13 шт./см² у базовой машины), а размер капель в пределах 100...250 мкм. При применении турбулентного воздушно-капельного потока

площадь обработки абаксиальной части сорного растения достигла 40%, в то время как при обычном опрыскивании (без воздушного потока) этот показатель составляет лишь 5%. При этом наибольшая площадь покрытия (41,26%) раствором гербицида абаксиальной (нижней) части листьев сорных растений при скорости воздушного потока $V_v = 30$ м/с достигается при диаметре форсунки $d = 3$ мм и давлении в гидравлической системе $P = 3$ МПа. Полученные значения параметров и режимов работы опрыскивателя, способствуют уменьшению энергоёмкость процесса опрыскивания и улучшает качество обработки, что повлечет за собой в дальнейшем экономию на ядохимикатах за счет уменьшения числа обработок и повышения производительности, а также экологическую безопасность во время работы опрыскивателя.

Диаметр воздушных насадок при работе со щелевыми распылителями должен составлять 30 мм, а при работе с вихревыми – 26 мм. С конструктивной точки зрения принимаем наибольший диаметр насадки. Тогда высота расположения щелевых распылителей составит 35 см, а вихревых 50 см.

Хозяйственные испытания подтвердили, что опрыскиватель, рабочие органы которого создают направленный турбулентный воздушно-капельный поток рабочего раствора, эффективнее обрабатывает сорные растения, и на абаксиальной части их листового аппарата оседает большая доля вносимых препаратов, чем при обработке существующими опрыскивателями без принудительного осаждения капель. Воздушно-жидкостная струя позволяет равномерно распределить капли рабочей жидкости растениях и более чем на 25-30% обеспечить мелкокапельное распыление (за счет дробления капель воздушным потоком). При скорости ветра свыше 7 км/ч существующие опрыскиватели не способны работать, но здесь, же за счет кинетической энергией воздушно-жидкостного потока снос потока снижается. Опрыскиватель с принудительным осаждением рабочего раствора, способен работать и при такой скорости ветра.

РАЗДЕЛ 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПРИШТАМБОВЫХ ЗОНАХ ВИНОГРАДНИКОВ

5.1 Расчет экономической эффективности машины внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградников

Экономическая эффективность новых машин и технологий оценивается на основе конечных производственных показателей и, как следствие, увеличения прибыли [72, 74, 101, 99, 104, 143].

Расчет экономической эффективности опрыскивателя для борьбы с сорной растительностью на виноградниках проводился на основе существующих методик, стандартов и нормативных документов [109, 108] с учетом среднегодового уровня инфляции.

Экономическая эффективность применения гербицидного опрыскивателя с принудительным осаждением рабочей жидкости определялась на основании эксплуатационно-технических характеристик, полученных в результате экспериментальных исследований.

Предлагаемый способ обработки с принудительным осаждением рабочей жидкости сравнивали с традиционным способом опрыскивания, без воздушной поддержки (опрыскиватель ОНГВ-4).

Были приняты допущения, подтвержденные исследованиями [78], что при распылении мелкими каплями увеличение урожайности составляет 15%. Стоимости конструкции гербицидного опрыскивателя рассчитывалась по каталогам [145, 83], а расходы топлива и норма выработки из выполненного объема работ [61, 90, 137].

При расчете использовались данные УНТК ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» и СХП «Заветное». При расчете приняты среднерыночные цены трактора, топлива и гербицида.

Цена опрыскивателя это затраты на приобретение материалов их доставки и монтажа.

$$C_m = \sum k_i C_i n_i, \quad (5.1)$$

где k_i – коэффициент, учитывающий стоимость доставки, монтажа (1,3... 1,4);

C_i – цена i -го элемента опрыскивателя, руб.;

n_i – количество i -ых узлов.

Расчет единовременных капитальных вложений приведен в табличной форме (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Стоимость гербицидного опрыскивателя

Наименование	Цена, розничная, руб.	Количество	k_i	Сумма, руб.
Насос (мембранный)	11550	1	1,3	15015
Пластиковая емкость	4100	1	1,3	5330
Распылители	700	24	1,3	21840
Труба 60x30	83	10	1,3	1079
Труба 100x50	135	8	1,3	1404
Пруток 8 мм	30	15	1,3	585
Шланги нагнетательной магистрали	180	17	1,3	3978
Вентилятор с приводом от гидромотора	4800	1	1,4	6720
Манометр	350	1	1,3	455
Хомут 60x36	35	10	1,3	455
Хомут 30x14	25	20	1,3	650
Тент	180	4	1,3	936
Трос	75	2	1,3	195
ИТОГО				58642

Последовательность решения с числовыми значениями представлены в приложении Г таблицы 1 – 3.

В таблице 1, приложения Г представлены исходные данные для расчета экономической эффективности гербицидного опрыскивателя.

Экономический эффект от внедрения опрыскивателя проведен в сравнении с опрыскивателем ОНГВ-4 по методике [107] в ценах сентября 2017 г. В предлагаемом и базовом варианте машины агрегируется трактором МТЗ-82.1.

Показатели экономической эффективности внедрения гербицидного опрыскивателя приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Показатели экономической эффективности внедрения гербицидного опрыскивателя

Показатели	Новый вариант	Базовый вариант	Эффект
Сумма приведенных затрат на единицу наработки, руб/га	10146,4	20095,72	2190,62
Удельные капитальные вложения по машине, руб/га	275	1262,64	454,54
Приведенные капитальные вложения, руб/га	120,08	202,02	2194,28
Годовой приведенный экономический эффект от эксплуатации нового опрыскивателя, руб.	543987,6		–
Экономическая эффективность на единицу наработки, руб/га	9949,32	–	
Срок окупаемости, лет	0,23	–	–

Анализ показателей, показал, что экономический эффект достигается за счет снижения нормы внесения препарата и повышения качества обработки абаксиальной стороны листостебельной части сорного растения, что способствует полному уничтожению сорного растения, особенно это касается гидрофильных растений. Это доказывает, что при использовании экспериментально гербицидного опрыскивателя исключается повторное опрыскивание. На рисунке 5.1 показаны степень уничтожения сорного растения после 18 дней как было произведено опрыскивание.

На фотографии (рисунок 5.1 а) можно наблюдать, что степень уничтожения на новом опрыскивателе сорных растений достигает 98 %, в то время как на базовом степень уничтожения 60% (рисунок 5.1 б).



а)



б)

Рисунок 5.1 – Степень уничтожения сорного растения: а – на экспериментальном опрыскивателе; б – на базовом опрыскивателе

Годовой экономический эффект от внедрения гербицидного опрыскивателя составляет 9949,32 руб., срок окупаемости – 0,23 года.

5.2. Энергетическая оценка применения гербицидного опрыскивателя в приштамбовых зонах виноградников

Энергетическая оценка эффективности применения опрыскивателя определялась в соответствии с методиками [109, 108, 71], характеризующих уровень трудо-, энерго- и ресурсозатратности технологических процессов исследуемой техники.

В приложении Д показаны формулы для расчета энергетической оценки опрыскивателя.

Для сравнения в расчетах был взят опрыскиватель ОНГВ-4. Значение величин для наших расчетов были взяты по паспортным данным:

$$B_1 = 3,0 \text{ м}; v_1 = 4,0 \text{ км/ч}; B_2 = 3,0 \text{ м}; v_2 = 6,0 \text{ км/ч}.$$

Результаты расчетов энергетических показателей представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты расчетов энергоёмкости

Показатель	Тип опрыскивателя	
	Базовый	Новый
Часовая эксплуатационная производительность $W_{эк}$, га/ч	1,2	2,1
Прямые затраты энергии, $E_{ТОП}$, МДж/га	21,9	16,1
Энергетические затраты живого труда на единицу времени, $E_{ж}$, МДж/ч	1,26	1,26
Общая энергоёмкость энергетических средств, $E_{ТО}$, МДж/га	404400	404400
Энергоёмкость на единицу эксплуатационного времени, $E_{ТР}$, МДж/ч	68,61	68,61
Общая энергоёмкость машины, $E_{МО}$, МДж/ч	20800	26000
Энергоёмкость машины на единицу эксплуатационного времени, $E_{М}$, МДж/ч	23,4	29,25
Затраты топлива, $E_{ТОП}$, МДж/га	99,6	63,3
ΔE , МДж	36,3	63,3
R, %	36,4	100

5.3. Внедрение результатов исследования

Для проведения агротехнических мероприятий по химической борьбе с сорной растительностью на виноградниковых насаждениях в 2011 году на базе кафедры сельскохозяйственной техники ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» совместно НПСП «Наука» изготовлен опытный образец машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградников (рисунок 5.2) [98, 104, 101]. При ее создании учитывались результаты испытаний экспериментальной установки и данные, полученные другими исследованиями.

