

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Крымский федеральный университет
им. В.И. Вернадского»
Академия биоресурсов и природопользования

На правах рукописи

ДОГОДА Александр Петрович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА
ДЛЯ ВИНОГРАДНИКОВ**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Беренштейн Исаак Борисович

Симферополь, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ	13
1.1 Динамика развития площади поверхности биологической массы виноградных насаждений	13
1.2 Анализ средств механизации для химической защиты виноградных насаждений	14
1.3 Анализ теоретических исследований химической защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней	19
1.4 Выводы по разделу	24
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАМЕРНОГО (ТУННЕЛЬНОГО ТИПА) ВИНОГРАДНИКОВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ	27
2.1 Исследование воздушно-жидкостного потока, создаваемого камерным опрыскивателем	27
2.2 Обоснование параметров рабочих органов камерного опрыскивателя	38
2.4 Обоснование параметров системы рециркуляции	44
2.5 Выводы по разделу	71
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	73
3.1 Программа проведения экспериментальных исследований	73
3.2 Методика проведения лабораторно-полевых экспериментальных исследований по определению площади поверхности виноградного куста	74
3.3 Методика проведения экспериментальных исследований по определению структуры расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений камерными опрыскивателями	76
3.4 Изготовление узлов камерного опрыскивателя для проведения лабораторно-полевых исследований	79
3.5 Методика лабораторных исследований	81

3.5.1 Методика лабораторных исследований по обоснованию параметров струйного насоса	81
3.5.2 Методика проведения экспериментальных исследований по обоснованию высоты подъема раствора жидкости струйным насосом	82
3.6 Методика проведения исследований в полевых условиях отдельных узлов камерного опрыскивателя	82
3.6.1 Энергетические показатели	83
3.6.2 Определение нормы расхода жидкости распылителями	85
3.6.3 Определение качества распыла рабочего раствора	87
3.7 Методика обработки результатов экспериментальных исследований	89
3.8 Выводы по разделу	93
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	95
4.1 Исследование параметров развития биологической массы надземной части виноградных насаждений	95
4.2 Результаты лабораторно-полевых исследований структуры расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений камерными опрыскивателями	105
4.3 Результаты лабораторных исследований по определению конструктивных параметров струйного насоса	113
4.3.1 Результаты лабораторных исследований по определению высоты подъема жидкости струйным насосом для перекачки в накопительную емкость	117
4.4 Результаты полевых исследований опытного образца камерного (туннельного типа) опрыскивателя для виноградников	119
4.4.1 Результаты экспериментальных полевых исследований по определению производительности струйного насоса в зависимости от диаметра сопла	119
4.4.2 Результаты полевых исследований по определению производительности струйного насоса (эжектора) в зависимости от высоты перекачки жидкости в накопительную емкость	122

4.5 Результаты производственных испытаний опрыскивателя камерного (туннельного типа) прицепного виноградникового ОКПВ-1000	124
4.6 Выводы по разделу	129
5 ТЕХНИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ КАМЕРНОГО (ТУННЕЛЬНОГО ТИПА) ВИНОГРАДНИКОВОГО	132
5.1 Техничко-экологическая и экономическая оценка эффективности внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового	132
5.2 Внедрение в производство камерных опрыскивателей	134
5.3 Подготовка агрофона виноградника для работы туннельного опрыскивателя	135
5.4 Определение качественных показателей выполнения технологического процесса	136
5.5 Экологическая оценка внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового	137
5.6 Техничко-экономическая эффективность внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового	145
5.7 Выводы по разделу	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	151
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	154
ПРИЛОЖЕНИЯ	170

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная эксплуатация виноградных насаждений вызывает острую необходимость повышения качества и пищевой безопасности выращиваемой продукции, пользующейся постоянным спросом для потребления в свежем виде. Виноград как монокультура подвержен частым обработкам пестицидами, что приводит к неизбежному загрязнению окружающей среды токсичными химическими соединениями.

Согласно действующим санитарным правилам, обработку виноградников агрохимикатами вентиляторными опрыскивателями разрешается проводить на расстоянии не ближе 500 метров от населенных пунктов и зон отдыха.

Такие требования приводят к сокращению закладки новых виноградников и выкорчевыванию плодоносящих. Современные требования к выполнению технологических операций обработки растений агрохимикатами ставят перед учеными и производителями задачу создания и внедрения новой энергосберегающей технологии и техники, позволяющей обеспечить высокую экономическую эффективность применения средств защиты растений с минимальным вредным воздействием на окружающую среду.

Актуальность темы

Развитие виноградарства связано с химической защитой виноградных насаждений от вредителей и болезней. Несовершенство техники ведет к необоснованно завышенному расходу агрохимикатов, ухудшению экологического состояния окружающей среды, увеличенным энергетическим затратам, а значит, к снижению экономической эффективности. Устранение отмеченных выше недостатков возможно за счет создания и внедрения в производство новых технологий и машин, позволяющих проводить химическую обработку растений в закрытой камере. Метод малообъемного опрыскивания с улавливанием не осевшего рабочего раствора агрохимикатов и возвратом его обратно в бак опрыскивателя для повторного использования является весьма актуальным.

Потери раствора на почву и в атмосферу при таком способе опрыскивания растений будут сведены к минимуму.

Метод химической обработки виноградников в закрытой камере отвечает санитарно-гигиеническим требованиям как в части создания безопасных условий работы обслуживающего персонала, так и существенного снижения выбросов в окружающую среду, что позволит существенно сократить санитарную зону с 500 до 20 м. Это позволит сохранить существующие виноградные насаждения, увеличить площади закладки молодых виноградников вблизи жилых поселков и городов.

Работа выполнена в соответствии с планами НИР «ЮФ КАТУ НАУ» № 0107U001317 тема 1, раздел 15,4 Создание опрыскивателя камерного (туннельного) для виноградников» (2006–2010 гг.), № 0107U001317 тема 1, раздел 16.2 «Обоснование рабочих органов и режимов работы туннельного малообъемного опрыскивателя для химической защиты виноградников» (2010–2015 гг.), № 0108U005571 по теме ГБ № 110/284 «Разработка камерного (туннельного) опрыскивателя для виноградников с изготовлением и испытанием экспериментального образца» (2008–2014 гг.).

Степень разработанности темы. Вопросы механизации химической защиты сельскохозяйственных культур занимают ВНИИ Виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского» и др. Большой вклад в развитие механизации виноградарства внесли ученые Маслов Г.Г., Лебедев А.Т., Труфляк Е.В., Трубилин Е.И., Беренштейн И.Б., Догода П.А., Скориков Н.А., Нагирный Ю.П., Леонтьева И.А., и др. их выводы, формулировки и рекомендации используются при расчете и конструирования средств механизации для химической защиты сельскохозяйственных растений.

Анализ литературных источников показывает, что теоретическим и экспериментальным исследованиям по обоснованию конструкции камерного опры-

скивателя и выполнения технологического процесса химической защиты многолетних насаждений в закрытой камере отечественными учеными уделялось недостаточное внимание. Весомый вклад в исследования рабочего процесса струйных насосов (эжекторов) был внесен Н.М. Соколовым, Е.Я. Зингером, В.А. Успенским, Ю.М. Кузнецовым, Л.Д. Берманом, и др.

Исследования проводились для массивных струйных насосов, предназначенных для геологоразведки, очистки водных скважин, химической и прочих отраслей промышленности.

Оптимизация технологического процесса обработки растений винограда в условно закрытой камере требует проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию конструктивных параметров отдельных узлов камерного опрыскивателя, особенно системы улавливания и рециркуляции рабочей жидкости.

Цель исследования

Повышение качества химической обработки виноградных насаждений путем обоснования параметров и режимов работы камерного (туннельного типа) опрыскивателя для виноградников.

Задачи исследования.

1. Провести анализ состояния и перспективы развития средств механизации для химической защиты виноградных насаждений;
2. Провести теоретические исследования по обоснованию конструктивных параметров рабочих органов камерного (туннельного типа) опрыскивателя: эжектора, системы улавливания и возврата раствора для повторного использования;
3. Экспериментально обосновать режимы работы камерного опрыскивателя нормы расхода рабочей жидкости в зависимости от периодов вегетации виноградных растений;
4. Разработать основные требования к конструкции камерных опрыскивателей;

5. Провести лабораторно–полевые исследования по обоснованию параметров камерного (туннельного) опрыскивателя;

6. Определить технико-экологические и экономические показатели эффективности применения разработанного камерного (туннельного) опрыскивателя.

Объектом исследования является технологический процесс химической защиты виноградных насаждений в закрытой камере.

Предмет исследования: конструктивные и технологические параметры рабочих органов камерного опрыскивателя, в зависимости от периодов вегетации виноградных насаждений.

Рабочая гипотеза: по результатам исследований будут обоснованы основные конструктивные и режимные параметры камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя.

Научная гипотеза: разработанная модель технологического процесса обработки виноградных насаждений в закрытой камере в зависимости от площади поверхности биологической массы позволит сократить расход агрохимикатов; разработанная модель распространения воздушно-жидкостного потока в кроне куста винограда позволит определить режимы работы опрыскивателя в зависимости от густоты покрытия площади поверхности биологической массы виноградных насаждений.

Методы исследования: теоретические исследования проводились с использованием основных положений теоретической механики, теории конструкций и расчета сельскохозяйственной техники, теории турбулентности, методов дифференциально-интегрального исчисления; при планировании и проведении лабораторно-полевых исследований использовалась методика планирования и проведения многофакторных экспериментов; экспериментальные исследования проводились в лабораторных и полевых условиях на разработанной и изготовленной лабораторной установке и экспериментальном образце камерного опрыскивателя; агротехническая, энергетическая, экономическая и экологическая оценка проводилась с

использованием отраслевых стандартов; результаты исследований обрабатывались методами математической статистики, моделирования с использованием компьютерных программ Microsoft Excel, Statistica 8,0, EjectCall, Pascal Delphi.

Научная новизна.

1. Обоснована структура расхода рабочей жидкости при химической защите виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации;
2. Разработана модель технологического процесса обработки растений в закрытой камере;
3. Построена математическая модель воздушно–жидкостного потока в кроне куста, создаваемого опрыскивателем, определен коэффициент активного осаждения жидкости;
4. Обоснованы и экспериментально подтверждены конструктивные параметры рабочих органов и режимов работы опрыскивателя камерного для химической защиты виноградных насаждений;
5. Определены математические зависимости и методика расчета конструктивных параметров струйного насоса (эжектора).

Практическая значимость работы.

1. Разработана система улавливания и возврата не осевшей на растениях рабочей жидкости в основной бак камерного опрыскивателя для повторного ее использования (патент Украины на полезную модель № 80220);
2. Предложена конструктивная и технологическая схема опрыскивателя, обеспечивающая процесс обработки растений в условно закрытой камере (патенты на полезную модель № 59869, № 88948, № 88949);
3. Созданная конструкция нового камерного опрыскивателя позволит сократить потери агрохимикатов и обеспечит экологически безопасную технологию их применения.

Степень достоверности и апробация результатов диссертационной работы

Достоверность основных выводов подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами испытаний опытного образца камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя и актами внедрения в хозяйствах Крыма. Основные положения диссертации доложены и одобрены на 6 Международных научно-практических конференциях: Укр НИИИТ им. Л.Погорелого 2008 г. «Науково-технічні засади, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій»; в Херсоне на международной научно-технической конференции «Сучасні проблеми і механізації сільськогосподарського виробництва» (м. Київ, НУБіПУ, 2010 р.); на международной научно – технической конференции «Проблемы энергосбережения. Энергия - 2010» Люблин - Симферополь 13-18 сентября 2010; за участие в 6 международной научно-технической конференции «Энергия» 17-21 сентября 2012 Люблин – Симферополь получил сертификат. На международных научно-технических конференциях «Проблемы механизации производства и технологии переработки с.-х. продукции» Симферополь 2013 – 2017 гг. На ежегодных научно-практических конференциях НУБіПУ 2010 – 2014 гг. и КФУ 2014-2017 гг. Результаты исследований были представлены на фестивале науки ФГАОУ ВО КФУ им. В.И.Вернадского в 2015-2016 гг. в номинации «Лучшая конструкторская разработка» и отмечены четырьмя дипломами первой степени. За конкурсную работу, выполненную по материалам диссертации в 2011 г. получен грант Верховной Рады Автономной Республики Крым за «Создание комплекса отечественных машин, обеспечивающего экологически безопасную энергосберегающую технологию химической защиты виноградных насаждений». Принимал участие и получил диплом 1 степени за создание опрыскивателя камерного виноградникового на международной выставке «Агро Экспо» – 2012, г. Киев. За участие в создании комплекса отечественных машин, обеспечивающих экологически безопасную

энергосберегающую технологию возделывания и уборки винограда, получил диплом 1 степени и сертификат.

На защиту выносятся.

1. Результаты теоретических исследований параметров рабочих органов камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя;
2. Методика определения баланса расхода рабочей жидкости агрохимикатов при химической обработке виноградников в зависимости от периодов вегетации виноградных насаждений;
3. Результаты лабораторных исследований струйного насоса (эжектора) для системы рециркуляции в камерном опрыскивателе;
4. Результаты экспериментальных исследований макетного образца камерного опрыскивателя с рекомендуемой системой рециркуляции;
5. Рекомендации по внедрению опрыскивателей камерных виноградниковых в производство;
6. Техничко-экологические и экономические показатели внедрения опрыскивателей камерных виноградниковых в производство.

Личный вклад соискателя.

Основные теоретические и экспериментальные исследования по теме диссертационной работы выполнены соискателем самостоятельно. На основе анализа существующих технологий и конструкций обоснована и разработана принципиальная схема опрыскивателя камерного (туннельного типа) для виноградников, обеспечивающая экологически безопасную энергосберегающую технологию химической защиты виноградных насаждений [15].

Автором разработана система улавливания и возврата, не осевшего на растениях рабочего раствора для повторного использования [21, 119]. Определена динамика развития площади поверхности, надземной части биологической массы виноградных насаждений и баланс структуры расхода рабочей жидкости в зависимости от периодов вегетации [20]. Разработаны основные требования к конструкции при создании камерных опрыскивателей

[4, 117]. Разработаны рекомендации по внедрению опрыскивателей камерных виноградниковых в производство [137]. Определены технико-экологические и экономические показатели внедрения опрыскивателей камерных виноградниковых в производство [138]. В научных публикациях по теме диссертации, которые написаны в соавторстве, личный вклад составляет от 45 до 70 %.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 30 научных работ, 20 – в специализированных изданиях ВАК, из них 8 самостоятельно. Получен 1 декларационный патент на изобретение и 9 патентов на полезную модель. Общий объём опубликованных работ составляет 11,9 п.л., из которых личная доля автора – 6,17 п.л.

Объемы структуры диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения и пяти разделов, заключения, списка использованных источников. Работа изложена на 220 страницах машинописного текста, содержит 76 рисунков, 50 таблиц и приложение.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

1.1 Динамика развития площади поверхности биологической массы виноградных насаждений

Развитие виноградных насаждений, подлежащих химической защите от вредителей и болезней, делится на пять основных периодов. В таблице 1.1 на основании обобщенных данных [1, 8, 49-53] перечислены последовательность, календарные сроки и назначение обработок опрыскивателями виноградников за годичный цикл развития растений. Среднее число опрыскиваний за календарный год составляет 8-12 раз [3-6], в отдельные годы, когда климатические условия благоприятствуют развитию вредителей и болезней, количество обработок может достигать 15 за сезон.

Таблица 1.1 – Назначение и количество обработок опрыскивателями

Обработка	Примечание
1	2
<i>Период покоя (ноябрь–март)</i>	
Искореняющее опрыскивание	В очагах поражения предыдущей вегетации
<i>Набухание и распускание почек</i>	
Обработка инсектицидами	По результатам выявления
Обработка фунгицидами	По очагам поражения. При необходимости повторяется
<i>Образование на побегах 3–4 листьев (конец апреля – начало мая)</i>	
Обработка акарицидами или инсектоакарицидами	При численности клещей выше порога вредоносности. При необходимости повторяется
<i>Образование на побегах 5–6 листьев, длина побегов 25–30 см (май)</i>	
Обработка фунгицидами	При первых признаках заболеваний
<i>Обособление бутонов в соцветиях (конец мая – начало июня)</i>	
Обработка фунгицидами	Обязательное

1	2
Обработка инсектицидами	Обязательное, направленное в зону соцветий
<i>Завязывание ягод, начало их роста (июнь)</i>	
Обработка фунгицидами	Обязательное
Обработка инсектицидами	Обязательное
Обработка фунгицидами	Сорта, в сильной степени поражаемые серой гнилью, при опасности развития эпифитотии
<i>Рост ягод, начало их созревания (июль–август)</i>	
Обработка фунгицидами	Периодически в сроки, соответствующие биологии возбудителей
Обработка инсектицидами	Направленное в зону гроздей

Таким образом, можно сделать вывод, что опрыскиватели, предназначенные для химической защиты виноградников, должны соответствовать разнообразию периодов вегетации виноградных насаждений, учитывая календарные сроки обработок в зависимости от площади поверхности биологической массы надземной части виноградного растения, регулировать расход рабочей жидкости.

1.2 Анализ средств механизации для химической защиты виноградных насаждений

В настоящее время для обработки виноградников агрохимикатами применяются вентиляторные опрыскиватели как отечественного, так и импортного производства. При работе этих опрыскивателей потери рабочей жидкости на почву и в атмосферу достигают от 30 до 70 % в зависимости от периода обработки, что существенно увеличивает вредное воздействие на окружающую среду. Это является опасным фактором для курортных зон Крыма и юга Украины, где виноградники часто расположены рядом с населенными пунктами и зонами отдыха.

Устранение вышеуказанных недостатков существующей технологии химической обработки виноградников возможно за счет создания и внедрения в производство новых технологий и машин, в частности обработка с помощью камерных опрыскивателей. При работе таких опрыскивателей, обработка растений осуществляется в закрытой камере. На растениях остается то количество рабочего раствора, которое может удержать листостебельный аппарат и ягоды. Капли рабочей жидкости, не осевшие на растениях, улавливаются специальными устройствами и возвращаются обратно в основной резервуар опрыскивателя.

Специалисты института гигиены и медицинской экологии им. О.М. Марзеева АМН Украины провели исследования влияния на окружающую среду препаратов при химической обработке виноградников камерным (туннельным) способом опрыскивания в ГП "Таврида" (г. Алушта) и пришли к заключению разрешить строительство коттеджей на расстоянии 15 м. Таким образом, использование камерного (туннельного) опрыскивателя для виноградников позволит уменьшить санитарную защитную зону с 500 до 20 м.

В России химическая защита растений осуществляется в основном с помощью вентиляторных и штанговых опрыскивателей.

Обработка многолетних насаждений в закрытой камере пока не получила широкого распространения. Поэтому в этом разделе основным объектом изучения будут конструкции малообъемных опрыскивателей производства Италии, Польши, Голландии и Германии.

Польская фирма – *KRUKOWIAK* [27-29], производящая машины и приспособления для сельского хозяйства, предлагает широкий ассортимент опрыскивателей, в том числе туннельных (рисунок 1.1).

Исследовательские работы над туннельной техникой проводятся в Институте Садоводства и Цветоводства в Скерневицах (Польша). До настоящего времени единственной возможностью уменьшить вредное воздействие ветра был правильный выбор времени суток для опрыскивания.



Рисунок 1.1 – Садовый туннельный опрыскиватель EKOSAD-TUNEL

Таблица 1.2 –Техническая характеристика

Модель машины	EKOSAD 2.0M	EKOSAD 2.5M	EKOSAD 3.0M
Вместимость бака, л	600		
Рабочая ширина, м	1,2-3,0	1,2-2,0	
Рабочая высота, м	2,0	2,5	3,0
Производительность насоса, л/мин.	96		
Скорость рабочая, км/ч	до 7		
Потребляемая мощность, кВт	26,85	33,56	37,28

Иногда из-за сильного ветра опрыскивание проводится ночью или оказывается невозможным. Временное укрытие куста в туннеле делает процедуру опрыскивания независимой от воздействия ветра.

Садовый туннельный опрыскиватель ISK-1[30] фирмы – *KRUKOWIAK* агрегируют с трактором (рисунок 1.2). Бак вместе с системой подачи жидкости и туннелем передвигается вдоль ряда деревьев. Туннель оборудован двумя радиальными вентиляторами, имеющими привод от гидравлических двигателей, которые направляют струю воздуха в диффузоры, где помещены вихревые распылители.

Опрыскиватель имеет систему постоянной циркуляции жидкости. Он оборудован эжекторами, которые откачивают стекающую вниз по стенкам камеры рабочую жидкость. Количество собранной улавливателями жидкости достигает 40%, что позволяет снизить дозу расхода пестицидов и обеспечивает экономию, по сравнению с традиционными вентиляторными опрыскивателями.



Рисунок 1.2 – Садовый туннельный опрыскиватель ISK-1

Хорошая маневренность агрегата позволяет осуществлять обработку в интенсивных садах. Единственным ограничением является высота деревьев, которые должны помещаться в туннеле, а также ширина междурядий. Максимальная высота деревьев – $2,8 \times 2,2$ м (высота \times ширина).

Голландская фирма – MUNCKHOFF [31], производит камерный опрыскиватель Wine Tunnel (рисунок 1.3).

Применение этого опрыскивателя позволяет сохранить до 50-70% рабочей жидкости. Снижает выбросы загрязняющих веществ на почву, воздух и на поверхность водоемов. Опрыскиватель может быть использован при сильном ветре и прямом солнечном свете. Обеспечивает хорошее покрытие листовой поверхности и ягод.



Рисунок 1.3 – Опрыскиватель Wine Tunnel

Немецкая компания LIPCO [32] - крупнейший производитель камерных опрыскивателей в Западной Европе. В ассортименте выпускаемой продукции туннельные опрыскиватели для возделывания винограда, фруктов, хмеля, роз и других культур, которые отличаются экономией рабочей жидкости и удовлетворяют экологическим требованиям по защите растений. Компания выпускает одно-, двух-, трех- и четырехрядные машины (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Двухрядный туннельный опрыскиватель LIPCO

В течение всего сезона наблюдается экономия рабочего препарата 40%, так как не осевший на растениях раствор откачивается эжекторами, фильтруется и возвращается в резервуар.

Анализ конструкции импортных камерных опрыскивателей показывает, что использование туннельных опрыскивателей не зависит от ветра, в отличие от вентиляторных опрыскивателей. Данные конструкции опрыскивателей позволяют проводить обработку вблизи домов и водоемов, при этом происходит лучшее осаждение капель рабочей жидкости на растениях.

Самое большое преимущество современной техники – рециркуляция не осевшей на растениях рабочей жидкости для повторного ее использования. Степень возвращения рабочей жидкости весной, – при начале роста листьев, начинается с 70%, при последнем же опрыскивании (высокая облиственность) степень возвращения рабочей жидкости доходит до 20%.

Недостатками импортных машин являются: большая металлоемкость, энергоемкость и высокая стоимость. Проведение химической защиты

виноградных насаждений без применения камерных опрыскивателей, особенно вблизи населенных пунктов, недопустимо из-за попадания агрохимикатов в атмосферу, на почву и в грунтовые воды.

Поэтому возникла необходимость создания менее металлоемкого, менее энергоемкого, маневренного, конкурентоспособного, доступного по стоимости отечественного камерного виноградного опрыскивателя туннельного типа.

1.3 Анализ теоретических исследований химической защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней

Вопросами механизации химической защиты сельскохозяйственных культур занимаются ВНИИ Виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского» и др. Большой вклад в развитие теории опрыскивания внесли такие ученые как: Нагирный Ю.П. [62]; Георгиев М.П. [61]; Болбочан Е.К. [60]; Леонтьева И.А. [89]; Хантадзе М.З. [63]; Гуцин Е.Г. [100]; Цырин А.А., Прокопенко В.Ф. [57]; Беренштейн И.Б., Догода П.А. [17, 21, 99], Маслов Г.Г., Лебедев А.Т., Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. и другие. Их выводы, формулировки и рекомендации используются для расчета и конструирования вентиляторных опрыскивателей.

По нормам расхода агрохимикатов процессы опрыскивания делят на три вида: объемное, с расходом рабочей жидкости 500 л/га; малообъемное – от 150 до 500 л/га и ультрамалообъемное – менее 150 л/га.

Анализ литературных источников [14, 34, 36, 54] показал, что для описания технологического процесса вентиляторного опрыскивателя, а именно для истечения воздушно-жидкостной струи в пространство, принято использовать теорию турбулентных струй [55, 56]. При этом допускается, что

выходящий из диффузора воздушный поток имеет вид осесимметричной свободной затопленной струи.

Применение вышеизложенной теории на практике позволяет производить расчет средней скорости потока и параметров распыливающих устройств. Недостаток заключается в том, что истечение струи рассматривается в свободном пространстве. В результате имеет место идеализация процесса и не учитываются характеристики объекта обработки.

Далее рассмотрим результаты научных исследований, посвященных процессу механизации химической защиты многолетних насаждений, в которых исследователи связывают параметры воздушного потока с реальными размерами обрабатываемых растений.

Данные испытаний Е.К. Болобочана [60, 100, 101, 102] показали, что для виноградных насаждений оптимальная скорость воздушной струи на выходе из сопла составляет от 18 до 20 м/с, при входе в виноградный куст – от 10 до 12 м/с, при выходе из куста – от 2 до 4 м/с.

Исследования М. П. Георгиева посвящены изучению аэродинамики воздушно-жидкостных струй. Он предлагает следующую формулу для расчета скорости на оси прямоточной струи круглого сечения [61]:

$$\frac{\bar{W}}{u_0} = \frac{W_x}{u_0} = \frac{12,4m}{x},$$

где W_x – относительная осевая скорость;

u_0 – средняя по площади скорость на выходе из сопла;

x – относительное расстояние от начального до текущего сечения;

m – поправочный коэффициент затухания струи.

Автор отмечает, что величина коэффициента m зависит от профиля начального поля скоростей и от начальной турбулентной струи. Определение m возможно только экспериментальным путем. Полученные им частные значения коэффициента затухания осевой скорости для прямоточных и закрученных струй, выходящих из круглых, прямоугольных и веерных сопел, определены при некоторых «идеальных» условиях и варьируются в широких пределах.

Нагирный Ю.П. исследовал осаждение капель из воздушной струи в кроне дерева как в полупроницаемом препятствии [62]. Автор впервые вводит характеристики плотности кроны (ρ_k), а также доли вертикальных (α) и горизонтальных поверхностей (β) и допускает, что на вертикальные поверхности капли оседают по инерционному механизму, а на горизонтальные – под действием гравитационных сил. Далее, на основании материального баланса частиц, проходящих через элементарный объем, выводит дифференциальное уравнение проникновения капель внутрь кроны:

$$-\frac{\partial N_x}{N_x} = \left(E_x \alpha + \frac{W}{U_x} \beta \right) \rho_k \partial x,$$

где N_x – счетная концентрация частиц;

U_x – скорость воздуха на участке ∂x ;

W – скорость оседания частиц;

E_x – коэффициент инерционного захвата;

x – расстояние по глубине препятствия.

Нагирным Ю.П. установлено, что капли диаметром больше 200 мкм практически все оседают, не достигая центра кроны, независимо от параметров воздушной струи, в результате чего неравномерность оседания увеличивается. Наиболее равномерно по глубине кроны располагаются капли диаметром от 20 до 100 мкм. Анализ осажденных капель по отдельным участкам кроны показал, что снижение по растению количества рабочей жидкости происходит в основном за счет снижения уровня осажденных капель в верхнем ярусе и во внутренних зонах, что автор объясняет искривлением траектории и падением скорости сносимых струй.

Объектом исследований Хантадзе М.З. [63] был процесс вентиляторного опрыскивания виноградников. Он отмечает преимущества низконапорного воздушного потока с большим расходом воздуха, и соответственно, большим диаметром выходного сечения по сравнению с высоконапорным, но малым расходом воздуха. Автор вводит такое понятие, как «сопротивление

виноградного куста воздушно-жидкостному потоку». На основании экспериментов им были определены пределы коэффициентов сопротивления виноградного куста для мелкой кроны – от 0,95 до 0,9; средней – от 0,85 до 0,9 и плотной – от 0,8 до 0,85.

Исследования технологического процесса распыла и транспортировки капель воздушным потоком, проведенные Войтюком Д.Г. [13, 36, 54, 55], показали, что критерием эффективного входа струи в растительную массу могут служить осевая скорость на входе в куст U_e и условие заполнения растений турбулентным слоем толщиной δ :

$$\delta = \frac{1,64mK_p U_{cp} R_0}{U_e} \left(1 - (1 - 0,77\varepsilon^{0,5})^{2/3} \right),$$

где $m = 0,7...0,95$ – коэффициент затухания осевой скорости, учитывающий неравномерность начального поля скоростей;

K_p – рабочий коэффициент затухания скорости струи, определенный экспериментально;

U_{cp} – средняя по площади скорость на выходе из сопла;

R_0 – радиус начального сечения струи;

ε – относительный показатель затухания осевой скорости струи.

Результаты научных исследований, приведенные выше, представляют собой важный вклад в теорию вентиляторного опрыскивания и являются основой для дальнейших теоретических разработок. Вместе с тем, как отмечает Д.Г. Войтюк, «...развитие теории пока еще не привело к убедительному количественному анализу процессов распыла жидкости при неупорядоченном, турбулентном движении жидкости и для создания приемлемых методов расчета опрыскивателей...».[54]

Туннельный метод химической обработки виноградников отвечает санитарно-гигиеническим требованиям в части создания безопасных условий работы. При таком методе обработки виноградника потери раствора на почву и в атмосферу сведены к минимуму, работа опрыскивателя проводится при

любых погодных условиях, за исключением дождливых дней и в любое время суток. Отличительной особенностью туннельных опрыскивателей является система рециркуляции не осевшей на растениях рабочей жидкости, основным узлом является жидкостный эжектор.

Наиболее весомый вклад в исследования рабочего процесса эжекторов был сделан в работах, Н.М. Соколова, Е.Я. Зингера [69], В.А. Успенского, Ю.М. Кузнецова [70], Л.Д. Бермана [66,67], Г.И. Ефимочкина [68], В.В. Фисенко [71], В.Г. Цегельского [72], В.А. Чернухина [73], Witte J.H. [65], Campbell J., Pitcher A. [64].

В работах Е.Я. Зингера, Н.М. Соколова, Л.Д. Бермана, Г.И. Ефимочкина рабочие напорные характеристики эжекторов рассчитываются в зависимостях, которые получены по результатам экспериментов, проведенных авторами: на максимум этих характеристик, получают экстремальные характеристики насоса. Применение экстремальных характеристик позволяет точнее оценить его граничные возможности на этапе проектирования.

В работах В.Г. Цегельского и др. [72-75] рабочий процесс жидкостного эжектора описывается на основе общего решения уравнения сохранения массы, количества движения и энергии при разных допусках и дополнительных эмпирических зависимостях, отмечается, что рабочие характеристики большинства жидкостных эжекторов имеют срыв, причины, существования которого объясняются авторами по-разному. При этом экспериментально подтвержденные случаи подобных срывов часто не согласуются с расчетами, что говорит о существовании дополнительных условий.

Таким образом, существующие эмпирические методы расчета насоса, часто неверно описывают режимы, которые отвечают срыву рабочей напорной характеристики, и позволяют делать выбор основных параметров струйного аппарата на основе экстремальных характеристик. Их основным недостатком есть ограниченность диапазонов рабочих параметров применимости, кроме этого, эти методы часто дают неверные значения достижимых мер повышения давлений на участках до срыва напорной рабочей характеристики.

Известные аналитические методы расчета (срывы характеристик, что в том числе и учитывают, смешивание, которое возникает при замыкании камеры, и недостаточной ее длине) дают верные значения мер повышения давления аппарата, но не позволяют определить реально достижимые коэффициенты эжекции, которые бы согласовывались с экспериментальными данными. Что, в свою очередь, не позволяет определить экстремальные характеристики и спроектировать установку с минимальным энергопотреблением.

Анализ литературных источников показывает, что теоретическими исследованиями по обоснованию конструкции камерного (туннельного) опрыскивателя и выполнения технологического процесса химической защиты многолетних насаждений никто из отечественных ученых не занимался.

Выполнение технологического процесса обработки растений в закрытой камере требует проведения теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию конструктивных параметров отдельных узлов, а особенно системы улавливания и возврата, не осевшей на кустах рабочей жидкости для повторного ее использования.

1.4 Выводы по разделу

1. Динамика развития площади поверхности надземной части биологической массы виноградных насаждений, подлежащей химической обработке от вредителей и болезней, в зависимости от вегетации растений делятся на 5 основных периодов.

Среднее количество опрыскиваний виноградных насаждений за календарный год в зависимости от погодных условий, благоприятствующих развитию популяции вредителей и болезней, колеблется от 8 до 12.

2. Основным недостатком является то, что расход ведется без учета формирования виноградного куста, площади поверхности биологической массы, схемы посадки и потенциальной урожайности, что приводит к

необоснованному расходу рабочей жидкости и ухудшению экологии окружающей среды, а также низкой экономической эффективности применения средств защиты растений.

3. В настоящее время для обработки виноградников агрохимикатами применяются вентиляторные опрыскиватели как отечественного, так и импортного производства, при работе которых потери рабочей жидкости на почву и в атмосферу достигают от 30 до 90% [14], что существенно увеличивает вредное воздействие на окружающую среду и является опасным фактором, особенно для курортных зон, где виноградники часто расположены рядом с населенными пунктами и зонами отдыха.

4. Устранение недостатков существующей технологии химической обработки виноградников возможно за счет создания и внедрения в производство новых машин, в частности обработки с помощью камерных опрыскивателей в закрытой камере. На растениях остается то количество рабочей жидкости, которое может удержать биологическая масса, рабочая жидкость, не осевшая на растениях, улавливается в отстойниках и откачивается в основной резервуар опрыскивателя для повторного использования.

Потери рабочей жидкости на почву и в атмосферу сокращаются, и работа опрыскивателя возможна при любых погодных условиях, за исключением дождливых дней.

5. Способ химической обработки виноградников в закрытой камере отвечает санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям как в части создания безопасных условий работы, так и существенного снижения выбросов в атмосферу, что уменьшает влияние агрохимикатов на окружающую среду, а следовательно, сократит санитарную зону с 500 до 20 м, тем самым сохранит существующие виноградные насаждения и позволит увеличить площади закладки молодых виноградников.

6. Для рационального применения препаратов при химической обработке виноградных насаждений необходимо определить динамику развития площади поверхности биологической массы виноградных насаждений в зависимости от

периодов вегетации и обосновать структуру расхода рабочей жидкости, составить баланс, состоящий из количества раствора, осевшего на обработанной площади поверхности, уловленного для повторного использования, и потерь на почву.

7. Анализ литературных источников показывает, что теоретическими исследованиями по обоснованию конструкций камерного опрыскивателя и выполнения его технологического процесса при химической защите виноградных насаждений никто из отечественных ученых не занимался. Отсутствие полноты теоретических и экспериментальных данных по обоснованию конструкции камерных опрыскивателей и технологического процесса обработки растений в закрытой камере обуславливает необходимость проведения исследований.

8. Создание отечественного камерного опрыскивателя требует проведения теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию конструктивных параметров отдельных узлов, а особенно системы улавливания и возврата не осевшей на виноградных кустах рабочей жидкости агрохимикатов для повторного использования.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАМЕРНОГО (ТУННЕЛЬНОГО ТИПА) ВИНОГРАДНИКОВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ

Программой теоретических исследований предусмотрена разработка и обоснование конструкции системы рециркуляции – (повторное использование – рециркуляция) рабочей жидкости, алгоритмов определения ее параметров, а также рекомендаций по ее использованию.

Программа включает:

- исследование воздушно-жидкостного потока в виноградном кусте и определение коэффициента сопротивления осаждения жидкости на площади поверхности виноградного куста;
- обоснование параметров камеры опрыскивателя;
- определение особенностей использования системы рециркуляции в камерном опрыскивателе;
- обоснование параметров улавливателя рабочей жидкости;
- обоснование технологических и конструктивных параметров эжектора для перекачивания рабочей жидкости.

2.1 Исследование воздушно-жидкостного потока, создаваемого камерным опрыскивателем

В камере опрыскивателя при его работе происходит интенсивное перемешивание воздушно-жидкостной массы, насыщенной химикатами, которые затем оседают на листьях растений. Вследствие хаотичного расположения листьев в пространстве, главную роль в осаждении пестицидов на их поверхность играет турбулентность движения воздушного потока, возникающего в кроне, который и обеспечивает качественную обработку биологической массы. Гравитационное и инерционное осаждение также имеют место, однако происходят они только на листьях, расположенных

горизонтально и вертикально, под небольшим углом к горизонтали и вертикали. Учитывая, что листья растения должны омываться раствором с обеих сторон, это может происходить только под действием турбулентности. На основании принципа относительности будем считать, что при движении машины со скоростью V_1 в камере опрыскивателя образуется воздушный поток. Скорость ветра учитывать не будем, так как камера закрыта. В зависимости от времени вегетации, объём ее по вертикали не полностью заполнен листовой массой (рисунок 2.1).

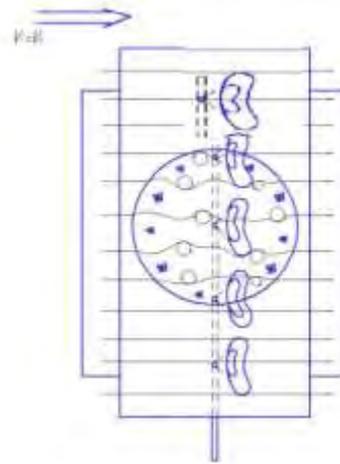


Рисунок 2.1 – Воздушные потоки при движении камеры с неработающими форсунками

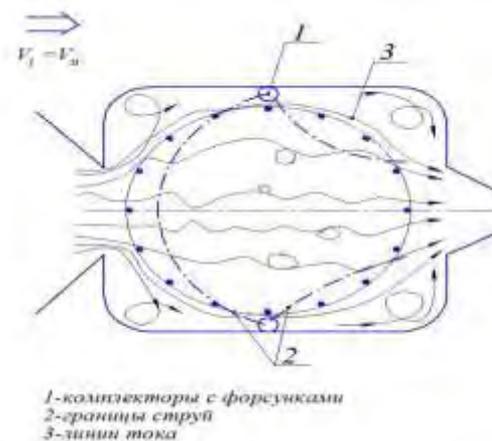


Рисунок 2.2 – Искривление факела струи при работе форсунки (вид сверху) в движущейся камере

Линии потока, обозначенные стрелками, показывают искривление длины струи в зависимости от воздушного потока (рисунок 2.2), при движении агрегата. В зонах, свободных от листьев, линии потока относительно ровные,

без искривлений, тогда как в кусте они искривлены и даже имеют участки с обратным потоком (имеются завихрения). Струи из форсунок попадают в поперечный поток разной интенсивности (в зависимости от местоположения).

Таким образом, поток воздуха, движущийся в камере, является сносящим для струи из форсунок. Струя жидкости, попадающая в поток воздуха под некоторым углом к её оси, искривляется, причем на передней (выпуклой) стороне струи набегающий на неё поток тормозится, создавая повышенное давление, а на задней (вогнутой) стороне струи появляется разрежение; разность давлений создает центростремительную силу, необходимую для искривления струи. В самой струе статическое давление от переднего края к заднему снижается непрерывно. В начальном участке сносимой потоком струи имеется ядро постоянного давления (при непостоянной скорости), представляющее область, неохваченную турбулентным перемешиванием. Скорость в поперечном сечении потенциального ядра растет в задней границе струи вследствие снижения статического давления. Векторы скорости за струей имеют составляющие, направленные против скорости в сносящем потоке, что указывает на существование сложной картины циркуляционного движения за струей. Струя при удалении от сопла форсунки приобретает подковообразную форму. Деформация сечения струи объясняется характером взаимодействия с потоком. Сразу же на выходе из сопла, вследствие интенсивного перемешивания с воздухом сносящего потока, образуется турбулентный слой. Периферийные частицы струи, имеющие меньшую скорость, чем частица ядра, сильнее отклоняются сносящим потоком от первоначального направления и движутся по более изогнутым траекториям, что приводит к образованию «подковы». В результате воздействия сносящего потока и циркуляционных зон, частицы струи все больше и больше отходят от плоскости симметрии – боковые отростки «подковы» раздвигаются, при этом возможно возникновение дополнительного циркуляционного движения в самой струе. Чем больше скорость сносящего потока и начальный угол наклона струи, тем сильнее изгиб струи и короче ее начальный участок.

В работе Абрамовича Г.Н. [55] приведено эмпирическое уравнение для формы оси струи, истекающей в боковой поток из круглого сопла форсунки:

$$\frac{x}{d} = \left(\frac{q_{01}}{q_{02}}\right)^{1,3} \left(\frac{y}{d}\right)^3 + \frac{y}{d} \operatorname{ctg} \alpha; \quad (2.1)$$

где x, y – координаты точек;

d – диаметр сопла форсунки;

α – угол между направлением оси сопла и направлением сносящего потока;

$q_{01} = \rho_1 \frac{V_1^2}{2}$, $q_{02} = \rho_2 \frac{V_2^2}{2}$ – скоростные напоры соответственно в сносящем потоке и в начальном сечении сопла;

где V_1 – скорость сносящего потока;

V_2 – скорость струи;

ρ_1 и ρ_2 – плотности.

Расчетная схема приведена на рисунке 2.3; вычисления по формуле (2.1) – на графике (рисунок 2.4).

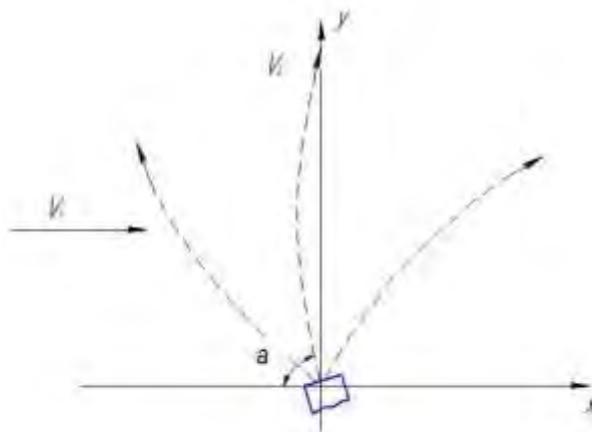
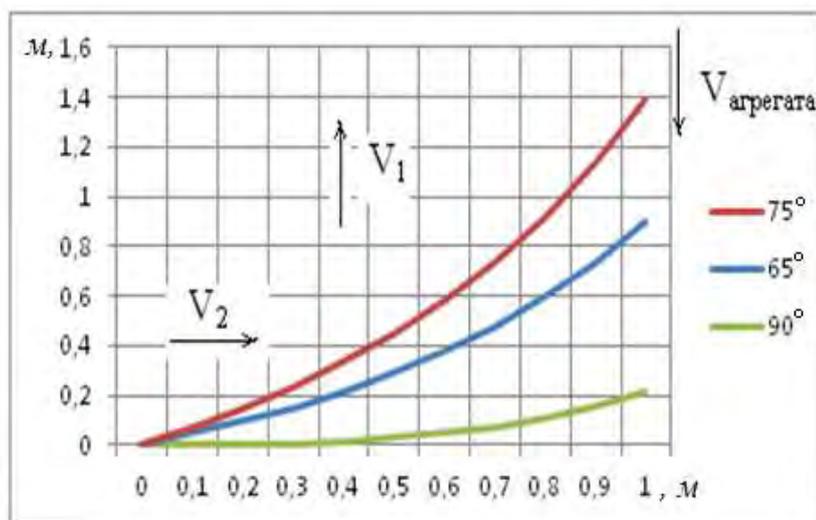


Рисунок 2.3 – Расчетная схема искривления струи в сносящем потоке



при $\alpha=65^\circ$, $\alpha=75^\circ$, $\alpha=90^\circ$

Рисунок 2.4 – Линия искривления оси струи в сносящем потоке (угол установки оси форсунки)

Таким образом, в сносящем потоке форсунку следует устанавливать под углом в продольной оси камеры навстречу движению.

Эпюры скоростей в камере показаны на рисунке 2.5. Видно, что максимум скоростей находится в центре массива листьев.

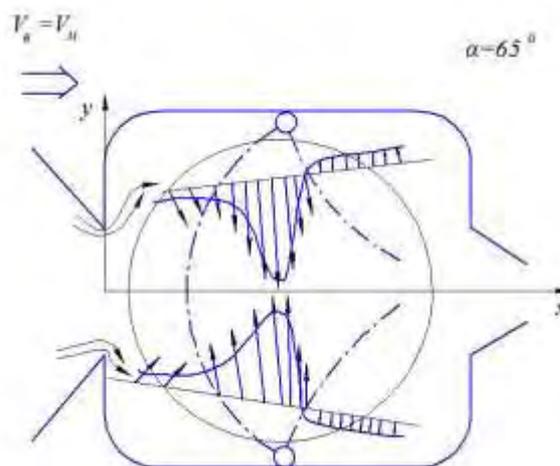


Рисунок 2.5 – Эпюры скоростей в струе в сносящем потоке

При движении опрыскивателя в его камере возникают воздушные потоки различных направлений, что обеспечивает опрыскивание листьев со всех сторон. Однако значительно большая, чем поступательная, скорость

двухфазной струи из форсунки приводит к тому, что листья, попадая в зону действия струи, наклоняются под действием напора жидкости и в общем случае располагаются под углами к линии движения струи (рисунок 2.6).

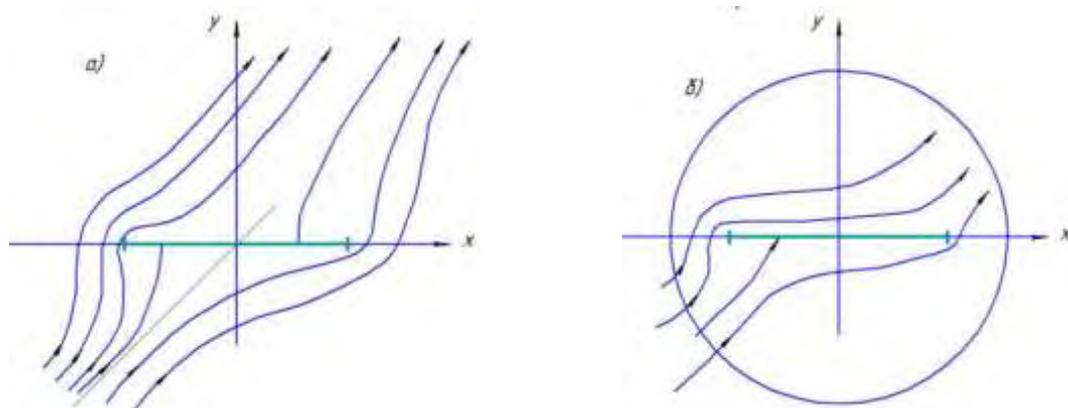


Рисунок 2.6 – Обтекание листа струей: а) при ламинарном режиме движения струи; б) при турбулентном режиме движения струи

В исключительных случаях поверхность листа располагается нормально к потоку. При этом происходит чисто инерционное осаждение жидкости на поверхность листьев и стекание ее вниз.

Будем считать, что подавляющее количество листьев располагается под углом к набегающему потоку. В связи с перемешиванием воздуха в кроне растения, внутри нее имеют место как ламинарный, так и турбулентный потоки.

Для определения параметров диффузии раствора вычислим геометрические размеры одного листа. Судя по очертанию листа, наиболее подходящей формой для описания является форма улитки Паскаля, а конкретнее, кардиоида [145], выраженная уравнением в полярных координатах:

$$\rho = d(1 + \cos \varphi)$$

или в параметрической форме:

$$\begin{aligned} x &= d \cos \varphi (1 + \cos \varphi), \\ y &= d(1 + \cos \varphi), \end{aligned} \quad (2.2)$$

где d – диаметр кардиоиды, производящей круги;

φ – полярный угол.

Для вычисления сопротивления движению воздуха при обтекании листа необходимо определить его геометрические параметры, длину и ширину, что можно сделать, зная площадь одного листа [145]. По результатам замеров, площадь поверхности листьев в одном кусте в среднем составляет $7,07 \text{ м}^2$, при обработке с двух сторон листа, а с одной – $3,54 \text{ м}^2$, при среднем количестве листьев в кусте – 453,3 шт. Тогда площадь одного листа составляет:

$$S = \frac{3,54}{453,3} = 0,0078 \text{ м}^2.$$

Площадь кардиоиды: $S = \frac{3}{2}\pi d^2$, откуда $d = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0078}{3\pi}}$, что дает:

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0078}{3\pi}} = 0,04 \text{ м}.$$

Тогда длина листа (по оси):

$$l = 2d = 0,08 \text{ м}, \text{ а ширина } - b = \frac{3\sqrt{3}}{2}d = 0,11 \text{ м}.$$

Таким образом, обтекание листа будем рассматривать как задачу обмывания потоком пластины с размерами:

Длина $l = 0,08 \text{ м}$, ширина $b = 0,11 \text{ м}$.

Реальная жидкость при обтекании листа, из-за наличия вязкости и шероховатости, прилипает к его поверхности. Поэтому скорость потока на поверхности равна нулю. При удалении от листа по нормали к его поверхности величина скорости будет увеличиваться и на некотором расстоянии от листа она будет близка к скорости потока. Расстояние, на котором происходит изменение скорости от 0 до скорости потока, характеризует область влияния вязкости на количество расхода жидкости и качество обработки поверхности биомассы. При больших числах Re влияние вязкости сосредотачивается в небольшой области около тела. В этом случае, по теории Прандтля [144], разделим поток, который обтекает лист, на три участка. Первый – непосредственно прилегающий к обтекаемому листу, обычно называется пограничным слоем. Это очень тонкий слой, в котором сосредоточено все влияние вязкости.

Второй участок – след за обтекаемым листом, третий – вся остальная область, в которой влияние вязкости не сказывается. В нашем случае, нас интересует первый участок, т.к. второй и третий участки практически не сказываются на оседании жидкости из двухфазной струи.

При внешнем продольном обтекании пластины на стенке, на некотором участке всегда будет существовать ламинарный пограничный слой. На некотором расстоянии от этого участка слой становится турбулентным. Переход, как правило, совершается в некоторой области, однако для простоты будем считать, что переход осуществляется в некоторой точке.

Так как величина трения различна в ламинарном и турбулентном пограничных слоях, то вопрос о местоположении этой точки имеет практическое значение. Критические числа R_e для точки перехода выражаются либо через координату точки перехода, либо через одну из характерных толщин пограничного слоя δ , δ^* или δ^{**} . Для пластинки:

$$R_{e_{кр}} = \left(\frac{ux}{v}\right)_{кр} = (3 - 5)10^5.$$

имея в виду, что:

$$\delta = 5,0 \sqrt{\frac{vx}{u}}, \quad (2.3)$$

$$\delta^* = \frac{1}{3} \delta, \quad \delta^{**} = \frac{2}{15} \delta^*,$$

получим критические значения чисел Рейнольдса, соответственно:

$$\left(\frac{ux}{v}\right)_{кр} = 3 \cdot 10^5; \left(\frac{u\delta}{v}\right)_{кр} = 2740; \left(\frac{u\delta^*}{v}\right)_{кр} = 910; \left(\frac{u\delta^{**}}{v}\right)_{кр} = 360.$$

Для гладкой пластины при небольшой степени турбулентности набегающего потока критическое значение $R_{e_{кр}}$ достигает величины $R_{e_{кр}} = 3 \cdot 10^6$.

В конце ламинарного слоя величина скорости достигает максимума. В области перехода она быстро растет, а внутри турбулентного слоя скорость по мере перемещения вдоль поверхности вновь убывает.

Кроме характера потока, на координату точки перехода от ламинарного к турбулентному характеру существенно влияет число R_e и степень

турбулентности набегающего потока, шероховатость поверхности обтекаемого тела.

С увеличением числа Re набегающего потока участок ламинарного и пограничного слоя уменьшается, т.е. точка перехода приближается к началу пластины. Влияние степени турбулентности набегающего потока на положение точки перехода в пограничном слое продольно обтекаемой пластины [143] показано на рисунке 2.7:

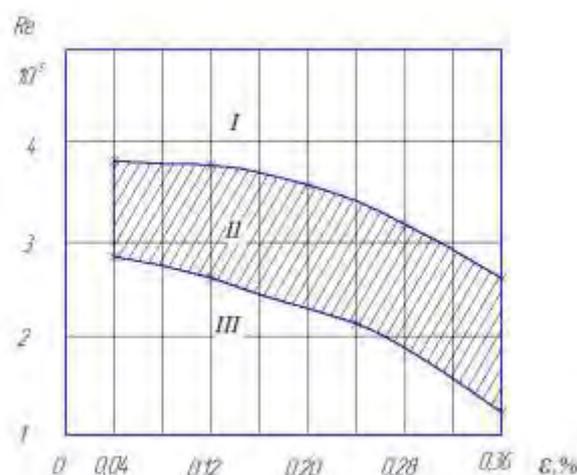


Рисунок 2.7 – Влияние степени турбулентности на положение точки перехода

Величина $Re_{кр} = \frac{u_x x}{\nu}$, составленная для значений x , отделяющих ламинарный участок 3 от переходной области 2 и области с развитой турбулентностью 1, растет при понижении степени турбулентности до некоторого предела. Дальнейшее снижение степени турбулентности ε (менее 0,08%) не приводит к возрастанию Re_x и, следовательно, к увеличению ламинарного участка. Заметим, что с увеличением шероховатости обтекаемой поверхности, точка перехода приближается к началу, т.е. ламинарный участок убывает.

Определим значение координаты x точки перехода. Для этого напишем уравнение импульсов для пластины:

$$\frac{dp^{**}}{dx} = \frac{\tau_w}{\rho r^2}. \quad (2.4)$$

Так как все теории турбулентного движения полуэмпирические, воспользуемся аналогией между турбулентным движением жидкости в трубе и в пограничном слое. При рассмотрении задачи о движении жидкости в трубе и в ламинарном пограничном слое было установлено:

- давление зависит только от продольной координаты и не зависит от радиуса трубы и от расстояния по нормали к стенке в пограничном слое;
- скорости на стенке в обоих случаях равны нулю;
- в трубе скорость достигает наибольшего значения на оси, а в пограничном слое – на его границе.

Из приведенного можно установить отсутствие между параметрами радиуса трубы и скорости на оси в трубе соответствует толщина слоя и скорость на границе в пограничном слое. Эти соотношения применимы к турбулентному движению. Тогда профили скоростей в турбулентном слое могут быть представлены в виде степенного или логарифмического закона, полученного для труб.

Найдем сопротивление продольной обтекаемой пластины, воспользовавшись степенным законом:

$$\frac{u}{u_0} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^n, \quad (2.5)$$

где y – поперечная координата,

δ – толщина пограничного слоя.

Введя обозначения $\eta_1 = \frac{y}{\delta}$, получим величину δ^{**} , необходимую для уравнения импульсов,

$$\delta^{**} = \delta \int_0^1 \frac{u}{u_0} \left(1 - \frac{u}{u_0}\right) d\left(\frac{y}{\delta}\right) = \delta \int_0^1 (\eta_1^n - \eta_1^{2n}) d\eta_1 = \delta \left[\frac{\eta_1^{n+1}}{n+1} - \frac{\eta_1^{2n+1}}{2n+1} \right]_{\eta_1=0}^{\eta_1=1} = \frac{\delta}{n(n+1)(2n+1)}$$

при

$$n = \frac{1}{7} \delta^{**} = \frac{7}{72} \delta \quad (2.6)$$

Для установления связи между τ и δ воспользуемся степенным законом, полученным для турбулентного движения в трубе:

$$\frac{\tau_w}{\delta \frac{u_{max}^2}{2}} = \xi Re_m - \frac{2n}{n+1},$$

$$\text{где } Re_m = \frac{u_{max} \cdot v_0}{\nu}, \quad \xi = \frac{2}{A \frac{2}{n+2}}.$$

Заменив в этом уравнении v_0 на δ и u_{max} на u , получим:

$$\tau_w = 0,0225 \rho u^2 \left(\frac{u\delta}{\nu}\right)^{-\frac{1}{4}}. \quad (2.7)$$

Подставив (2.7) и (2.6) в уравнение импульсов (29), получим:

$$\frac{7}{72} \cdot \frac{d\delta}{dx} = 0,0225 \left(\frac{u}{\nu} \delta\right)^{-\frac{1}{4}}.$$

После интегрирования этого уравнения, используя для простоты граничное условие: при $x = 0$ и $\delta = 0$, означающее, что турбулентный пограничный слой начинается с передней кромки пластины. Толщина пограничного слоя будет равна:

$$\delta = 0,37x \left(\frac{u_x}{\nu}\right)^{-\frac{1}{5}}$$

Величина δ^{**} , необходимая для уравнения импульсов, определяется по формуле:

$$\delta^{**} = 0,36x \left(\frac{u_x}{\nu}\right)^{-\frac{1}{5}} \quad (2.8)$$

Вычисляя по (2.8), с учетом (2.3), получим $x = 0,06$ м. Таким образом, поверхность листа (пластинки) покрывается, в основном, турбулентным пограничным слоем.

Зная δ , можно по формуле (2.7) найти τ_w и, следовательно, величина полного сопротивления (двух сторон) пластины листовой поверхности для активного оседания жидкостного раствора будет равна:

$$C_{fk} = 2 \int_0^l \tau_w dx = 0,072 \cdot \rho \cdot u^2 \cdot b \cdot l \cdot Re^{-\frac{1}{5}}. \quad (2.9)$$

Коэффициенты местного и полного сопротивления трения пластины (листа) характеризуются активным оседанием рабочей жидкости раствора на площади поверхности биологической массы виноградных насаждений:

$$C_f = \frac{\tau_w}{\delta \frac{u^2}{2}} = 0,0576 Re_x^{-\frac{1}{5}};$$

$$C_f = \frac{x}{\delta \frac{u^2}{2} 2bl} = 0,072Re^{-\frac{1}{5}}.$$

По результатам экспериментов получено:

$$C_f = 0,074Re^{-\frac{1}{5}}. \quad (2.10)$$

При логарифмическом законе сопротивления существуют и другие соотношения [145] например, формула Прандтля-Шлихтинга, имеющая вид:

$$C_f = 0,455(lgRe)^{-2,58} \quad (2.11)$$

которая дает практически одинаковое значение с (2.10). Вычисления по (2.10) или (2.11) дают:

$$C_f = 0,08 \text{ (при } Re = 8 \cdot 10^4), \text{ а для всего куста } C_{fk} = 3,62.$$

Учитывая (23), с учетом $x = 6 \cdot 10^{-3}$ м, получим для ламинарного слоя коэффициент сопротивления для всего куста:

$$\frac{x}{l} C_{x \text{ кпр}} = 0,32.$$

Следовательно, движение в кусте можно считать практически во всем пространстве турбулентным, с полным коэффициентом сопротивления, оно характеризует количество жидкости, осевшей на площади поверхности биомассы.

$$C_{fk} = 0,32 + 3,62 = 3,94$$

2.2 Обоснование параметров рабочих органов камерного опрыскивателя

Технологический процесс опрыскивания виноградных насаждений камерным (туннельным) опрыскивателем осуществляется следующим образом. Рабочая жидкость из емкости для рабочей жидкости (18) через заборный фильтр (13) мембранным насосом (12) подается к регулятору давления (8), контролируемым манометром (7). Далее, через фильтр (6) рабочая жидкость подается на пульт управления (5) и в соответствующие коллекторы (2) с распылителями (3). В каждой рабочей камере (1) вертикально расположены по

два рабочих коллектора с распылителями. Во время движения агрегата рабочая камера перемещается вдоль ряда кустов винограда.

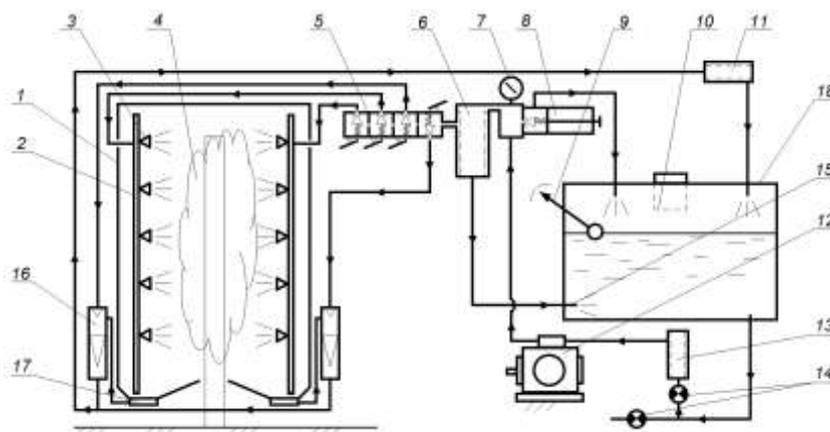


Рисунок 2.8 – Технологическая схема камерного опрыскивателя

Во время пребывания куста (4) в камере (1) он подвергается обработке распыленной рабочей жидкостью. Остатки рабочей жидкости стекают по стенкам камеры в отстойник (17) и эжектором (16) подаются на очистку в фильтр (11), а потом сливаются в емкость с рабочей жидкостью.

Отличительной особенностью камерного опрыскивателя является возможность повторного использования не осевшей на растениях рабочей жидкости, для этого в опрыскивателе предлагается использовать систему рециркуляции. Система включает в себя улавливатели жидкости, защитные перфорированные щитки, отстойники и эжекторы, представляющие собой струйные насосы, не требующие отдельного механического привода и работающие от основного насоса.

Рассматривая такое расположение системы рециркуляции и возможность ее применения в конструкции камерного опрыскивателя, следует принимать во внимание те условия, в которых она будет работать: рабочими жидкостями в опрыскивателях являются агрохимикаты, которые представляют собой агрессивные среды; рабочее давление в системе может регулироваться регулятором в пределах 0,1-0,4 МПа; система рециркуляции должна обеспечивать непрерывное улавливание, очистку от посторонних примесей и подачу не осевшей на растениях рабочей жидкости в емкость для дальнейшего

использования; работа системы рециркуляции осуществляется параллельно напорной магистрали с целью одновременного выполнения процесса опрыскивания и рециркуляции рабочей жидкости.

2.3 Обоснование параметров камеры (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя

Необходимое количество раствора, поступившего в камеру опрыскивателя, зависит от параметров коллектора, количества форсунок, их производительности и плотности покрытия поверхности биологической массы.

Форсунки следует выбирать по производительности в соответствии со скоростью движения агрегата и требуемому количеству расхода жидкости, обеспечивающего качественную обработку листовой поверхности (биологической массы) куста.

Количество форсунок (n) зависит от нормы расхода жидкости (Q , л/га) и их производительности (q , л/мин.) (рисунок 2.9).

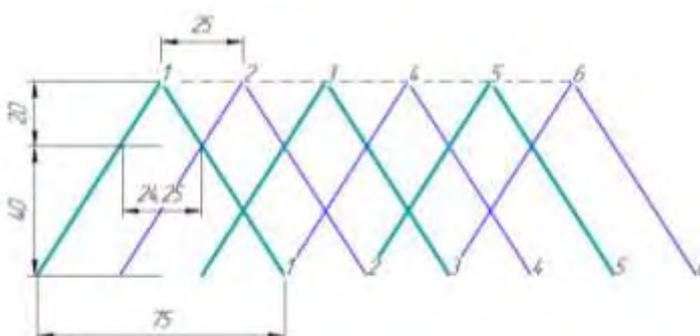


Рисунок 2.9. Схема расположения форсунок на коллекторе зависит от нормы расхода жидкости и их производительности

Коллекторы (трубы стальные 1/2`'), установленные вертикально в первой трети камерной (туннельной) стенки, каждый из которых имеет 6 форсунок, регулируются в 3 направлениях. Угол распыла устанавливается в зависимости от габитуса куста (периода вегетации) и к направлению движения подъемом и поворотом коллектора с форсунками, без листвы на 90°. С увеличением

количества листьев коллектор с форсунками следует устанавливать на 75° или 65° назад, а сами форсунки – на 15° или 30° вверх.

Оптимальное расстояние между форсунками на коллекторе (l_ϕ) зависит от диаметра факела (d_ϕ) и расстояния до объекта (l_o). Экспериментально установлено, что при расстоянии до объекта 0,2 м (что соответствует защитной зоне) диаметр факела равен 0,25 м, а при расстоянии до окончания толщины куста – 0,6-0,7 м. Длина коллектора определяется по формуле:

$$L_{кол} = d_\phi \cdot n, \text{ м} \quad (2.12)$$

Длина камеры ($L_{кам}$) принимается равной длине коллектора, а высота её зависит от высоты формировки штамба куста и равна 2 м.

Количество жидкости, обеспечивающее необходимую плотность покрытия биологической массы виноградных насаждений, определяется формулой:

$$Q = 0.523 \cdot d_k \cdot N \cdot S \cdot C_{к.нр} \quad (2.13)$$

Фактический удельный расход жидкости за час работы опрыскивателя определяется по формуле:

$$q = \frac{Q}{\omega_\phi} = \frac{0.523 \cdot d_k \cdot N \cdot S \cdot C_{к.нр}}{\omega_\phi}, \text{ л/ч} \quad (2.14)$$

ω_ϕ – производительность агрегата, га/ч

По результатам опытов, при норме вылива 550 л/га, на листву осело 150 л/га, площадь вегетативной биологической массы виноградных насаждений составляла 27404 м²/га.

$$q = 10^6 \cdot Q/S, \text{ г/м}^2;$$

где Q – объём жидкости, осевшей на растениях, м³/га;

S – площадь биологической вегетативной массы, м²/га;

Следовательно, критический объём жидкости, который способна удержать биологическая масса без скатывания с поверхности, составит:

$$q = 5.47 \text{ г/м}^2;$$

Исходные данные для определения зависимости удельного объема жидкости q ($г/м^2$) от диаметра капли d ($мкм$) и плотности покрытия N ($шт./см^2$) поверхности биологической массы и шероховатости биологической массы приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Зависимость удельного объема жидкости q ($г/м^2$) от диаметра капли d ($мкм$) площади поверхности биологической массы и плотности покрытия N ($шт./см^2$)

N, шт./см ²	d, мкм							
	50	100	150	200	250	300	350	400
20	0,013	0,105	0,353	0,837	1,634	2,824	4,485	6,694
25	0,016	0,131	0,441	1,046	2,043	3,530	5,606	8,368
30	0,020	0,157	0,530	1,255	2,452	4,236	6,727	10,042
35	0,023	0,183	0,618	1,464	2,860	4,942	7,848	11,715
40	0,026	0,209	0,706	1,674	3,269	5,648	8,969	13,389

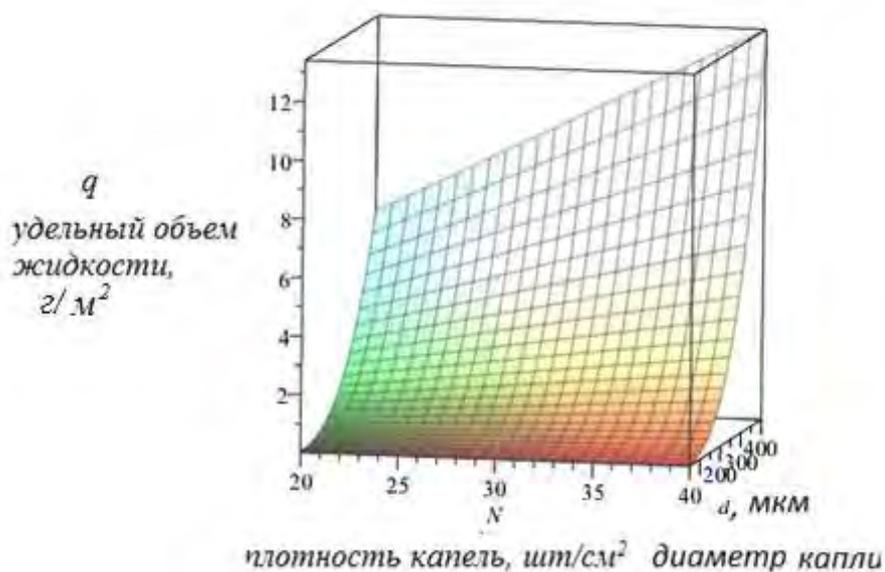


Рисунок 2.10 – Зависимость удельного объема жидкости q , от диаметра капли d и плотности покрытия

Таблица 2.2 – Зависимость объема осевшего расхода жидкости $Q_{осев}$ ($м^3/га$) и полного объема жидкости $Q_{полн}$ ($м^3/га$) от удельного его объема q ($г/м^2$), и площади вегетативной массы S ($м^2/га$)

$S, м^2/га$	10000		15000		20000		25000		30000		35000		40000	
$q, (г/м^2)$	$Q_{осев}, м^3/га$	$Q_{полн}, м^3/га$												
1	0,010	0,039	0,015	0,059	0,020	0,079	0,025	0,099	0,030	0,118	0,035	0,138	0,040	0,158
3	0,030	0,118	0,045	0,177	0,060	0,236	0,075	0,296	0,090	0,355	0,105	0,414	0,120	0,473
5	0,050	0,197	0,075	0,296	0,100	0,394	0,125	0,493	0,150	0,591	0,175	0,690	0,200	0,788
7	0,070	0,276	0,105	0,414	0,140	0,552	0,175	0,690	0,210	0,827	0,245	0,965	0,280	1,103
9	0,090	0,355	0,135	0,532	0,180	0,709	0,225	0,887	0,270	1,064	0,315	1,241	0,360	1,418
11	0,110	0,433	0,165	0,650	0,220	0,867	0,275	1,084	0,330	1,300	0,385	1,517	0,440	1,734
13	0,130	0,512	0,195	0,768	0,260	1,024	0,325	1,281	0,390	1,537	0,455	1,793	0,520	2,049

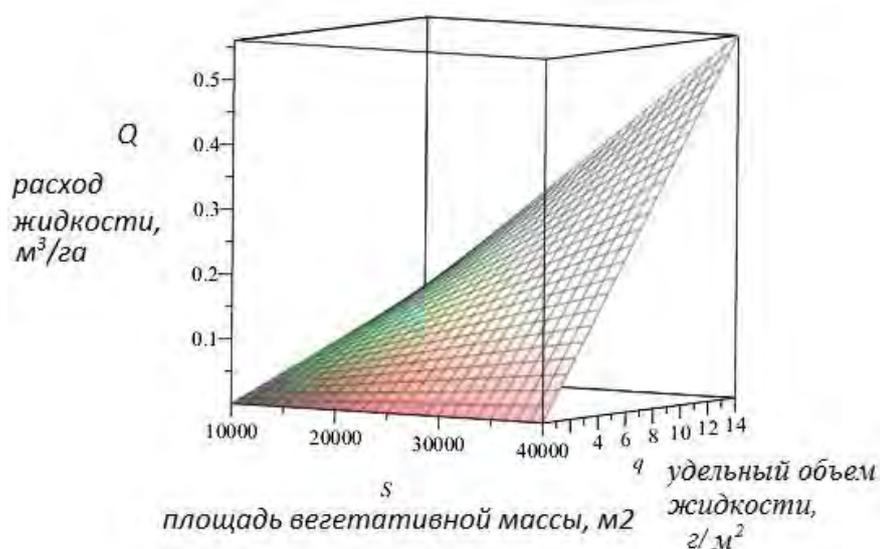


Рисунок 2.11 – Зависимость расхода жидкости Q ($м^3/га$) от удельного объема жидкости q ($г/м^2$) и площади вегетативной массы S ($м^2/га$)

Таким образом, зная удельный расход активной (удерживаемой) жидкости поверхностью биологической массы, можно определить норму ее расхода на обработку планируемой площади.

2.4 Обоснование параметров системы рециркуляции

С целью снижения расхода агрохимикатов и максимальной эффективности их использования, предлагается использовать систему рециркуляции в камерном опрыскивателе, устройство которого показано на рисунке 2.12.

Как было указано в первом разделе, основным недостатком существующих систем рециркуляции является то, что в процессе работы опрыскивателя с кустов винограда отделяются части растительных элементов (листья, черешки, фрагменты лозы) и посторонние механические примеси. Эти примеси попадают в отстойник, что приводит к засорению фильтрующей сетки и блокированию доступа рабочей жидкости к эжекторам и, как следствие, отказу работы всего опрыскивателя. Кроме того, по результатам исследования, на очистку требуется до 23% затрат основного времени, т.е. 1,38 ч за смену, а следовательно, приводит к снижению производительности агрегата.

Таким образом, одной из основных задач является обеспечение защиты эжектора от засорения посторонними механическими примесями. Для этой цели в системе рециркуляции нами предлагается использовать перфорированный щиток (1), как показано на рисунке 2.12. В этом случае распыленная рабочая жидкость (8) стекает по стенкам рабочей камеры (2) и улавливателя (3), попадая вместе с возможными посторонними механическими примесями (7) на перфорированный щиток.

Примеси под собственным весом скатываются с него на грунт. При этом уловленная рабочая жидкость свободно проникает через перфорированный щиток в короб (4) и далее, через фильтрующую сетку (6), попадает в отстойник (12), откуда эжекторами (5) посредством нагнетательной (9), всасывающей (10) и сливной (11) магистралей подается в емкость для повторного использования. Основным параметром в этом случае является угол установки перфорированного щитка (α), который должен превышать угол скольжения растительных материалов по поверхности и обеспечивать движение

посторонних механических примесей по поверхности щитка под действием силы тяжести.