Машина навешивается на трактор типа МТЗ-80/82. Подъем и установка в транспортное положение осуществлялось навесной системой трактор.

Основная цель при проведении испытаний экспериментальной установки, обеспечение эффективности выполнения процесса при отсутствии загрязнения окружающей среды; определение основных параметров машины и режимов работы рабочих органов.

Подкрепленные испытаниями теоретические исследования послужили для разработки опытного образца гербицидного опрыскивателя (рисуноу 2.1). Конструкция машины имеет новизну, подтверждённую патентом (патент на

полезную модель № 200666 «Опрыскиватель гербицидный навесной виноградниковый» (приложение А) [51].



Рисунок 5.2 – Проведение испытаний машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградников

Результаты научно-технической работы по разработке рабочих органов машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградников внедрены и используются в конструкциях машин и приспособлений, выпускаемые научно-производственным предприятием «Наука» (приложение В).

5.4. Выводы

1. Расчет экономической эффективности машины внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградников показал, что годовой экономический эффект от её внедрения составляет 9949,32 руб., срок окупаемости – 0,23 года.

2. По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований изготовлен опытный образец машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградников.
3. Результаты научно-технической работы по разработке рабочих органов машины для внесения гербицидов в приштамбовых зонах виноградников внедрены и используются в конструкциях машин и приспособлений, выпускаемые научно-производственным предприятием «Наука».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предлагаемой диссертации изложены результаты исследований по обоснованию применения воздушно-жидкостной струи на опрыскивателе при борьбе с сорной растительностью на многолетних насаждениях, конструкции и режимов работы его работы.

Исследования показали малую эффективность традиционных опрыскивателей отечественного и импортного производства.

Обоснована и внедрена в производство новая конструкция гербицидного опрыскивателя для виноградников, обеспечивающая экологически безопасную технологию борьбы с сорной растительностью.

В работе доказывается целесообразность обработки нижней (абаксиальной) стороны листьев сорного растения, необходимость разработки конструкции опрыскивателя, позволяющей проводить обработки по предложенной схеме. Она содержит конкретные решения задач технического и технологического характера, что позволяет надеяться на решение поставленной научно-технической проблемы.

Обоснованность исходных предпосылок, аналитических и теоретических исследований, справедливость сделанных выводов подтверждена полевыми экспериментами.

Проведенные экспериментальные исследования дали возможность научно обосновать предлагаемые технологические схемы опрыскивания и явились техническим решением, имеющим теоретическую и практическую ценность.

На основе проведенных исследований разработана конструкция опрыскивателя с принудительным осаждением рабочей жидкости.

Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Обоснована технологическая схема навесного гербицидного опрыскивателя (патент 200666), включающего вентилятор, воздушные рукава, воздушные насадки. Воздушный поток создаваемый вентилятором через воздушные рукава через сопла подает воздух в рабочую зону распылителей рабочей жидкости, тем самым разбивает крупные капли и доставляет их в трудно доступную при обычном опрыскивании абаксиальную часть сорного растения.

2. Получены уравнения описывающие расход воздуха через поперечное сечение струи на участке с полупринимаемым слоем (сорное растение). Получена зависимость, определяющая необходимые конструктивные и режимные параметры воздушного сопла с учетом известного расхода воздуха.

3. С использованием планирования многофакторного эксперимента определены оптимальные параметры воздушной насадки, диаметра насадки и режимов его работы при условии выполнения агротехнических требований к качеству обработки. Согласно полученному уравнению регрессии по критерию оптимального количеству и размеру капель оптимальный диаметр воздушной насадки составил 30 мм, угол атаки 30° .

4. Анализ интегральных кривых распределения фракционного состава капель на абаксиальной части сорного растения позволил установить, что основная масса рабочей жидкости содержится в каплях диаметром от 100 до 250 мкм, размер капель варьируется в интервале 40... 330 мкм, а медианно-массовый размер капель составил 160 мкм. Плотность покрытия составила в среднем 67 капель/см².

5. Оптимальная скорость воздушного потока при выходе из воздушного сопла составил 30 м/с.

6. Расход рабочей жидкости при диаметре распылителя 2 мм, давления в системе 1 МПа, диаметре воздушной насадки 30 мм и скорости воздуха 30 м/с составил 3,59 мл/мин.

7. Начальный диаметр воздушного распределительного рукава составил 305 мм и конечный диаметр 205 мм.

8. Полученные гистограммы по расходу рабочей жидкости показали, что на экспериментальном опрыскивателе использование воздушного потока факел приобретает форму эллипса, а рабочая жидкости равномерно распределяется по всей поверхности, в то время как на базовом опрыскивателе факел приобретает полый конус, а основная часть рабочей жидкости оседает по оси конуса.

9. Себестоимость механизированных работ составило 848,6 руб. Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений 0,57 лет. Экономическая эффективность на единицу наработки 76,45 руб/га.

10. Общая энергоемкость машины составила 26000 МДж/ч. Энергоемкость машины на единицу эксплуатационного времени 63,3 МДж/ч. Затраты топлива 63,3 МДж/га.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ФАО – продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН

УМО – ультрамалообъемное опрыскивание

НПО – научно-производственное объединение

НПСХП – научно-производственное сельскохозяйственное предприятие

ММД – медианно массовый диаметр

ВИЗР – Всероссийским научно-исследовательским институтом защиты растений

ПФЭ – полный факторный эксперимент

МНК – метод наименьших квадратов

ВОМ – вал отбора мощности

СМД – средний медианный диаметр

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bals, E. J. The importance of controlled droplet application (CDA) in pesticide applications. – Jn. Proc. 8th Brit. Insect. Fung. Conf. L., 1979 b, P. 153-160.
2. Ford, R. E. The formation of drops viscous Newtonian liquids sprayed through fan-jet nozzles / R. E. Ford, C.G. Furnidge // British Journal of Applied Physics. – 1967. – Vol. 18. – № 3. – P. 335-349.
3. Klefer, J. Optimum designs in regression problems II. – Ann. Math. Stat., 1961, v. 32, P. 299-325.
4. Klefer, J. Optimum designs in regression problems, – Ann. Math. Stat., 1959, v. 15, P. 611-614.
5. Klefer, J. Optimum experimental designs. – J. Royal Stat, 1959, v. B21, P. 272-319.
6. Koch, H. Wind einplanen und Abtrieb vermeiden. Agrar. – 1989. Jg. 40, N12. P. 15 -17.
7. Koval', Z.M. Dynamic aerosol chamber with photometric principle of operation / I.M. Kireev, Koval', Z.M. // «Measurement Techniques ». Springer. New York ConsultantsBureau Vol. 58, No12, March, 2016 p.
8. Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика [Текст] / Г. Н. Абрамович. – М. : Наука, 1976. – 888 с.
9. Абрамович, Г. Н. Теория турбулентных струй. – М.: Физматгиз. 1960. – 715 с.
10. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский ; АН СССР. Науч. совет по комплексной проблеме "Кибернетика". Секция "Мат. теория эксперимента". - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
11. Алексидзе, Г. Н. Защита растений в США / Г. Н. Алексидзе // Защита растений. 1990. – №7. – С. 60-61.

12. Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика. Основы механики жидкости [Текст] / А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1975. – 327 с.
13. Бабицкий, Л. Ф. и др. Основы научных исследований. – Киев: Издательство НАУ, 1999. – 228 с.
14. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика [Текст] : Справочное пособие / Т. М. Башта. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1971. – 670 с.
15. Безуглов, В. Техника и технология внесения пестицидов / Безуглов В. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2003. – №1. – С.55-59.
16. Блохин, В. Д. Видовой состав, распространенность и вредоносность сорных растений на юге Дальнего Востока / В. Д. Блохин, М. М. Баранова, В. А. Волынкин, З. А. Колесникова // Актуальные вопросы борьбы с сорными растениями. – М.: Колос, 1980. – С. 117-120.
17. Болбочан, Е. К. Исследование и обоснование основных параметров воздушно-жидкостного потока малообъемного виноградникового опрыскивателя : Автореферат дис. на соискание учен степени канд. техн. наук. / Харьк. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва. – Харьков : 1968. – 19 с.
18. Борисова, С. М. Обоснование технологической схемы, конструктивных и режимных параметров ультрамалообъемного опрыскивателя с эжекционно-щелевыми распылителями [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.20.01 / Борисова Светлана Михайловна. – Краснодар, 1997. – 22 с.
19. Бородин, В. А. Распиливание жидкости / В. А. Бородин. – М. : Машиностроение, 1967. – 263 с.
20. Буклагин, Д. С. Современная зарубежная техника для внесения удобрений и защиты растений / Д. С. Буклагин, Н. Ф. Соловьева // Техника и оборудование для села. – 2000: – № 4. – С. 24-26.
21. Бутаков С.Е. Аэродинамическая система промышленной вентиляции. – М. : Профиздат, 1949. – 242.

22. Вальдберг А. Ю. Изучение дисперсного состава факела распыла жидкости центробежно-струйной форсунки / А. Ю. Вальдберг, К. П. Макеева, Н. Е. Николайкина // Известия МГТУ. 2012. №2. С. 7-11.
23. Велецкий, И. Н. Механизация защиты растений: справочник / Велецкий И. Н., Лысов А. К., Лепехин Н. С., Цырин А. А., Омелюх Я. К. – М.: Агропромиздат, 1992. – 223 с.
24. Велецкий, И. Н. Технология применения гербицидов / И. Н. Велецкий. - 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат: Ленингр. отд-ние, 1989. – 175.
25. Войтюк, Д. Г. Исследование технологического процесса распыла и транспортировки капель жидких ядохимикатов воздушным потоком : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. Г. Войтюк. – Киев : 1986. – 24 с.
26. Волков В. А. Приближенный расчет движения тел в сопротивляющейся среде // Научн. тр./ ВИСХОМ. – 1959. Вып. 24. – 17 с.
27. Вредоносность сорных растений на виноградных насаждениях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agronom.com.ua>.
28. Вулис, Л. А. Теория струй вязкой жидкости [Текст] / Л. Б. Вулис, В. П. Кашкаров. – М. : Наука, 1965. – 431 с.
29. Голоцуцких, В. И. Обоснование параметров инжекторного распылителя : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Голоцуцких Вера Ивановна . – Москва, 2008. – 19 с.
30. Горбачев, И. В. Защита растений от вредителей: учебник для студентов вузов по агроном. специальностям / И. В. Горбачев, В. В. Гриценко, Ю. А. Захваткин и др.; под ред. В. В. Исаичева. – М.: Колос, 2002. – 468 с.
31. Гордеенко, О. В. Выбор распылителей и обоснование параметров их установки при ленточном внесении гербицидов / О. В. Гордеенко, И. С. Крук // Новые ресурсосберегающие технологии и техника в полеводстве юга России: исследования, испытания, результаты: сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед., проект.-тех. ин-т механ. и электрпфпк. сел. хоз-ва / ред. колл.: В.И. Пахомов [и др.]. – Зерноград, 2006. – С. 202-211.

32. Горячкин, В. П. Собрание сочинений в трех томах. – М.: Колос, 1968. – 2-е изд. – Т. 3. – 384 с.
33. ГОСТ 16265-89 Земледелие. Термины и определения. – Стандартиформ, 1990. – 21 с.
34. ГОСТ Р 53053-2008 Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. – М. : Стандартиформ, 2009. – 23 с.
35. Груздев, Г. С. Химическая защита растений: / Груздев Г. С., Зинченко В. А., Калинин В. А., Слобцов Р. И. – М.: Мир, Б. г. 1988. – 471 с.
36. Гудман, Ф. Динамика рассеяния газа поверхностью / Ф. Гудман, Г. Вахман / пер. с англ. Р.Г. Баранцева, А.В. Богданова ; под ред. Р.Г. Баранцева. – М. : Мир, 1980. – 424 с.
37. Дейч, М. Е. Техническая газодинамика. – М. : Энергия, 1974. – 583 с.
38. Дитяткин, Ю. Ф. Распиливание жидкостей / Ю. Ф. Дитяткин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 208 с.
39. Дмитриев, В. Н. Основы пневмоавтоматики [Текст] / В. Н. Дмитриев, В. Г. Градецкий. – М. : Машиностроение, 1973. – 360 с.
40. Догода, П. А. Механизация химической защиты растений / П.А. Догода, С.С. Воложанинов, Н.П. Догода // . – Симферополь: Таврия, 2000. – 140 с.
41. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта [Текст] : (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. - Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М. : Альянс, 2011. – 350 с.
42. Дроздов, В. Ф. Отопление и вентиляция: учеб, пособие: в 2 ч. / В. Ф. Дроздов. – М. : Высш, школа, 1984. – Ч. 2: Вентиляция. – 263 с.
43. Дубов, А.С. Турбулентность в растительном покрове / А. С. Дубов, Л. П. Быкова, С. В. Маруниг. – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 202 с.

44. Дунский, В. Ф. Метод определения спектра размеров капель при распылении жидкостей / В. Ф. Дунский, Н. В. Никитин // Инж.- физ. журнал, 1967. Т. 12. – № 2. – С. 254-262.
45. Дунский, В. Ф. Пестицидные аэрозоли [Текст] / В. Ф. Дунский, Н. В. Никитин, М. С. Соколов. – М. : Наука, 1982. – 287 с.
46. Дунский, В.Ф. Оседание грубодисперсного аэрозоля на подстилающую поверхность земли / В.Ф. Дунский [и др.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1966. – 235 с.
47. Евдокимов, Ю. А. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа [Текст] / Ю. А. Евдокимов, В. И. Колесников, А. И. Тетерин. – М. : Наука, 1980. – 228 с.
48. Ершов, Н.Т. Современные средства механизации защиты растений для интенсивных технологий: обзорн. информ./ Госагропром СССР. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1987. – 40 с.
49. Защита растений от вредителей : Учеб. для студентов вузов по агроном. специальностям / [И. В. Горбачев, В. В. Гриценко, Ю. А. Захваткин и др.]; Под ред. В. В. Исаичева. – М. : Колос, 2002. – 468 с.
50. Защита растений от вредителей: Учеб. / Под ред. В.В.Исаичева. – М.: Колос, 2002. – 472 с.
51. Заявка 200666 Российская Федерация, МПК А01М 21/04. Опрыскиватель навесной гербицидный виноградниковый [Текст] / Османов Э.Ш. ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «КФУ им.В.И. Вернадского». – № 2020119834 ; заявл. 08.06.2020 ; опубл. 05.11.2020 Бюл. № 31. – 7 с. : ил.
52. Зеленин, А. Н. Обоснование параметров подкормочных устройств для локального внесения жидких комплексных удобрений [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 30.05.1991 / Зеленин Александр Николаевич – Челябинск, 1991. – 155 с.
53. Ибрагимов, И. В. Элементы и системы пневмоавтоматики [Текст] / И. А. Ибрагимов, Н. Г. Фарзана, Л. В. Илясов. – М. : Высш. школа, 1975. – 360 с.

54. Идельчик, И. Е. Гидравлические сопротивления (физико-механические основы). – М. : Госэнергоиздат, 1954. – 316 с.
55. Ильин, М. М. Теория колебаний: учеб. для вузов / М. М. Ильин, К. С. Колесников, Ю. С. Саратов; под общ. ред. К. С. Колесникова. 2-е изд., стереотип. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 272 с.
56. Исаев, А. П. Гидравлика дождевальных машин [Текст] / А. П. Исаев, канд. техн. наук. – М. : Машиностроение, 1973. – 215 с.
57. Исаева Л. И. Влияние гербицидов на вредителей, возбудителей болезней сельскохозяйственных культур и полезных членистоногих. – М. : ВНИИТЭИСХ, 1984. – 61 с.
58. Исаева, Л. И. Применение гербицидов путем селективного нанесения на вегетирующие сорные растения // Сельскохозяйственная наука и производство. Вып. 4. – М.: ВАСХНИЛ, 1986. – С. 56-64.
59. Калинушкин, М. П. Вентиляторные установки / М. П. Калинушкин. – М. : Высшая школа, 1962. – 294 с.
60. Кассандрова, О. Н. Обработка результатов наблюдений [Текст] : [Учеб. пособие для вузов] / О. Н. Кассандрова, В. В. Лебедев. – М.: Наука, 1970. – 104 с.
61. Каталог продукции. Запчасти для сельхозтехники [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://tria-agro.ru>.
62. Кленин, Н. М. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1994. – 750 с.
63. Кобриц, Г.А. Меры безопасности при работе с пестицидами: справочник / Г. А. Кобриц. – М.: Агропромиздат, 1992. – 127 с.
64. Коваль, З. М. Обоснование высоты штанги опрыскивателя с пневмогидравлическими распылителями растворов рабочей жидкости / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Техника и оборуд. для села. – М. – 2016. – №. 9. – С.19 -23.
65. Коваль, З. М. Характеристики дисперсности щелевых распылителей некоторых производителей при моделировании их функционирования на

стендовом оборудовании / Коваль З.М. // Международный научный журнал «Education». – Новосибирск: «Россия».2016. – № 6(24). – С. 15-21.