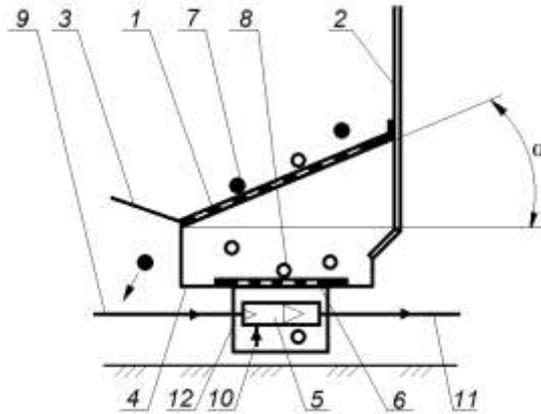


Рисунок 2.12 – Принципиальная схема системы рециркуляции

Примем частицу примесей за абсолютно твердую и рассмотрим ее движение по поверхности перфорированного щитка. В этом случае на частицу будет действовать сила тяжести \overline{F}_T , направленная вертикально вниз; сила трения \overline{F}_{TP} , направленная в сторону, противоположную движению частицы; \overline{N} - нормальная реакция, направленная перпендикулярно поверхности перфорированного щитка. Схема перечисленных сил показана на рисунке 2.3. Задачей является определение минимально допустимого угла наклона перфорированного щитка, при котором посторонние механические примеси будут скатываться с него, а жидкость через отверстия – стекать в короб.

Примем систему координат OXY и спроектируем все силы на координатные оси, составляя дифференциальные уравнения движения в координатной форме. При этом предположим, что частица находится в покое, в относительном движении вдоль оси OY .

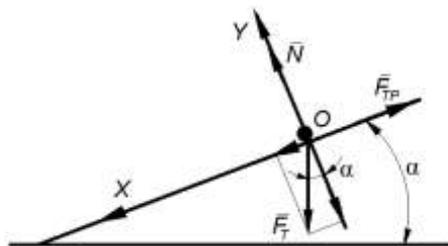


Рисунок 2.13 – Схема сил, действующих на частицу, движущуюся по перфорированному щитку

Таким образом, будем иметь общее уравнение движения:

$$m\bar{a} = \bar{F}_{TP} + \bar{N} + \bar{F}_T, \quad (2.16)$$

где m – масса частицы;

\bar{a} – ускорение частицы, м/с².

В проекциях на ось OX с учетом силы тяжести уравнение (2.1) будет иметь вид:

$$m\ddot{x} = mg \sin \alpha - F_{mp}, \quad (2.17)$$

где \ddot{x} – проекция ускорения на ось OX ;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Сила трения определяется по формуле:

$$F_{mp} = fN, \quad (2.18)$$

где f – коэффициент трения скольжения.

Так как вдоль оси OY система сил уравновешена, то:

$$N = mg \cos \alpha. \quad (2.19)$$

Тогда уравнение (2.2) можно записать:

$$m\ddot{x} = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha = mg(\sin \alpha - f \cos \alpha), \quad (2.20)$$

и после сокращения массы, примет вид:

$$\ddot{x} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha). \quad (2.21)$$

Интегрируя уравнение (2.6) дважды, получим:

$$x = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \frac{t^2}{2} + C_1 t + C_2. \quad (2.22)$$

Примем начальные условия при $t_0 = 0$:

1. частица попадает в верхнюю точку доски, в которой $x_0 = 0$;
2. начальная скорость $\dot{x}_0 = U$ определяется из условия свободного падения частицы.

Для определения скорости U рассмотрим уравнение свободного вертикального падения частицы (рисунок 2.14):

$$m\ddot{y}_1 = mg, \quad (2.23)$$

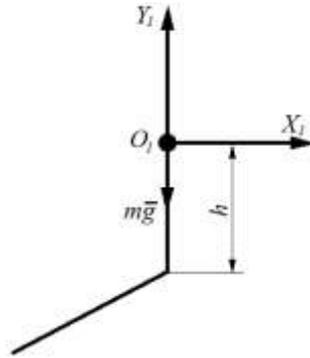


Рисунок 2.14 – Свободное падение частицы

Делим уравнение (2.8) на m и последовательно интегрируем, тогда получим:

$$y_1 = g \frac{t^2}{2} + C_1 t + C_2, \quad (2.24)$$

где C_1 и C_2 - постоянные интегрирования.

Принимая начальные условия при $t_0 = 0$: $y_{10} = 0$ и $\dot{y}_{10} = 0$, получим:

$$y_1 = g \frac{t^2}{2}. \quad (2.25)$$

Скорость U , с которой частица будет падать на скатную доску, с учетом высоты падения h и времени полета $t = T$, определится из соотношений:

$$T = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (2.26)$$

$$U = gT = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2hg^2}{g}} = \sqrt{2hg}. \quad (2.27)$$

С учетом соотношения (2.26), определим постоянные интегрирования в уравнении (2.22): $C_1 = U$ и $C_2 = 0$. Далее получим:

$$\dot{x} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)t + U, \quad (2.28)$$

$$x = g(\sin \alpha - g \cos \alpha) \frac{t^2}{2} + Ut. \quad (2.29)$$

С учетом ширины перфорированного щитка L и скорости V , с которой частица движется по нему в течение времени τ , можно записать уравнения (2.28) и (2.29) в виде:

$$V = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)\tau + \sqrt{2gh}, \quad (2.30)$$

$$L = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)\frac{\tau^2}{2} + \tau\sqrt{2gh}. \quad (2.31)$$

Откуда определяются конструктивные параметры устройства. В частности, выразим из (2.30) τ :

$$\tau = \frac{V - \sqrt{2gh}}{g(\sin \alpha - f \cos \alpha)} \quad (2.32)$$

и подставим в (2.31):

$$\begin{aligned} L &= g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \cdot \frac{1}{2} \frac{(V - \sqrt{2gh})^2}{g^2(\sin \alpha - f \cos \alpha)^2} + \frac{V - \sqrt{2gh}}{g(\sin \alpha - f \cos \alpha)} \sqrt{2gh} = \\ &= \frac{(V - \sqrt{2gh})[V + \sqrt{2gh}]}{2g(\sin \alpha - f \cos \alpha)}. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Таким образом, имеем ширину доски, как функцию угла наклона:

$$L = \frac{V^2 - 2gh}{2g(\sin \alpha - f \cos \alpha)}. \quad (2.34)$$

Находим минимальное значение из условия экстремума:

$$L'_\alpha = \frac{V^2 - 2gh}{2g} \cdot \left(-\frac{\cos \alpha + f \sin \alpha}{(\sin \alpha - f \cos \alpha)^2} \right) = 0 \quad (2.35)$$

Откуда $\operatorname{tg} \alpha = f$. Таким образом, если учитывать, что коэффициент трения посторонних примесей о сталь составляет $f = 0,2 \div 0,5$, то будем иметь значения угла наклона перфорированного щитка:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = 0,2$$

$$\alpha_{\min} = \operatorname{arctg} 0,2 \cong 11^\circ 31' 56''$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = 0,5$$

$$\alpha_{\max} = \operatorname{arctg} 0,5 \cong 26^\circ 57' 85''$$

Установлено, что щиток следует располагать под углом α , лежащим в диапазоне 22...27 градусов, что превышает угол скольжения посторонних примесей по его поверхности.

2.5 Обоснование параметров эжектора

Принципиальная схема струйного насоса, основными элементами которого являются сопло, приемная камера, рабочая камера (смешивания) и диффузор, представлена на рис 2.15.

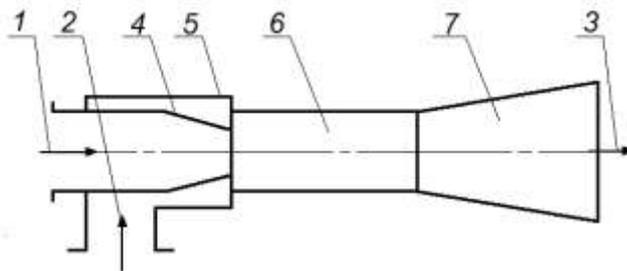


Рисунок 2.15 – Принципиальная схема струйного насоса: 1 – рабочий активный поток; 2 – эжектируемый пассивный поток; 3 – смешанный поток; 4 – сопло; 5 – приемная камера; 6 – камера смешивания; 7 – диффузор

Процесс смешивания активной и пассивной сред в струйных насосах с центральной струей можно условно разделить на два участка. Течение жидкости на начальном участке происходит подобно распространению затопленной турбулентной струи. На границах затопленной струи образуется обширная расширяющаяся зона смешивания – турбулентный пограничный слой. Вследствие вовлечения частиц жидкости в пограничный слой, растекание струи в камере смешивания будет происходить не в толще неподвижной жидкости, а в спутном подсосываемом потоке. При этом угол расширения струи будет тем меньше, чем больше скорость подсосываемого (спутного) потока. Кроме турбулентного пограничного слоя, имеется уменьшающееся по мере удаления от сопла ядро скоростей жидкости, истекающей из сопла.

Соответственно в пограничный слой непрерывно вовлекаются частицы из перекачиваемой среды, общий расход жидкости в струе по мере удаления от среза сопла возрастает. В определенном сечении рост пограничного слоя прекращается за счет ограничения стенками камеры смешивания. Начиная от этого сечения, прекращается вовлечение новых масс перемещаемой среды в струю активной жидкости. Но в этом сечении скорость по радиусу распределена еще неравномерно. Поэтому требуется дополнительный участок стабилизации в камере смешивания, на котором происходит дальнейшее выравнивание параметров потока.

После выравнивания полей давлений и скоростей смешанный поток, обладающий еще большей скоростью, подается в диффузор, где происходит преобразование кинетической энергии потока в потенциальную энергию давления.

Подсос пассивного потока в струю рабочей жидкости происходит в результате взаимодействия сил турбулентного трения, вызывающего появление вихрей рабочей (активной) и подсасываемой (пассивной) сред во входном сечении камеры смешивания, где устанавливается давление ниже давления пассивной среды. При этом происходит перемешивание активного и пассивного потоков [66, 67, 91, 92].

Схема рабочего процесса в проточной части эжектора, использованная при создании одномерных физико-математических моделей, представлена на рисунке 2.16.

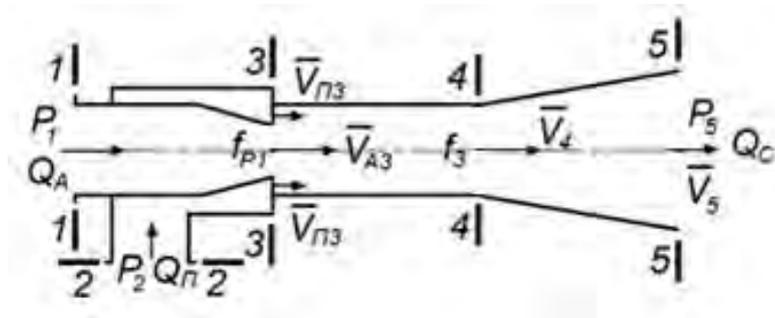


Рисунок 2.16 – Обобщенная расчетная схема эжектора

Применительно к схеме (рисунок 2.16), величины, характеризующие эжектор и его рабочий режим, обозначим:

P_1, P_2, P_5 - полные давления активного и пассивного потоков перед входом в эжектор (сечение 1-1 и 2-2) и смешанного потока на выходе из эжектора (сечение 5-5) соответственно;

$\bar{V}_{A3}, \bar{V}_{П3}, \bar{V}_4, \bar{V}_5$ - скорости активного и пассивного потока в сечении 3-3, а также скорости в сечениях 4-4 и 5-5 соответственно;

$Q_A, Q_{П}, Q_C$ - объемные расходы активного, пассивного и смешанного потоков;

f_{p_1} - площадь поперечного сечения на выходном срезе сопла;

f_3 - площадь поперечного сечения цилиндрической части камеры смешения.

Анализ работы эжектора принято выполнять с использованием безразмерных параметров, которые можно разделить на две группы: динамические и геометрические. Важнейшим режимным параметром работы эжектора является h – относительный напор, представляющий собой отношение повышения полного давления пассивного потока к разности полных давлений активного и пассивного потоков перед входом в эжектор [71]:

$$h = \frac{P_5 - P_2}{P_1 - P_2} = \frac{H_{П}}{H_{П} + H_{р}}, \quad (2.36)$$

где p_i - полное давление в сечениях 1-1, 2-2 и 5-5;

$H_{П}$ – полезный напор эжектора;

$H_{р}$ – рабочий напор эжектора;

α – коэффициент эжекции, представляющий собой отношение расхода пассивного потока к расходу активного потока:

$$\alpha = \frac{Q_{П}}{Q_A}. \quad (2.37)$$

Основным геометрическим параметром эжектора является относительная площадь сопла, представляющая собой отношение площадей поперечных сечений сопла и рабочей камеры:

$$m = \frac{f_{p_1}}{f_3}. \quad (2.38)$$

Метод определения оптимальных геометрических и режимных параметров эжектора, предложенный В. К. Темновым, в целом схож с методикой, описанной Л. Г. Подвидзом и Ю. Л. Кирилловским [107]. Сущность метода заключается в том, что максимально достижимый коэффициент эжекции для любой установки находится путем сопоставления располагаемого и потребного перепада полного давления на выходе и входе эжектора. Располагаемым напором называется перепад полных давлений, который может создавать эжектор. Максимально возможная величина этого перепада зависит от коэффициента эжекции и определяется экстремальной напорной характеристикой эжектора.

Поскольку потери давления зависят от расхода жидкости, то потребный перепад давления также будет зависеть от коэффициента эжекции. Эту зависимость можно представить для любой установки в виде $h_{\text{нотр}} = f(\alpha)$, показанной на рисунке 2.17.

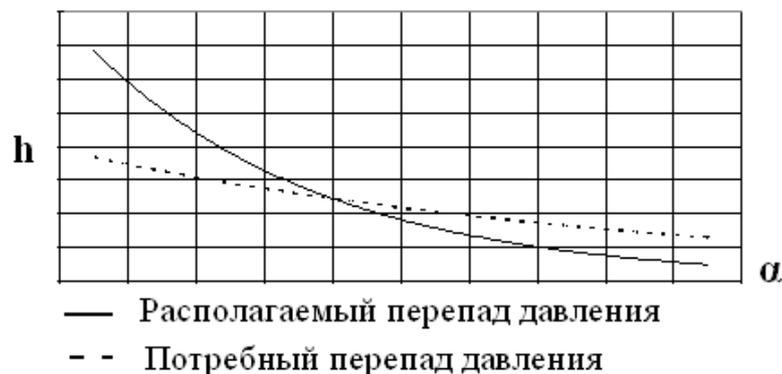


Рисунок 2.17 – Зависимость достижимого коэффициента эжекции от перепада давления

Совмещая полученный график с экстремальной напорной характеристикой эжекторов, находим максимально возможный коэффициент эжекции по точке пересечения обеих характеристик, в которой точно сбалансируются по относительному перепаду полного давления возможности эжектора с потребностями установки $h_{\text{потр}} = h_{\text{расч}}$.

Выражение напорной характеристики, предложенной Е.Я. Соколовым и Н.М. Зингером [69], полученное на основе закона импульсов, применительно к неупругим средам. Используется при расчете эжекторов при заданных значениях Q_s, Q_p, H_{Π} и H_p сводится к определению оптимальных значений диаметра отверстия сопла, диаметра и длины камеры смешивания, размеров диффузора.

Расход рабочей жидкости, которую необходимо подать в сопло эжектора:

$$Q_p = \frac{Q_s H_p}{\eta(H_{\Pi} - H_p)}, \quad (2.39)$$

где $\eta = \frac{Q_s H_p}{Q_p H_{\Pi}}$ - КПД эжектора.

Если для сечений подводящего патрубка и сопла применить уравнение Бернулли, то вакуумметрический напор в камере смешения можно определить из соотношения:

$$H_{\text{вак}} = \frac{8Q_p^2}{\pi^2 g} \cdot \left(\frac{1}{D^4} - \frac{1+\xi}{d^4} \right), \quad (2.40)$$

где Q_p - расход рабочей жидкости, подаваемой в сопло, м³/с;

D - диаметр подводящего патрубка, м;

d - диаметр сопла, м;

ξ – коэффициент сопротивления между сечениями.

Обоснование параметров эжектора по заданному режиму работы сводится к определению размеров площади среза сопла, длины и площади камеры смешивания. При этом необходимо решать оптимизационные задачи, постановка которых зависит от исходных данных.

Если заданы все четыре параметра, характеризующие работу эжектора – H_{Π} , H_P , Q_A , Q_{Π} , то значит известны две безразмерные переменные h и a и режим работы эжектора по обобщенной безразмерной характеристике на пересечении линий $h=\text{const}$ и $a=\text{const}$.

В соответствии с вышеприведенной технологической схемой работы машины, излишки рабочей жидкости при работе опрыскивателя стекают по боковым стенкам рабочих камер в отстойники, откуда эжекторы откачивают жидкость назад в емкость.

Нами предлагается схема эжектора с регулируемой камерой смешения, которая позволит управлять режимами подачи рабочей жидкости агрохимикатов для химической обработки виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации (рисунок 2.18).

Эжектор, применяемый в камерном опрыскивателе для откачки из отстойников рабочей жидкости, работает в условиях, когда давление эжектируемого потока $P_n = 0,1$ мПа, так как отстойники открыто сообщаются с внешней средой.

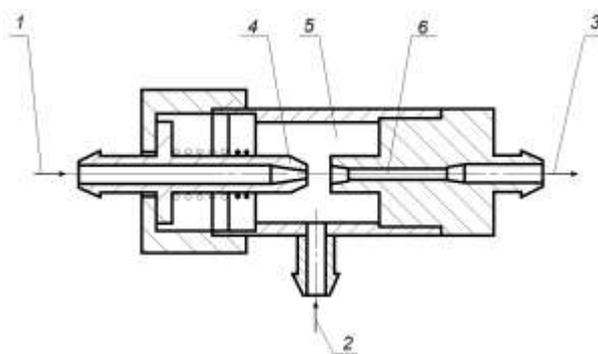


Рисунок 2.18 – Схема эжектора с регулируемой камерой смешивания: 1 – рабочий активный поток; 2 – эжектируемый пассивный поток; 3 – смешанный поток; 4 – сопло; 5 – приемная камера; 6 – камера смешивания

Тогда, при заданном значении $\Delta P_p = P_p - P_n$ и заданном коэффициенте эжекции, оптимальное соотношение сечений $\frac{f_3}{f_{p1}}$ соответствует максимальному значению перепада давления $\Delta P_c = P_c - P_n$ или ΔP_3 того, что развивает эжектор.

На основании уравнения напорной характеристики эжектора [69]:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \varphi_1^2 \frac{f_{p_1}}{f_3} \left[2\varphi_2 + \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2} \right) \frac{v_n}{v_p} \cdot \frac{f_{p_1}}{f_{n_2}} \alpha^2 - (2 - \varphi_3^2) \frac{v_c}{v_p} \cdot \frac{f_{p_1}}{f_3} (1 + \alpha)^2 \right], \quad (2.41)$$

из условия:

$$\frac{d\Delta p_c}{d\left(\frac{f_{p_1}}{f_3}\right)} = 0, \quad (2.42)$$

находим оптимальное отношение площади сечения камеры смешивания к площади сечений активного и пассивного сопел для эжекторов с диффузорами:

$$\frac{f_3}{f_{p_1}} = \frac{(2 - \varphi_3^2) \frac{v_c}{v_p} (1 + \alpha)^2 - \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2} \right) \frac{v_n}{v_p} n \alpha^2}{\varphi_2}. \quad (2.41)$$

Здесь

$$n = \frac{f_3}{f_{n_2}} = \frac{\frac{f_3}{f_{p_1}}}{\frac{f_3}{f_{p_1}} - 1}, \quad (2.42)$$

где v_c, v_n, v_p - удельные объемы сжатой, эжектируемый и рабочей жидкости;

φ_1 - коэффициент скорости, учитывающий потери при расширении рабочего потока;

φ_2 - коэффициент скорости потока камеры смешивания;

φ_3 - коэффициент скорости диффузора;

φ_4 - коэффициент скорости, учитывающий потери при расширении эжектируемого потока.

Заметим, что для случая $p_n = 0,1$ мПа соотношение (2.31) примет вид:

$$\frac{p_c - 0,1}{p_p - 0,1} = \varphi_1^2 \frac{f_{p_1}}{f_3} \left[2\varphi_2 + \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2} \right) \frac{v_n}{v_p} \cdot \frac{f_{p_1}}{f_{n_2}} \alpha^2 - (2 - \varphi_3^2) \frac{v_c}{v_p} \cdot \frac{f_{p_1}}{f_3} (1 + \alpha)^2 \right], \quad (2.43)$$

и в целом не меняется, и для оптимального соотношения сечений имеем аналог соотношения (2.40):

$$\frac{dp_c}{d\left(\frac{f_{p_1}}{f_3}\right)} = 0, \quad (2.44)$$

что, очевидно, вновь приводит к соотношению (2.30). Вместе с тем, как установлено экспериментально, диапазон давлений рабочего потока $0,2 \leq p_p \leq 0,5$ мПа, так как он напрямую связан с режимами работы форсунок.

При выводе уравнения и его дифференцировании, отношение $\frac{f_3}{f_{H_2}}$ для упрощения можно принять постоянным, так как в области $\frac{f_3}{f_{p_1}} \geq 4$ отношение $\frac{f_3}{f_{H_2}}$ изменяется значительно медленнее, чем $\frac{f_3}{f_{p_1}}$. Так, при $4 \leq \frac{f_3}{f_{p_1}} \leq 20$, т.е. в 5 раз, отношение $\frac{f_3}{f_{H_2}}$ изменяется в интервале (1,33...1,05), т.е. в 1,26 раза. Особенно это сказывается в условиях $0,2 \leq p_p \leq 0,5$.

Оптимальное отношение сечений эжектора $\left(\frac{f_3}{f_{p_1}}\right)_{opt}$ не зависит от коэффициента скорости рабочего сопла φ_1 , но достижимый относительный перепад давлений $\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}$ прямо пропорционален квадрату коэффициента скорости рабочего сопла φ_1^2 .

При расчетах $\left(\frac{f_3}{f_{p_1}}\right)_{opt}$ значение n заранее неизвестно, им наперед задаются, а затем его значение уточняется по найденному соотношению $\frac{f_3}{f_{p_1}}$ зависимостей площадей сечения камеры смешивания к площади сечения

активного и пассивного сопла $\left(\frac{f_3}{f_{P_1}}\right)_{onm}$ и n от α приведены в таблице 2.1 и на рисунке 2.19.

Таблица 2.3 – Зависимость отношения площади сечения камеры смешивания к площади сечений активного и пассивного сопла

α	0,5	0,625	0,75	0,9	1	1,25	1,375	1,5	1,875	2
$m\left(\frac{f_3}{f_{P_1}}\right)_{onm}$	3,1	3,25	3,425	3,65	3,85	4,35	4,61	4,95	6,15	6,75
$n\left(\frac{f_3}{f_{H_2}}\right)$	1,55	1,5	1,45	1,4	1,36	1,31	1,285	1,26	1,21	1,185

По результатам исследований построено уравнение регрессии отношения m площади сечения камеры смешивания (f_3) к площади сечения (f_1) активного и пассивного (f_{H_2}) сопла:

$$y = 1,026x^2 - 0,2x + 2,978, \quad (2.45)$$

при $R^2 = 0,998$ и уравнение регрессии отношения (n) площади сечения камеры смешивания (f_3) площади сечения пассивного сопла (f_{H_2}):

$$y = 0,110x^2 - 0,511x + 1,773, \quad (2.46)$$

при $R^2 = 0,997$.

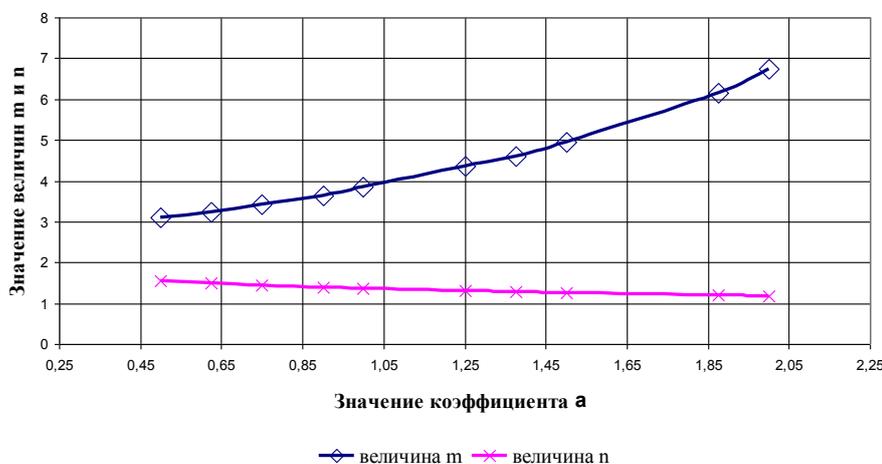


Рисунок 2.19 – Зависимость отношения площади сечения камеры смешивания к площади сечения активного и пассивного сопла

При одинаковых удельных объемах взаимодействующих потоков ($v_p = v_n = v_c$) рекомендуется использовать значения коэффициентов скорости: $\varphi_1 = 0,95$; $\varphi_2 = 0,975$; $\varphi_3 = 0,8$; $\varphi_4 = 0,925$, тогда:

$$\begin{aligned} a &= 0,975, \\ b &= -[0,975 + 1,19 \cdot (1 + \alpha)^2 - 0,78\alpha^2], \\ c &= 1,19 \cdot (1 + \alpha)^2. \end{aligned} \quad (2.47)$$

Эти соотношения показывают, что при постоянных коэффициентах скорости оптимальное отношение сечений $\left(\frac{f_3}{f_{p_1}}\right)_{opt}$ зависит от коэффициента эжекции: с ростом α увеличивается $\left(\frac{f_3}{f_{p_1}}\right)_{opt}$. Минимальное значение $\left(\frac{f_3}{f_{p_1}}\right)_{opt}$ достигается при $\alpha=0$.

При коэффициентах эжекции $1 \leq \alpha \leq 4$ оптимальное значение $\left(\frac{f_3}{f_{p_1}}\right)_{opt} \approx 3,9\alpha$. При подстановке $\left(\frac{f_3}{f_{p_1}}\right)_{opt}$ в уравнение характеристики эжектора определяется достижимый перепад давлений Δp_c .

Выражение для вычисления достижимого перепада давлений эжектора примет вид:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{\varphi_1^2 \varphi_2^2}{(2 - \varphi_3^2) \frac{v_c}{v_p} (1 + \alpha)^2 - \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2}\right) \frac{v_n}{v_p} n \alpha^2}. \quad (2.48)$$

В частном случае при $v_p = v_n = v_c$ и рекомендованных выше коэффициентах скорости достижимый перепад давлений:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{1}{1,39(1 + \alpha)^2 - 0,91n\alpha^2}. \quad (2.49)$$

Максимальный КПД эжектора $\eta = 0,34$ достигается при $\alpha = 0,5$. Как в области малых $\alpha < 1$, так и в области больших $\alpha > 1$ коэффициентов эжекции, КПД эжектора насоса ниже максимального.

Снижение КПД эжектора с ростом α в области $\alpha > 1$ поясняется тем, что часть подведенной кинетической энергии, которая затрачивается на удар (относительная потеря на удар), пропорциональна отношению $\frac{\alpha}{1 + \alpha}$.

Таким образом, диффузор является эффективной составляющей струйного насоса при малых давлениях подачи жидкости.

2.6 Исследование геометрических параметров предлагаемого эжектора

Исследование параметров эжекторов при заданных значениях Q_3 , Q_p , H_n , H_n сводится к определению оптимальных значений диаметра отверстия сопла, диаметра и длины смешивания, размеров диффузора.

Площадь выходного сечения рабочего сопла (m^2) определяется из соотношения:

$$f_{p_1} = \frac{G_p}{\varphi_2} \sqrt{\frac{v_p}{2\Delta p_p}} \quad (2.50)$$

где G_p – расход, кг/с;

Δp – перепад давления в сопле, Па;

v_p – удельный объем рабочей жидкости, m^3/kg .

В тех случаях, когда сечение известно, а искомой величиной является перепад давлений в сопле, он определяется по формуле:

$$\Delta p_p = G_p^2 \frac{v_p}{2\varphi_1^2 f_{p_1}^2} \quad (2.51)$$

В водоструйных эжекторах оптимальное расстояние выходного сечения рабочего сопла от выходного сечения цилиндрической камеры смешивания описывается эмпирической зависимостью $l_c = (1 \div 1,5)d_3$ [67,68].

Оптимальное сечение камеры смешивания эжектора определяется по формуле:

$$(f_3)_{opt} = \sqrt{\frac{(2 - \varphi_3^2) - \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2}\right) \frac{v_n}{v_c} n \left(\frac{\alpha}{1 + \alpha}\right)^2}{2sv_c}}, \quad (2.52)$$

где v_n и v_c - удельные объемы эжектируемой и смешанной сред, м³/кг;

s - сопротивление системы, в которой эжектор создает циркуляцию рабочей жидкости, Па·с²/м⁶;

$$s = \frac{\Delta p_c}{V_c^2} = \frac{\Delta p_c}{G_c^2 v_c^2}, \quad (2.53)$$

где Δp_c - перепад давлений, создаваемый эжектором, Па;

V_c - объемная подача эжектора, м³/с;

G_c - массовая подача эжектора, кг/с

Коэффициенты эжекции $1,0 \leq u \leq 3,0$ охватывают весь диапазон для эжекторов.

При работе эжектора на замкнутый контур:

$$\Delta p_c = sG_p(1+u)^2 v_c^2, \quad \Delta p_p = \frac{G_p^2}{\varphi_1^2} \frac{v_p}{2f_{p1}^2}. \quad (2.54)$$

Из совместного решения этих соотношений получим уравнение для определения оптимального выходного сечения сопла эжектора, работающего на замкнутый контур:

$$(f_{p1})_{opt} = \frac{2\varphi_2 f_3}{(1 + \alpha)^2 \left[\frac{2sv_c^2}{v_p} f_3^2 + (2 - \varphi_3^2) \frac{v_c}{v_p} - \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2}\right) \frac{v_n}{v_p} n \left(\frac{\alpha}{1 + \alpha}\right)^2 \right]}, \quad (2.55)$$

где s - сопротивление контура, Па·с²/м⁶;

v_p, v_n, v_c - удельные объемы жидкости, м³/кг;

f_3 - сечение камеры смешивания, м².

При $\varphi_2 = 0,975$, $\varphi_3 = 0,9$ и $\varphi_4 = 0,925$ имеем:

$$(f_{p1})_{opt} = \frac{f_3}{(1 + \alpha)^2 \left[\frac{sv_c^2}{v_p} f_3^2 + 0,61 \frac{v_c}{v_p} - 0,4 \frac{v_n}{v_p} n \left(\frac{\alpha}{1 + \alpha} \right)^2 \right]}. \quad (2.56)$$

В частности, для воды $v_p = v_n = v_c = 0,001$ м³/кг:

$$(f_{p1})_{opt} = \frac{f_3}{(1 + \alpha)^2 \left[0,001sf_3^2 + 0,61 - 0,4n \left(\frac{\alpha}{1 + \alpha} \right)^2 \right]}. \quad (2.57)$$

Соответственно, диаметр сечения:

$$(d_1)_{opt} = \frac{d_3}{(1 + \alpha) \sqrt{0,00062sd_3^4 + 0,61 - 0,4n \left(\frac{\alpha}{1 + \alpha} \right)^2}}, \quad (2.58)$$

где d_3 - диаметр камеры смешивания, м.

Результаты исследования определения конструктивных параметров струйного насоса (эжектора) при заданных значениях $Q_э$, Q_p , H , H_n приведены в таблице 2.4.

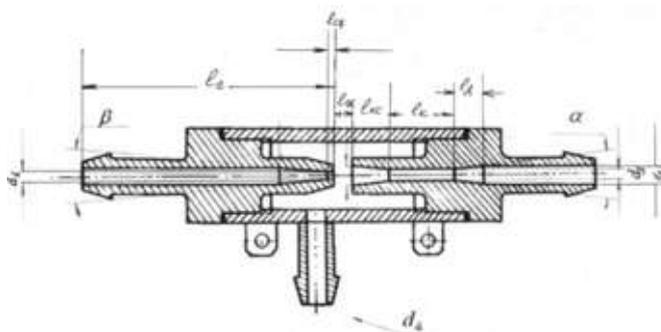


Рисунок 2.20 – Конструкция эжектора с характерными конструктивными параметрами

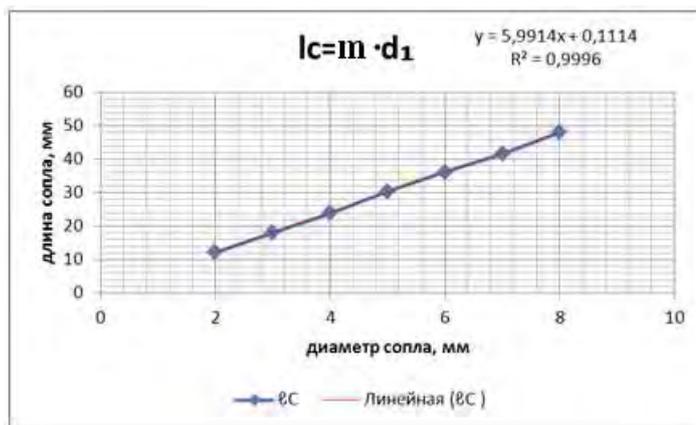
Для определения параметров струйного насоса (эжектора) были проведены экспериментальные исследования в результате которых получили исходные данные для обоснования его конструктивных параметров.

По результатам исследования полученная регрессионная зависимость длины сопла (l_c) от диаметра (d_1) его и отношения площади поперечного сечения камеры смешивания к площади поперечного сечения сопла (m):

$$y = 5,9914x + 0,1114$$

коэффициент детерминированности $R^2 = 0,9996$

№ п/п	d_1	l_c
1	2	12,1
2	3	18,05
3	4	23,85
4	5	30,42
5	6	36,26
6	7	41,65
7	8	48,15

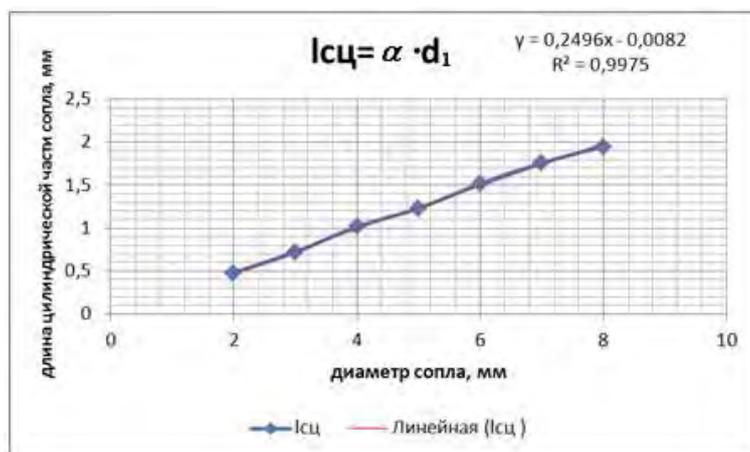


Длина цилиндрической части выходного сечения сопла ($l_{сц}$) зависит от коэффициента эжекции (α) и диаметра сопла (d_1), выраженная линейной зависимостью. По результатам исследования построено уравнение регрессии:

$$y = 0,2496x - 0,082$$

коэффициент детерминированности: $R^2 = 0,9975$

№ п/п	d_1	$l_{сц}$
1	2	0,48
2	3	0,72
3	4	1,02
4	5	1,23
5	6	1,52
6	7	1,76
7	8	1,95



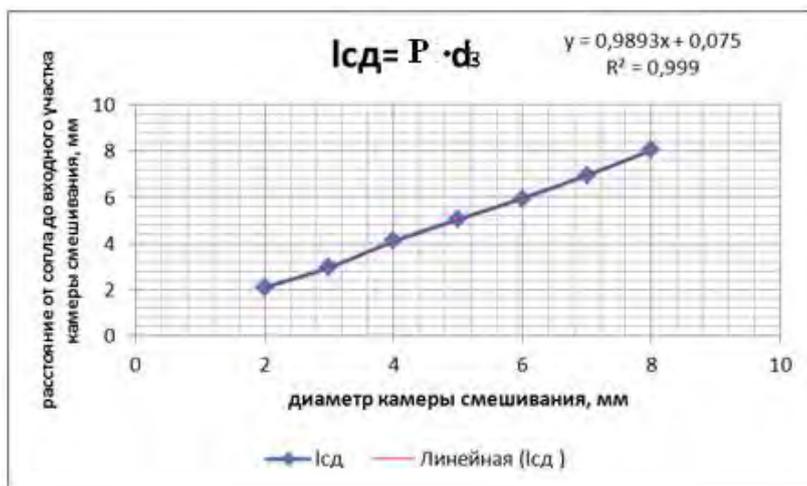
Расстояние от сопла до входного участка камеры смешивания ($l_{сд}$) зависит от диаметра камеры смешивания и отношения длины сопла (l_c) к диаметру

камеры смешивания (d_3). По результатам построены линейная зависимость и уравнение регрессии:

$$y=0,9893x+0,075$$

коэффициент детерминированности: $R^2=0,999$

№ п/п	d_3	$l_{сд}$
1	2	2,1
2	3	2,95
3	4	4,1
4	5	5,05
5	6	5,95
6	7	6,95
7	8	8,05

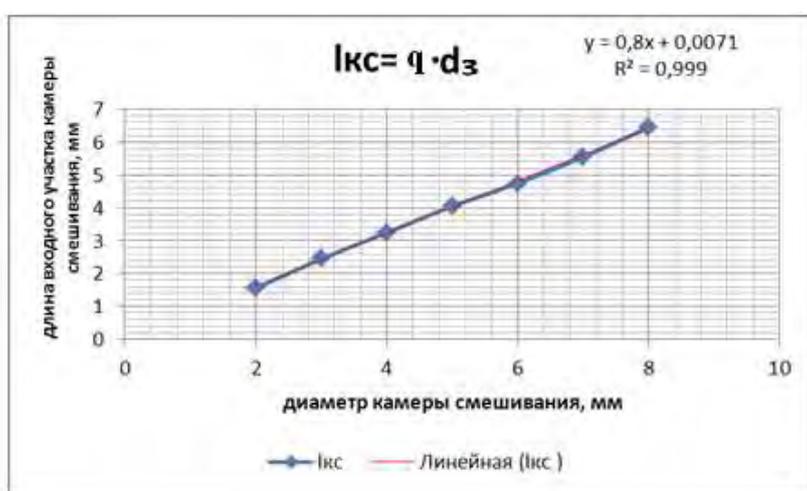


Длина входного участка камеры смешивания $l_{ки}$ зависит от ее диаметра и отношения длины сопла к диаметру камеры смешивания выражается линейной зависимостью. По результатам исследования построено уравнение регрессии:

$$y=0,8x+0,0071$$

коэффициент детерминированности: $R^2=0,999$

№ п/п	d_3	$l_{кс}$
1	2	1,55
2	3	2,45
3	4	3,25
4	5	4,05
5	6	4,75
6	7	5,55
7	8	6,45



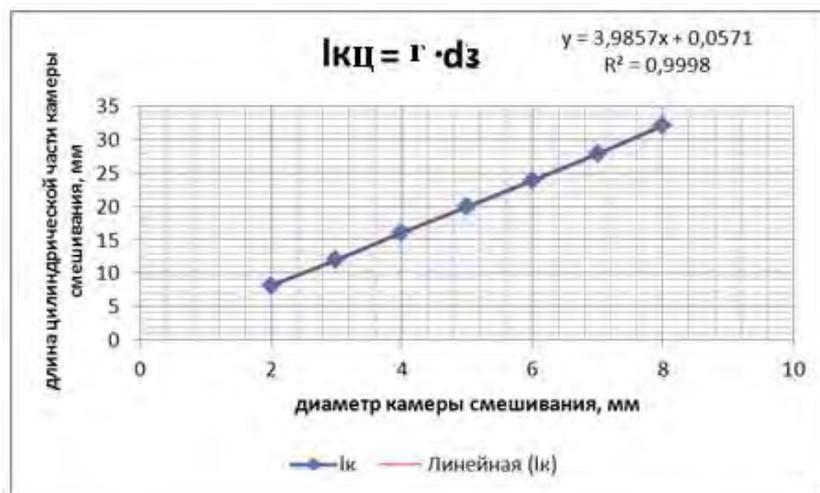
Длину цилиндрической части камеры смешивания $l_{кс}$ можно выразить линейной зависимостью длины $l_{ки}$ её к диаметру d_3 . По результатам

исследования построено уравнение регрессии определения цилиндрической части камеры смешивания:

$$y=3,9857x+0,0571$$

коэффициент детерминированности: $R^2=0,9998$

№ п/п	d_3	$l_{кц}$
1	2	8,15
2	3	11,95
3	4	16,05
4	5	19,9
5	6	23,85
6	7	27,85
7	8	32,15

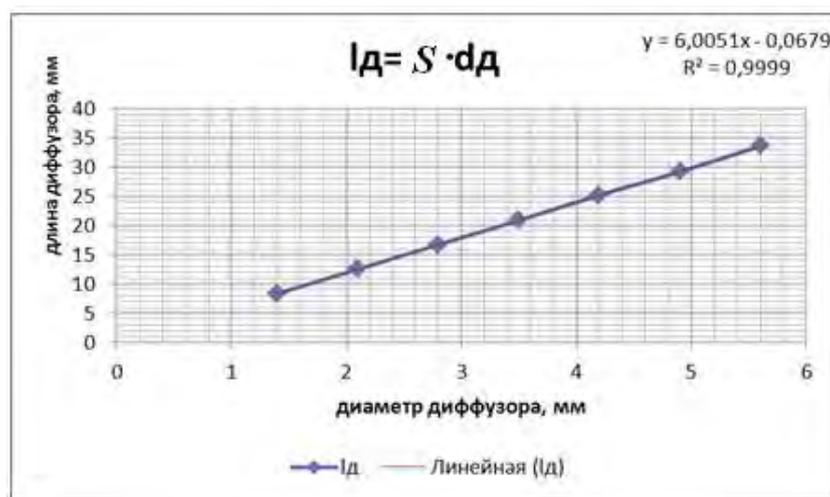


Длина диффузора зависит от разности размера диаметров диффузора d_d камеры смешивания d_3 и сопротивления системы s и выражается линейной зависимостью. По результатам исследования построено уравнение регрессии определения длины диффузора в зависимости от его диаметра:

$$y=6,0051x-0,0679$$

коэффициент детерминированности: $R^2=0,9999$

№ п/п	d_d	l_d
1	1,4	8,35
2	2,1	12,55
3	2,8	16,75
4	3,5	20,9
5	4,2	25,25
6	4,9	29,2
7	5,6	33,65



Результаты теоретических исследований обоснования конструктивных параметров струйного насоса (эжектора) приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты исследования по обоснованию конструктивных параметров струйного насоса (эжектора)

d_1	l_c	l_{cy}	d_3	l_{kc}	l_{kc}	l_{ky}	d_d	l_d
2	12,1	0,48	2	2,1	1,55	8,15	1,4	8,35
3	18,05	0,72	3	2,95	2,45	11,95	2,1	12,55
4	23,85	1,02	4	4,1	3,25	16,05	2,8	16,75
5	30,42	1,23	5	5,06	4,05	19,9	3,5	20,9
6	36,26	1,52	6	5,95	4,75	23,85	4,2	25,25
7	41,65	1,76	7	6,93	5,55	27,85	4,9	29,2
8	48,15	1,95	8	8,05	6,45	32,15	5,6	33,65

Для предлагаемого струйного насоса (эжектора) обоснованы оптимальные конструктивные параметры, мм: при диаметре сопла $d_c = 3,5$; длина сопла $l_c = 48,15$; длина цилиндрической части выходного сечения сопла $l_{cy} = 1,95$; при диаметре камеры смешивания $d_3 = 8$, расстояние от сопла до входного участка камеры смешивания $l_{cg} = 8,05$; длина цилиндрической части камеры смешивания $l_{ky} = 32,15$; длина диффузора $l_g = 33,65$.

Далее, на основе экспериментальных соотношений, полученных линейных регрессий, при малых давлениях находим:

- диаметр диффузора по формуле: $d_d \leq d_3$;
- длину сопла: $l_c = m \cdot d_1$;
- длину цилиндрической части выходного сечения сопла: $l_{cy} = k_1 \cdot d_1$;
- расстояние от сопла до входного участка камеры смешивания: $l_{cg} = p \cdot d_3$;
- длину входного участка камеры смешивания: $l_{kc} = q \cdot d_3$;
- длину цилиндрической части камеры смешивания: $l_{ky} = r \cdot d_3$;
- длину диффузора: $l_d = s(d_d - d_3)$;
- диаметр приемной части камеры смешивания: $d_4 = d_3 - l_c$

По полученным данным был спроектирован струйный насос для камерного (туннельного) опрыскивателя.

Программное обеспечение EjectCalc.exe выполнено в среде программирования Pascal Delphi.

Поскольку давление подачи находится в малом диапазоне изменений (2÷5 атм), необходимо обосновать соответствующий объем камеры смешивания, что может быть осуществлено за счет подвижной части эжектора (подвижное сопло [118], рисунок 2.21).

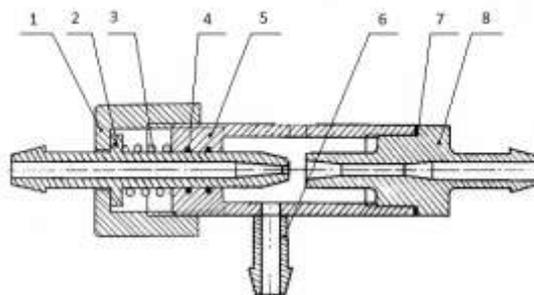


Рисунок 2.21 – Конструкция предлагаемого эжектора с подвижным соплом и регулируемой камерой смешивания для виноградного камерного (туннельного) опрыскивателя: 1 – гайка, 2 – корпус сопла, 3 – пружина, 4 – эластичные уплотнители, 5 – корпус насоса, 6 – штуцер, 7 – уплотнительное кольцо, 8 – корпус диффузора

На основании результатов анализа теоретических исследований разработан алгоритм расчета конструктивных параметров эжектора для камерного опрыскивателя с малым диапазоном давлений подачи, построена автоматизированная система расчета конструктивных параметров струйного насоса [86, 87]. Таким образом, задавая входные параметры и давление для выполнения технологического процесса с помощью приведенного выше программного обеспечения, определяли необходимый объем камеры смешивания с учетом подвижности сопла.

При давлении в напорной магистрали 0,2 мПа (2 кг/см²), которое соответствовало давлению на распыливающих устройствах камерного опрыскивателя, производительность составила $Q_p = 9,4$ л/мин, и подъеме жидкости на высоту $H = 3200$ мм. Эжектор (в собранном виде) с конструктивными размерами приведен на рисунке 2.22.

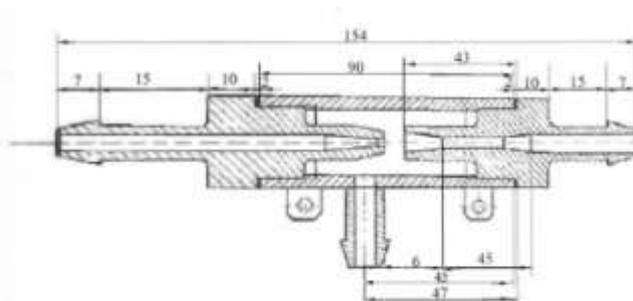


Рисунок 2.22 – Схема эжектора в собранном виде с характерными размерами

Результаты стендовых исследований опытного образца струйного насоса позволили осуществить построение эмпирических зависимостей, которые связывают показатели производительности насоса от диаметра сопла и давления в основной магистрали струйного насоса.

Зависимости, полученные в условиях полевых испытаний, относительно технологического процесса.

Эмпирическая зависимость производительности эжектора построена одношаговым методом наименьших квадратов (МНК), Рисунок 2.23.

В линейном случае модель примет вид:

$$Q = -2,51696 + 2,1325 d + 1,795048 P.$$

Далее приведем имитационные данные, получаемые по модели, приведенной в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Имитационные данные для линейной модели

Диаметр сопла, мм	Давление, атм				
	1	1,5	2	2,5	3
2	3,543083	4,440607	5,338131	6,235655	7,133179
2,3	4,182833	5,080357	5,977881	6,875405	7,772929
2,6	4,822583	5,720107	6,617631	7,515155	8,412679
2,8	5,249083	6,146607	7,044131	7,941655	8,839179
3	5,675583	6,573107	7,470631	8,368155	9,265679
3,2	6,102083	6,999607	7,897131	8,794655	9,692179
3,5	6,741833	7,639357	8,536881	9,434405	10,33193

Коэффициент детерминированности модели $R^2 = 0,987228$.

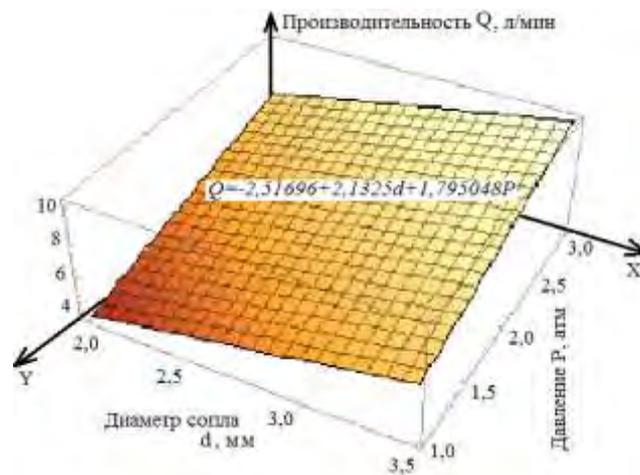


Рисунок 2.23 – Линейная зависимость $Q = Q(d, P)$

Эмпирическая зависимость производительности эжектора от высоты подъема жидкости, давления в магистрали и диаметра сопла была построена одношаговым методом наименьших квадратов (МНК).

В линейном случае модель примет вид:

$$Q = -0,40893 + 0,900568 d + 0,002082 H .$$

Далее приведем имитационные данные, получаемые по модели:

Таблица 2.6 – Имитационные данные на линейной модели

Показатели		Высота подъема, мм				
		2010	2480	2510	2900	3200
Диаметр сопла, мм	2,5	6,027485	7,006065	7,068528	7,880541	8,505166
	4	7,378337	8,356917	8,41938	9,231393	9,856018
	3	6,477769	7,456349	7,518812	8,330825	8,95545
	3,5	6,928053	7,906633	7,969096	8,781109	9,405734
	3,4	6,837996	7,816576	7,879039	8,691052	9,315678

Коэффициент детерминированности модели $R^2 = 0,992603$.

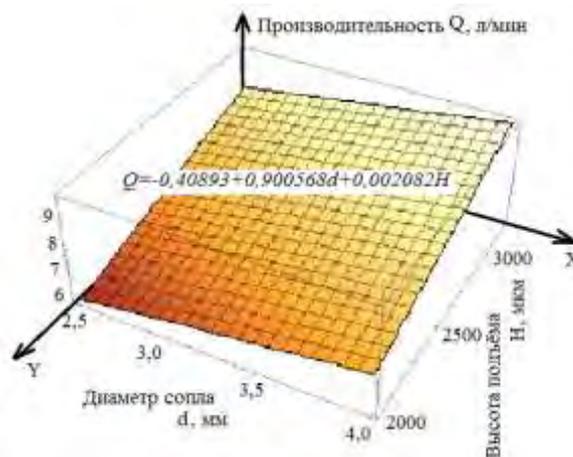


Рисунок 2.24 – Поверхность линейной функции. По высоте – производительность Q [л/мин.], по длине – высота подъема H [мм] и диаметр сопла d [мм] – ширина

При построении эмпирических зависимостей была применена методика, предложенная группой авторов [85, 86].

Для струйных насосов важнейшей является напорная характеристика, выражающая зависимость относительного напора (h) от коэффициента эжекции (a). Для струйного насоса с непрерывной струей определена напорная характеристика, устанавливающая взаимосвязь между предельно достижимыми h и a .

По результатам теоретических исследований определены основные параметры режимов работы таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Основные параметры режимов работы струйного насоса

Коэффициент эжекции, a	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
Относительный перепад давлений, h	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,08	0,05
Коэффициент полезного действия	0,34	0,32	0,25	0,22	0,17	0,15	0,11

Характеристика эжектора при коэффициентах сопротивления сопла $\xi_{13}=0,06$, входного устройства $\xi_{23}=0,1$, а также камеры смешивания и диффузора $\xi_{34}+\xi_{45}=0,3$ представлена на рисунке 2.25.

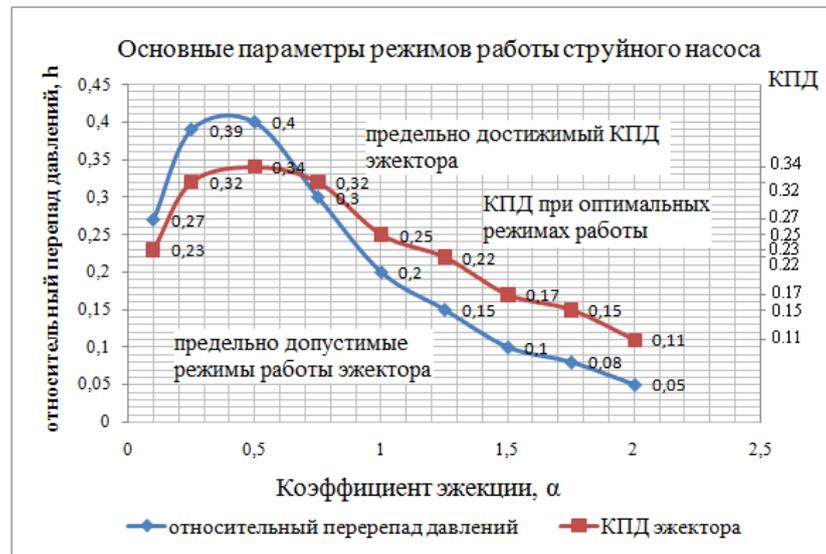


Рисунок 2.25 – Зависимость КПД струйного насоса (эжектора) от относительного перепада давления и коэффициента эжекции

Как видно из графика, струйный насос позволяет получить заметно более высокие значения коэффициента эжекции (a) в основном диапазоне относительных напоров $0,1 \leq h \leq 0,5$. Однако его эффективность резко падает при малых значениях относительно напора $h \leq 0,1$.

Изменение КПД струйных эжекторов в зависимости от требуемого коэффициента эжекции представлено на рисунке 2.25.

Из графика следует, что кривая КПД эжектора имеет ярко выраженный максимум, равный 34%, который достигается на весьма узком диапазоне значений коэффициента эжекции a , затем происходит резкое снижение эффективности работы насоса.

Проанализировав представленные зависимости (рисунок 2.25), можно сделать вывод о том, что работа может считаться оптимальной лишь в небольшом диапазоне значений коэффициента эжекции $0,5 \leq a \leq 2,0$, так как далее (при $a > 2,0$) происходит резкое снижение эффективности работы насоса.

2.5 Выводы по разделу

1. Для обоснования системы рециркуляции (подачи, улавливания и возврата неиспользованного) рабочего раствора агрохимикатов для повторного его применения, было проведено исследование конструктивных параметров рабочих органов камерного опрыскивателя: струйного насоса (эжектора), размеров диаметра сопла, приемной камеры, диаметра и длины камеры смешивания и диффузора.

2. Из соотношений теоретических зависимостей получены линейные регрессии, определен коэффициент эжекции от 0,5 до 2 при диаметре сопла от 2 до 3,4 мм, диаметре камеры смешивания от 2 до 12 мм и давлении в напорной магистрали 0,2 мПа. Максимальный КПД струйного насоса $\eta=0,34$ достигается при $\alpha=0,5$ как в пределах малых $\alpha \leq 1$, так и в больших $\alpha \geq 1$ коэффициентах эжекции, снижение КПД эжектора с ростом α в пределах $\alpha \geq 1$ поясняется тем, что часть кинетической энергии гасится при ударе. Максимальная производительность эжектора позволяет поднять жидкость на высоту 3200 мм при рабочем расходе 9,4 л/мин., что обеспечивает режимы работы.

3. При движении камерного опрыскивателя в улавливатель попадают различного рода макро- и микропримеси, что может привести к выходу из строя струйного насоса. Для предотвращения засорения приемка проводится очистка скребками вручную, на что затрачивается 23% основного времени, т.е. 1,38 ч за смену. Нами разработано устройство-отражатель, предотвращающее засорение приемников и отстойников. Отражатель устанавливается по теоретически обоснованным углам к горизонту 12° - 17° , превышающим угол скольжения посторонних примесей по поверхности щитка, что позволяет повысить производительность опрыскивателя на 23%.

4. Предложенный метод определения основных технологических и геометрических параметров эжектора дает возможность оптимизировать его параметры применительно к гидравлической системе камерного опрыскивателя.

5. Использование полученных зависимостей на основе теоретических исследований позволяет считать, что качественное выполнение процесса рециркуляции рабочей жидкости эжектором возможно в том случае, когда площадь поперечного сечения $(f_{p_1})_{opt}$ обратно пропорциональна $(1 + \alpha)^2$, а оптимальный диаметр сопла $(d_3)_{opt}$ обратно пропорционален $(1 + \alpha)$.

6. По результатам исследований разработан алгоритм определения конструктивных параметров струйного насоса при малом диапазоне давления подачи, на основе которого разработана автоматизированная система EjectCalc.exe выполнено в среде программирования Pascal Delphi. Программное обеспечение позволило использовать параметры струйного насоса с изменяемым (регулируемым) объемом камеры смешивания в зависимости от технологического процесса.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа проведения экспериментальных исследований

Целью проведения лабораторных и полевых исследований является проверка результатов полученных при теоретическом обосновании конструктивных параметров рабочих органов камерного (туннельного) опрыскивателя, обеспечивающую экологически безопасную технологию защиты виноградных насаждений. Программа экспериментальных исследований состоит из двух этапов: лабораторные и полевые исследования.

Основные задачи экспериментальных исследований:

- проверить теоретические обоснования рабочих органов камерного (туннельного) опрыскивателя системы улавливания и возврата, осевшего на растениях рабочего раствора для повторного его использования при защите виноградных насаждений;
- исследовать производительность системы возврата (эжектора) в зависимости от давления в магистрали и диаметра сопла эжектора;
- проверить теоретическое обоснование производительности форсунок;
- определить структуру расхода рабочей жидкости агрохимикатов в зависимости от площади обрабатываемой поверхности виноградных насаждений в различные периоды вегетации.

Целью полевых экспериментов является – получить исходные данные для обоснования конструктивных параметров рабочих органов камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя в зависимости от обрабатываемой площади поверхности виноградных насаждений.

В соответствии с поставленной целью и задачами программой экспериментальных исследований предусмотрено:

- исследование динамики развития обрабатываемой площади поверхности виноградных насаждений и определение баланса биологической

массы в зависимости от периодов вегетации для рационального применения агрохимикатов;

– обоснование структуры расхода рабочего раствора агрохимикатов при химической защите виноградных насаждений в зависимости от обрабатываемой площади поверхности виноградных насаждений;

– определение производительности системы возврата (эжектора) и высоты подъема жидкости;

– определение качества химической обработки виноградных насаждений;

– разработка лабораторной установки для подтверждения теоретически обоснованных параметров рабочих органов камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя;

– изготовление экспериментального образца камерного опрыскивателя для определения конструктивных параметров, рабочих органов в полевых условиях;

– определение технико-экологических и экономических показателей;

– определение технико-экономических и экономических показателей.

3.2 Методика проведения лабораторно-полевых экспериментальных исследований по определению площади поверхности виноградного куста

Для рационального применения препаратов при химической обработке виноградных насаждений необходимо определить баланс площади поверхности, биологической массы в зависимости от периодов вегетации.

Эксперименты проводились на виноградниках ЮФ НУБиП Украины "Крымский агротехнологический университет" в оптимальные агротехнические сроки. Участок соответствовал техническому заданию на камерный опрыскиватель туннельного типа. Сорта винограда – Каберне-Совиньон и Алиготе, возраст – 3 года, формировка односторонний горизонтальный кордон. Схема посадки 3×1,1 м, 3060 куст/га. Время проведения исследований июнь 2011 г. Параметры куста (высота, диаметр кроны) измерялись рулеткой в

местах наибольшего развития – в природном размещении на шпалере. Ширину междурядий измеряли рулеткой, натянутой перпендикулярно к оси ряда. Площадь листьев измерялась с помощью планиметра. Длину побегов замеряли с помощью рулетки и штангенциркуля. Листья по размеру подразделяли на большие, средние и мелкие (рисунок 3.1 и 3.2).

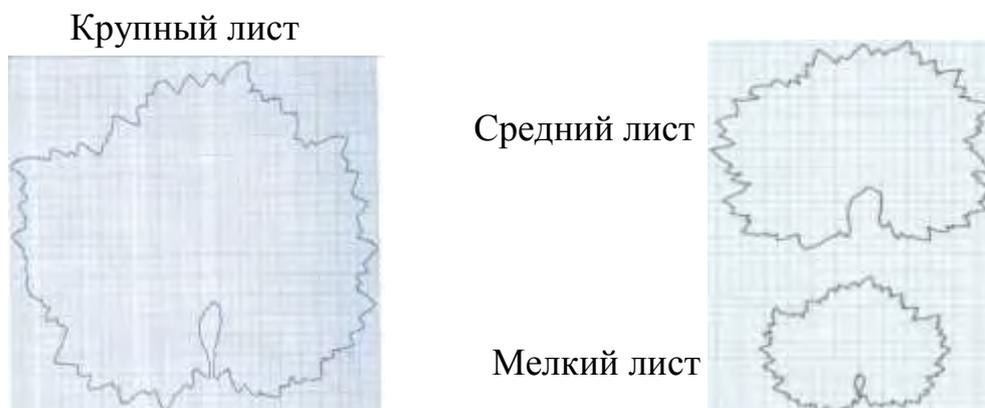


Рисунок 3.1 – Размер крупного листа винограда

Рисунок 3.2 – Размер среднего и мелкоколистьев винограда

Каждый эксперимент проводился в 3-кратной повторности, до 20 измерений, и средняя площадь отдельно взятой группы умножалась на количество листьев. Площадь поверхности листьев, рукавов, побегов и гроздей составляет баланс поверхности биологической массы надземной части виноградного куста, его определяют по формуле:

$$\sum S_{\text{бмк}} = \sum S_{\text{лист}} + \sum S_{\text{поб}} + \sum S_{\text{грозд}}, \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

где $\sum S_{\text{бмк}}$ – общая площадь поверхности биологической массы надземной части виноградного куста, подлежащей обработке;

$\sum S_{\text{л. пов}}$ – общая площадь листовой поверхности на кусте определяется по формуле

$$\sum S_{\text{л. пов.}} = S_{\text{б.л.}} \times n + S_{\text{с.л.}} \times n + S_{\text{м.л.}} \times n; \quad (3.2)$$

$\sum S_{\text{лист}}$ – общая площадь поверхности листьев, обрабатываемая с двух сторон, определялась по формуле:

$$\sum S_{\text{лист}} = (S_{\text{б. л.}} + S_{\text{ср. л.}} + S_{\text{м. л.}}) \times 2; \quad (3.3)$$

$\sum S_{\text{лист}}$ – общая площадь поверхности листьев, обрабатываемая с двух сторон, м^2 ;

$\sum S_{\text{поб}}$ – общая площадь поверхности побегов и рукавов, м^2 ;

$\sum S_{\text{гроздь}}$ – общая площадь поверхности гроздей, м^2 ;

n – количество листьев данной группы на кусте, шт.

Площадь поверхности побегов и рукавов определяется по формуле:

$$\sum S_{\text{поб}} = \pi l_{\text{поб}} (r_1 + r_2), \quad (3.4)$$

где $S_{\text{поб}}$ – площадь поверхности побега, м^2

$l_{\text{поб}}$ – длина побега, м

r_1 и r_2 – радиусы усеченного конуса побега, м

Общая площадь биологической массы надземной части виноградных насаждений на 1 га определяется по формуле:

$$\sum S_{\text{бмк/га}} = \sum S_{\text{бмк}} \times n_{\text{куст/га}}, \quad \text{м}^2; \quad (3.5)$$

где $n_{\text{куст/га}}$ – количество виноградных кустов на 1 га, шт.

3.3 Методика проведения экспериментальных исследований по определению структуры расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений камерными опрыскивателями

Эксперименты проводились на виноградниках ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет». Участок соответствовал техническому заданию на камерный опрыскиватель туннельного типа. Сорта винограда – Каберне-Совиньон и Алиготе, возраст – 3 года, формировка – одноштамбовый односторонний кордон. Схема посадки $3 \times 1,1$ м, 3060 куст./га. Время проведения исследований – июль 2011 г.

Площадь поверхности надземной части виноградных насаждений, подлежащая обработке, при первой повторности составила $17,459 \text{ м}^2$; второй – $46,539 \text{ м}^2$; третьей – $28,08 \text{ м}^2$. Общая площадь надземной части виноградного куста на длине эксперимента составила $92,078 \text{ м}^2$.

Агрегат, состоящий из трактора ЮМЗ и камерного опрыскивателя, двигался на четвертой пониженной передаче. Время прохождения стометровки определялось секундомером и было равным, 73 сек. Расход жидкости определялся расходомером КВ – 1,5 ГОСТ 2874-82 и составил за проход стометровки 10 л. Рабочее давление определялось манометром и составило $\approx 0,4$ МПа.

Потери на почву определялись при помощи х/б ткани, расстеленной непосредственно под зоной обработки (под кустами), общая длина ткани – 14,4 м, ширина – 1 м (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Эксперимент «определение потерь на почву»

Скопившийся в отстойниках камеры рабочий раствор за время прохождения одного ряда длиной 100 м измерялся мерной колбой объемом 1000 мл, площадь поверхности надземной части виноградного куста в экспериментальном ряду составила, соответственно, $639,4 \text{ м}^2$, за время эксперимента в отстойниках скопилось $1380 \text{ мл} + 1350 \text{ мл} = 2730 \text{ мл}$ уловленного рабочего раствора.

Общая длина эксперимента в ряду в трехкратной повторности определяется по формуле:

$$L_{\text{общ}} = L_1 + L_2 + L_3, \quad (3.6)$$

где $L_1; L_2; L_3$ – длина каждой повторности.

Скорость движения агрегата определяется по формуле:

$$V_p = \frac{L}{t} \times 3600, \text{ км/ч}, \quad (3.7)$$

где L – длина эксперимента, м; t – время движения агрегата, сек.

Теоретическая производительность агрегата за 1 ч работы определялась по формуле:

$$Wr = 0,1 \times Vp \times Bp \quad (3.8)$$

где Bp – ширина захвата агрегата, м.

Общий баланс раствора жидкости агрохимикатов, поступивший в камеру, определяются по формуле:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{кам}} + Q_{\text{поч}}, \text{ л/га}, \quad (3.9)$$

где $Q_{\text{общ}}$ – расход раствора на обработку надземной части виноградного куста, л;

$Q_{\text{кам}}$ – количество раствора, осевшего в отстойниках камеры, л;

$Q_{\text{поч}}$ – потери раствора на почву, л.

Потери раствора на почву при обработке надземной части виноградного куста за эксперимент в 3-кратной повторности определялась по формуле:

$$Q_{\text{общ. потери}} = q_1 + q_2 + q_3, \quad (3.10)$$

где $q_1; q_2; q_3$ – потери раствора за эксперимент при 3-кратной повторности.

Потери раствора при обработке площади поверхности надземной части виноградного куста определялись по формуле:

$$q_{\text{п,э}} = \frac{Q_{\text{п,э}}}{S_{\text{бмк,э}}} \text{ г/м}^2. \quad (3.11)$$

Потери раствора на один гектар определялись по формуле:

$$Q_{\text{п,га}} = q_{\text{п}} \times S_{\text{бмк,га}}. \quad (3.12)$$

Общее количество уловленного раствора, поступившего в отстойники камеры и подлежащего рециркуляции, на 1 га определяются по формуле:

$$Q_{\text{у/га}} = q_{\text{у}} \times S_{\text{бмк,га}}. \quad (3.13)$$

Количество раствора, осевшего на обрабатываемой площади поверхности надземной части виноградного куста, определялось по формуле:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{бмк}} - Q_{\text{п}} - Q_{\text{у}}, \text{ л/га}. \quad (3.14)$$

Доля составных показателей расхода рабочей жидкости к общему балансу определялась по формуле:

$$P = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{общ}}} \times 100, \% \quad (3.15)$$

где $Q_{\text{п}}$ – количество рабочего раствора, осевшего на растениях, уловленного и потерянного на почву, л/га.

3.4 Изготовление узлов камерного опрыскивателя для проведения лабораторно-полевых исследований

На макетные образцы разработана эскизная документация, по которой изготовлены перечисленные ниже узлы: струйный насос (эжектор) для откачки неиспользованного раствора (рисунок 3.4); система рециркуляции рабочего раствора (рисунок 3.5); рабочая камера (рисунок 3.6, рисунок 3.7); коллекторы с распылителями-форсунками.

Все изготовленные узлы были объединены в установке, имитирующей рабочую камеру опрыскивателя (рисунок 3.9).



Рисунок 3.4 – Струйный насос (эжектор)



Рисунок 3.5 – Система рециркуляции рабочего раствора



Рисунок 3.6 – Обшивка рабочей камеры



Рисунок 3.7 – Рабочая камера



Рисунок 3.8 – Коллекторы с форсунками



Рисунок 3.9 – Лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований

Наименее изученной и сложной в камерном опрыскивателе является система улавливания и возврата в основной бак не осевшего на растениях рабочего раствора, основными узлами которой являются струйный насос (эжектор), улавливатель и отстойник. Следует отметить, что насос работает в условиях повышенной вибрации, при резких перепадах рабочего давления.

Разработанная и изготовленная лабораторная установка использовалась для проведения экспериментальных исследований струйных насосов (эжекторов) и изучения процесса возврата неиспользованного раствора агрохимикатов обратно в ёмкость. Техническая характеристика приведена в таблице 3.1. В дальнейшем, с помощью этой установки в соответствии с рабочей программой НИР изучался технологический процесс опрыскивания виноградников в закрытой камере.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика лабораторной установки

Показатель	Значение показателя
Масса (конструктивная) рабочей камеры, кг	200
Размер рабочей камеры, мм:	
ширина	1000...1500
длина	1100
высота	2200...2450
Расход рабочей жидкости, л/га	150...800
Количество независимых коллекторов, шт.	4
Количество форсунок на 1 коллекторе, шт.	6

3.5 Методика лабораторных исследований

3.5.1 Методика лабораторных исследований по обоснованию параметров струйного насоса

В последнее время наблюдается интерес к струйным насосам в связи с разработками новых технологических процессов. При этом важно отметить, что полноценных исследований применительно к конструкциям камерных опрыскивателей для виноградников в публикациях практически нет.

Для определения зависимостей параметров струйного насоса на основе экспериментальных данных необходимо провести лабораторные эксперименты с опытными образцами. Для этого была изготовлена лабораторная установка (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Лабораторная установка для проведения экспериментов

Для обоснования конструктивных параметров струйного насоса (эжектора) для камерного опрыскивателя применялись начальные значения: H – рабочее давление в магистрали; D – диаметры камер приемной и смешивания; α – коэффициент эжекции; d – диаметр сопла; η – КПД насоса.

Для определения показателей производительности была использована мерная колба объемом 0,5 и 1 л, и секундомер.

Определение Q_e (эжекционного объема в единицу времени) осуществлялось по следующей методике. В мерную емкость наливали

определенный объем (V) жидкости (0,5 или 1,0 л). Лабораторная установка запускалась в работу. При закрытом клапане пульта управления на установке заборная магистраль струйного насоса опускалась в мерную колбу. Одновременно с открытием клапана на пульте включался секундомер, по которому определялось полное время выкачивания жидкости из мерной колбы.

Каждый эксперимент проводился в 8-кратной повторности. Все полученные данные фиксировались в журнале наблюдений.

3.5.2 Методика проведения экспериментальных исследований по обоснованию высоты подъема раствора жидкости струйным насосом

Для проведения экспериментов лабораторная установка была установлена в производственном помещении, оборудованном краном-балкой. Струйный насос был закреплен на подъемном устройстве, что дало возможность для подъема его на высоту до 4 м от поверхности грунта. Также были увеличены длины напорных, откачивающих и сливных шлангов.

Эксперимент проводился по следующей методике. В колбу наливали определенный объем жидкости. Насос поднимали на установленную высоту, начиная с высоты 500 мм. Насос включался, и фиксировалось время, необходимое для откачки жидкости из контрольной колбы. После этого насос поднимали еще на 50 см и эксперимент повторялся.

Высоту увеличивали до тех пор, пока время, необходимое для откачивания всей жидкости, не увеличивалось вдвое. Условно такая высота принята как высота подъема жидкости струйным насосом (эжектором).

По окончании эксперимента сопло насоса менялось на сопло с большим диаметром, и опыт повторялся.

Все эксперименты проводились при разном рабочем давлении распылителей, установленных в камерном опрыскивателе.

3.6 Методика проведения исследований в полевых условиях отдельных узлов камерного опрыскивателя

Камерный (туннельного типа) виноградниковый опрыскиватель проходил исследования и испытания в реальных полевых условиях – в Государственном предприятии «Алушта» объединения «Массандра». Выбор данного места проведения исследований и испытаний обусловлен наличием в данном хозяйстве плантаций виноградников, полностью соответствующих требованиям к агрофону, предназначенном для работы камерных (туннельных) опрыскивателей.

Наличие в хозяйстве современной, хорошо оборудованной приборами базы позволило определить часть технических данных камерного опрыскивателя. Проведенные линейные измерения узлов и машины в целом в лабораторных и полевых условиях позволили определить основные технические и эксплуатационные показатели камерного опрыскивателя.