66. Кот, Т. П. Обоснование скоростных характеристик воздушного потока в объемном опрыскивателе / Т. П. Кот // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомств, тематический сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» ; под общ. ред. В.Н. Дашкова. – Минск, 2005. – Вып. 39. – С. 58-67.

67. Краевский, В. В. Методология научного исследования: Пособ. для студ.и аспирант. гуманитарн. ун-тов / В.В. Краевский. – Санкт-Петербург : СПбГУП, 2001. – 145 с.

68. Крук, И. С. К обоснованию силового воздействия капли пестицида на обрабатываемую поверхность / И. С. Крук // Агропанорама. – 2014. – № 6 (106). – С. 13-16.

69. Крук, И. С. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей / И.С. Крук, Т.П. Кот, О.В. Гордеенко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 284 с.

70. Ластовец, А. И. Оценка дисперсности распыленной жидкости. Труды МИХМа, 1950. – №. 2 (10). – 256 с.

71. Лебедев, А. Т. Биоэнергетическая оценка эффективности внедрения камерного виноградного опрыскивателя / А. Т. Лебедев, А. П. Догота // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 25(188). – С. 112-116.

72. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов / А. Т. Лебедев, А. Г. Арженовский // Технический сервис машин. – 2019. – № 1(134). – С. 46-52.

73. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности функционирования машин и оборудования АПК управлением надежностью их систем / А. Т. Лебедев, А. А. Серегин, А. Г. Арженовский // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 2(46). – С. 4-11.

74. Лебедев, А. Т. Современные тенденции организации инновационной деятельности в сельском хозяйстве развитых стран / А. Т. Лебедев, Ю. И. Жевора, Р. В. Павлюк [и др.] // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 130. – С. 49-56.

75. Литвиненко, Р. Опрыскивание: инструкция по применению / Р. Литвиненко, В. И. Балабанов, Е. В. Березовский // Аграрна техника та обладнання. – 2014 – № 1 – С. 42-50.

76. Литвинова, Т. П. К вопросу эффективной работы раздающего воздуховода объемного опрыскивателя / Т. П. Литвинова // Проблемы организации управления в современном обществе: теория и практика: материалы Респ. науч.- практ. конф., Минск, 1999 г. / ГП БелНИИМСХ; под ред. И.С. Нагорского. – Минск, 1999. – С. 239-241.

77. Лысов, А. К. Совершенствовать технологию применения препаратов [Текст] / А.К. Лысов // Защита и карантин растений. – 1999. – №12. – С. 23-24.

78. Лысов, А. К. Экологические требования, технические средства и экологическая безопасность // Механизация технологических процессов защиты растений. Материалы международной научно-практической конференции – Санкт-Петербург: RIZO-печать, 2005. – С. 40-43.

79. Маркевич, А. Е. Повышение качества опрыскивания пестицидами путем совершенствования щелевых распылителей: дис...канд. техн, наук: 05.20.01 / А. Е. Маркевич. – Горки, 1998. – 179 с.

80. Машины для химической защиты растений: Руководство по техн. обслуж. Утв. Госкомсельхозтехникой СССР 21.12.82. – М.: ГосНИТИ, 1983. – 88 с.

81. Медников, Е. П. Турбулентный перенос и аэрозолей / Е. П. Медников. – М. : Наука, 1980. – 176 с.

82. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] /С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

83. Металлопрокат, стройматериалы, кузня «МСК» [Электронный ресурс]. – Симферополь. Режим доступа : <https://mskcrimea.ru>

84. Механизация технологических процессов защиты растений: сб. науч. тр. / Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина; под ред. Н. М. Голышина. – М. : Агропромиздат, 1991. – 176 с.

85. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.: іл.

86. Наука пестицидного внесения: Растения и вещества журнал [Электронный ресурс] / Дирсеу Гассен, Флавиу Гессен // Всеукраинский журнал современного агропромышленника “Зерно”. – №10, октябрь, 2007 г. – URL: <http://www.zerno-ua.com>.

87. Научно - технический прогресс в садоводстве: сборник научных докладов второй международной научно - практической конференции (16-17 июля 2003 года) / Департамент техн. политики М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации, Рос. акад. с.-х. наук ; под общ. ред. В. И. Кашина. – М., 2003.

88. Никифорова, Л. Т. Справочник по виноградарству / Л. Т. Никифорова, Я. С. Спектор, С. В. Подгорная – М.: Агропромиздат, 1988. – 208 с.

89. Новые разработки машин Института плодоводства НАН Беларуси [Электронный ресурс]. URL: <http://www.belpromcomp.nsknet.ru/opryskivateli/> (дата обращения 17.03.2013).

90. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве: Сборник. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 316 с.

91. Обоснование оптимальных параметров воздушных потоков садовых вентиляторных опрыскивателей [Текст] : Автореферат дис., представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук / М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР. Рост. н/Д ин-т с.-х. машиностроения. – Ростов н/Д : [б. и.], 1963. – 26 с.

92. Опрыскиватель гербицидный навесной виноградниковый. Патент на полезную модель 53401. – Оpubл. 11.10.2010, Бюл. №19. Догода. П. О., Османов Э. Ш., Анищенко В. И.

93. Османов, Э. Ш. Исследование качественных показателей процесса опрыскивания навесного гербицидного опрыскивателя / Э. Ш. Османов //

Труды Таврического государственного агротехнологического университета. – 2012.– Вып. 12, Т. 1. – С. 155-163.

94. Османов, Э. Ш. Методика и результаты проведения полевых испытаний опрыскивателя навесного гербицидного виноградникового / Э. Ш. Османов // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Технические науки. – 2011. – № 135. – С. 76-84.

95. Османов, Э. Ш. Методика определения площади покрытия рабочей жидкостью обрабатываемой поверхности. Проблемы механизации производства и технологии переработки сельскохозяйственной продукции // Материалы Международной научно-технической конференции ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет». – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2014. – С. 23.

96. Османов, Э. Ш. Обоснование параметров воздухораспределительного устройства для обработки сорной растительности в междурядьях виноградных насаждений / Э. Ш. Османов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21(184). – С. 117-130.

97. Османов, Э. Ш. Обоснование параметров и режимов работы опрыскивателя для борьбы с сорной растительностью на многолетних насаждениях / П. А. Догода, А. П. Догода, Э. Ш. Османов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2018. – № 15(178). – С. 114-122.

98. Османов, Э. Ш. Результаты использования воздушно-жидкостного потока на навесном гербицидном опрыскивателе. Научно-теоретический и практический журнал "Оралдын гылым жаршысы". Технические науки. – Уральск, 2013. – № 18 (66). – С. 4-14.

99. Османов, Э. Ш. Ресурсосбережение в механизации химической борьбы с сорной растительностью на многолетних насаждениях / Э. Ш. Османов // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Технические науки. – 2014. – № 163. – С. 156-162.

100. Османов, Э. Ш. Совершенствование химической борьбы с сорной растительностью на плантациях винограда / И. В. Соболевский, Э. Ш. Османов // Современные проблемы садоводства и виноградарства и инновационные подходы к их решению : сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Героя соц. труда, профессора, академика АТН Н.А. Алиева, Махачкала, 03 декабря 2016 года. – Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, 2016. – С. 227-234.

101. Османов, Э. Ш. Совершенствование химической борьбы с сорной растительностью на плантациях винограда / Э. Ш. Османов // II Междисциплинарная научно-практическая конференция молодых ученых по перспективным направлениям развития современной науки "Академик Вернадский" в рамках проведения фестиваля "ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО" : Сборник тезисов участников, Симферополь, 26 октября 2016 года. – Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2016. – С. 86-89.

102. Османов, Э. Ш. Состояние и перспективы развития машин для защиты виноградниковых насаждений от сорной растительности / П. А. Догода, И. В., Соболевский, Э. Ш. Османов // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Технические науки. – 2009. – Вып. 122. – С. 46-55.

103. Османов, Э. Ш. Теоретическое обоснование взаимодействия воздушно-жидкостного потока на опрыскивателе для борьбы с сорной растительностью на многолетних насаждениях / Э. Ш. Османов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2014. – Вып. 43. – С. 89-93.