3.6.1 Энергетические показатели

Энергетическая оценка проводилась согласно СОУ 74.3-37-276:2005 и разработанной программе и методике проведения исследований узлов камерного опрыскивателя.

При определении энергозатрат на выполнение технологического процесса обработки виноградников растворами пестицидов камерным опрыскивателем использовался прибор ЭМИС ДИО 230 для измерения расхода топлива непосредственно при работе опрыскивателя (рисунок 3.11).

Из-за отсутствия технической возможности для проведения контрольного торможения двигателя энергетического средства (трактора) при проведении исследований, использовался новый трактор МТЗ-80, и за основу расчетов и определения энергозатрат бралась техническая характеристика и график энергозатрат дизельного двигателя Д-240, установленного на тракторе.

Погрешность при таких условиях снятия энергетических показателей не превышает 5%, что допустимо на данном этапе исследований.



Рисунок 3.11 – Прибор для определения расхода топлива двигателем

Для снятия энергетических показателей расходомер устанавливался непосредственно на топливную аппаратуру двигателя трактора (рисунок 3.12) и в процессе работы трактора с камерным опрыскивателем показания прибора фиксировались записывающей аппаратурой, находящейся в кабине трактора.



Рисунок 3.12. Установка измерительной аппаратуры на трактор

Полученные данные были обработаны и представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.5 – Показатели энергетической оценки

Показатель	Значение показателя
Удельный расход топлива, кг/га	1,79
Удельные энергозатраты, кВт-час./га	2,86
Коэффициент использования эксплуатационной мощности двигателя	0,13
Эффективная мощность двигателя, кВт	7,2
Расход топлива, кг/час.	4,5

3.6.2 Определение нормы расхода жидкости распылителями

Расход рабочей жидкости через распылители камерного (туннельного типа) виноградникового

опрыскивателя установлен следующим образом. Жидкость, вытекающая из форсунок, собиралась в течение 1 мин. в пустые емкости, и затем измерялся ее объем с отклонением не более 1% в трехкратной повторности (рисунок 3.13).



Рисунок 3.13 – Оборудование для измерения расхода жидкости

В качестве емкостей для сбора вытекающей из форсунок жидкости использовались узкие эластичные полиэтиленовые пакеты. После проведения очередного эксперимента жидкость переливалась в общую емкость, и полученный объем измерялся с помощью мерной колбы (рисунок 3.14; 3.15).

Полученные данные математически обрабатывались и заносились в итоговую табл. 3.6.



Рисунок 3.14 – Сбор жидкости в эластичные пакеты



Рисунок 3.15 – Измерение объема жидкости

Таблица 3.6 – Показатели расхода жидкости распылителями

Показатель	Значение показателя
Рабочее давление, МПа	2,0
Вылив через один распылитель, л / мин.	1,14
Норма неравномерного вылива жидкости, л/га:	
– установленная	600
– фактически полученная	553,8
– отклонения фактически полученной нормы, %	7,7

Определение расхода жидкости в зависимости от ширины междурядий, скорости движения агрегата, количества и диаметра распылителей приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Пропускная способность центробежной форсунки в зависимости от рабочего давления и диаметра распылителя [л/мин.]

Рабочее давление, Р [атм]	Диаметр распылителя [мм]				
	1,2	1,8	2,0	2,5	3,0
1	0,20	0,5	0,56	0,83	1,35
2	0,31	0,52	0,58	0,95	1,63
3	0,43	0,63	0,76	1,35	1,95
4	0,54	0,76	0,86	1,75	2,44
5	0,62	0,86	1,01	2,04	2,94

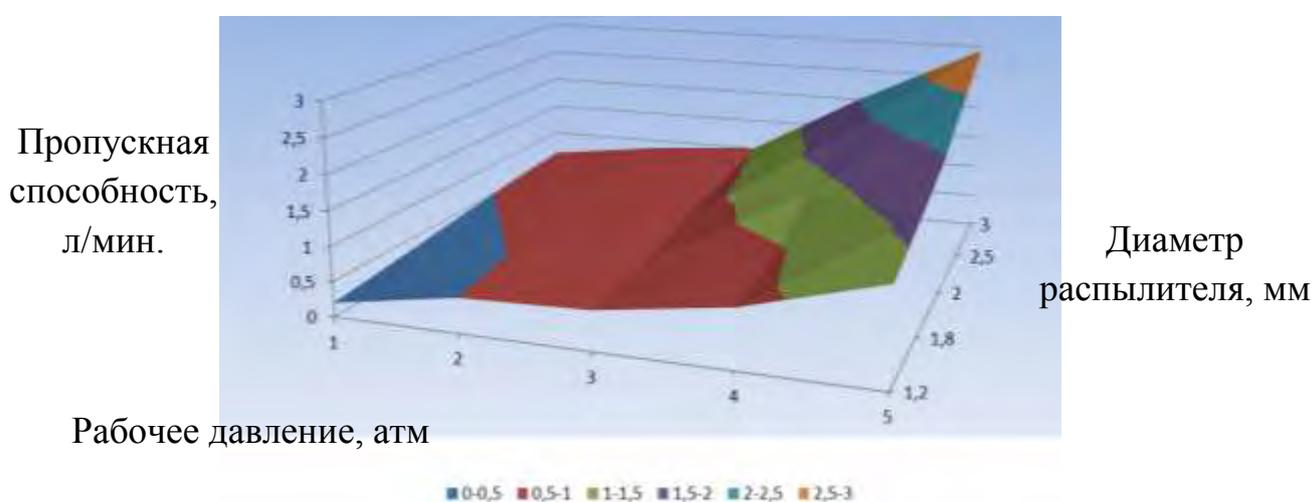


Рисунок 3.16 – График зависимости пропускной способности форсунки (вертикальная ось, л/мин.) от рабочего давления и диаметра распылителя

3.6.3 Определение качества распыла рабочего раствора

Качество распыла рабочего раствора форсунками опрыскивателя определялось с помощью развешивания на кустах контрольных карт (рисунок 3.17), на которых фиксировались размеры и плотность капель раствора (рисунок 3.18 и 3.19). После обработки и изучения этих карт под микроскопом согласно СОУ 74.3-37-266:2005, определялись качественные показатели работы форсунок опрыскивателя (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Показатели качества обработки виноградных насаждений рабочим раствором

Показатель	Значение показателя
Плотность покрытия обработанной поверхности каплями раствора (не менее 130 шт./см ²), %	92,8
Неравномерность покрытия препаратом площади обрабатываемого куста, %	40,7
Медианно-массовый диаметр капель, мкм	350



Рисунок 3.17 – Контрольные карты перед развешиванием



Рисунок 3.18 – Контрольные карты до прохода опрыскивателя



Рисунок 3.19 – Контрольные карты после прохода опрыскивателя

3.7 Методика обработки результатов экспериментальных исследований

Обработка эмпирических данных осуществлялась с привлечением средств вычислительной техники и методов математической статистики [104-106, 108]. При этом определялись следующие показатели:

- среднее выборочное значение:
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.16)$$

где x_i – текущее значение измеряемой величины;

n – количество измерений,

- дисперсия:
$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (3.17)$$

- среднеквадратичное отклонение:
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.18)$$

- коэффициент вариации:
$$K_B = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100, \quad (3.19)$$

- среднеквадратическое отклонение среднего выборочного значения:

$$m = \sigma / \sqrt{n}, \quad (3.20)$$

- относительная ошибка выборочной средней:

$$p = \frac{m}{\bar{x}} \times 100. \quad (3.21)$$

В задачах построения эмпирических зависимостей основных показателей технологических процессов от воздействующих на них факторов в качестве основного инструмента использовался одношаговый метод наименьших квадратов (1МНК), суть которого состоит в следующем.

Наблюдаемая величина Y – регрессанд, может быть представлена некоторой функцией (линейной либо нелинейной) от n -наблюдаемых величин

(факторов) $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n$ – регрессоров и от скрытых (латентных) случайных переменных \mathbf{U} , называемых **случайными возмущениями**

$$\mathbf{Y} = \beta_1 \mathbf{X}_1 + \dots + \beta_n \mathbf{X}_n + \mathbf{U}. \quad (3.22)$$

В задачу построения зависимости $Q = Q(d, P)$, т.е. производительности эжектора Q [л/мин.] от диаметра сопла d [мм] и давления в основной магистрали (на подаче) P [ат]: $n = 3$, $\mathbf{Y} = Q$, $\mathbf{X}_1 = 1$, $\mathbf{X}_2 = d$ и $\mathbf{X}_3 = P$.

Функция (3.51) называется регрессионной. Имеющийся ряд наблюдений по $t = 1, \dots, T$ позволяет для каждого наблюдения получить соотношение:

$$Y_t = \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_n x_{tn} + U_t. \quad (3.23)$$

Вероятностный характер возмущений делает регрессионную функцию стохастической.

Ряды данных (наблюдений) длиной T для регрессанта и каждого из регрессоров необходимы для того, чтобы оценить параметры модели статистически. Количество рядов равно $n + 1$ в каждом T точек наблюдения:

$$\{y_t, x_{t1}, \dots, x_{tn}\} \quad t = 1, \dots, T.$$

Таким образом, для каждого из наблюдений имеем следующие соотношения:

$$\begin{cases} y_1 = \beta_1 x_{11} + \dots + \beta_k x_{1k} + \dots + \beta_n x_{1n} + u_1 \\ \text{-----} \\ y_t = \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_k x_{tk} + \dots + \beta_n x_{tn} + u_t \\ \text{-----} \\ y_T = \beta_1 x_{T1} + \dots + \beta_k x_{Tk} + \dots + \beta_n x_{Tn} + u_T \end{cases} \cdot$$

Обозначая:

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_t \\ \dots \\ y_T \end{pmatrix}, \quad \mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{t1} & \dots & x_{tk} & \dots & x_{tn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{T1} & \dots & x_{Tk} & \dots & x_{Tn} \end{pmatrix},$$

T – мерный
вектор

$(T \times n)$ – мерная матрица

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \dots \\ \beta_k \\ \dots \\ \beta_n \end{pmatrix},$$

n – мерный
вектор

$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_t \\ \dots \\ u_T \end{pmatrix},$$

T – мерный
вектор

вышеприведенное соотношение можно переписать в векторной форме:
 $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{u}$. Матрицу вида $\mathbf{D} = (\mathbf{Y}|\mathbf{X})$ будем называть матрицей данных.

При формировании матрицы данных значения измеряемых величин “шкалируются” относительно фиксированных значений одного из регрессоров (например, первого).

Очевидно, что на момент постановки экспериментов по выявлению зависимости между переменными величинами \mathbf{Y} и $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n$, точные значения параметров β_k неизвестны. Они могут быть только оценены, т.е. получены в оценках $\hat{\beta}_k$. Основным принципом оценки параметров регрессионной модели является **принцип минимума суммы квадратов ошибок** (отклонений).

Важный этап – **формирование целевой функции**.

Ошибка или отклонение: $\tilde{u}_t = y_t - \hat{y}_t = y_t - \hat{\beta}_1 x_{t1} + \dots + \hat{\beta}_n x_{tn}$.

Здесь $\hat{y}_t = \hat{\beta}_1 x_{t1} + \dots + \hat{\beta}_n x_{tn}$.

Квадрат ошибки: $(\tilde{u}_t)^2 = (y_t - \hat{\beta}_1 x_{t1} - \dots - \hat{\beta}_n x_{tn})^2$,

Здесь $\hat{\beta}_k$ – значения параметров, получаемые в результате оценок.

Сумма квадратов ошибок:

$$S(\hat{\mathbf{b}}) = \sum_{t=1}^T \tilde{u}_t^2 = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{\beta}_1 x_{t1} - \dots - \hat{\beta}_n x_{tn})^2 = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}}) = \tilde{\mathbf{u}}^T \tilde{\mathbf{u}}.$$

Функция $S(\hat{\mathbf{b}})$ при оценке регрессионных коэффициентов методом наименьших квадратов и является целевой функцией. Перепишем ее в следующем виде:

$$S(\hat{\mathbf{b}}) = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}}) = \mathbf{y}^T \mathbf{y} - 2\hat{\mathbf{b}}^T \mathbf{X}^T \mathbf{y} + \hat{\mathbf{b}}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\mathbf{b}}.$$

Далее вычислим частную производную

$$\begin{aligned} \frac{\partial S(\hat{\mathbf{b}})}{\partial \hat{\mathbf{b}}} &= \frac{\partial (\mathbf{y}^T \mathbf{y})}{\partial \hat{\mathbf{b}}} - 2 \frac{\partial (\hat{\mathbf{b}}^T \mathbf{X}^T \mathbf{y})}{\partial \hat{\mathbf{b}}} + \frac{\partial (\hat{\mathbf{b}}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\mathbf{b}})}{\partial \hat{\mathbf{b}}} = \\ &= 2\mathbf{X}^T \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\mathbf{b}}. \end{aligned}$$

Необходимое условие экстремума:

$$\frac{\partial S(\hat{\mathbf{b}})}{\partial \hat{\mathbf{b}}} = \mathbf{0} \Rightarrow -2\mathbf{X}^T \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\mathbf{b}} = \mathbf{0}$$

или

$$\mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\mathbf{b}} = \mathbf{X}^T \mathbf{y}.$$

В развернутом виде:

$$\begin{aligned} &\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{12} & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{T2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1n} & x_{2n} & x_{3n} & \dots & x_{Tn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ 1 & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{T2} & \dots & x_{Tn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \dots \\ \hat{\beta}_n \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{12} & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{Tn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1n} & x_{2n} & x_{3n} & \dots & x_{Tn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_T \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Здесь неизвестным (искомым) является вектор $\hat{\mathbf{b}}$. В матричной записи имеем:

$$\hat{\mathbf{b}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}. \quad (3.24)$$

Подставляя найденные значения $\hat{\beta}_k$ в оцениваемое регрессионное уравнение получим так называемую **эмпирическую регрессионную функцию**:

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_1 x_{t1} + \dots + \hat{\beta}_n x_{tn}. \quad (3.25)$$

Для оценки адекватности эмпирической зависимости вычисляется ее коэффициент детерминированности R^2 , по известной формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2}, \quad (3.26)$$

где \hat{u}_t – оценка ошибок измерений для каждого фиксированного t ,

y_t – значение результирующего показателя и \bar{y} – его среднее значение.

При построении квадратичной эмпирической зависимости, например, для той же задачи: зависимость производительности эжектора от диаметра сопла и давления в основной магистрали, в общем случае имеем функцию вида:

$$Q = \alpha_1 + \alpha_2 d + \alpha_3 P + \alpha_4 d^2 + \alpha_5 dP + \alpha_6 P^2, \quad (3.27)$$

где α_i – определяемые коэффициенты.

Осуществляя неособое преобразование переменных:

$$Y = Q, X_1 = 1, X_2 = d, X_3 = P, X_4 = d^2, X_5 = dP, X_6 = P^2, \quad (3.28)$$

получим линейную функцию:

$$Y = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4 + \alpha_5 X_5 + \alpha_6 X_6. \quad (3.29)$$

И далее применяем МНК по известной схеме. После обратной замены переменных, получаем квадратичную модель.

3.8 Выводы по разделу

1. Разработана методика, определения параметров развития площади поверхности надземной части виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации как основного критерия оценки расхода агрохимикатов при химической защите виноградных насаждений.

2. Разработана методика обоснования структуры баланса, расхода рабочего раствора агрохимикатов при химической защите виноградных

насаждений камерными опрыскивателями в зависимости от периодов вегетации виноградных насаждений.

3. Предложены теоретически обоснованные и изготовленные основные узлы камерного опрыскивателя и методика определения основных параметров узлов в лабораторных условиях. Для построения эмпирических зависимостей были проведены лабораторные эксперименты с изготовленными опытными образцами системы рециркуляции рабочего раствора на лабораторной установке, предложенной автором.

4. Для подтверждения результатов теоретических, экспериментальных исследований и работоспособности опрыскивателя разработана методика проведения исследований в полевых условиях отдельных узлов камерного опрыскивателя, по которой были определены его параметры: технические, энергетические; а также нормы расхода рабочего раствора в зависимости от диаметра распылителя, давления в магистрали и качества распыла.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Исследование параметров развития биологической массы надземной части виноградных насаждений

В настоящее время расход рабочей жидкости на 1 га определяется без учета динамики развития биологической массы по периодам вегетации, что приводит к большому, необоснованному его расходу, ухудшению экологии окружающей среды, а также низкой экономической эффективности применения средств защиты растений. Для рационального применения препаратов при химической обработке виноградных насаждений необходимо определить площадь поверхности биологической массы в зависимости от периодов вегетации.

Каждый эксперимент проводился в 3-кратной повторности, проводилось до 20 измерений, средняя площадь отдельно взятой группы умножалась на количество листьев. Данные по сорту Каберне-Совиньон приведены в таблицах 4.1–4.6.

Эксперимент 1. Определение площади поверхности надземной части виноградного куста, сорт Каберне-Совиньон, 1-я повторность проводилась с 28-30.06.2011. Для определения площади поверхности виноградного куста были исследованы листья и побеги разных размеров: крупных листьев – 13; средних листьев – 165; мелких листьев – 137.

Таблица 4.1 – **Определение площади листовой поверхности виноградного куста, сорт Каберне-Совиньон**

Площадь листьев S, м ²			
1	2	3	4
№ п/п	Крупные	Средние	Мелкие
1	0,0223	0,0165	0,0045
2	0,0215	0,0163	0,0044
3	0,0211	0,0151	0,0046
4	0,0212	0,0139	0,0045

Продолжение таблицы 4.1			
1	2	3	4
5	0,0192	0,0150	0,0061
6	0,0190	0,0130	0,0057
7	0,0202	0,0115	0,0052
8	0,0188	0,0110	0,0051
9	0,0183	0,0104	0,0049
10	0,0191	0,0142	0,0048
11	0,0186	0,0086	0,0047
12	0,0173	0,0084	0,0041
13	0,0185	0,0079	0,0039
14		0,0085	0,0040
15		0,0078	0,0047
16		0,0158	0,0038
17		0,0120	0,0038
18		0,0140	0,0033
19		0,0111	0,0030
20		0,0129	0,0025
S _{л.ср.}	0,1962	0,012195	0,0043

Общая площадь поверхности листьев, подлежащей обработке с двух сторон, определялась по формуле 3.3:

$$\sum S_{л.} = (0,1962 \times 13 + 0,12195 \times 165 + 0,00438) \times 2 = 10,327 \text{ м}^2.$$

**Таблица 4.2 – Определение площади поверхности побегов
виноградного куста, сорт Каберне-Совиньон**

Площадь поверхности			
Длина побега (<i>l</i>), м	Диаметр побега (<i>d</i>), м		Площадь побега (<i>S</i>), м ²
	1,62	0,007	
1,18	0,006	0,002	0,01482
0,99	0,005	0,002	0,01088

Площадь побегов составила 0,051 м².

Баланс площади поверхности биологической массы виноградного куста за эксперимент определялся по формуле 3.1 и был равен:

$$\sum S_{\text{куста}} = \sum S_{\text{л.пов}} + \sum S_{\text{поб}} = 10,327 + 0,051 = 10,328 \text{ м}^2$$

Эксперимент 1. Определение площади поверхности надземной части виноградного куста, сорт Каберне-Совиньон, 2-я повторность.

Для определения площади поверхности виноградного куста были исследованы листья и побеги разных размеров: крупных листьев – 34; средних листьев – 224; мелких листьев – 258.

Таблица 4.3 – **Определение площади листовой поверхности виноградного куста, сорт Каберне-Совиньон**

Площадь листьев S, м ²			
№ п/п	Крупные	Средние	Мелкие
1	2	3	4
1	0,0205	0,0104	0,0072
2	0,0190	0,0111	0,0066
3	0,0198	0,0200	0,0081
4	0,0193	0,0171	0,0066
5	0,0194	0,0054	0,0024
6	0,0211	0,0134	0,0058
7	0,0209	0,0142	0,0061
8	0,0160	0,0121	0,0067
9	0,0189	0,0157	0,0067
10	0,0197	0,0148	0,0063
11	0,0189	0,0153	0,0020
12	0,0218	0,0197	0,0049
13	0,0182	0,0165	0,0061
14	0,0198	0,0148	0,0042
15	0,0170	0,0139	0,0035
16	0,0216	0,0152	0,0019
17	0,0184	0,0124	0,0037
18	0,0206	0,0130	0,0041
19	0,0194	0,0167	0,0069
20	0,0179	0,0111	0,0027
S _{л.ср.}	0,01941	0,01414	0,005125

Общая площадь поверхности листьев, подлежащей обработке с двух сторон, определяется по формуле 3.3:

$$S_{\text{л.}} = (0,01941 \times 34 + 0,01414 \times 224 + 0,0051,25 \times 258) \times 2 \approx 10,299 \text{ м}^2.$$

Таблица 4.4 – **Определение площади поверхности побегов виноградного куста, сорт Каберне Совиньон**

Площадь поверхности			
Длина побега (l), м	Диаметр побега (d), м		Площадь побега (S), м ²
1,68	0,007	0,003	0,2637
0,56	0,006	0,003	0,0791
0,40	0,05	0,002	0,0439

Площадь побегов составила 0,039 м².

Баланс площади поверхности биологической массы виноградного куста за эксперимент определялся по формуле 3.1 и был равен:

$$\sum S_{\text{куста}} = S_{\text{л.пов}} + S_{\text{поб}} = 10,299 + 0,039 = 10,299 \text{ м}^2.$$

Эксперимент 1. Определение площади поверхности надземной части виноградного куста, сорт Каберне-Совиньон, 3-я повторность.

Для определения площади поверхности виноградного куста были исследованы листья и побеги разных размеров: крупных листьев – 46; средних листьев – 213; мелких листьев – 72.

Таблица 4.5 – **Определение площади листовой поверхности виноградного куста, сорт Каберне-Совиньон**

Площадь листьев S , м ²			
№ п/п	Крупные	Средние	Мелкие
1	0,0236	0,0095	0,0031
2	0,0214	0,0106	0,0032
3	0,0172	0,0081	0,0028
4	0,0222	0,0087	0,0024,5
5	0,0220	0,0091	0,0012,5
6	0,0286	0,0088	0,0011
7	0,0212	0,0087	0,009,5
8	0,0205	0,0107	0,0029
9	0,0195	0,0084	0,0030
10	0,0202	0,0083	0,0030,5
11	0,0196	0,0096	0,0012
12	0,0207	0,0098	0,0011,5

Продолжение таблицы 4.1			
1	2	3	4
13	0,0205	0,0091	0,0010,5
14	0,0198	0,0093	0,0027
15	0,0196	0,0082	0,0014
16	0,0204	0,0093	0,0023
17	0,0201	0,0097	0,0027
18	0,0209	0,0089	0,0020,5
19	0,0198	0,0079	0,0019,5
20	0,0208	0,0094	0,0026
$S_{л.ср.}$	0,02093	0,009105	0,002145

Общая площадь поверхности листьев, подлежащей обработке с двух сторон, определяется по формуле 3.3:

$$S_{л.пов} = (0,02093 \times 46 + 0,009105 \times 213 + 0,002145 \times 72) \times 2 \approx 6,113 \text{ м}^2.$$

Таблица 4.6 – Определение площади поверхности побегов виноградного куста, Сорт Каберне-Совиньон

Площадь побегов S , м^2			
Длина побега (l), м	Диаметр побега (d), м		Площадь побега (S), м^2
$l_1 = 1,91$	$d_{11} = 0,007$	$d_{12} = 0,002$	0,0269883
$l_2 = 1,21$	$d_{21} = 0,006$	$d_{22} = 0,002$	0,0151976
$l_3 = 0,47$	$d_{31} = 0,008$	$d_{32} = 0,001$	0,066411

Площадь побегов составила 0,048827 м^2 .

Баланс площади поверхности биологической массы виноградного куста за эксперимент определялся по формуле 3.1 и был равен:

$$S_{куста} = S_{л.} + S_{поб} = 6,113 + 0,048827 = 6,161827 \text{ м}^2 \approx 6,162 \text{ м}^2.$$

Статистическая обработка результатов исследований по определению площади поверхности листьев и побегов проводилась по вышеприведенной методике, в разделе 3. Результаты измерений и статистической обработки приведены в таблице 4.7

Таблица 4.7 – **Определение площади листовой поверхности, сорт Каберне-Совиньон**

Категория листьев	Среднее значение М, м ²	Среднеарифметическое отклонение, σ	Коэффициент вариации, CV	Ошибка, т	Кол-во листьев на кусте, шт.	Площадь листьев, м ²
1 повторность						
мелкие	0,0051	18,9	37	4,2	258	1,31451
средние	0,01419	34	23,9	7,6	224	3,17856
крупные	0,01938	14,9	7,7	3,3	34	0,65892
итого						5,15199
2 повторность						
мелкие	0,00212	8,3	39	1,9	72	0,15272
средние	0,00914	7,8	8,6	1,8	213	1,94576
крупные	0,02093	22,1	10,6	4,9	46	0,96278
итого						3,06126
3 повторность						
мелкие	0,00438	8,7	19,8	1,9	137	0,60006
средние	0,0122	29,1	23,9	6,5	165	2,01218
крупные	0,01962	14,9	7,6	4,1	13	0,2551
итого						2,86734
всего						11,0807

Поверхность листа обрабатывалась с двух сторон, общая площадь поверхности листьев на кусте, подлежащей обработке за период эксперимента, определялась по формуле 3.3:

$$\sum S_{\text{л. пов.}} = (10,327 + 10,299 + 6,113) \times 2 = 26,739 \text{ м}^2.$$

Средняя площадь обрабатываемой с двух сторон листовой поверхности на кусте за период проведения эксперимента:

n – количество повторностей.

$$\sum S_{\text{л. ср.}} = \sum S_{\text{л.}} / n = 26,739 / 3 = 8,913 \text{ м}^2.$$

Средняя площадь поверхности побегов на кусте в период проведения эксперимента составила:

$$S_{\text{поб. ср.}} = \sum S_{\text{поб.}} / n = (0,051 + 0,039 + 0,049) / 3 = 0,046 \text{ м}^2.$$

Баланс площади обрабатываемой поверхности биологической массы надземной части виноградного куста определялся по формуле 3.1:

$$\sum S_{\text{бмк}} = 8,913 + 0,046 = 8,959 \text{ м}^2/\text{куст.}$$

Общая площадь обрабатываемой поверхности биологической массы надземной части виноградных кустов на 1 га сорта Каберне-Совиньон определялась по формуле:

$$\sum S_{\text{бмк}}/\text{га} = 8,959 \text{ м}^2 \times 3060 \text{ шт.} = 27,404,5 \text{ м}^2/\text{га.}$$

Эксперимент 2. проводился на фоне, соответствующем техническому заданию на машину, описанному в методике проведения экспериментальных исследований по определению площади поверхности биологической массы виноградного куста сортов Каберне-Совиньон и Алиготе. Схема посадки 3×1,1 м на 1 га – 3060 кустов. Каждый эксперимент проводился в 3-кратной повторности, проведено до 20 измерений. Статистическая обработка данных исследований по определению площади поверхности листьев и побегов проводилась по вышеприведенной в разделе 3 методике.

Таблица 4.8 – Определение площади листовой поверхности, сорт Алиготе

Категория листьев	Среднее значение М, м ²	Среднеарифметическое отклонение, σ	Коэффициент вариации, CV	Ошибка, т	Количество листьев на кусте, шт.	Площадь листьев, м ²
1 повторность						
мелкие	0,00193	11,9	61,6	2,7	144	0,27792
средние	0,01437	45,4	31,6	31,6	197	2,82991
крупные	0,02137	28,9	13,5	6,5	20	0,4273
итого						3,53513
2 повторность						
мелкие	0,00383	9,6	25,1	2,1	130	0,4979
средние	0,00864	13,7	15,8	3,1	292	2,52142
крупные	0,01987	19,8	9,9	4,4	79	1,56973
итого						4,58905
3 повторность						
мелкие	0,00174	6,9	39,5	1,5	163	0,28403
средние	0,01107	22,9	20,7	5,1	332	3,67358
крупные	0,02076	17,9	8,6	4,0	82	1,70232
итого						5,65993

Поверхность листа обрабатывалась с двух сторон, поэтому общая площадь поверхности листьев на кусте определяется по формуле 3.3:

$$\sum S_{\text{л. пов.}} = (10,378 + 10,299 + 6,162) = 26,739 \text{ м}^2.$$

Средняя площадь обрабатываемой листовой поверхности на кусте за период проведения эксперимента составила:

$$\sum S_{\text{л. ср.}} = \sum S_{\text{л. пов.}} / n = 26,739 / 3 = 8,913 \text{ м}^2.$$

Средняя площадь поверхности побегов на кусте за период проведения эксперимента составила:

$$S_{\text{поб. ср.}} = \sum S_{\text{поб./п}} = 0,1269 + 0,1552 + 0,1298 / 3 = 0,1373 \text{ м}^2.$$

Баланс площади обрабатываемой поверхности биологической массы надземной части виноградного куста сорта Алиготе определялся по формуле 3.1:

$$\sum S_{\text{бмк}} = 9,1894 + 0,1373 = 9,3267 \text{ м}^2/\text{куст.}$$

Общая площадь обрабатываемой поверхности биологической массы надземной части виноградных кустов на 1 га сорта Алиготе определялась по формуле 3.6, представленной в разделе 3.

Данные, полученные в результате проведения экспериментов для определения площади надземной части виноградных насаждений, приведены в приложении А.

С целью изучения влияния различных систем химической защиты виноградного растения на развитие листовой поверхности и продуктивность ее функций, в течение ряда лет на виноградниках ОПБ «Магарач» изучали динамику развития листовой поверхности во время вегетационного периода. Многолетними исследованиями выявлена закономерность листового ассимиляционного аппарата и развития его фотосинтетической продуктивности, установлена прямая связь между развитием листовой поверхности и урожайностью. Динамика развития площади поверхности биологической массы виноградного куста сортов Алиготе и Каберне-Совиньон в течение всего периода вегетации представлена в табл. 4.9 [1].

Таблица 4.9 – Динамика развития площади поверхности биологической массы надземной части виноградного куста по периодам вегетации

Исследуемый объект		Периоды				
		апрель	май	июнь	июль	август
Побег	м ²	0,01	0,02	0,03	0,09	0,1
	%	0,2	0,4	0,6	1,8	2,0
Лист	м ²	-	1,0	3,0	4,0	4,5
	%	-	2,0	60,5	80,6	90,7
Гроздь	м ²	-	-	0,03	0,28	0,36
	%	-	-	0,6	5,6	7,26
Итого	м ²	0,01	1,02	3,06	4,37	4,96
	%	0,2	20,56	61,79	88,1	100

Данные, полученные за период проведения исследований, подтверждают вывод о том, что поверхность биологической массы надземной части виноградного куста значительно изменяется в различные периоды вегетации.

Можно наблюдать три фазы развития листьев: первая (начальная), когда среднесуточный прирост составляет 2–8 см²; вторая (последующая), когда среднесуточный прирост значительно выше 8–20 см²; третья (последняя), когда среднесуточный прирост снижается до 3–5 см².

Исследования показали, что листовая поверхность до начала цветения невелика на основном побеге, и на пасынке незначительна. Биологическая масса до начала цветения варьирует в пределах 15–20 %. После цветения листовая поверхность быстро увеличивается и в течение 20 дней достигает 60–65 %. Рост листовой поверхности 40–45 дней после цветения. Максимального размера листья достигают к периоду начала созревания ягод [1].

Листовая поверхность виноградного куста сорта Каберне-Совиньон колеблется в пределах 3–6 м²/куст, Алиготе – 5–8 м²/куст (рисунок 4.1).

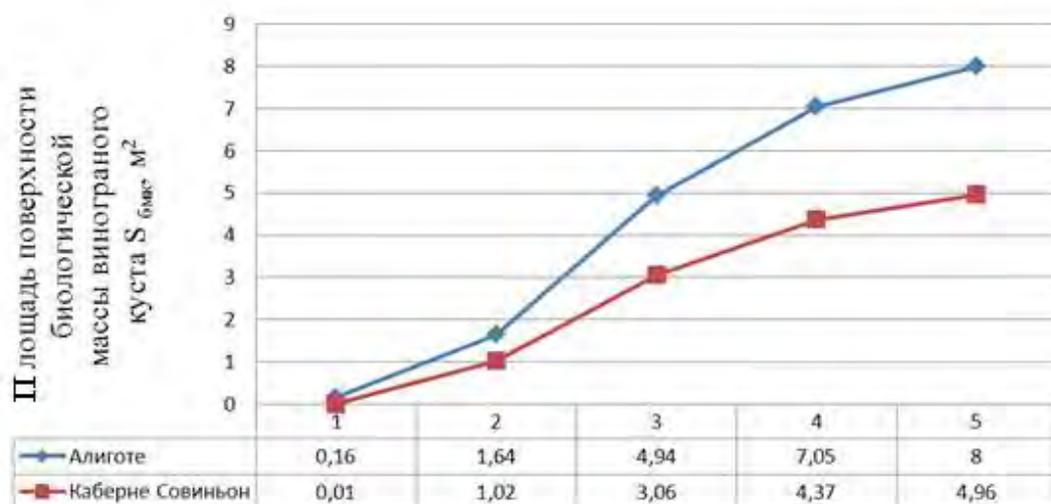


Рисунок 4.1 – Динамика развития поверхности биологической массы в течение периода вегетации, сорт Алиоте и Каберне Савиньон

В результате проведения экспериментов установлено, что обработка листовой поверхности при химической защите дает максимальный эффект если обработаны обе стороны листа, т.е. площадь листовой поверхности, подлежащей обработке, увеличивается в 2 раза.

Поэтому необходимо соответствующе обоснованное, оптимальное количество рабочей жидкости на 1 га, обеспечивающее качественную защиту растений и экологическую безопасность окружающей среды.

Динамика развития площади поверхности биологической массы виноградных насаждений по сортам и схемам посадки на рисунке 4.2 и 4.3.

Согласно агротребованиям, верхняя часть листа должна быть покрыта рабочей жидкостью не менее, чем на 80 %, а нижняя – на 60 %.

По результатам проведенных исследований построена регрессионная зависимость, площадей поверхностей биологической массы в зависимости от периодов вегетации и схем посадки винограда:

$$Y = 9506.994 + 4.09396X_2 + 2322.2X_3.$$

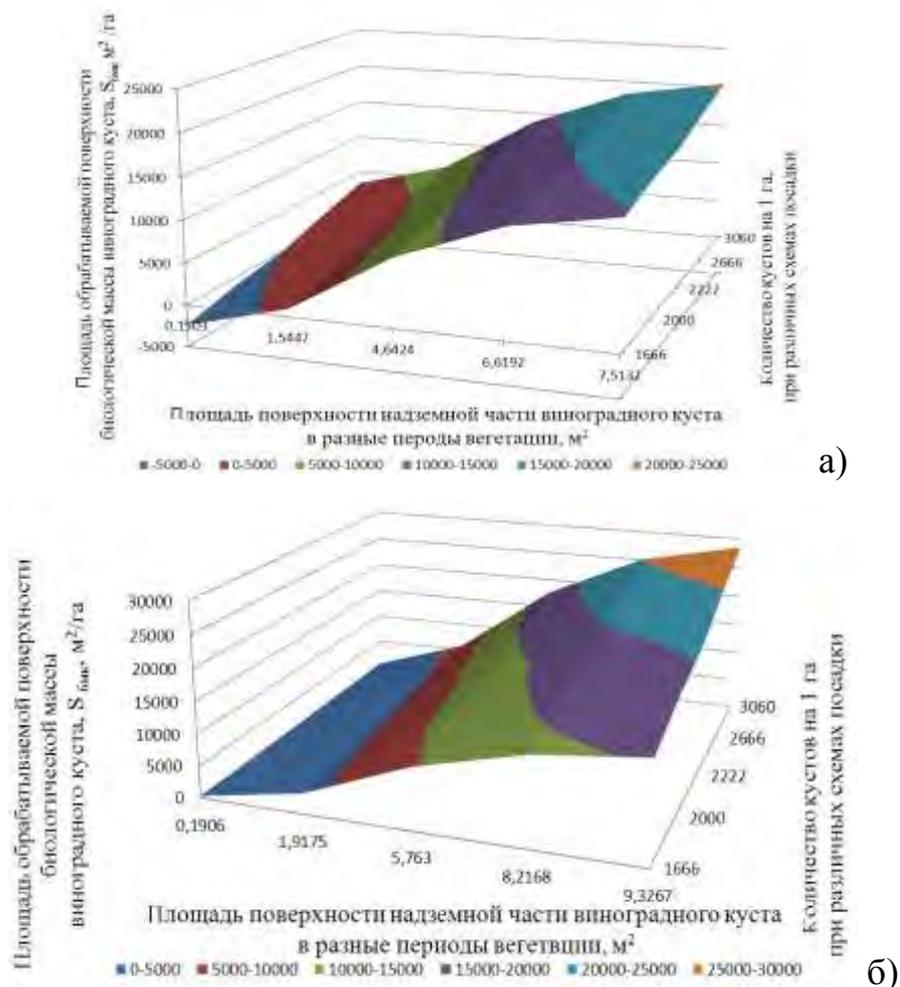


Рисунок 4.2 – Динамика развития площади поверхности биологической массы виноградных насаждений на 1 га: а. – сорт Каберне-Совиньон, б. – сорт Алиготе

4.2 Результаты лабораторно-полевых исследований структуры расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений камерными опрыскивателями

Эксперименты проводились на виноградниках ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет». Участок соответствовал техническому заданию на камерный опрыскиватель туннельного типа. Сорта винограда – Каберне-Совиньон и Алиготе, возраст – 3 года, формировка – одноштабный односторонний горизонтальный кордон. Схема посадки – $3 \times 1,1$ м, на 1 га – 3060 кустов. Время проведения исследований – июль 2011 г.