104. Османов, Э. Ш. Эффективность использования опрыскивателя с принудительным осаждением химических препаратов для борьбы с сорной растительностью / П. А. Догода, Э. Ш. Османов // Научные труды Южного

филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Технические науки. – 2013. – № 156. – С. 109-115

105. Османов, Э.Ш. Обоснование параметров воздушно-жидкостного потока при обработке сорных растений в междурядьях виноградников / П. А. Догода, А. В. Степанов, И. В. Соболевский, Э. Ш. Османов // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2010. – № 3. – С. 12-14.

106. ОСТ 10 6.1-2000. Испытание сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели и машины для приготовления рабочей жидкости. Методы оценки функциональных показателей [Текст]. – Взамен РД 10 6.1-89. Введен 15.06.2000.м – М. : Минсельхозпрод России, 2000. – 53 с.

107. ОСТ 10218-2001. Испытание сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. – М.: Минсельхоз России, 2001. – 36 с.

108. ОСТ 56-45-80. Машины и аппараты для химической защиты: Номенклатура показателей качества. – М.: 1982. – 33 с.

109. ОСТ-10 2.18-2001. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. – М. : Минсельхоз России, 2001. – 36 с.

110. Официальный сайт «Krukowiak». Удаленный доступ <http://www.krukowiak.com.pl> / Дата обращения 15.03.2013.

111. Пажи, Д. Г. Распылители жидкостей [Текст] / Д.Г. Пажи, В.С. Галустов – М. : Химия, 1979. – 216 с.

112. Палапин, А. В. Оптимизация параметров и режимов работы ультрамалообъемного вентиляторного опрыскивателя : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01. – Краснодар, 2005. – 165 с. :

113. Палишкин, Н. А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение : [Учеб. пособие для спец. "Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва"] / Н. А. Палишкин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 350 с.

114. Петровская, Е. В. Повышение равномерности распределения рабочей жидкости штангового опрыскивателя : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Петровская Елена Витальевна. – Челябинск, 2006. – 21 с.

115. Погорелый, Л. В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин / Л. В. Погорелый. - 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Техника, 1991. – 155 с.

116. Поздняков, Ю. В. Механизация защиты растений от болезней, вредителей и сорняков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Издательство УГСХА, 2004. – 261 с.

117. Поспелов, С. М. Защита растений / С. М. Поспелов, Н. Г. Берим, Е. Д. Васильева, М. П. Персов – М.: Агропромиздат, 1986. – 392 с.

118. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка [Текст] : Учеб. пособие для студентов агр. спец. с.-х. ВУЗов / Маслов Геннадий Георгиевич и др.; М-во сел. хоз.-ва и продовольствия РФ. Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 1997. – 206 с.

119. Прогрессивная технология применения гербицидов в садах, виноградниках и питомниках [Текст] : (Тезисы респ. науч.-произв. семинара. Июнь 1975 г.) / М-во сельск. хоз.-ва МССР. Науч.-техн. о-во сельск. хоз.-ва МССР. – Кишинев : 1975. – 105 с.

120. Прокопенко, С. Ф. Малообъемное опрыскивание сельскохозяйственных культур / С. Ф. Прокопенко, В. В. Ченцов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 61с.

121. Пфейффер, П. Колебания упругих тел [Текст] / Пер. с нем. под ред. А. И. Лурье. -2-е изд. – М. : КомКнига, 2006. – 152 с.

122. Ревякин, Е. Л. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях: науч. анализ. обзор. / Ревякин Е. Л., Краховецкий Н. Н. – М.: ФГНУ «Росинфор-магротех», 2010. – 124 с.

123. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур [Текст] : учебное пособие / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Пензенская ГСХА, Кафедра «Общее земледелие и землеустройство». – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – 120 с.

124. Родимцев, С. А. Механизация химической защиты растений. Полевые опрыскиватели [Текст]: учеб. пособие для вузов / С. А. Родимцев, В. М. Дринча; Орел: ФГОУ ВПО «ОрелГАУ», 2005. – 215 с.
125. Садовый навесной гербицидный опрыскиватель ЗУБР НШ к трактору [Электронный ресурс] URL: <https://www.selagro.com/technics/id106>.
126. Сельскохозяйственная техника, выпускаемая в странах СНГ: каталог / под общ. ред. Е. И. Трубилина; Департамент сел. хоз-ва и продовольствия Краснодар. края; КубГАУ. – Краснодар, 2003. – 513 с.
127. Смыслов, В. В. Гидравлика и аэродинамика [Текст] : [Учебник для вузов по спец. "Теплогазоснабжение и вентиляция" : Перераб. и доп. пер. с укр.]. – Киев : Вища школа, 1979. – 335 с.
128. Совершенствование технологии и технических средств опрыскивания полевых культур в условиях юга России / С. И. Камбулов, В. Б. Рыков, В. В. Колесник [и др.] // Наука в центральной России. – 2016. – № 6(24). – С. 25-30.
129. Соколов, М. С. Факторы влияющие на эффективность гербицидов при послевсходовом применении / М.С. Соколов, В. В. Зубенко. – М., МСХСССР, ВНИИТЭИСХ. 1969. – 72 с.
130. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум) [Текст] / В. П. Бородюк, А.П. Вошинин, А.З. Иванов и др. – М.: Высшая школа, 1983. – 216 с.
131. Степук, Л. Я. Механизация процессов химизации в растениеводстве / Л. Я. Степук, И. В. Барановский. – Минск : БОИМ, 2003. – 242 с.
132. Судит, Ж. М. О пневматическом распылении жидкости в рабочих органах опрыскивателей. – В кн.: Аэрозоли в сельском хозяйстве. / Под ред. Ю. Н. Фадеева и др. М. : Колос, 1973. – С. 62-70.
133. Судит, Ж. М. Применение методов математической статистики при исследовании распыливающих органов опрыскивателей / Ж. М. Судит, М. И. Штеренталь, Ю. Л. Нагорный // Механизация технологических процессов защиты растений. МСХ СССР – ВАСХНИЛ. – Ленинград : 1970. – 408 с.

134. Техника и технология безопасного применения средств защиты растений: [Перевод / Ж.-Р. Дидио, Д.-К. Фишер, М. Лерх и др.]. – М.: Агропромиздат; Базель: Сиба-Гейги, 1991. – 184.
135. Технологии и механизация сельскохозяйственных процессов: Сб. науч. ст./ Екатеринбург: УГСХА, 2000. – 233 с.
136. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле: Пер. с англ. – 2-е изд., стереотип. – М : Комкнига, 2006. – 440 с.
137. Типовые нормы выработки и расход топлива механизированные работы. Часть 2. – Изд. 6-е перераб. И доп. – М., 2002. – 279с.
138. Туликов, А. М. К теоретическому обоснованию классификации способов борьбы с сорняками // Биология, земледелие и растениеводство: сб. докл. ТСХА. – М.: ТСХА, 1980. – Вып. 264. – С. 68-71.
139. Тушишвили, Г. И. Исследование сноса распыленной жидкости малообъемного опрыскивателя. // Разработка энергосберегающих технологий и систем машин для интенсификации с.-х. производства, Тбилиси, 1988. – С. 75-81.
140. Филиппов, Р. А. Инновационный комплекс машин для садоводства и виноградарства / Р. А. Филиппов, И. Г. Смирнов // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 2(10). – С. 161-174.
141. Цыбулевский, В. В. Параметры процесса обработки приствольной зоны плодовых деревьев гербицидами : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Цыбулевский Валерий Викторович. – Краснодар, 2007. – 24 с.
142. Ченцов, В. В. Тенденции развития способов и средств защиты растений / В. В. Ченцов, Г. В. Каблуков // Тракторы и с.х. машины, 1988. – № 11. – С. 28-29.
143. Шамаев, Г. П. Справочник по машинам для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур / Г. П. Шамаев, П. П. Хмелев. – М.: Колос, 1980. – 143 с.

144. Шершабов, И. В. Некоторые элементы методики определения дисперсности распыливания жидких препаратов. Защита растений. – 1982. – № 2. – С. 3-36.

145. Экономика научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ [Текст] : учебное пособие : в 3 т. / М. Н. Григорьев, А. С. Карасев, П. А. Карасев, Е. Ю. Морозова ; под ред. М. Н. Григорьева, С. А. Уварова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский гос. экономический ун-т, Балтийский гос. технический ун-т "Военмех" им. Д. Ф. Устинова [и др.]. – Санкт-Петербург : Из-во Санкт-Петербургского гос. экономического ун-та, 2016. – 117 с.

146. Юдин, В. А. Оседание капель при опрыскивании полевых культур. Сб. Механизация и электрификация сельского хозяйства; вып. 21. – Киев: Урожай, 1972. – 84 с.

147. Ямников, Ю. Н. Для модернизации опрыскивателей [Текст] / Ю. Н. Ямников // Защита и карантин растений. – 2001. – № 4. – С. 43.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Патент на полезную модель

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 200666

Опрыскиватель навесной гербицидный виноградниковый

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского" (RU)*

Автор: *Османов Эвсер Шевхийевич (RU)*

Заявка № 2020119834

Приоритет полезной модели 08 июня 2020 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 05 ноября 2020 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 08 июня 2030 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



Приложение Б – Патент на полезную модель



Приложение В – Акты внедрения

УТВЕРЖДАЮ:

СОГЛАСОВАНО:

Директор научно-производственного
сельскохозяйственного предприятия

Заместитель директора
по научной работе

«НАУКА»

ЮФ НУБиП Украины «КАТУ»

Н.П. Догода

А.М. Изотов

2012г.

2012 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представитель НПс/хП «Наука» Анищенко Владимир Иванович – главный конструктор, с одной стороны и представитель Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет» Османов Энвер Шевхийевич – аспирант кафедры сельскохозяйственной техники, с другой стороны, составили акт о том, что результаты НИР по разработке рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов в садах и на виноградниках, выполненных на кафедре сельскохозяйственной техники университета, внедрены и используются в конструкциях машин и приспособлений, выпускаемых научно-производственным предприятием «Наука».

1. Вид внедрения: результаты теоретических и экспериментальных исследований по разработке конструкции рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов на многолетних насаждениях.

2. Форма внедрения: передача результатов теоретических, экспериментальных исследований и эскизных документов рабочих органов опрыскивателя для внесения гербицидов научно-производственному предприятию «Наука» для непосредственного использования при проектировании и изготовлении машин и приспособлений для борьбы с сорной растительностью на многолетних насаждениях.


3. Опытнo-производственная проверка экспериментального образца опрыскивателя для внесения гербицидов показала, что предлагаемые рабочие органы опрыскивателя обеспечивают дробления рабочего раствора гербицидов на капли диаметром от 50 до 250 мкм.

Покрытие адаксиальной (нижней) листье-стебельной части сорных растений каплями раствора гербицида с заданной плотностью достигает 40,0% всей площади, тогда как при использовании применяемых в настоящее время машин и приспособлений оно не превышает 5,0 %.

4. Ожидаемый годовой эффект от внедрения предлагаемых рабочих органов опрыскивателей для внесения гербицидов на многолетних культурах вместо применяемых в настоящее время составит 31, 2 грн. на 1 га.


Представитель

НПс/ХП «Наука»

 В.И. Анищенко

Представитель

ЮФ НУБиП Украины «КАТУ»

 Э.Ш. Османов

УТВЕРЖДАЮ



Зам. директора по учебно-
производственной деятельности
ЮФ НУБиПУ «КАТУ»

Петренко С.В.
2013 г.

АКТ

производственных испытаний опрыскивателя навесного
гербицидникового виноградникового

Мы, нижеподписавшиеся, главный инженер ЮФ НУБиП Украины «КАТУ» Скляр П.И., бригадир тракторной бригады Самсонов В.М., тракторист Ефременков С.П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры сельскохозяйственной техники ЮФ НУБиП Украины «КАТУ» Догота П.А., кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, энергетики и технического сервиса ЮФ НУБиП Украины «КАТУ» Соболевский И.В., аспирант кафедры сельскохозяйственной техники ЮФ НУБиП Украины «КАТУ» Османов Э.Ш. составили настоящий акт о том, что в период с 16.11.2010 г. по 18.11.2010 г. на виноградниках ЮФ НУБиП Украины «КАТУ» были проведены опытно-производственные испытания экспериментальной модели опрыскивателя навесного гербицидникового виноградникового, разработанной и изготовленной на базе ЮФ НУБиП Украины «КАТУ» совместно с НПСП «Наука».

Условия испытания и характеристика участков

Испытания проводились на производственных участках в период проведения химической обработки виноградных насаждений. Вентилятор опрыскивателя приводящийся в движение гидромотором, направлял воздушный поток в боковые пневмукава через щелевые наконечники в зону действия распылителей рабочей жидкости. Дисперсность и характер расположения капель рабочей жидкости определялось при помощи специальных индикаторных карточек, согласно методике, предусмотренной ГОСТ 20915-75.

Сорт винограда – Сурученский белый, возраст – 20 лет, схема посадки – 2,8×1,2 м, формировка – двухсторонний кордон на среднем штамбе.

Содержание почвы – чёрный пар. Механический состав почвы - чернозёмы, не подверженные ветровой эрозии.

Экспериментальная модель опрыскивателя навесного гербицидникового виноградникового агрегатировалась с трактором МТЗ-82. Подача рабочей жидкости к распылителям осуществлялся за счёт ВОМ трактора, а гидромотором приводился в работу центробежный вентилятор.

Предварительной подготовки участков для испытаний не проводилось. Испытания проводились в период повышенной влажности, осенью.

Краткая техническая характеристика экспериментальной модели опрыскивателя навесного гербицидного виноградникового

Агрегатируется с трактором	14-20 кН
Производительность за час чистого времени, га/ч	5
Рабочая скорость, км/ч	6
Транспортная скорость, км/ч	10
Ширина захвата, м	2,5...3,0
Обслуживающий персонал, чел	1
Масса, кг	300
Габаритные размеры, мм:	
длина	1300
ширина	2500...3000
высота	2000

На экспериментальной модели опрыскивателя навесного гербицидного виноградникового применялся центробежные распылители с различным диаметром, а также воздушные насадки с различным углом установки.

Программа испытаний

В задачу испытаний входило:

- 1) установить характер распределения по ширине захвата машины капель рабочего раствора, нанесенных на сорные растения, определить плотность осаждения капель на единицу площади и равномерность их распределения;
- 2) влияние размера капель на степень осаждаемости ядохимиката по ширине захвата;
- 3) установить зависимость дисперсности дробления жидкости от конструктивных и режимных параметров воздушной насадки, скорости воздушного потока и угла их установки.

Результаты испытаний

В процессе испытаний установлено:

- 1) Экспериментальная модель опрыскивателя навесного гербицидного виноградникового в агрегате с трактором МТЗ-82 обеспечивает устойчивое выполнение технологического процесса в диапазоне скоростей от 4 до 8 км/ч и при следующих параметрах: диаметр распылителей $D=1..3$ мм, угол атаки воздушной насадки $\alpha=30^\circ; 45^\circ; 60^\circ$, скорость воздушного потока $V_g=20..30$ м/сек.

- 2) При выше указанных параметрах рабочих органов диаметр капель рабочей жидкости в экспериментальной модели с использованием воздушного потока находился в пределах от 40 до 250 мкм как на абаксиальной (верхней), так и на адаксиальной (нижней) стороне листа и площадью покрытия листа адаксиальной части 40 %, густота покрытия обрабатываемых растений составляла $N_K=40..70$ капель/см², а на базовом же опрыскивателе без воздушной поддержки диаметр капель рабочей жидкости находился в пределах от 40 до 360 мкм, площадь покрытия листа адаксиальной части составил лишь 5 %, густота покрытия обрабатываемых растений составляла $N_K=35..95$ капель/см², что не удовлетворяет агротребованиям.
- 3) Сменная производительность агрегата составила 6 га.

Недостатки, замечания и пожелания

- 1) Наблюдались случаи подтекания жидкости в распылителе. (Необходимо повысить герметизацию соединения составных частей распылителя).
- 2) Монтаж и демонтаж распылителя затруднены. (Необходимо упростить конструкцию крепёжных приспособлений распылителя).

Выводы

Экспериментальная модель опрыскивателя навесного гербицидного виноградникового удовлетворяет агротехническим требованиям при применении на ней распылителей диаметром $D=1..3$ мм, угла атаки воздушной насадки $\alpha=30^\circ; 45^\circ; 60^\circ$ и скорости воздушного потока $V_0=20..30$ м/сек.

По мнению комиссии, после устранения выявленных недостатков экспериментальная модель опрыскивателя навесного гербицидного виноградникового применяться на виноградниках ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет».