Площадь поверхности надземной части виноградных насаждений, подлежащей обработке, при первой повторности составила 17,459 м²; второй – 46,539 м²; третьей – 28,08 м². Общая площадь надземной части виноградного куста во время эксперимента составила 92,078 м². Установленная норма расхода жидкости – 340 л/га.

Агрегат, состоящий из трактора ЮМЗ и камерного опрыскивателя, двигался на четвертой пониженной передаче. Время прохождения стометровки определялось секундомером, и было равным, 73 сек. Расход жидкости определялся расходомером КВ – 1,5 (ГОСТ 2874–82) и составил за проход стометровки 10 л. Рабочее давление определялось манометром и составило ≈0,4 МПа.

Потери рабочей жидкости на почву определялись при помощи х/б ткани, расстеленной непосредственно под зоной обработки (под кустами), общая длина ткани составляла 14,4 м, ширина – 1 м. (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Эксперимент «определение потерь на почву»

Скопившийся в отстойниках камеры рабочий раствор за прохождение одного ряда, равному 100 м, измерялся мерной колбой объемом 1000 мл; площадь поверхности надземной части виноградного куста в экспериментальном ряду составила, соответственно, 639,4 м²; за время эксперимента в отстойниках скопилось 1380 мл + 1350 мл = 2730 мл уловленного рабочего раствора.

Каждый эксперимент проводился в 3-кратной повторности. Данные по сорту Каберне-Совиньон приведены в табл. 4.10.

По данным эксперимента, общий расход рабочей жидкости на 1 га обрабатываемой площади надземной части виноградных кустов составил 340 л.

Рабочая скорость агрегата определялась по формуле (3.9) и составила:

$$Vp = \frac{100}{73} \times 3600 = 4,93 \text{ км/ч.}$$

Производительность агрегата за 1 ч работы определяем по формуле (3.10):

$$Wr = 0,1 \times 4,93 \times 3,0 = 1,48 \text{ га/ч.}$$

Потери рабочего раствора на почву за период проведения эксперимента определялись по формуле (3.13).

Таблица 4.10 – Эксперимент по определению потерь рабочего раствора на почву

№ повторности	Вес ткани до проведения эксперимента, г	Вес ткани после проведения эксперимента, г	Потери рабочего раствора, г
1	2	3	4
1	161	162,3	1,3
	164	167	3
	222	223,8	1,8
	170,5	171,7	1,2
	163,4	168,6	5,2
	186	190,8	4,8
	Сумма потерь рабочего раствора		17,3
2	154	157,9	3,9
	177,4	183,1	5,7
	173,5	175,4	1,9
	172	179,4	7,4
	169,1	171,5	2,4
	160	162,6	2,6
	Сумма потерь рабочего раствора		23,9
3	182,5	186,5	4
	188	190,6	2,6
	166	167,2	1,2
	157,5	159,9	2,4
	Сумма потерь рабочего раствора		10,2
Общая сумма потерь рабочего раствора			54,1

$$q_{п,э} = \frac{51,4}{92,078} = 0,55382 \text{ г/м}^2.$$

Потери рабочего раствора на почву (1 га) при обработке виноградника сорта Каберне-Совиньон определялись по формуле (3.14):

$$Q_{п,га} = 0,55382 \text{ г/м}^2 \times 21740 \text{ м}^2/\text{га} = 12,04 \text{ л/га}.$$

Количество уловленного и скопившегося в отстойниках раствора за период проведения эксперимента на 1 м² обрабатываемой поверхности составило:

$$q_y = \frac{2730}{639,4} = 4,269 \text{ мл/м}^2.$$

Количество уловленного раствора, подлежащего рециркуляции на 1 га, определялось по формуле (3.15):

$$Q_y = 4,269 \times 21740 = 92,82 \text{ л/га}.$$

Количество раствора, осевшего на обрабатываемой поверхности надземной части виноградника, определяли по формуле (3.16):

$$Q_o = 340 - 12,04 - 92,82 = 235,14 \text{ л/га}.$$

Структура расхода рабочего раствора при химической защите насаждений сорта Каберне-Совиньон в процентном отношении определялась по формуле (3.17)

$$\text{Осевшего на растениях раствора: } P_o = \frac{235,14}{340} \times 100 = 69,1\%.$$

Уловленного и поданого на рециркуляцию раствора:

$$P_y = \frac{92,82}{340} \times 100 = 27,3\%.$$

$$\text{Потери раствора на почву: } P_{п} = \frac{12,04}{340} \times 100 = 3,54\%.$$

Структура расхода рабочей жидкости при химической защите виноградных насаждений сорта Каберне-Совиньон составляет баланс, состоящий из количества раствора, осевшего на обрабатываемой площади поверхности надземной части виноградника 69,14%; уловленного для дальнейшей рециркуляции 27,32%; потерь на почву 3,54 (рисунок 4.4).

Результаты экспериментальных исследований приведены в приложении Б.

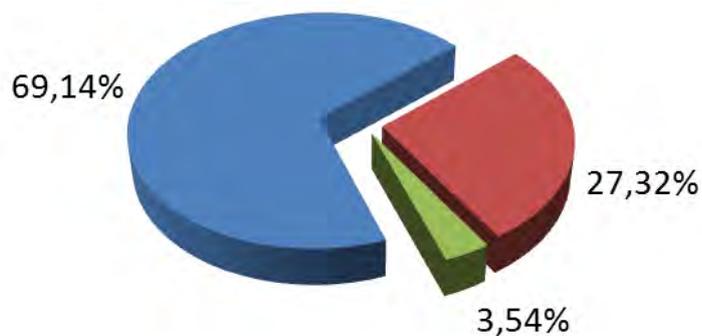


Рисунок 4.4 – Структура расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений, сорт Каберне-Совиньон

Регрессионная зависимость расхода рабочего раствора, осевшего на растениях, показана на рисунке 4.5.

$$Y = -96,9203 + 0,041723X_2 + 23,68619X_3, \quad (4.2)$$

где Y – расход рабочего раствора, л/га;

X_2 – схема посадки (количество растений на 1 га, шт.);

X_3 – площадь листовой поверхности растения в зависимости от периода вегетации, m^2 .

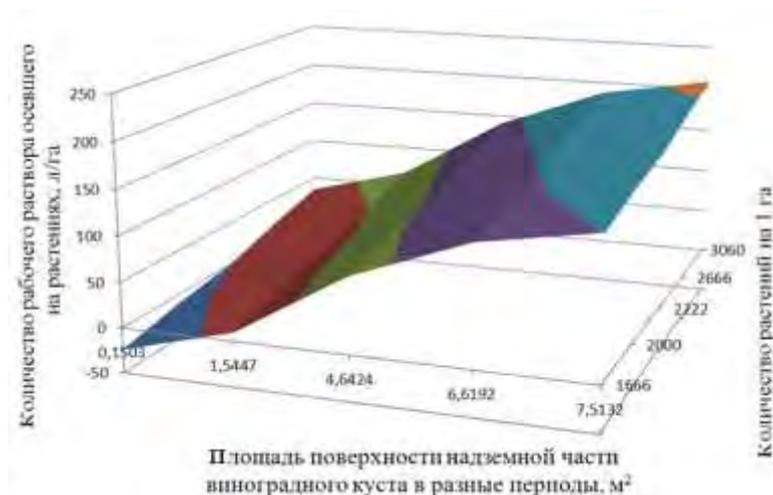


Рисунок 4.5 – Зависимость количества рабочего раствора, осевшего на растениях в зависимости от схемы посадки и периода вегетации, сорт Каберне-Совиньон

Регрессионная зависимость расхода рабочего раствора, уловленного в отстойники, показана на рисунке 4.6.

$$Y = -38,181 + 0,016457X_2 + 9,370119X_3, \quad (4.2 \text{ a})$$

где Y – уловленный рабочий раствор, л/га;

X_2 – схема посадки (количество растений на 1 га, шт.);

X_3 – площадь листовой поверхности растения в зависимости от периода вегетации, м^2 .

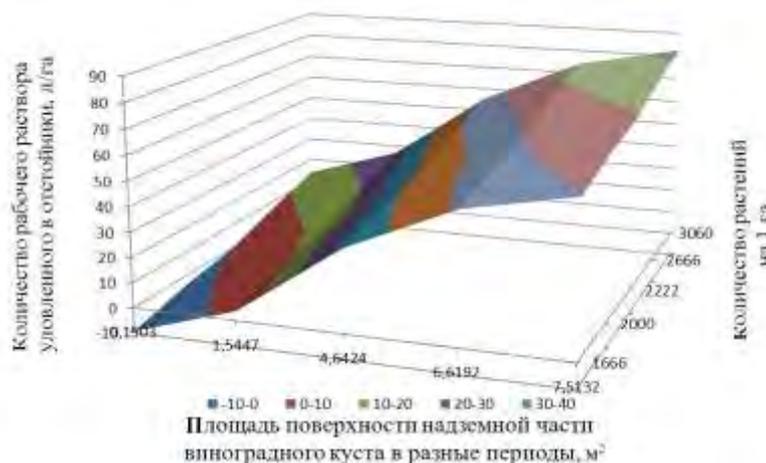


Рисунок 4.6 – Количество рабочего раствора, уловленного в отстойники в зависимости от схемы посадки и периода вегетации, сорт Каберне Совиньон

Регрессионная зависимость потерь рабочего раствора на почву показана на рисунке 4.8.

$$Y = -5,26839 + 0,002266X_2 + 1,286432X_3, \quad (4.3)$$

где Y – потери рабочего раствора, л/га;

X_2 – схема посадки (количество растений на 1 га, шт.);

X_3 – площадь листовой поверхности растения в зависимости от периода вегетации, м^2 .

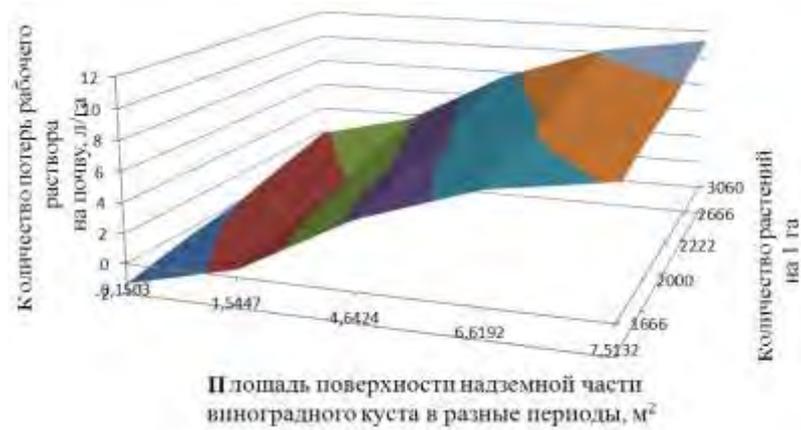


Рисунок 4.7 – Потери рабочего раствора на почву, сорт Каберне-Совиньон

На основе результатов лабораторно-полевых исследований построено уравнение регрессии баланса расхода рабочей жидкости Q_6 , связывающее с ее структурой в зависимости от площади надземной части виноградного куста: Q_p – осевший на растениях рабочий раствор; Q_y – уловленный для рециркуляции рабочий раствор; $Q_{п}$ – потери рабочего раствора на почву.

$$Q_6 = Q_p + Q_y + Q_{п}; \quad (4.4)$$

$$\gamma_Q = Y_{6МК} \times X_1 + Y_{6МК} \times X_2 + Y_{6МК} \times X_3$$

где γ_Q – общее количество рабочего раствора, мл/м²;

X_1 – количество рабочего раствора, осевшего на растениях, мл/м²;

X_2 – количество уловленного для рециркуляции рабочего раствора, мл/м²;

X_3 – количество потерь рабочего раствора на почву, мл/м².

Общий расход рабочего раствора при химической обработке виноградника сорта Каберне-Совиньон показан на рисунке 4.8.

Эксперимент 2. Обоснование структуры расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений сорта Алиготе проводился по аналогичной методике, изложенной выше, по сорту Каберне-Совиньон.

Площадь поверхности надземной части виноградных насаждений сорта Алиготе во время эксперимента составила 120,86 м². Агрегат, состоящий из трактора ЮМЗ и камерного опрыскивателя, двигался на четвертой передаче. Время прохождения стометровки определялось секундомером и составило 45

сек. Расход жидкости определялся расходомером КВ – 1,5 (ГОСТ 2874–82) и составил за проход стометровки 8,5 л. Рабочее давление определялось манометром и составило $\approx 0,4$ МПа. Эксперимент проводился в трехкратной повторности.

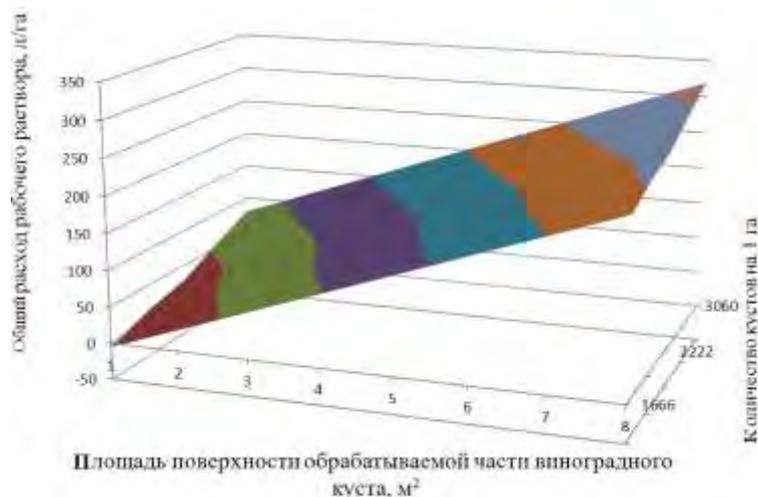


Рисунок 4.8 – Динамика структуры расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений, сорт Каберне Совиньон

Потери на почву в период эксперимента на обрабатываемой площади поверхности надземной части виноградника равной $120,86 \text{ м}^2$, составили 36 г или $0,3 \text{ г/м}^2$.

Потери на почву в период эксперимента на обрабатываемой площади поверхности надземной части на одном гектаре определялись по формуле (3.14) и составили:

$$Q_{\text{п,га}} = 0,3 \text{ г/м}^2 \times 28539,7 \text{ м}^2/\text{га} = 8,56 \text{ л/га}.$$

Количество уловленного и скопившегося в отстойниках раствора, за период проведения эксперимента на 1 м^2 обрабатываемой поверхности составил:

$$Q_y = \frac{1390}{839,3} = 1,656 \text{ мл/м}^2.$$

Количество осевшего раствора подлежащего рециркуляции на 1 га определялись по формуле (3.15):

$$Q_{y/\text{га}} = 1,656 \text{ мл/м}^2 \times 21740 \text{ м}^2 = 47,261 \text{ л/га}.$$

Количество раствора уловленного на обрабатываемой поверхности надземной части виноградника по формуле (3.16):

$$Q_p = 289 \text{ л} - 8,56 \text{ л} - 47,26 \text{ л} = 233,18 \text{ л/га.}$$

Структура расхода рабочего раствора в процентном отношении определялась по формуле (3.17) и показана на рисунке 4.10.

Уловленного на растениях раствора: $P_p = \frac{233,18}{289} \times 100 = 80,68\%$.

Осевшего и поданого на рециркуляцию раствора:

$$P_y = \frac{47,26}{289} \times 100 = 16,35\%.$$

Потери раствора на почву составили: $P_{\pi} = \frac{8,56}{289} \times 100 = 2,96\%$.

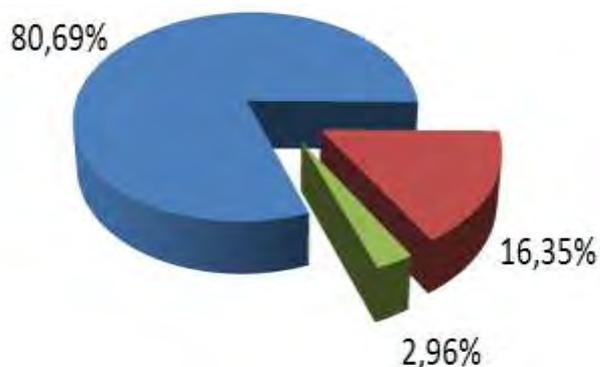


Рисунок 4.9 – Структура расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений, сорт Алиготе

4.3 Результаты лабораторных исследований по определению конструктивных параметров струйного насоса

Лабораторные исследования по определению конструктивных параметров опытного образца струйного насоса (эжектора) позволили осуществить построение эмпирических зависимостей производительности насоса от диаметра сопла и давления в основной магистрали струйного насоса.

Квадратичная модель имеет высокий коэффициент детерминированности в окрестности предполагаемой точки оптимума по характеристикам струйного насоса. Относительно технологического процесса полученные зависимости нуждаются в проверке.

Каждый эксперимент проводился в 8-кратной повторности. Все полученные данные фиксировались в журнале наблюдений. За время экспериментов были получены следующие результаты.

Эксперимент 1. Исходные данные: $d = 2,5$ мм; Объем $V_1 = 0,5$ л; $V_2 = 1$ л; t_1 – время откачки жидкости из колбы объемом $V_1 = 0,5$ л, (с); t_2 – время откачки жидкости из колбы объемом $V_2 = 1$ л, (с).

Результаты лабораторных исследований приведены в таблицах 4.11–4.16.

Таблица 4.11 – Результаты эксперимента 1

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности проведения эксперимента								Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	
t_1	4,45	5,5	4,8	5,25	4,84	5,02	5,01	4,82	4,96
t_2	8,92	10,52	11,1	9,6	10,54	10,0	10,1	9,8	10,07

$$Q_{э.ср1} = 6,048 \text{ л/мин. } Q_{э.ср2} = 5,96 \text{ л/мин.}$$

Для эжектора с диаметром сопла 2,5 мм среднее значение $Q_{ср} = 6,0$ л/мин.

Эксперимент 2. $d = 3,0$ мм; Объем $V_1 = 0,5$ л; $V_2 = 1$ л.

Таблица 4.12 – Результаты эксперимента 2

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности проведения эксперимента								Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	
t_1	4,1	3,95	4,05	3,8	3,72	3,74	4,2	3,75	3,91
t_2	8,05	8,2	7,95	7,64	7,9	7,88	8,1	7,72	7,93

$$Q_{э.ср1} = 7,67 \text{ л/мин. } Q_{э.ср2} = 7,57 \text{ л/мин.}$$

Для эжектора с диаметром сопла 3,0 мм среднее значение $Q_{ср} = 7,6$ л/мин.

Эксперимент 3. $d = 3,4$ мм; Объем $V_1 = 0,5$ л; $V_2 = 1$ л.

Таблица 4.13 – Результаты эксперимента 3

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности проведения эксперимента								Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	
t_1	2,91	3,42	3,26	3,2	3,12	3,15	3,4	3,02	3,18
t_2	6,42	6,38	6,32	6,34	6,4	6,44	6,38	6,36	6,38

$$Q_{э.ср1} = 9,43 \text{ л/мин. } Q_{э.ср2} = 9,4 \text{ л/мин.}$$

Для эжектора с диаметром сопла 3,4 мм среднее значение $Q_{ср} = 9,4$ л/мин.

Эксперимент 4. $d = 3,5$ мм; Объем $V_1 = 0,5$ л; $V_2 = 1$ л.

Таблица 4.14 – Результаты эксперимента 4

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности проведения эксперимента								Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	
t_1	3,25	3,6	3,54	3,42	3,45	3,64	3,62	3,5	3,51
t_2	6,8	6,85	6,9	6,98	7,22	7,2	7,25	6,9	7,01

$$Q_{э.ср1} = 8,54 \text{ л/мин. } Q_{э.ср2} = 8,56 \text{ л/мин.}$$

Для эжектора с диаметром сопла 3,5 мм среднее значение $Q_{ср} = 8,6$ л/мин.

Эксперимент 5. $d = 4,0$ мм; Объем $V_1 = 0,5$ л; $V_2 = 1$ л.

Таблица 4.15 – Результаты эксперимента 5

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности проведения эксперимента								Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	
t_1	3,6	3,5	3,5	3,72	3,8	3,62	3,4	3,48	3,58
t_2	7,2	7,21	7,1	7,15	7,0	7,3	7,25	7,22	7,18

$$Q_{э.ср1} = 8,38 \text{ л/мин. } Q_{э.ср2} = 8,36 \text{ л/мин.}$$

Для эжектора с диаметром сопла 4,0 мм среднее значение $Q_{ср} = 8,4$ л/мин.

Полученные экспериментальные результаты приведены в таблице 4.16.

Максимальная производительность 9.4 л/мин. достигнута при диаметре сопла 3,4 мм. На основе результатов лабораторных исследований построено уравнение регрессии зависимости производительности струйного насоса от диаметра подводящей магистрали и диаметра сопла (рисунок 4.11).

Таблица 4.16 – Результаты проведенных экспериментов

Среднее значение	Эксперимент				
	1	2	3	4	5
d, мм	2,5	3	3,4	3,5	4
t ₁ , с	4,96	3,91	3,18	3,51	3,58
t ₂ , с	10,07	7,93	6,38	7,01	7,18
Q _{э,ср1} , л/мин.	6,048	7,67	9,43	8,54	8,38
Q _{э,ср2} , л/мин.	5,96	7,57	9,4	8,56	8,36

$$Y = 2,5178X^2 - 18,015X - 23,35, \text{ при } R^2 = 0,8985 \quad (4,5)$$

$$Y = 1,2827X^2 + 10,528X - 12,86 \text{ при } R^2 = 0,5891 \quad (4,6)$$

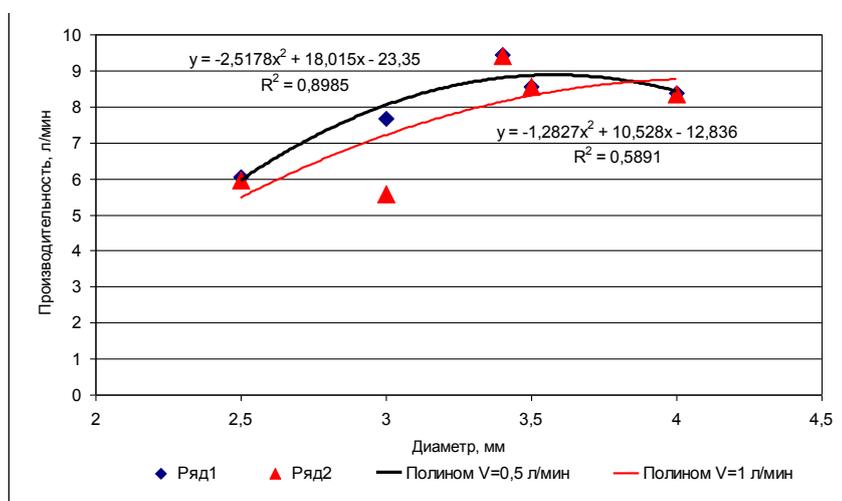


Рисунок 4.11 – Зависимость производительности струйного насоса от диаметра сопла

Сравнительная характеристика данных производительности опытного образца струйного насоса указывает на то, что зависимость производительности насоса от диаметра подводящей магистрали и диаметра сопла.

4.3.1 Результаты лабораторных исследований по определению высоты подъема жидкости струйным насосом для перекачки в накопительную емкость

Важным конструктивным фактором является расположение струйного насоса относительно всей конструкции опрыскивателя, обеспечивающее подъем жидкости из поддонов-накопителей в резервуар для повторного использования.

Все экспериментальные работы проводились при давлении 2кг/см^2 (0,2 МПа), т.е. при рабочем давлении распыляющих устройств, установленных на камерном опрыскивателе. На протяжении эксперимента были получены результаты исследований, приведенные в табл. 4.17.

Таблица 4.17 – Результаты экспериментальных исследований по определению высоты подъема жидкости для перекачки в накопительную емкость

Диаметр сопла (d), мм	2,5	3,0	3,4	3,5	4,0
Высота подъема (H), мм	2100	2510	3200	2900	2480
Экс. производительность, л/мин.	6,0	7,6	9,4	8,6	8,4
Теор. производительность, л/мин.	5,86	7,52	9,3	8,7	8,35

По результатам лабораторных исследований построено уравнение регрессии, зависимости высоты подъема жидкости от диаметра сопла струйного насоса (эжектора) и давления в магистрали Рисунок 4.12.

$$y = -1212.2x^2 + 8269.8x - 11156 \quad (4.7)$$

Максимальная производительность эжектора при перекачке жидкости на высоту 3200 мм составила 9.4 л/мин. с диаметром сопла 3,4 мм.

На основе результатов лабораторных экспериментальных данных были построены эмпирические зависимости, связывающие указанные выше параметры технологического процесса для струйного насоса $Q = Q(d, P)$ производительности Q [л/мин.] от диаметра сопла d [мм] и давления P [атм].

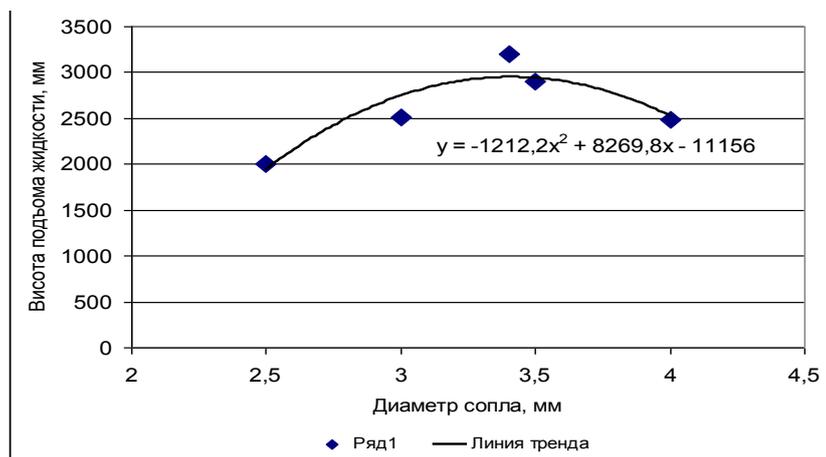


Рисунок 4.12 – Зависимость высоты подъема жидкости от диаметра сопла струйного насоса при перекачки в накопительную емкость

Эмпирическая зависимость построена по результатам исследования (табл. 4.18) одношаговым методом наименьших квадратов (1МНК), рисунок 4.4.

Таблица 4.18 – Результаты лабораторных экспериментальных исследований по определению производительности струйного насоса (эжектора)

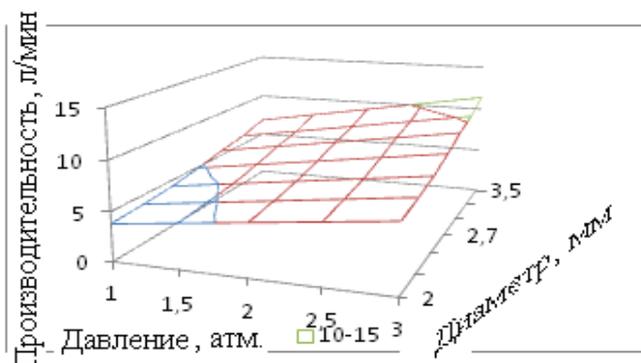
Q , л/мин.	d , мм	P , атм
1	2	3
3,82	2	1
5,53	2	2
6,83	2	3
4,49	2	1,5
4,41	2,5	1
5,35	2,5	1,5
6,43	2,5	2
8,1	2,5	3
5,52	3	1
6,56	3	1,5
7,59	3	2
9,53	3	3

Имитационные данные для квадратичной модели приведены в табл. 4.19.

Таблица 4.19 – Данные для квадратичной модели

Диаметр сопла, мм	Давление, атм				
	1	1,5	2	2,5	3
2	3,802932	4,581814	5,360754	6,1397522	6,9188099
2,2	4,043749	4,869536	5,695382	6,5212852	7,3472472
2,4	4,336129	5,208821	6,081572	6,9543803	7,8272475
2,7	4,871377	5,814427	6,757535	7,7007018	8,6439268
3	5,52264	6,536048	7,549514	8,5630379	9,5766207
3,2	6,021268	7,081581	8,141952	9,2023813	10,26287
3,5	6,865888	7,996559	9,127288	10,258075	11,388921

Коэффициент детерминированности модели $R^2 = 0,997421$.

Рисунок 4.13 – Квадратичная зависимость $Q = Q(d, P)$.

При построении зависимостей применена методика, предложенная в [85, 86]. В квадратичном случае модель примет вид:

$$Q = 3,611185 - 1,971972d + 0,619368P + 0,6445257d^2 + 0,469052dP + 0,00012P^2 \quad (4.8)$$

4.4 Результаты полевых исследований опытного образца камерного (туннельного типа) опрыскивателя для виноградников

4.4.1 Результаты экспериментальных полевых исследований по определению производительности струйного насоса в зависимости от диаметра сопла

Каждый эксперимент проводился, в 8-кратной повторности.

Ниже приводятся результаты экспериментов:

Эксперимент 1. Исходные данные: $d = 2,5$ [мм] (диаметр); $V_1 = 0,5$ и $V_2 = 1,0$ [л] (объем); t_1 и t_2 – время откачивания объемов V_1 и V_2 соответственно [сек]. Результаты экспериментальных полевых исследований приведены в таблицах 4.20–4.25.

Таблица 4.20 – Результаты полевого эксперимента 1

Продолжительность эксперимента, сек	Повторности эксперимента							
	1	2	3	4	5	6	7	8
t_1	4,45	5,5	4,8	5,25	4,84	5,02	5,01	4,82
t_2	8,92	10,52	11,1	9,6	10,54	10,0	10,1	9,8

Средние значения: $t_{cp1} = 4,96$ сек.; $t_{cp2} = 10,07$ сек.; $Q_{cp1} = 6,048$ л/мин.; $Q_{cp2} = 5,96$ л/мин. Таким образом, $Q_{cp} \approx 6,0$ л/мин.

Эксперимент 2. Исходные данные: $d = 3,0$ [мм] (диаметр); $V_1 = 0,5$ и $V_2 = 1,0$ [л] (объем).

Таблица 4.21 – Результаты полевого эксперимента 2

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности эксперимента							
	1	2	3	4	5	6	7	8
t_1	4,1	3,95	4,05	3,8	3,72	3,74	4,2	3,75
t_2	8,05	8,2	7,95	7,64	7,9	7,88	8,1	7,72

Средние значения: $t_{cp1} = 3,91$ сек.; $t_{cp2} = 7,93$ сек.; $Q_{cp1} = 7,67$ л/мин.; $Q_{cp2} = 5,57$ л/мин. Таким образом, $Q_{cp} \approx 7,6$ л/мин.

Эксперимент 3. Исходные данные: $d = 3,4$ [мм] (диаметр); $V_1 = 0,5$ и $V_2 = 1,0$ [л] (объем).

Таблица 4.22 – Результаты полевого эксперимента 3

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности эксперимента							
	1	2	3	4	5	6	7	8
t_1	2,91	3,42	3,26	3,2	3,12	3,15	3,4	3,02
t_2	6,42	6,38	6,32	6,34	6,4	6,44	6,38	6,36

Средние значения: $t_{cp1} = 3,18$ сек.; $t_{cp2} = 6,32$ сек.; $Q_{cp1} = 9,43$ л/мин.; $Q_{cp2} = 9,4$ л/мин. Таким образом, $Q_{cp} \approx 9,4$ л/мин.

Эксперимент 4. Исходные данные: $d = 3,5$ [мм] (диаметр); $V_1 = 0,5$ и $V_2 = 1,0$ [л] (объем).

Таблица 4.23 – Результаты полевого эксперимента 4

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности эксперимента							
	1	2	3	4	5	6	7	8
t_1	3,25	3,6	3,54	3,42	3,45	3,64	3,62	3,5
t_2	6,8	6,85	6,9	6,98	7,22	7,2	7,25	6,9

Средние значения: $t_{cp1} = 3,51$ сек.; $t_{cp2} = 7,01$ сек.; $Q_{cp1} = 8,54$ л/мин.; $Q_{cp2} = 8,56$ л/мин. Таким образом, $Q_{cp} \approx 8,6$ л/мин.

Эксперимент 5. Исходные данные: $d = 4,0$ [мм] (диаметр); $V_1 = 0,5$ и $V_2 = 1,0$ [л] (объем).

Таблица 4.24 – Результаты полевого эксперимента 5

Продолжительность эксперимента, сек.	Повторности эксперимента							
	1	2	3	4	5	6	7	8
t_1	3,6	3,5	3,5	3,72	3,8	3,62	3,4	3,48
t_2	7,2	7,21	7,1	7,15	7,0	7,3	7,25	7,22

Средние значения: $t_{cp1} = 3,58$ сек.; $t_{cp2} = 7,18$ сек.; $Q_{cp1} = 8,38$ л/мин.; $Q_{cp2} = 8,36$ л/мин. Таким образом, $Q_{cp} \approx 8,4$ л/мин.

Результаты проведенных полевых экспериментов приведены в табл. 4.25.

Таблица 4.25 – Результаты проведенных полевых экспериментальных исследований

Среднее значение показателей	Эксперименты				
	1	2	3	4	5
d , мм	2,5	3,0	3,4	3,5	4,0
t_1	4,96	3,91	3,18	3,15	3,58
t_2	10,07	7,93	6,32	7,01	7,18
Q_{cp1} , л/мин.	6,058	7,67	9,43	8,54	8,38
Q_{cp2} , л/мин.	5,96	7,57	9,4	8,56	8,36

Сравнивая полученные данные производительности экспериментального струйного насоса, можно предположить, что производительность насоса от соотношений площадей сечения магистрали и сопла зависит нелинейно. Для получения достоверных данных проведены дополнительные эксперименты с вариацией по диаметру сопла в диапазоне 3,1–3,4 мм. Экспериментально получена максимальная производительность при диаметре сопла $d = 3,4$ мм.

Эксперименты проводились при давлении в магистрали 2 кг/см^2 и ее диаметре $D = 8$ мм. По результатам полевых исследований построена зависимость производительности струйного насоса от диаметра сопла и подводящей магистрали, Рисунок 4.14.

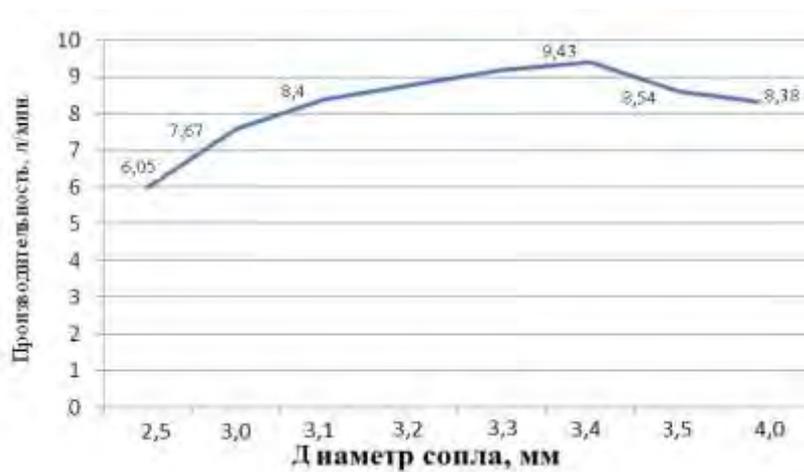


Рисунок 4.14 – Зависимость производительности струйного насоса от диаметра выходного отверстия рабочего сопла

4.4.2 Результаты полевых исследований по определению производительности струйного насоса (эжектора) в зависимости от высоты перекачки жидкости в накопительную емкость

Струйный насос был расположен в поддоне-улавливателе на высоте 230 мм от поверхности почвы.

Все эксперименты проведены при давлении 2 кг/см^2 (0,2 МПа).

Диаметры рабочего сопла: 1 – 2,5 мм; 2 – 3,0 мм; 3 – 3,1 мм; 4 – 3,2 мм; 5 – 3,3 мм; 6 – 3,4 мм; 7 – 3,5 мм; 8 – 4,0 мм. Зависимость высоты подъема

жидкости струйным насосом при давлении в магистрали 2 кг/см^2 показана на рисунке 4.15.

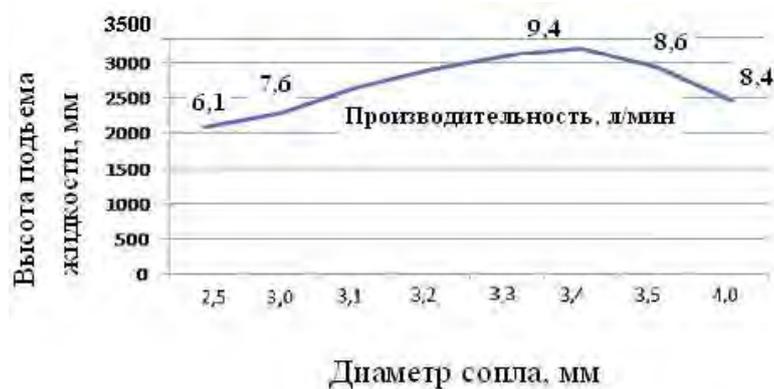


Рисунок 4.15 – Зависимость высоты подъема жидкости струйным насосом от диаметра выходного отверстия рабочего сопла и давления

Как видно из полученных данных, наибольшей производительностью Q с большей высотой подъема жидкости H имеет насос с диаметром отверстия сопла $d = 3,4$ мм. Вполне очевидным является построение эмпирической зависимости, которая бы связывала все указанные выше параметры рабочего процесса для струйного насоса. В частности, получим зависимость $Q = Q(d, H)$ производительности Q [л/мин.] от диаметра сопла d [мм] и высоты подъема H [мм]. Результаты полевых экспериментальных исследований по определению высоты подъема жидкости струйным насосом в зависимости от диаметра выходного отверстия рабочего сопла и давления приведены в табл. 4.26.

Таблица 4.26 – Результаты полевых исследований по определению высоты подъема жидкости струйным насосом

Производительность Q , л/мин.	Диаметр сопла d , мм	Высота подъема жидкости H , мм
6	2,5	2010
7,6	3,0	2510
9,4	3,4	3200
8,6	3,5	2900
8,4	4,0	2480

Квадратическая зависимость была построена одношаговым методом наименьших квадратов (1МНК).

В квадратичном случае модель примет вид:

$$Q = -2,21164 - 3,9667d + 0,009812H + 1,44482d^2 - 0,00211dH \quad (4.28)$$

4.5 Результаты производственных испытаний опрыскивателя камерного (туннельного типа) прицепного виноградникового ОКПВ-1000

По результатам исследования и обоснования конструктивных параметров был создан опрыскиватель камерный полуприцепной виноградниковый ОКПВ-1000 для нормы внесения рабочей жидкости от 100 до 800 л/га при скорости движения до 6 км/ч. Опрыскиватель может обрабатывать два ряда насаждений с шириной междурядий 3.0 м и высотой до 2,5 м.

Опрыскиватель камерный полуприцепной виноградниковый ОКПВ-1000 (рисунок 4.16) состоит из следующих основных узлов: рамы с ходовой частью, выдвижного подрамника, рабочих камер, мембранного насоса, емкости для рабочей жидкости, системы регенерации использованной рабочей жидкости.

Основная рама 7 предназначена для установки на ней рабочих камер с помощью подрамников 8, емкости для рабочей жидкости 9, мембранного насоса 18. Рабочая камера состоит из каркаса, на котором закреплены направляющие щитки 2 уплотнения рабочей камеры 4, верхнее эластичное полотно 5, гидроцилиндр регулировки ширины рабочей камеры 6, обшивка рабочей камеры 17, коллектор с форсунками 14.

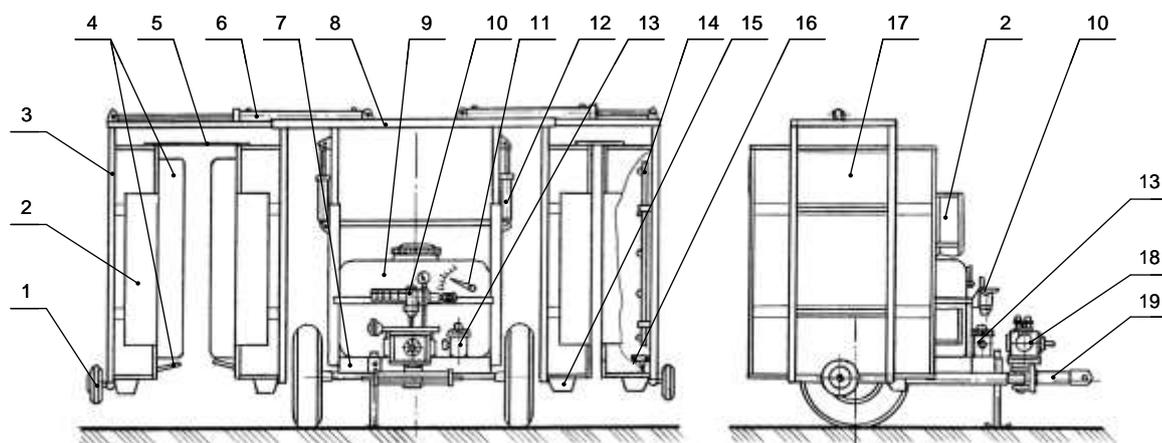


Рисунок 4.16 – Схема опрыскивателя камерного прицепного виноградникового ОКПВ-1000: 1 - боковое опорное колесо; 2 - направляющий щиток; 3 - подрамник; 4 - уплотнение рабочей камеры; 5 - верхнее эластичное полотно; 6 - гидроцилиндр регулирования ширины рабочей камеры; 7 - рама с ходовой частью; 8 - подвижной подрамник; 9 – емкость для рабочей жидкости; 10 - пульт управления; 11 - указатель уровня жидкости; 12 - гидроцилиндр регулирования высоты рабочей камеры; 13 - сборный фильтр; 14 - коллектор с форсунками; 15 - отстойник; 16 - струйный насос (эжектор); 17 - обшивка рабочей камеры; 18 - мембранный насос; 19 - прицепное дышло

В нижней части рабочей камеры размещены отстойник использованной рабочей жидкости 15 и струйный насос (эжектор) для отбора использованной рабочей жидкости 16. Давление в гидравлической системе регулируется с помощью регулятора пульта управления 10. Очистка отработанной жидкости осуществляется через фильтр 11. Регулировка высоты размещения и ширины рабочих камер осуществляется с помощью гидроцилиндров 6 и 12 [38, 39].

Для увеличения поперечной устойчивости опрыскивателя по краям рабочих камер установлены дополнительные опорные колеса 1. Агрегируется опрыскиватель ОКПВ-1000 с тракторами класса 14-20 кН.

Показатели условий испытаний определялись согласно СОУ 74.3-37- 266: 2005 и ГОСТ 20915-75 [105, 115, 116].

Таблица 4.27 – Показатели условий испытаний

Показатели	Результаты испытаний
1	2
Параметры окружающей среды	
Температура, С	38,5
Влажность, %	49
Скорость ветра, м/с	1,5
Вид насаждений	виноградник
Схема посадки, м :	
- ширина междурядий	2,95
- шаг посадки	1,7
Высота куста, м	1,7
Ширина куста, м	1,9
Рабочая жидкость	1 % раствор нигрозина
Характеристика участка	
Тип почвы	чернозем южный
Рельеф	ровный
Влажность почвы в слое от 0 до 10 см, %	19,1
Твердость почвы в слое от 0 до 10 см, МПа	0,4

Испытания проводились 17.08.2008 г. в АР Крым Красногвардейский р-н, агроцех № 55 Мариупольского металлургического комбината.

Таблица 4.28 – Показатели качества выполнения технологического процесса

Показатели	Значение показателя при лабораторно-полевых испытаниях
Ширина захвата, м	5,9
Скорость движения, км/ч	4,2
Производительность за час основного времени, га/ч	2,47
Количество распылителей, шт.	20
Рабочее давление, МПа	0,2
Вылив жидкости через один распылитель, л/мин	1,14
Неравномерность вылива жидкости между распылителями, %	6,03

Продолжение таблицы 4.2	
1	2
Норма вылива рабочей жидкости через распылители, л/га: - установленная - фактически полученная - отклонение фактически полученной нормы вылива от установленной, %	600 553,8 7,7
Отложение рабочей жидкости на листостебельной массе, л/га	147
Количество рабочей жидкости, которая возвращена на регенерацию: л/га, %	390,2 70,5
Потери рабочей жидкости на почву и испарение: л/га, %	16,6 3,0
Густота покрытия обработанной поверхности каплями (не меньше 30 шт./см ²), %	92,8

При установленной норме вылива 600 л/га, фактически полученная норма вылива составляет 553,8 л/га. Отклонение фактической нормы вылива от заданной складывает 7,7%. По результатам измерения фактическое отложение рабочего раствора на поверхность кустов составляет 147 л/га или 26,5% от внесенной нормы. Поскольку рабочие камеры опрыскивателя оснащенные системой рециркуляции, то 70,5% рабочего раствора возвращается в емкость опрыскивателя и только 3% от внесенной нормы вылива теряется на почву и в окружающую среду. Густота покрытия поверхности куста (количество капель больше 130 шт./см²) составляет 92,8%. Медианно-массовый диаметр капель – в пределах нормы и составляет 250 мкм.

Энергетическая оценка машины в агрегате с трактором МТЗ-80 проводилась методом определения почасовых расходов топлива на заданном режиме работы агрегата.

Показатели энергетической оценки технологического процесса определялись методом согласно СОУ 74.3-37- 276: 2005 и ГОСТ 209 15-75 [115, 116].

При работе агрегата со скоростью 4,27 км/ч удельные расходы топлива составили 1,79 кг/га. Потребляемая мощность – 7,2 кВт, а коэффициент загрузки двигателя составил 0,13. Увеличение скорости движения агрегата затрудняет вождение его по рядам насаждений.

По тяговым и мощностным показателям трактор МТЗ–80 в агрегате с опрыскивателем камерным виноградниковым ОКПВ–1000 стабильно выполняет технологический процесс. Номинальная мощность двигателя – 55,1 кВт.

Показатели надежности определены согласно СОУ 74.3-37-148: 2004; СОУ 74.3-37-275: 2005, РД 10.2.8-92; КНД 46.16.02.10-95 [109] и приведены в таблице 4.29.

Таблица 4.29 – Показатели надежности выполнения технологического процесса

Показатели	Результаты испытаний
Основная работа, ч	150
Общее количество отказов	отсутствующие
Трудоемкость ежесменного ТО, чел./ч	0,30
Оперативная трудоемкость ежесменного ТО, чел./ч	0,27
Коэффициент готовности	1,0
Коэффициент технического использования	0,94
Трудоемкость постановки машины на хранение, чел/ч	3,0

За период работы опрыскивателя ОКПВ-1000 в объеме 150 ч в условиях эксплуатации случаев отказов и неисправностей не наблюдалось [115, 116]. Коэффициент готовности составляет 1,0. Коэффициент технического использования составляет 0,94 (таблица 4.30).

Таблица 4.30 – Эксплуатационно-технологические коэффициенты

Эксплуатационно-технологические коэффициенты	
рабочего хода	0,97
технологического обслуживания	0,89
ежесменного технического обслуживания	0,97
надежности технологического процесса	1,00
нормируемого отдыха	0,91
нормируемых холостых переездов	0,87
ежесменного технического обслуживания энергосредства	0,98
использование рабочего времени изменения	0,68
использование эксплуатационного времени	0,68
количество обслуживающего персонала, чел.	1
технического использования	0,94

Производительность опрыскивателя за 1 ч основного времени составляет 2,47 га/ч, сменного – 1,73 га/ч [115, 116].

4.6 Выводы по разделу

1. По результатам исследований определена динамика развития площади поверхности надземной части виноградных насаждений на 1 га при различных схемах посадки, что позволит обосновать экологически безопасную технологию эффективного использования агрохимикатов, и существенно снизить загрязнение окружающей среды. Построена регрессионная зависимость, развития площади поверхности надземной части биологической массы виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации и схемы посадки $Y = 9506,994 + 4,09396X_2 + 2322,2X_3$.

2. По результатам исследований получена структура расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений и составлен баланс, состоящий из количества уловленного для дальнейшей рециркуляции раствора на площади обрабатываемой поверхности надземной части виноградных

насаждений для сорта Каберне-Совиньон – 69,1% и сорта Алиготе – 80,6%, осевшего для сорта Каберне-Совиньон – 27,3% и сорта Алиготе – 16,3% и потерь на почву для сорта Каберне-Совиньон – 3,54% и сорта Алиготе – 2,96%.

3. По результатам лабораторно-полевых исследований получено уравнение регрессии баланса расхода рабочего раствора, связывающее её со структурой в зависимости от площади поверхности надземной части виноградных насаждений, что дает возможность перейти к управлению подачи рабочего раствора в камеру опрыскивателя. По результатам исследования получены исходные данные для обоснования конструктивных параметров системы возврата и рециркуляции не осевшего на растениях рабочего раствора.

4. По результатам лабораторных исследований построена эмпирическая зависимость, связывающая производительность струйного насоса с высотой подъема жидкости и давлением в магистрали, характеризующая линейную модель при коэффициенте детерминированности модели $R^2 = 0.997421$. Для уточнения зависимости допустимых значений, параметров давления магистрали и высоты подъема жидкости была применена квадратичная модель при коэффициенте детерминированности $R^2 = 0.997421$. Обе модели (линейная и квадратичная) согласуются с результатами как лабораторных, так и полевых экспериментов: оптимальная производительность струйного насоса (9,4 л/мин.) была достигнута при давлении в магистрали 2 кг/см², при диаметре сопла 3,4 мм и высоте подъема жидкости 3200 мм.

5. Оценка качества выполнения технологического процесса опрыскивателем ОКПВ-1000 проводилась в лабораторно опрыскивателем ОКПВ-1000 проводилась в лабораторно-полевых условиях и показала, что он надежно и качественно выполняет технологический процесс обработки растений. Для обеспечения в камере опрыскивателя необходимой плотности распыленного вещества, которая может дать необходимую густоту покрытия листьев, рабочее давление и размеры отверстий распылителей. При установленной норме вылива 600 л/га, фактически количество вылива составило 553,8 л/га. Отклонение фактической нормы вылива от заданной

составила 7,7%. По результатам измерения фактическое отложение рабочего раствора на поверхность кустов составляет 147 л/га или 26,5% от установленной нормы. Поскольку рабочие камеры опрыскивателя оснащенные системой улавливания и рециркуляции, то 70,5% рабочего раствора возвратилось в емкость опрыскивателя для повторного использования и только 3% от внесенной нормы вылива теряется на почву. Густота покрытия поверхности куста (количество капель больше 130 шт./см²) составила 92,8%. Медианно-массовый диаметр капель – в пределах нормы и составляет 250 мкм.

6. Энергетическая оценка машины в агрегате с трактором МТЗ-80 проводилась методом определения почасовых расходов топлива на заданном режиме работы агрегата. При работе агрегата со скоростью 4,27 км/ч удельные расходы топлива составили 1,79 кг/га, за час – 4,5 кг. Потребляемая мощность – 7,2 кВт, а коэффициент загрузки двигателя составил 0,13.

7. Установлены эксплуатационно-технологические показатели: производительность опрыскивателя за час основного времени составила 2,56 га/ч, сменного – 1,73 га/ч; надежность технологического процесса – 1,0.

5 ТЕХНИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ КАМЕРНОГО (ТУННЕЛЬНОГО ТИПА) ВИНОГРАДНИКОВОГО

5.1 Техничко-экологическая и экономическая оценка эффективности внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового

Опрыскиватель ОКПВ–1000 представляет собой прицепную сельскохозяйственную машину, предназначенную для проведения химической защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней в равнинных условиях с уклоном почвы не более 7° методом малообъемного опрыскивания кустов в закрытой камере с улавливанием и возвратом в основную емкость не осевшего на растениях рабочего раствора агрохимиката.

Машина двухрядная состоит из основной рамы с ходовой частью, на которой установлена емкость для рабочего раствора с аппаратурой подачи, очистки и регулирования режимов подачи рабочего раствора (рисунок 5.1). По обеим сторонам рамы смонтированы рабочие камеры с коллекторами-распылителями, устройствами улавливания и возврата в емкость не осевшего рабочего раствора. Ширина раскрытия рабочих камер и высота подъема регулируется дистанционно от гидросистемы трактора с рабочего места тракториста. Внедрение камерного опрыскивателя позволяет в 2–3 раза снизить расход рабочего раствора и свести к минимуму попадание агрохимикатов на почву и в атмосферу.



Рисунок 5.1 – Опрыскиватель камерный прицепной виноградниковый (туннельного типа) ОКПВ–1000

Таблица 5.1 – Техническая характеристика опрыскивателя камерного виноградникового прицепного ОКПВ–1000

Масса сухая (конструктивная), кг	800
Вместимость емкости, л	1000
Размеры рабочей камеры, мм	
Ширина, мм	1000 (1500 max)
Длина, мм	1200
Высота, мм	2200 (2450 max)
Количество обрабатываемых рядов, шт.	2
Расход рабочего раствора, л/га	150...1000
Потери рабочего раствора на почву не более, %	5
Ширина междурядий, м	2,8...3,2
Количество независимых коллекторов с распылителями, шт.	4
Количество распылителей на одном коллекторе, шт.	5
Рабочая скорость, км/ч	до 6
Производительность, га/ч	до 3
Агрегатирование	ЮМЗ, МТЗ - 80

5.2 Внедрение в производство камерных опрыскивателей

По результатам приёмочных испытаний камерного (туннельного типа) опрыскивателя для виноградников (приложение акт, протокол) была изготовлена опытная партия из 9 машин, в т.ч.: 4 опрыскивателя 2-камерных прицепных и 5 опрыскивателей однокамерных навесных. Опрыскиватели внедрены, в основном, в хозяйствах ГП НПО «Массандра»: 2-камерных в ГП «Алушта», ГП «Судак»; агроцехе №55 Мариупольского металлургического комбината; в Красногвардейском районе Р Крым и Учебно–научном растениеводческом комплексе ЮФ НУБиП Украины (рисунок 5.2) для агрегатирования с колесными тракторами тягового класса 14 кН, ЮМЗ и МТЗ. Однокамерные опрыскиватели, предназначенные для горных условий Крыма, были изготовлены для агрегатирования с гусеничными тракторами Т–70С и внедрены в ГП НПО «Массандра»: ГП «Ливадия» – 1 шт., ГП «Таврида» – 3 шт., ГП «Гурзуф» – 1шт. (рисунок 5.2).

Для внедрения в производство камерных опрыскивателей проводилась подготовка агрофона виноградных насаждений, от которой зависит качество выполнения технологического процесса в соответствии с разработанными агротребованиями.



Агроцех № 55

ГП «Алушта»

ГП «Таврида»

Рисунок 5.2 – Внедренные камерные опрыскиватели

5.3 Подготовка агрофона виноградника для работы туннельного опрыскивателя

В течение всей вегетации проводится выравнивание почвы в рядах плантации. Высота шпалерных столбов должна быть не более 1800 мм. Размещение шпалерной проволоки от поверхности почвы должно быть таким, как показано на рисунке 5.3: первая проволока должна быть на высоте 700 мм, вторая – на высоте 1000 мм, третья – на высоте 1350 мм, четвертая – на высоте 1650 мм. Верхнее окончание шпалерного столба должно быть свободным от шпалерной проволоки на 150 мм.

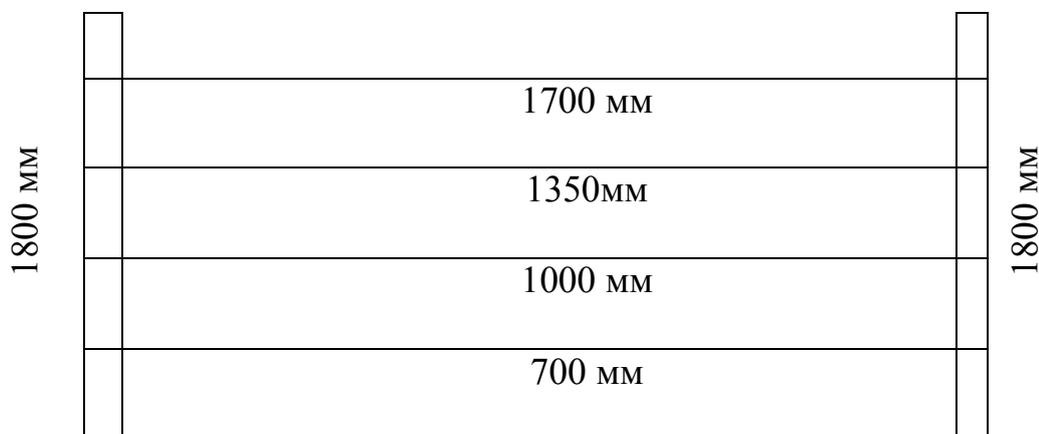


Рисунок 5.3 –Схема крепления шпалерной проволоки на опорах

Микрорельеф участка выравнивается настолько, чтобы при движении вертикальные колебания туннельного опрыскивателя из-за неровностей не превышали 0,1 м, а боковые – $\pm 4^\circ$. В случае рыхлого состава почвы в междурядьях последние перед началом обработки укатываются катками. Перед началом работы туннельного опрыскивателя визуально проверяется каждый ряд виноградника, и при этом все обрывы шпалерной проволоки устраняются, наклонившиеся шпалерные опоры выравниваются и заново утрамбовываются. Опустившиеся в результате обрыва подвязочного материала плечи кордонов или рукава веера подтягиваются на прежнее место.

Подвязка должна обеспечивать прочность крепления побегов к шпалерной проволоке. Куст должен быть сформирован в одной плоскости, его

толщина в местах расположения древесины должна быть не более 250 мм, а в местах расположения однолетнего прироста – не более 800 мм.

На высокоштамбовых широкорядных виноградниках перед обработкой производится чеканка побегов, свободно свисающих в сторону междурядий, при этом ширина куста должна быть не более 800 мм.

Верхнюю часть шпалерных столбов освобождают от вегетативной массы, чтобы они были видны трактористу.

5.4 Определение качественных показателей выполнения технологического процесса

Расход рабочего раствора при опрыскивании виноградников пестицидами, л/га	100...800
Допустимая плотность покрытия при обработке:	
-верхней поверхности контрольных карточек, %	80
-нижней поверхности контрольных карточек, %	60
- имитирующие обрабатываемую поверхность карточки, не менее шт./ м ²	50,0
Неравномерность распределения рабочего раствора, выраженная коэффициентом вариации, не более, %	50,0
Средний медианный массовый диаметр капель по отпечаткам на контрольных карточках, в пределах, мкм	250
Отклонение исходной концентрации в емкости не менее, %	5,0
Отклонение затрат рабочего раствора от допустимого, %	5,0
Механические повреждения элементов куста, не более, %	1,0
Общие потери рабочего раствора в атмосферу и на почву, не более, %	3,5

По результатам исследований были разработаны основные требования к созданию камерного опрыскивателя. На основе требований разработано техническое задание, утвержденное Министерством аграрной политики

Украины на разработку конструкции камерного опрыскивателя для виноградников (приложения).

После производственных испытаний и обработки полученных результатов разработан национальный стандарт Украины «Машины для обработки виноградников агрохимикатами в закрытой камере (туннельного типа) (приложения).

5.5 Экологическая оценка внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового

Постоянное совершенствование агротехники производства сельскохозяйственных культур привело к созданию чрезвычайно энергоёмких технологий, обременительных не только для экономики, но и для окружающей среды, особенно для почв виноградников. По мнению В.А. Ковды [1986], каждая полученная при современном сельскохозяйственном производстве новая единица энергии в урожае требует затрат 3–8 таких же единиц техногенной энергии, что недопустимо. Необходим коренной пересмотр существующих приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

В последнее время становится все очевиднее, что энергоёмкость технологий может быть мерилom её воздействия на окружающую среду. При всей многоплановости и неоднозначности отдельных составных частей, энергоёмкость технологии может служить интегральным показателем антропогенного влияния на экологическую среду. Международным сообществом установлены квоты, своего рода ПДК, на энергетическую нагрузку на 1 га угодий за год (30000 ГДж).

Технологии непрерывно усложняются и требуют все больше современной и тяжелой техники, расчеты энергетической стоимости технологий являются наиболее объективной их оценкой.

Ряд технологий, в том числе производства винограда, входят в противоречие, с одной стороны, с качеством урожая, а с другой, – с

экологическими проблемами. Поэтому в последнее время разрабатываются лимиты на технологии и критерии их оценки. Каждое новое поколение технологий отличается от предыдущей большей энергоемкостью, особенно за счет применения косвенной энергии, причем прирост урожая все меньше компенсирует увеличение энергозатрат. Коэффициент окупаемости техногенной энергии составляет 0,2–0,7, редко 0,8–0,9, а коэффициент использования фотосинтетической активной солнечной энергии – 0,3–0,6.

Сравнительной оценки по приведенным затратам в денежных единицах измерения недостаточно, чтобы судить об эффективности новых сельскохозяйственных технологий, рабочих процессов машин и механизмов, так как использование стоимостных показателей эффективности машин и технологий в условиях инфляции ведет к необъективности отражения результатов [148]. Определение экономической эффективности технологии химической защиты виноградников в денежном эквиваленте не учитывает важных факторов, а именно: уровня негативного влияния механизированного сельскохозяйственного производства на почву (экологический фактор) и расхода невозобновляемой энергии (энергетический фактор).

Одним из критериев, позволяющих достоверно определить затраты сельскохозяйственного производства, не исключая стоимостных показателей, является энергоемкость. Этот показатель наиболее объективен, не зависит от конъюнктуры рынка и характеризует собой технический уровень развития технологии.

Поэтому необходим комплексный показатель, который с достаточной достоверностью позволял бы измерять затраты на производство продукции стоимостных показателей. Такими показателями могут быть энергозатраты [150, 151]. Овладение методами энергозатрат позволит всесторонне оценивать целые технологии, отдельные её части и более объективно судить об их применяемости.

В данной главе изложена последовательность определения структуры энергетического баланса совокупной энергии, затраченной на химическую

защиту виноградных насаждений от вредителей и болезней опрыскивателями ОПВ-2000 в агрегате с трактором МТЗ-80, и камерным (туннельного типа) прицепным виноградниковым опрыскивателем ОКПВ в агрегате с трактором ЮМЗ 6АКЛ в агроцехе № 55 Мариупольского металлургического комбината Красногвардейского района Р Крым.

Энергетический анализ 8-кратного опрыскивания проводили на площади 55 га виноградных насаждений. Схема посадки – 3×1,5.

Результаты лабораторных исследований анализа расхода рабочей жидкости агропрепаратов при применении опрыскивателей ОПВ-2000 и камерного (туннельного типа) ОКПВ приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты лабораторных исследований для расчета затрат совокупной энергии на производство рабочего раствора агропрепаратов для химической защиты виноградных насаждений

№ опрыскивания	Расход рабочей жидкости, л/га		Количество внесенного препарата, кг/га	
	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ
1	200	55,123	0,9	0,55123
2	400	89,466	0,3	0,0671
3	500	123,808	0,9	0,495232
4	600	158,151	1,2	0,606246
5	600	192,494	1,2	0,641647
6	700	226,837	0,3	0,097216
7	700	261,179	0,3	0,149245
8	700	295,522	0,2	0,084435
итого	4400	1402,58	5,3	2,69235

При внедрении опрыскивателя ОПВ-2000 общее количество расхода рабочей жидкости на 1га составило 4400 л, агрохимикатов – 5,3 кг/га, при внедрении камерного (туннельного типа) опрыскивателя ОКПВ – соответственно 1402,58 л, и 2,69 кг/га, т.е. произошло снижение расхода рабочей жидкости в 3,13 раза, агрохимикатов – в 2 раза.

Полная энергоёмкость технологий химической защиты виноградников от вредителей и болезней определялась как сумма затраченной энергии с применением базового и нового вариантов на выполнение каждой операции технологии [149–152], то есть:

$$\mathcal{E}_{\text{вход}} = \sum_j \mathcal{E}_{\text{вход},j} \quad (5.1)$$

где j – номер технологической операции.

Энергоёмкость одного опрыскивания состоит из суммы энергоёмкостей трактора и опрыскивателя как массы металла, топлива, пестицидов и труда механизатора. Количество невозобновляемой энергии, потраченной на 1 га для выполнения опрыскивания $\mathcal{E}_{\text{вход},j}$, составляет энергетический баланс:

$$\mathcal{E}_{\text{вход},j_{\text{опр}}} = \mathcal{E}_{\text{тр}} + \mathcal{E}_{\text{опр}} + \mathcal{E}_{\text{т}} + \mathcal{E}_{\text{п}} + \mathcal{E}_{\text{люд}}, \quad (5.2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ – энергоёмкость работы трактора, как массы металла, МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{опр}}$ – энергоёмкость работы опрыскивателя, как массы металла МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{т}}$ – энергоёмкость расходуемого топлива, МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{п}}$ – энергоёмкость расходуемых пестицидов, МДж/га;

\mathcal{E} – энергоёмкость труда механизаторов, МДж/га;

Энергоёмкость работы средств механизации (трактора и опрыскивателей), приходящаяся на единицу работы, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{см}} = \mathcal{E}_{\text{тр}} + \mathcal{E}_{\text{опр}} = (\alpha_{\text{тр}} m_{\text{тр}} + \alpha_{\text{опр}} m_{\text{опр}}) / W_{\text{час}}, \quad (5.3)$$

где $W_{\text{час}}$ – часовая выработка агрегата, га/ч;

$\alpha_{\text{тр}}, \alpha_{\text{опр}}$ – энергетический эквивалент средств механизации, МДж/(кг/ч);

$m_{\text{тр}}, m_{\text{опр}}$ – масса средств механизации, кг.

Энергетический эквивалент трактора ЮМЗ-6АКЛ $\alpha_{\text{тр}2} = 0,013$ МДж/(кг/ч); энергетический эквивалент трактора МТЗ-80 $\alpha_{\text{тр}1} = 0,016$ МДж/(кг/ч), опрыскивателей $\alpha_{\text{опр}} = 0,246$ МДж/(кг/ч). Масса трактора ЮМЗ-6АКЛ $m_{\text{тр}2} = 3095$ кг. Масса трактора МТЗ-80 $m_{\text{тр}1} = 3160$ кг, масса сухая конструктивная ОПВ-2000 $m_{\text{опр}1} = 980$ кг, масса сухая конструктивная ОКПВ $m_{\text{опр}2} = 680$ кг [150, 151].

Энергоемкость расходуемого дизельного топлива $\mathcal{E}_{\text{дт}}$ при выполнении технологического процесса опрыскивания определяли по формуле МДж/га:

$$\mathcal{E}_{\text{дт}} = \frac{\alpha_{\text{дт}} G_{\text{дт}}}{W_{\text{час}}}, \quad (5.4)$$

где $\alpha_{\text{дт}}$ – энергетический эквивалент дизельного топлива, $\alpha_{\text{дт}} = 52,8$ МДж/га;

$G_{\text{дт}}$ – расход топлива, кг/га

Расход энергии механизатором, МДж/га:

$$\mathcal{E}_{\text{чел}} = \frac{n_{\text{мех}}}{W_{\text{час}}} \alpha_{\text{мех}}, \quad (5.5)$$

где $\alpha_{\text{мех}}$ – энергетический эквивалент основных работников;

$\alpha_{\text{мех}} = 43,4$ МДж/(чел./ ч);

$n_{\text{мех}}$ – численность механизаторов, $n_{\text{мех}} = 1$ чел.

Энергоемкость пестицидов с учетом их расхода на 1га определялась по формуле, МДж/кг:

$$\mathcal{E}_n = \alpha_n H_n, \quad (5.6)$$

где H_n – расход пестицидов, кг/га;

α_n – энергетический эквивалент действующего вещества, МДж/га.

По результатам исследования определены затраты совокупной энергии на опрыскивание виноградных насаждений (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Затраты совокупной энергии при химической защите виноградных насаждений, МДж/га

№ опрыскивания	Производство основных средств, Э _{см}		ГСМ, Эдт		Трудовые ресурсы, Эчел.		Оборотные ср-ва (пестициды), Эпес		Суммарные энергозатраты, Эвход	
	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ
1	119,5246	85,047	31,325	31,325	17,787	17,786	727,400	200,482	896,036	334,640
2	119,5	85,047	31,325	31,325	17,786	17,786	109,110	24,404	277,721	158,562
3	119,5	85,047	31,325	31,325	17,786	17,786	727,400	180,116	896,011	314,274
4	119,5	85,047	31,325	31,325	17,786	17,786	836,510	220,491	1005,121	354,649
5	249,265	85,047	65,327	31,325	37,094	17,786	727,400	233,367	1079,086	367,525
6	249,26	85,047	65,327	31,325	37,094	17,786	109,110	35,357	460,791	169,515
7	249,26	85,047	65,327	31,325	37,094	17,786	145,480	54,280	497,161	188,438
8	249,26	85,047	65,327	31,325	37,094	17,786	72,740	30,709	424,421	164,867
Итого	1475,07	680,376	386,608	250,600	219,521	142,288	3455,150	979,208	5536,349	2052,472
Процентная доля	26,64336	33,149	6,983	12,210	3,965	6,933	62,408	47,709	100,000	100,000

Таблица 5.4 – Структура затрат совокупной энергии при химической защите виноградных насаждений МДж/га

Производство основных средств, Э _{см}		ГСМ, Эдт		Трудовые ресурсы, Эчел		Оборотные ср-ва (пестициды), Эпес		Суммарные энергозатраты, Эвход	
ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ	ОПВ - 2000	ОКПВ
26,643%	12,292%	6,983%	4,526%	3,965%	2,570%	62,408%	17,687%	100%	37,015%

Структура затрат совокупной энергии

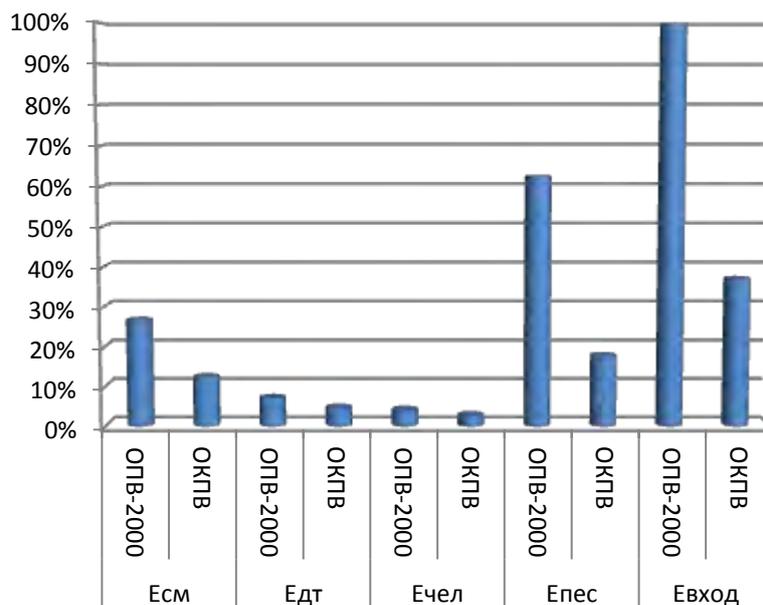


Рисунок 5.3 – Анализ структурных затрат совокупной энергии на выполнение технологического процесса химической защиты растений

Анализ структуры затрат совокупной энергии на выполнение технологического процесса химической защиты виноградных насаждений по сравниваемым вариантам показывает (рисунок 5.3), что применение камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя снизит расход: основных средств на 53,88% или на 974,376 МДж/га, ГСМ – на 35,1% или на 136,008 МДж/га, трудовых ресурсов – на 35,18% или на 77,233 МДж/га, снижение расхода агрохимикатов – на 71,66% или на 2475,94 МДж/га.

Годовая экономия энергозатрат от внедрения разработанного нами камерного опрыскивателя определялась по формуле:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_{\text{вход1}} - \mathcal{E}_{\text{вход2}})W_{\text{сез}} ; \quad (5.7)$$

где \mathcal{E} – приведенные затраты энергии на единицу работы, МДж/га;

$W_{\text{сез}}$ – объём внедрения, га.

$$\mathcal{E} = (5536,3 - 2052,4)55 = 191613,24 \text{ МДж.}$$

Экономия не возобновляемой энергии определялась по формуле:

$$K = \left(1 - \frac{\mathcal{E}_{\text{вход2}}}{\mathcal{E}_{\text{вход1}}}\right)100, \quad (5.8)$$

$$K = \left(1 - \frac{2052,4}{5536,3}\right) 100 = 62,92\%.$$

Таким образом, применение камерного туннельного опрыскивателя позволило уменьшить энергозатраты невозобновляемой энергии на 62,92%.

Затраты совокупной энергии на возделывание и уборку винограда определяли по операциям, выполняемым в соответствии с технологической картой, составляют 39522,52 МДж/га, в т.ч. на борьбу с вредителями и болезнями – 5500 МДж/га – 14,2%.

Однако в настоящее время по ряду причин не все технологические операции по выращиванию винограда выполняются, а если выполняются, то без научного обоснования оптимизации системы средств механизации и применения агропрепаратов, особенно при химической защите виноградных насаждений, что приводит к большим энергозатратам, а следовательно, к нарушениям экологической безопасности окружающей среды.