Главный инженер

Зав. лабораторией
сельскохозяйственной техники

Тракторист

Д.с-х.н., профессор

К.т.н., доцент

Аспирант

П.И. Скляров

В.М. Самсонов

С.П. Ефременко

П.А. Догода

И.В. Соболевский

Э.Ш. Османов

Приложение Г – Техничко-экономический расчет

Таблица 1– Исходные данные для расчета экономической эффективности машины для химической борьбы с сорной растительностью

Наименование показателя	Обозначение	Новый		Базовый	
		Машина для внесения гербицидов	Опрыскиватель ОНГВ-4	Машина для внесения гербицидов	Опрыскиватель ОНГВ-4
		Величина	Источник или метод расчета	Величина	Источник или метод расчета
1	2	3	4	5	6
1. Агрегатирование	–	МТЗ-82	Техническая характеристика	МТЗ-82	Техническая характеристика
2. Масса машины	m	250	Техническая характеристика	200	Техническая характеристика
3. Ориентировочная цена 1 кг металла, руб.	n	58,6	Средние фактические данные	–	–
4. Цена машины, руб.	C_m	165000	$n \cdot m$	150000	НПСП «Наука»
5. Цена трактора	C_t	120000	Средние фактические данные	1200000	Средние фактические данные
6. Производительность за 1 час сменного времени при ширине междурядий 3,0 м, га	W_{cm}	2,1	Техническая характеристика	2.1	Техническая характеристика

1	2	3	4	5	6
7. Производительность за 1 час эксплуатационного времени, га	$W_{эк}$	2,0	Техническая характеристика	2,0	Техническая характеристика
8. Коэффициент готовности	K_r	0,95	Данные ЛТТ	0,95	Данные ЛТТ
9. Производительность за смену, га (T_d – продолжительность смены)	$W_{дн}$	14,7	$W_{см} \cdot T_d;$ 2,1 · 7	14,7	$W_{см} \cdot T_d;$ 2,1 · 7
10. Годовая загрузка машины, ч	T_m	300	Нормативный годовой загрузчик ВНИИЛМ	600	Нормативный годовой загрузчик ВНИИЛМ
11. Годовая наработка машины, га	W_r	600	$W_{эк} \cdot T_m;$ 2,0 · 300	1200	$W_{эк} \cdot T_m;$ 2,0 · 600
12. Годовая загрузка трактора на всех видах работы, ч.	T_t	1350	Нормативные материалы для определения экономического эффекта трактора и с.-х. машин. М.; Табл. 2.4. НАТИ	1350	Нормативные материалы для определения экономического эффекта трактора и с.-х. машин. М.; Табл. 2.4. НАТИ
13. Количество обслуживающего персонала, чел.	L	1	Техническая характеристика	1	Техническая характеристика

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
14. Фактическая ежемесячная зарплата тракториста, руб.	Z_m	18000	Данные УЭМТС «АБиП» КФУ им. Вернадского В.И.	18000	Данные УЭМТС «АБиП» КФУ им. Вернадского В.И.
15. Среднемесячная продолжительность раб. времени, ч.	T_m	167	Тарифные ставки бюджетных предприятий	167	Тарифные ставки бюджетных предприятий
16. Фактическая часовая зарплата тракториста, руб.	T_c	107,78	Z_m / T_m	107,78	Z_m / T_m
17. Цена 1 кг химикатов (раундап), руб.	$Ц_x$	1500	ООО "ГАЗОНОВКОМ", Москва	1500	ООО "ГАЗОНОВКОМ", Москва
18. Количество гербицидов на 1 га, кг (D – доза венсения по действующему веществу, кг/га; B_p – раб. ширина захвата, м; K_0 – заводская концентрация гербицида, %; B_T – ширина междурядий, м; $K_{эф}$ – коэффициент эффективности)	m_x	6,25	$\frac{100 \cdot D \cdot B_p}{K_0 \cdot B_T \cdot K_{эф}}$ $\frac{100 \cdot 2,25 \cdot 3,0}{36 \cdot 3,0 \cdot 1,0}$	12,5	$\frac{100 \cdot D \cdot B}{K_0 \cdot B_T \cdot K_{эф}}$ $\frac{100 \cdot 2,25 \cdot 3,0}{36 \cdot 3,0 \cdot 0,5}$

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6
19. Цена 1 кг комплексного топлива, руб.	$C_{гп}$	43,5	Оптовые цены нефтебаз	43,5	Оптовые цены нефтебаз
20. Удельный расход нефтепродуктов, кг/га ($N_{дв}$ – мощность трактора, л.с.; $q_{дв}$ – удельный расход топлива двигателем; $\alpha_{дв}$ – коэффициент использования мощности двигателя; α – коэффициент использования двигателя по времени)	$q_{г}$	4,85	$\frac{N_{дв} \cdot q_{дв} \cdot \alpha_{дв} \cdot \alpha}{W_{см}}$ $\frac{81 \cdot 0,185 \cdot 0,8 \cdot 0,85}{2,1}$	8,1	$\frac{N_{дв} \cdot q_{дв} \cdot \alpha_{дв} \cdot \alpha}{W_{см}}$ $\frac{81 \cdot 0,185 \cdot 0,76 \cdot 0,85}{2,1}$
21. Себестоимость создания 1 га виноградников насаждений	$C_{п}$	192000	Данные СХП «Заветное»	192000	Данные СХП «Заветное»

Себестоимость механизированных работ представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Себестоимость механизированных работ, руб./га

Наименование показателя	Метод расчета	Новый		Базовый	
		Машина для внесения гербицидов		Опрыскиватель ОНГВ-4	
		Величина	Источник или метод расчета	Величина	Источник или метод расчета
1	2	3	4	5	6
1. Затраты на оплату труда обслуживающего персонала, Z , руб./га	$Z = \frac{T_c}{W_{cm}}$	51,32	107,78/2,1	51,32	107,78/2,1
2. Затраты средств на ГСМ, Γ , руб./га (K_{mc} – коэффициент учета стоимости смазочных материалов)	$\Gamma = q_T \cdot \Pi_{III} \cdot K_{MC}$	232,1	4,85·43,5·1,1	220,11	4,6·43,5·1,1
3. Количество ежесменных технических обслуживаний трактора за сезон, $Z_{T,м}$ шт. (K_{cm} – коэффициент сменного времени)	$Z_T = \frac{T_T}{T_D \cdot K_{cm}}$	321,4	$\frac{1350}{6 \cdot 0,7}$	321,4	$\frac{1350}{6 \cdot 0,7}$
4. Количество ежесменных технических обслуживаний машины за сезон, $Z_{M,м}$ шт.	$Z_M = \frac{T_M}{T_D \cdot K_{cm}}$	71,4	$\frac{300}{6 \cdot 0,7}$	142,8	$\frac{600}{6 \cdot 0,7}$

1	2	3	4	5	6
5. Годовые затраты на проведение ТО тракторов, S_{TP} , руб. (S_i – трудоемкость одного i -го технического обслуживания, чел.-ч; K_M – коэффициент учета стоимости материалов, используемых при ТО)	$S_{TP} = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot S_i \cdot T_c \cdot K_M$	46764,7	$321,4 \cdot 1 \cdot 107,78 \cdot 1,35$	46764,7	$321,4 \cdot 1 \cdot 107,78 \cdot 1,35$
6. Годовые затраты на проведение ТО машины, S_{TM} , руб.	$S_{TM} = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot S_i \cdot T_c \cdot K_M$	5194,5	$71,4 \cdot 0,5 \cdot 107,78 \cdot 1,35$	10388,9	$1428 \cdot 0,5 \cdot 107,78 \cdot 1,35$
7. Затраты на ТО трактора, R_T , руб./га	$R_T = \frac{S_{TP}}{W_{cm} \cdot T_i}$	16,49	$\frac{46764,7}{2,1 \cdot 1350}$	16,49	$\frac{46764,7}{2,1 \cdot 1350}$
8. Затраты на ТО машины, R_M , руб./га	$R_M = \frac{S_{TM}}{W_{cm} \cdot T_i}$	8,24	$\frac{5194,5}{2,1 \cdot 300}$	8,24	$\frac{10388,9}{2,1 \cdot 600}$
9. Затраты на ТО в целом по агрегату, R , руб./га	$R = R_T + R_M$	24,73	$16,49 + 8,24$	24,73	$16,49 + 8,24$
10. Фактическое значение коэффициента отчислений на амортизацию, a_i (T_{CB} – срок владения техникой, лет)	$a_i = \frac{1}{T_{CB}}$	0,2	1/5	0,2	1/5

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
11. Отчисления на амортизацию трактора, A_T , руб./га	$A_T = \frac{Ц_T \cdot a_T}{W_{зк} \cdot T_T}$	84,65	$\frac{1200000 \cdot 0,2}{2,1 \cdot 1350}$	84,65	$\frac{1200000 \cdot 0,2}{2,1 \cdot 1350}$
12. Отчисления на амортизацию машины, A_M , руб./га	$A_M = \frac{Ц_M \cdot a_M}{W_{зк} \cdot T_M}$	52,38	$\frac{165000 \cdot 0,2}{2,1 \cdot 300}$	23,8	$\frac{150000 \cdot 0,2}{2,1 \cdot 600}$
13. Отчисления на амортизацию агрегата, A , руб./га	$A = A_T + A_M$	137,03	84,65 + 52,38	108,45	84,65 + 23,8
14. Издержки на охрану окружающей среды, связанных с сжиганием топлива, ветоши, $I_{зк}$, руб./га (q_M – количество сожженного моторного масла, кг/га; q_M – количество сожженной ветоши, кг/га; $H_{зк}$ – норматив затрат на охрану окружающей среды, руб./кг)	$I_{зк} = (q_T + q_M + q_B) \cdot H_{зк}$ $q_M = q_T \cdot 0,05$ $q_B = q_T \cdot 0,05$	354,2 0,23 0,23	$(4,6 + 0,23 + 0,23) \cdot 70$ $4,6 \cdot 0,05$ $4,6 \cdot 0,05$	623 0,4 0,4	$(8,1 + 0,4 + 0,4) \cdot 70$ $8,1 \cdot 0,05$ $8,1 \cdot 0,05$
15. Затраты средств на технологические материалы (гербицид) и издержки от их потерь, Φ , руб./га	$\Phi = m_x \cdot Ц_x$	9375	$6,25 \cdot 1500$	18750	$12,5 \cdot 1500$

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
16. Себестоимость механизированных работ, I_n , руб./га	$I_n = 3 + \Gamma + R + I_{эк} + \Phi$	10026,32	51,32+220,11+25,69+354,2+937 5	19893,7	89,82+387,58+43,3+ +623+18750

Определение показателей экономической эффективности отображены в таблице 3.

Таблица 3 – Определение показателей экономической эффективности, руб./га

Наименование показателя	Метод расчета	Новый		Базовый	
		Машина для внесения гербицидов		Опрыскиватель ОНГВ-4	
		Величина	Источник или метод расчета	Величина	Источник или метод расчета
1	2	3	4	5	6
1. Цена новой и базовой техники, B_n, B_b , руб.	$B_{н,б} = Ц_m + Ц_M$	1365000	165000+1200000	1350000	150000+1200000
2. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений T_ϕ , лет ($W_{гн}$ – годовой объем работ новой техники, га)	$T_\phi = \frac{B_b - B_n}{(I_{nb} - I_{nn}) \cdot W_{см}}$	0,025	$\frac{1365000 - 1350000}{(19893,7 - 10026,32) \cdot 600}$		

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
3. Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений, T_{ϕ} , лет	$T_{\phi} = \frac{B_n}{(I_{nb} - I_{nn}) \cdot W_{cm}}$	0,23	$\frac{1365000}{(19893,7 - 10026,32) \cdot 600}$		
4. Удельные капитальные вложения по трактору, K_{yT} , руб./га	$K_{yT} = \frac{Ц_T}{T_T \cdot W_{эк}}$	505,5	$\frac{1200000}{1350 \cdot 2,0}$	808,1	$\frac{1200000}{1350 \cdot 1,1}$
5. Удельные капитальные вложения машине, K_{ym} , руб./га	$K_{ym} = \frac{Ц_m}{T_m \cdot W_{эк}}$	275	$\frac{165000}{300 \cdot 2,0}$	454,54	$\frac{150000}{300 \cdot 1,1}$
6. Удельные капитальные вложения по агрегату, K_y , руб./га	$K_y = K_{yT} + K_{ym}$	750,5	505,5+275	1262,64	808,1+454,54
7. Приведенные капитальные вложения, K_{yn} , руб./га (E_n – коэффициент нормативной эффективности)	$K_{yn} = E_n + K_y$	120,08	0,16 · 750,5	202,02	0,16 · 1262,64
8. Сумма приведенных затрат на единицу наработки, Π , руб./га	$\Pi = I_n + K_{yn}$	10146,4	10026,32 + 120,08	20095,72	19893,7 + 202,02

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
9. Сумма приведенных затрат на годовой объем наработки, $P_{Г}$, руб.	$P_{Г} = P \cdot W_{Г}$	6087600	$10146,4 \cdot 600$	6631587,6	$20095,72 \cdot 330$
10. Годовой приведенный экономический эффект от эксплуатации новой техники $\mathcal{E}_{Г}$, руб.	$\mathcal{E}_{Г} = P_{ГБ} - P_{ГН}$	543987,6	$6631587,6 - 6087600$		
11. Экономическая эффективность на единицу наработки $P_{Э}$, руб./га	$P_{Э} = P_{Б} - P_{Н}$	9949,32	$20095,72 - 10146,4$		

Приложение Д – Энергетическая оценка применения гербцидникового опрыскивателя

Таблица 1 – Формуля для расчета энергоемкости опрыскивателя

№ п/п	Показатель	Формула	Примечание
1	2	3	4
1	Энергоэффективность от использования опрыскивателя (в абсолютных величинах)	$\Delta E = E - E'$	E, E' – затраты энергии на реализацию технологического процесса
2	Энергоэффективность от использования опрыскивателя (в относительных величинах)	$R = \frac{E - E'}{E} \cdot 100\%$	
3	Энергетические затраты E , МДж/ед. наработки	$E = E_{\text{топ}} + \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{тр}} + E_{\text{м}}}{W_{\text{зк}}};$ $W_{\text{зк}} = 0,1Bv$	$E_{\text{топ}}$ – прямые затраты выраженные расходом топлива; $E_{\text{ж}}$ – энергетические затраты живого труда на единицу эксплуатационного времени работы опрыскивателя; $E_{\text{тр}}$ – энергоемкость энергетического средства на единицу эксплуатационного времени работы опрыскивателя; $E_{\text{м}}$ – энергоемкость опрыскивателя на единицу эксплуатационного времени работы опрыскивателя; $W_{\text{зк}}$ – часовая эксплуатационная производительность опрыскивателя, га/ч. 0,1 – переводной коэффициент; B – ширина захвата, м; v – скорость движения агрегата, км/ч.

1	2	3	4
4		$E_{\text{топ}} = \frac{G_T(\alpha_T + f_T)}{W_{\text{жк}}}$	<p>G_T – часовой расход топлива кг/ч; $G_{T1} = 0,5$ кг/час; $G_{T2} = 0,64$ кг/час; α_T – энергосодержание топлива, МДж/кг, α_T для ДТ равна 42,7 [61]. f_T – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива, МДж/га, f_T дизельное = 10,0 [141].</p>
5	Энергетические затраты живого труда на единицу эксплуатационного времени работы опрыскивателя	$E_{\text{ж}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ж}} \Pi, \text{ МДж/ч}$	<p>$P_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент живого труда работника производственного персонала, МДж/чел-ч, $A_{\text{ж}} = 1,26$; Π – число работников производственного персонала, $\Pi = 1$.</p>
6	Энергоемкость энергетического средства на единицу эксплуатационного времени работы машины (МТЗ-82)	$E_{\text{тп}} = j_{\text{тп}} \frac{E_{\text{то}}}{100} \left(\frac{a}{T_2} + \frac{K_T + K_K}{T_3} \right)$	<p>$E_{\text{то}}$ – общая энергоемкость энергетического средства (МТЗ-82) МДж; $j_{\text{тп}}$ – доля занятости энергетического средства на заданной операции по отношению к его годовой загрузке, $j_{\text{тп}} = 240/1800 = 0,13$; a – коэффициент отчисления на реновацию, %; T_2 – нормативная годовая загрузка, ч; $T_2 = 240$; T_3 – зональная годовая нагрузка, ч; $T_3 = 240$; K_T – коэффициент отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание, % K_T (трактора) = 9,4 + 1,6 + 0,4 = 11,4 %; K_K – коэффициент отчислений на капитальный ремонт, % K_K (трактора) = 5,0 %.</p>

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
7	Общая энергоёмкость энергетического средства	$E_{TO} = A_T \cdot M_T, \text{ МДж}$	где A_T – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/га, A_T (опрыскивателя) = 104; M_T – масса энергетического средства, кг, $M_{T1} = 250$ кг; $M_{T2} = 200$ кг.
8	Энергоёмкость агрегируемой машины на единицу эксплуатационного времени работы опрыскивателя	$E_M = \frac{E_{MO}}{100} \left(\frac{a}{T_r} + \frac{K_M}{T_z} \right), \text{ МДж/ч}$	E_{MO} – общая энергоёмкость агрегируемой машины, МДж; K_M – коэффициент отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание, % $K_M = 1,2$ %; $a = 15$ %
9	Общая энергоёмкость опрыскивателя	$E_{MO} = A_M \cdot M_M, \text{ МДж}$	где A_M – энергетический эквивалент опрыскивателя, МДж/кг; M_M – масса машины, кг.