Поэтому возникла необходимость определения уровня экологичности производства винограда.

Уровень экологичности выполнения технологического процесса химической защиты виноградных насаждений определяли по формуле:

$$K_{\text{ЭК}} = \frac{\text{Э}}{P_{\text{ЭК}}}, \quad (5.9)$$

где $P_{\text{ЭК}}$ - экологически допустимая граница энергонасыщенности технологического процесса производства винограда.

Энергетический анализ возделывания и уборки винограда показывает, что граница затрат невозобновляемой энергии, за которой последующее увеличение антропогенных нагрузок в агроэкосистемах становится опасным для экологического равновесия естественной среды и составляет свыше 20000...40000 МДж/га за календарный год [150, 161]. В современных условиях эти границы завышены, поэтому суммарная энергонагрузка должна находиться в пределах 30000 МДж/га в т.ч. на химическую защиту виноградных насаждений – 5600 МДж/га.

$$K_{\text{эк1}}=5536,34/5600=0,988 \text{ или } 98,8\%;$$

$$K_{\text{эк2}}=2052,47/5600=0,366 \text{ или } 36,6\%.$$

Анализ структуры затрат энергии на химическую защиту (рисунок 5.1) показывает, что антропогенная нагрузка химической защиты растений на виноградниках по сравниваемым опрыскивателям составила 98,8 и 36,6% от допустимой.

В результате внедрение опрыскивателя камерного виноградникового, в сравнении с ОПВ-2000, приводит к снижению антропогенной нагрузки на 69,2%. Биоэнергетическая оценка, дополняя денежную оценку, вносит определенный вклад в разработку энергосберегающих технологий виноградарства и рационального использования биоресурсов.

5.6 Технико-экономическая эффективность внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового

Для расчета экономической эффективности предлагаемого устройства были взяты: за базовый вариант – агрегат, которой состоит из трактора МТЗ-80 и опрыскивателя ОПВ-2000. Для выполнения операции опрыскивания в предлагаемой технологии рекомендуется использовать агрегат, которой состоит из трактора ЮМЗ и туннельного опрыскивателя ОКПВ-1000.

Расчет экономической эффективности выполнен в соответствии с ГОСТ 23728-88, а также ГОСТ 23789-88 [109].

Первым этапом определения экономической эффективности является определение эксплуатационных затрат на единицу работы. Для их определения пользуются формулой:

$$U = \Gamma + P + A + 3a + 3n, \text{ руб./га}; \quad (5.12)$$

где U – эксплуатационные расходы, руб./га;

Γ – затраты на ГСМ, руб./га;

P – расходы на ТО, ТР, руб./га;

A – амортизационные отчисления, руб./га;

За – расходы на агрохимикаты, руб./га;

Зп – Заработная плата рабочим, руб./га.

Затраты на горючее определяются по формуле:

$$\Gamma = P_{ГСМ} \times C, \text{ руб./га;} \quad (5.13)$$

где Γ – затраты на горючее, руб./га;

$P_{ГСМ}$ – расход горючего, кг/га;

C – стоимость горючего, руб./кг.

Для базового варианта: $\Gamma_B = 8,2 \times 37,5 = 307,5$ руб./га.

Для предлагаемого варианта: $\Gamma_H = 6,30 \times 37,5 = 255,0$ руб./га.

Затраты на ТО и ТР определяются по формуле:

$$P = \frac{BC_m \times 0,10}{W_z} + \frac{BC_m \times 0,11}{W_{zm}}, \text{ руб./га;} \quad (5.14)$$

где P – затраты на ТО, ТР и КР, руб./га;

BC_m – балансовая стоимость трактора, руб.;

W_z – годовая выработка трактора, га;

10 – процентов отчисления на ТО, ТР, трактора, %;

BC_m – балансовая стоимость машины, руб.;

W_{zm} – годовая выработка машины, га;

10 – процент отчисления на ТО, ТР, опрыскивателя ОКВ-1000, %.

Таким образом, для нового и базового вариантов:

$$P_B = \frac{1060000 \times 0,1}{1350 \times 2,34} + \frac{750000 \times 0,11}{450 \times 2,34} = 111,9 \text{ руб./га.}$$

$$P_H = \frac{800000 \times 0,1}{1350 \times 2,56} + \frac{650000 \times 0,11}{450 \times 2,56} = 85,21 \text{ руб./га.}$$

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A = \frac{BC_m \times 0,11}{W_z} + \frac{BC_m \times 0,142}{W_z}, \text{ руб./га;} \quad (5.15)$$

где A – амортизационные отчисления, руб./га;

BC_m – балансовая стоимость трактора, руб.;

W_z – годовая выработка трактора, га;

11 – процентов отчисления на амортизацию трактора, %;

BC_m – балансовая стоимость опрыскивателя ОПВ-2000, руб.;

14,2 – процента отчисления на амортизацию опрыскивателя, %;

$W_{зм}$ – годовая выработка машины, га.

Для базового и нового вариантов:

$$A_B = \frac{1060000 \times 0,11}{1350 \times 2,34} + \frac{750000 \times 0,142}{2,34 \times 450} = 138,05 \text{ руб./га};$$

$$A_H = \frac{800000 \times 0,11}{1350 \times 2,56} + \frac{650000 \times 0,142}{450 \times 2,56} = 105,58 \text{ руб./га}.$$

Затраты на приобретение агрохимикатов определялись по формуле:

$$Z_a = Q \times C_a \text{ руб./га}; \quad (5.16)$$

где Q – количество внесенных агрохимикатов, кг/га;

C_a – стоимость агрохимикатов (750 руб./кг)

Капиталовложения на приобретение агрохимикатов составили:

$$C_B = 5,3 \times 750 = 3975 \text{ руб./га};$$

$$C_H = 2,69 \times 750 = 2017,5 \text{ руб./га}.$$

Расходы на заработную плату рабочим определим по формуле:

$$Z_n = f_T / W_{ч} \text{ , руб./га}; \quad (5.17)$$

где f_T – тарифная ставка тракториста (150 руб./час);

$W_{ч}$ – производительность машины за час сменного времени, га/час.

$$Z_{пБ} = 150 / 2,34 = 6,41 \text{ руб./га};$$

$$Z_{пН} = 150 / 2,56 = 58,59 \text{ руб./га}.$$

Таким образом, прямые эксплуатационные расходы для базового и нового опрыскивателей составляют:

$$U_B = 307,5 + 111,9 + 138,05 + 3975 + 64,1 = 4596,55 \text{ руб./га};$$

$$U_H = 255,0 + 85,21 + 105,58 + 2017,5 + 58,59 = 2521,88 \text{ руб./га}.$$

Годовая экономия эксплуатационных затрат определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{э} = W_{зм} (U_B - U_H), \quad (5.18)$$

где $\mathcal{E}_{э}$ – годовая экономия эксплуатационных расходов, руб.;

$W_{гм}$ – годовая выработка машины, га;

$$\mathcal{E}_2 = 55 \times 8(4596,55 - 2521,88) = 912905,2 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения определялись по формуле:

$$K = \frac{BC_m \times 0,07}{W_{гг}} + \frac{BC_m \times 0,07}{W_{эм}}, \text{ руб./га;} \quad (5.19)$$

где K – удельные капитальные вложения, руб./га;

7,0 – процент отчисления, %.

Для базового и нового вариантов:

$$K_B = 1060000 \times 0,07 = 2349 + 750000 \times 0,07 = 73,39 \text{ руб.}$$

$$K_H = 800000 \times 0,07 = 16,2 + 650000 = 55,7 \text{ руб./га.}$$

Приведенные затраты находим по формуле:

$$П = U + 0,15 \times K, \text{ руб./га;} \quad (5.20)$$

где $П$ – приведенные затраты, руб./га;

0,15 – коэффициент.

Для базового и нового вариантов:

$$П_B = 4596,55 + 73,39 \times 0,15 = 4607,55 \text{ руб.}$$

$$П_H = 2521,88 + 55,7 \times 0,15 = 2530,23 \text{ руб./га}$$

Годовой экономический эффект от внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового ОКВ определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = W_{эм}(П_B - П_H), \text{ руб.} \quad (5.21)$$

где \mathcal{E}_2 – годовой экономический эффект.

$$\mathcal{E}_2 = 55 \times 8 \times (4607,55 - 2530,23) = 914020,8 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости опрыскивателя ОКВ-1000 определяется по формуле:

$$O = \frac{C_m}{\mathcal{E}_2}, \text{ лет;} \quad (5.22)$$

где O – срок окупаемости, лет;

C_m – стоимость опрыскивателя ОКВ-1000 составил, руб.

$$O = \frac{650000}{914020,8} = 0,71 \text{ года.}$$

Показатели экономической эффективности внедрения камерного

опрыскивателя ОКПВ-1000 приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Показатели экономической эффективности внедрения камерного опрыскивателя ОКПВ-1000

Показатели	Базовый вариант	Новый вариант	Эффект
Прямые эксплуатационные расходы, руб./га	4596,55	2521,88	2074,39
Удельные капвложения, руб./га	73,39	55,7	17,69
Приведенные затраты, руб./га	4607,55	2530,23	2077,32
Годовой экономический эффект, руб.	–	914020,8	–
Срок окупаемости, лет	–	0,71	–

Таким образом, анализируя полученные показатели, можно сказать, что эффект достигается в основном за счет снижения нормы внесения агрохимикатов и повышения качества обработки виноградников. Годовой экономический эффект от внедрения опрыскивателя (камерного типа) виноградникового ОКПВ-1000 составляет 914020,2 руб., срок окупаемости – 0,71 года.

5.7 Выводы по разделу

1. Методика определения энергозатрат дает возможность перейти к биоэнергетической оценке технологических процессов производства винограда, выявить наиболее энергоёмкие элементы и определить направление повышения эффективности производства.

2. При внедрении опрыскивателя прицепного виноградникового ОПВ-2000 общее количество расхода рабочей жидкости на 1 га составило 4400 л/га, агрохимикатов – 5,3 кг/га, а при использовании опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградникового ОКПВ-1000 – соответственно 1402,58 л/га и 2,69 кг/га, что привело к снижению расхода рабочей жидкости.

3. Анализ структуры затрат совокупной энергии на выполнение технологического процесса химической защиты виноградных насаждений по

сравниваемым вариантам показывает, что применение камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя позволяет снизить расход основных средств на 53,88% или на 974,376 МДж/га, ГСМ – на 35,1% или на 136,008 МДж/га, трудовых ресурсов на – 35,18% или на 77,233 МДж/га, агрохимикатов – на 71,66% или на 2475,94 МДж/га.

4. При внедрении базового опрыскивателя ОПВ-2000 совокупные энергозатраты за сезон составили 5536,3 МДж/га, а при применении нового опрыскивателя (камерного типа) виноградникового ОКПВ-1000 – 2052,4 МДж/га. Снижение энергозатрат составило 62,93 %.

5. Уровень экологичности выполнения технологического процесса химической защиты виноградных насаждений, характеризующийся пределом допустимости антропогенной загрузки, составил для ОПВ-2000 – 0,98, а для ОКВ – 0,37.

6. Определены основные технико-экономические показатели сравниваемых опрыскивателей. Годовой экономический эффект от внедрения опрыскивателя камерного виноградникового составил 914020,8 рублей, срок окупаемости – 0,71 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснована и внедрена в производство новая конструкция туннельного опрыскивателя для виноградников, обеспечивающая экологически безопасную технологию при химической защите виноградных насаждений в закрытой камере.

1. Анализ существующих конструкций опрыскивателей и их применение, а также результаты теоретических исследований по обоснованию параметров конструкции машин позволил выявить экономические и экологические недостатки. При применении вентиляторных опрыскивателей потери рабочего раствора на почву и в атмосферу достигают от 30 до 70%. Устранение недостатков возможно за счет создания и внедрения в производство камерных опрыскивателей.

2. Определена динамика развития площади поверхности надземной части виноградных насаждений на 1 га при различных схемах посадки, позволит обосновать экологически безопасную технологию эффективного использования агрохимикатов и существенно снизить загрязнение окружающей среды. Построена регрессионная зависимость развития площади поверхности надземной части биологической массы виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации (X3) и схемы посадки (X2), которая колеблется от 500м²/га до 25000м²/га.

3. По результатам исследований определена структура расхода рабочего раствора агрохимикатов при химической защите виноградных насаждений и составлен баланс, состоящий из количества раствора, уловленного при обработке насаждений сорта Каберне-Совиньон – 69,1% и Алиготе – 80,6 %, для дальнейшей рециркуляции осевшего раствора для Каберне-Совиньон – 27,3 % и Алиготе – 16,3 % и потери на почву для Каберне-Совиньон – 3,54 % и Алиготе – 2,96 %.

4. Обоснованы оптимальные конструктивные параметры предлагаемого эжектора для камерного (туннельного типа) опрыскивателя, мм: при диаметре сопла $d_c = 3,5$; длина сопла $l_c = 48,15$; длина цилиндрической части

выходного сечения сопла $l_{ц} = 1,95$; при диаметре камеры смешивания $d_3=8$, расстояние от сопла до входного участка камеры смешивания $l_{сг} = 8,05$; длина цилиндрической части камеры смешивания $l_{кц} = 32,15$; длина диффузора $l_g = 33,65$.

5. По результатам исследований обоснована и изготовлена новая конструкция отечественного опрыскивателя камерного виноградникового ОКВ (патент Украины на полезную модель № 59869, опубликовано 10.06.2011г., бюллетень №11), обеспечивающая экологически безопасную технологию применения агрохимикатов и способ химической защиты виноградных насаждений в закрытой камере.

6. Определены основные параметры режимов работы эжектора при перепаде давления $0,4...0,05$ МПа: коэффициенты эжекции (α) от $0,5$ до $2,0$ и диаметре сопла от $2,0$ до $3,4$ мм. Максимальный КПД насоса составил $0,34$, при $\alpha=0,5$ и диаметре сопла $3,4$ мм, производительность – $9,4$ л/мин.

7. Разработана защитная система рециркуляции патент на полезную модель (№U80220, опубликовано 27.05.2013г., бюллетень №10), предотвращающая засорение от примесей, параметры: длина $L= 1160$ мм, ширина $b= 200$ мм, расположена под углом к горизонту 27 градусов, превышающему угол скольжения посторонних примесей по поверхности, что позволит повысить производительность опрыскивателя на 23% .

8. По результатам государственных приемочных испытаний установлено: при норме вылива 600 л/га фактически вылито $553,8$ л/га, отклонение составило $7,7 \%$; количество осевшего рабочего раствора на поверхность кустов составило 147 л/га или $26,5 \%$ от установленной нормы; $70,5 \%$ рабочего раствора возвратилось в емкость опрыскивателя для повторного использования; 3% от внесенной нормы теряется на почву. Густота покрытия поверхности куста составила $92,8 \%$ при медианно-массовом диаметре капель 250 мкм.

9. Определены эксплуатационно-технологические показатели: производительность опрыскивателя за час основного времени составила $2,56$

га/час; сменного – 1,73 га/час; коэффициенты технологического обслуживания – 0,89; надежности технологического процесса – 1,0; использование сменного и эксплуатационного времени – 0,68.

10. Внедрение камерного (туннельного типа) виноградникового опрыскивателя ОКПВ снизила расход: основных средств – на 53,88%, ГСМ – на 35,1%, трудовых ресурсов – на 35,18%, расход пестицидов – на 71,66%, годовая экономия энергозатрат составила 62,92% на сумму 914020 рублей, срок окупаемости – 0,71 года. Уровень экологичности выполнения технологического процесса составил для ОПВ-2000 – 0,98, а для ОКВ;-1000 – 0,37 от допустимой антропогенной нагрузки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дикань, А.П. Виноградарство Крыма / А.П. Дикань, В.Ф. Вильчинский, Э.А. Верновский, И.Я. Заяц. – Симферополь: Бизнес–Информ, 2001. 408 с.
2. Статистичний щорічник Автономної республіки Крим за 2005 рік / Державний ком. стат. України.; Головне управління статистики в АРК. – Сімферополь, 2006. – 574 с.
3. Энциклопедия виноградарства : [В 3–х Т.]. Под. ред. А. И. Тимуш – Кишинев: Гл. ред. молдавской сов. Энциклопедии, 1987. – Т. 3. – 552 с.
4. Национальный стандарт Украины «Машины для обработки виноградников агрохимикатами в закрытой камере (туннельного типа)»
5. Козарь, И.М. Справочник по защите винограда от болезней, вредителей и сорняков / И.М. Козарь. – К.: Урожай. 1990. – 205 с.
6. Букэтару, П.И. Возделывание винограда / Петр Иванович Букэтару. Кишинев : Штиинца, 1991. – 262, [1] с.
7. Догода, А.П. Состояние и перспективы развития машин для безопасной технологии химической защиты многолетних насаждений / А.П. Догода // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Сімферополь, 2009. – Вип. 122. – С. 121–126
8. Войтюк, Д.Г. Сільськогосподарські машини: підруч. / Д.Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – [2–е вид.] – К.: Каравела, 2008. – 552 с.
9. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин : [В 4–х ч.] Под ред. М. И. Клецкина – М. : Машиностроение, 1967. Т. 2 – 830 с. Т. 4 – 958
10. Догода, П.А. Анализ режимов работы системы привода вентилятора опрыскивателя в зависимости от фазы вегетации винограда / П.А. Догода, Е.М. Серая // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь. 2006. – Вип. № 35.–С. 18–24.

11. Хмелев, П.П. Механизация работ в виноградарстве : Справочник / П.П. Хмелев, Г.Г. Тярин, А.И. Душкин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 239 с.
12. Шамаев, Г.П. Справочник по машинам для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур / Г.П. Шамаев, П.П. Хмелев. – [2-е изд.]. – М.: Колос, 1980. – 143 с.
13. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г.Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін. за ред. Д.Г. Войтюка. – К. : Вища освіта, 2004 – 544 с.
14. Догода, П.А. Механизация химической защиты растений / П.А. Догода, С.С. Воложанинов, Н.П. Догода. – Симферополь: Таврия, 2000. – 140 с.
15. Догода, П.А. Энергосберегающая технология применения средств механизации при химической защите растений / П.А. Догода, А.П. Догода. – Таврия. – Симферополь, 2005
16. Догода, А.П. Экологически безопасная технология и средства механизации при химической защите виноградных насаждений / А.П. Догода, В.И. Анищенко, Н.П. Догода // Материалы 17 международного симпозиума «Нетрадиционное растениеводство». – Алушта, 2008. – С.19–25
17. Догода, А.П. Навесной однорядный камерный опрыскиватель / А.П. Догода, В.И. Анищенко, Н.П. Догода // Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко–технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке, 2008. – Вип. 12 (26). – С. 368 – 372.
18. Догода, А.П. Новый опрыскиватель для садов и виноградников ОПСВ–1600 «КРЫМ» / А.П. Догода, В.И. Анищенко, Н.П. Догода, В.В. Плотников // Научные труды Крымского государственного аграрного университета. – Машины и способы механизации сельскохозяйственного производства. – Симферополь, 2005. – Вып. 84. – С. 143 – 148.
19. Догода, П.А. Управляемое осаждение аэрозолей с помощью заряда при химической защите растений / П.А. Догода, Е.М. Серая, А.П. Догода //

Праці. Таврійська державна агротехнічна академія вип. – Мелітополь, 2008. – С. 44–51.

20. Догода, А.П. Обоснование структуры расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений камерным опрыскивателем / А.П. Догода, И.Б. Беренштейн, П.А. Догода // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Сімферополь, 2012. Вип. 146 – С. 28–37.

21. Догода, А.П. Теоретическое обоснование системы возврата раствора агрохимикатов не осевшего на на виноградных насаждениях рабочего раствора при химической обработке в камерном опрыскивателе / А.П. Догода, А.В. Степанов, С.С. Воложанинов // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Вип. 14 – Сімферополь, 2012. – С. 38–43.

22. Соловьева, Н. Ф. Современные технические средства для опрыскивания сельскохозяйственных культур / Н. Ф. Соловьева, В. Г. Савенко. – М.: Росинформагротех, 2002 – 59 с.

23. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М. : Колос, 2004. – 623 с.

24. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1986–1995 годы (В 4–х ч.) / М–во сел. хоз–ва СССР. – М.:ЦНИИТЭИ Госкомсельхозтехники СССР, 1982. Ч.1: Растениеводство – 1988. – 958 с.

25. База даних Механізація АПК [Электронный ресурс]: (Машины для хімічного захисту рослин) / © 1997–2009 Міністерство аграрної політики України. – 2009. – Режим доступа: <http://www.minagro.gov.ua/page/?3301>.

26. Опрыскиватель прицепной вентиляторный ОПВ–2000: [Руководство] М.: Ин–т "Информагротех", 1992. – 24 с.

27. Техническая характеристика опрыскивателя Tajfun 1000/SAD/0, «Krukowiak» [Электронный ресурс]. – (рекламное издание). – Режим доступа: www.krukowiak.com.pl/ru/oprvskiwacze/osp_1_000_1500_sad.ht.
28. Техническая характеристика опрыскивателя «Зубр» – (рекламное издание).
29. Техническая характеристика садового туннельного опрыскивателя EKOSAD – TUNEL, фирма – KRUKOWIAK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.krukowiak.com.pl.
30. Техническая характеристика садового туннельного опрыскивателя ISK–1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.krukowiak.com.pl.
31. Техническая характеристика опрыскивателя Wine Tunnel, фирма – MUNCKHOF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.munckhof.com.de.
32. Техническая характеристика виноградного двухрядного туннельного опрыскивателя, фирма – lipco [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.lipco.de.
33. Техническая характеристика опрыскивателя Plus 55N, «Cima» – (рекламное издание) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cima.it/enfllish/EN_Technical55.htm.
34. Заїка, П.М. Теорія сільськогосподарських машин : Машины для захисту рослин від шкідників і хвороб. Т. 1 (ч. 4) / П.М. Заїка. – Харків: Око, 2002. – 272 с.
35. Дунский, В.Ф. Воздействие турбулентной воздушной струи на листья растений / В.Ф. Дунский, А.К. Лысов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – № 5. – С. 59–60.
36. Войтюк, Д.Г. Теорія сільськогосподарських машин. Практикум, [навч. посібник] / Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. – Суми : Університетська книга, 2008. – 201с.
37. Лурье, А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин / А.Б. Лурье, А.А. Громбчевский. – Л. : Машиностроение, 1977. – 528 с.

38. Погорілець, О.М. Гідропривід сільськогосподарської техніки : Навчальне видання / О.М. Погорілець, М.С. Вольнянський, В.Д. Войтюк, С.І. Пастушенко. – К. : Вища освіта, 2004. – 368 с.
39. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: Посібник / В.А. Дідур, О.Д. Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан, за ред. В.А. Дідура. – К. : Н.МЦ Мінагрополітики, 2008. – 497с.
40. Тимофеев, А.Н. Проектирование механизмов приводов технологических машин и оборудования [учебное пособие для студентов высших учебных заведений] / А.Н. Тимофеев. – С.–Пб.: Изд–во политехн. ун–та, 2008. – 140 с.
41. Детали машин / В.А. Добровольский, К.И. Заблонский, С.Л. Мак, А.С. Радчик, Л.Б. Эрлих. – М. : МашГиз, 1963. – 604 с.
42. Мержаниан, А.С. Виноградарство / А.С. Мержаниан – [Изд. 3–е.]. – М. : Колос. 1967. – 464 с.
43. Thompson, Bob. The complete louting guide for wine lovers, including recommended routes, wineries and wines / Bob Thompson. – New York – London,: Prentice Hall press. Simon & Schuster, 1987. – 200 p.
44. Жуков, А.И. Виноградарство / А.И. Жуков, В.Н. Гордеев. – М.: КолосС, 2006.– 174 с.
45. Амирджанов, А.Г. Солнечная радиация и продуктивность виноградников [монография] / А.Г. Амирджанов. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 208 с.
46. Дикань, А.П. Вегетация сортов винограда в предгорье Крыма / А.П. Дикань, Н.В. Максимова // Труды научного центра виноградарства и виноделия «Магарач». – Ялта, 1999. – Т. 1. – С. 31–34.
47. Зинченко, В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность / В.А. Зинченко. – М. : Колос, 2005. – 231 с.
48. Вредители, болезни и сорняки на виноградниках / Ж.А. Чичинадзе, Н.А. Якушина, А.С. Скориков, Е.П. Сташевская. – К. : Аграрна наука. 1995. – 304 с.

49. Довідник із захисту рослин / Л.І. Бублик, Г.І. Васечко, В.П. Васильєв та ін. за ред. М. П. Лісового. – К.: Урожай, 1999. – 743 с.
50. Stenersen, J. Chemical pesticides: mode of action and toxicology / Jorgen Stenersen. – Boca Raton [etc.] : CRC press, 2004. – 276 p.
51. Marer, P.J. The Safe and Effective Use of Pesticides, Pesticide Compendium I. University of California / P.J. Marer, M.L. Flint, M.W. Stimmann. – Oakland, CA. Publication №3324, 1988. – 387 p.
52. Писаренко, В.М. Захист рослин: екологічно обгрунтовані системи / В.М. Писаренко, П.В. Писаренко. – Полтава : Камелот, 2000. – 188 с.
53. Природоохранная технология защиты растений / под ред. М.П. Лессового. – К. : Урожай, 1987. – 167 с.
54. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. за ред. Д. Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
55. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – 2-е изд. – М. : Наука, 1984. – 716 с.
56. Догода, П.А. Обоснование норм расхода рабочей жидкости при защите виноградных насаждений от вредителей и болезней в зависимости от листовой поверхности / П.А. Догода // Сборник научных трудов КГАУ, Симферополь. – 2002. – Вып. №77. – С. 52–55.
57. Прокопенко, С.Ф. Малообъемное опрыскивание сельскохозяйственных культур / С.Ф. Прокопенко, В.В. Ченцов. – М. : Агропромиздат, 1989. – 61с.
58. Ware, G.W. The Pesticide Book / G.W. Ware, D.M. Whitacre. – [6th ed.]. – Willoughbv: MeisterPro Information Resources, OH 44094, 2004. – 487 p.
59. Дидио, Ж.Р. Техника и технология безопасного применения средств защиты растений / Ж.Р. Дидио, Д.К. Фишер, М.И. Лерх. – М. : Агропромиздат, 1991. – 185 с.

60. Болбочан, Е.К. автореф. дис. на соискателя ученой степени кандидата технических наук : спец. № 410 "Механизация сельскохозяйственного производства". – Москва 1956. – 24 с.
61. Георгиев, М.П. Аэродинамические исследования воздушно–жидкостных струй малообъемных вентиля–торных опрыскивателей : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : спец. № 410 "Механизация сельскохозяйственного производства" / М. П. Георгиев. – Москва, 1969. – 24 с.
62. Нагирный, Ю.П. Исследования технологического процесса садовых малообъемных опрыскивателей с целью выбора принципиальной схемы и параметров воздушно–капельной струи : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд.техн. наук : спец. 05.185 / Ю.П. Нагирный. – Ереван, 1972. – 26 с.
63. Хантадзе, М.З. Определение оптимальных параметров воздушного потока для широкозахватного опрыскивателя виноградников : автореф. дис. На соиск. учен. степ. канд. технических наук : спец. 05.20.01 / М.З. Хантадзе. – Тбилиси, 1975. – 29 с.
64. Campbell, J. Shock waves in a liquid containing gas bubbles, *Proceedings of the Royal Society, Sep. A, Math. And phys. Sciences* / J. Campbell, A. Pitcher. – No. 1235, vol. 243, 1958.
65. Witte, J.H. Mixing Shocks in Two–Phase Flow / J.H. Witte,. – *Fluid Mech.*, 1969. – vol. 36, P.4.
66. Берман, Л.Д. Особенности рабочего процесса и режимы работы водоструйного эжектора / Л.Д. Берман, Г.И. Ефимочкин. – *Теплоэнергетика.* – №2. – 1964. – С. 31–35.
67. Берман, Л.Д. Расчетные зависимости для водоструйных эжекторов / Л.Д. Берман, Г.И. Ефимочкин. – *Теплоэнергетика.* 1964. №7. 44–48.
68. Ефимочкин, Г.И. Исследование и выбор водоструйных эжекторов с удлиненной камерой смешения / Г.И. Ефимочкин, Б.Е. Кореннов. – *Теплоэнергетика.* – 1976. – №4. – 46-49.
69. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат. – 1989. – 352 с.

70. Успенский, В.А. Струйные вакуумные насосы / В.А. Успенский, Кузнецов Ю.М. М.: Машиностроение. – 1973. – 144 с.
71. О механизме скачка давления в камере смешения струйных аппаратов / Фисенко В.В., Скакунов Ю.П., Юдин А.В., Колыханов В.Н // Теплоэнергетика. – 1982. – №10. – С 48–50.
72. Цегельский, В.Г. К теории двух фазного струйного аппарата / В.Г. Цегельский // Известия вузов. – Машиностроение. – 1977. – №6. – С. 79–85.
73. Чернухин, В.А. Экспериментальное исследование режимов работы жидкостно–газового струйных аппаратов / В.А Чернухин., В.Г. Цегельский, С.И. Глубоковский // МВТУ им. Н.Э. Баумана. – М., 1979. 16 с. – Деп. в ВИНТИ 2.04.76, № 1014–76.
74. Смешивающие подогреватели паровых турбин / Ермолов В.Ф., Пермяков В.Л., Ефимочкин Г.И., Вербицкий В.Л. – М.: Энергоиздат, 1982. – 208 с.
75. Цегельский, В.Г. Двухфазные струйные аппараты / В.Г. Цегельский. – М.: Изд–во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 408 с.
76. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
77. Аэров, М.Э. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и подвижным кипящим слоем / М.Э. Аэров, О.М. Тодес. – Л.: Химия, 1968. – 256 с.
78. Леончик, Б.И. Измерение в дисперсных потоках / Б.И. Леончик, В.П. Маякин. – М.: Энергия, 1971. – 248 с.
79. Витман, Л.А. Распыливание жидкости форсунками / Л.А. Витман, Б.Д. Кацнельсон, Н.И. Панеев. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 264 с.
80. Пажи, Д.Г. Основы техники распыливания жидкостей / Д.Г. Пажи, В.С. Галустов. – М.: Химия, 1984. – 254 с.
81. Дитякин, Ю.Ф. Распыливание жидкостей / Ю.Ф. Дитякин, Л.А. Клячко, Б.В. Новиков, В.И. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1977. – 207 с.

82. Сергеев, А.Г. Определение коэффициента расхода центробежной форсунки: методические указания к лабораторной работе / А.Г. Сергеев, Г.В. Леонов. – Барнаул: АлтПИ, 1987. – 23 с.

83. Корн, Г. Справочник по математике: для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1973. – 831 с.

84. Безухов, А.П. Теоретические и экспериментальные исследования струи водоструйного эжектора и их использование для совершенствования расчета его характеристик : диссертация ... кандидата технических наук : 05.04.12 / Андрей Павлович Безухов. – Санкт–Петербург, 2003 149 с.

85. Школин, С.Б. Исследование предельных режимов и разработка методов расчета жидкостно–газового эжектора : дис. канд. техн. наук / С.Б. Школин. – Челябинск. – 2009. – 159 с.

86. К задаче обработки экспериментальной информации в нестандартных областях факторного пространства при проектировании технических комплексов / Степанов А.В., Догода П.А., Рутенко В.С., Степанова Е.И., Догода А.П., Османов Э.Ш. // Зб. наукових праць ПФ НУБ і П України «КАТУ» (технічні науки), № 131. – Сімферополь. – 2010. – С. 123–137.

87. Догода, П.А. Автоматизированная система определения конструктивных параметров рабочих органов камерного (тунельного) опрыскивателя для химической защиты виноградных насаждений / П.А. Догода, А.В. Степанов, А.П. Догода // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Сімферополь, 2012. Вип. 146 – С. 44–57.

88. Орипов, М.О. Исследование осаждений распыленной жидкости при наземном малообъемном опрыскивании хлопчатника в зависимости от элементов микроклимата приземного слоя воздуха : автореф. дис. на соиск. учен. степ, канд. с. х. наук : спец. 06.01.11 / М.О. Орипов. – Ташкент, 1974 – 19 с.

89. Леонтьева, И.Д. Разработка конструкции и метода расчета рабочего органа опрыскивателя для садов с плоской кроной : автореф. дис. на соиск.

учен. степ. канд. техн. наук : спец. 05.20.01 / И. Д. Леонтьева. – Кишинев, 1976. – 20 с.

90. Войтюк, Д.Г. автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : спец. 05.20.01 / Д.Г. Войтюк. – Москва, 1986. – 20 с.

91. Догода, А.П. Теоретичні передумови до обґрунтування параметрів насосної установки камерного обприскувача для повернення неосаженної рідини для повторного її використання / А.П. Догода // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 135. – С. 132 – 139.

92. Догода, А.П. Результаты стендовых исследований опытного образца струйного насоса камерного опрыскивателя для виноградников ОКВП и их математическая обработка / А.П. Догода // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 135. – С. 140–148.

93. Испытания сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели, опыливатели, расселители энтомофагов, машины для приготовления и транспортировки рабочей жидкости : Программа и методы испытания РД 10.6.1–89. (Действ. От 01.01.1990). – Ростов–на–Дону: КубНИИТиМ, 1990 – 166 с.

94. Серая, Е.М. Интенсификация осаждения пестицидов при опрыскивании сельскохозяйственных культур / Е.М. Серая // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь. 2009. – Т. 9. Вип. № 8. – С. 119–125.

95. Патент Украины на полезную модель №28595, МПК (2006) А 01 М7/00. Вентиляторно–распыливающее устройство / Догода П.А., Серая Е.М. Догода А.П. // Национальный аграрный университет. – Заявл. 14.09.07; опубл. 10.12.07, Бюл. № 20.

96. Декларацийний патент на винахід 64628. Обприскувач для садів і виноградників / Аніщенко В.І., Догода М.П., Догода П.О., Догода О.П.

Плотников В.В. // Национальный аграрный университет. – Оpubл. 16.02.2004. Бюл. №2.

97. Патент на корисну модель 47728. Опрыскувач навісний виноградниковий / Догода П.О., Сидоренко І.Д., Соболевський І.В., Аніщенко В.І., Догода О.П., Догода М.П. // НУБіПУ. – Оpubл. 25.02.2010, Бюл. №4.

98. Патент на корисну модель 53401. Обприскувач гербіцидний навісний віноградниковий / Догода П.О., Соболевський І.В., Аніщенко В.І., Догода О.П., Догода М.П., Воложанінов С.С., Османов Є.Ш. // НУБіПУ. – Оpubл. 11.10.2010, Бюл. №19.

99. Патент на корисну модель 59869. Опрыскувач для обробітку виноградників розчинами отрутохімікатів у закритих камерах / Догода П.О., Аніщенко В.І., Догода О.П., Догода М.П., Степанов А.В. // НУБіПУ. – Оpubл. 10.06.2011, Бюл. №11.

100. Гуцин, Е.Г. Исследование технологического процесса малообъемного опрыскивания хлопчатника с целью оптимизации режимных и конструктивных параметров струеобразующего устройства вентиляторного опрыскивателя : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : спец. 05.20.01 / Е.Г. Гуцин. – Ташкент, 1978 – 24 с.

101. Степанов, А.В. Модель распространения воздушно–жидкостного потока в кроне виноградника при опрыскивании / А.В. Степанов, Е. М. Серая // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харьков, 2007 – Вып. № 62. – С. 269–275.

102. Болбочан, Е.К. Определение оптимального угла атаки воздушно–жидкостного потока при встрече с виноградным кустом / Е.К. Болбочан // Садоводство. виноградарство и виноделие Молдавии. – 1968. – №2. – С. 49–50.

103. Бабицкий, Л.Ф. Основы научных исследований / Л.Ф. Бабицкий, В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк. – К.: Изд. НАУ, 1999. – 205 с.

104. Погорелый, Л.В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин / Л.В. Погорелый. – Изд. 5–е. – К. : Техника, 1991. – 155 с.

105. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Изд. 5-е. – М. : Агропромизда, 1985. – 351 с.

106. Менчер, Э.М. Основы планирования эксперимента с элементами математической статистики в исследованиях по виноградарству / Э.М. Менчер, Л.Я. Земшман. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 278 с.

107. Бондарь, Л.Г. Планирование эксперимента в химической технологии / Л. Г. Бондарь, Г. Л. Статюха – К. : Вища школа, 1976. – 180 с.

108. Протокол № 3–3–5 (1060205) от 05.09.2005 государственных приемочных испытаний опрыскивателя прицепного садово–виноградникового ОПСВ–1600 «Крым». – Южно-Украинская Машиноиспытательная станция. – Херсон. 2005. – 47 с.

109. Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Методи випробувань : СОУ 74.3–37–266:2005. – [Чинний від 2006-08-01]. К : Мінагрополітики України, 2005. – 65 с. – (Стандарт Мінагрополітики України).

110. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах внешней среде. Справочник. Т. 1. – М.: Колос. 1992. – 413 с.

111. Трибель, С.О. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель, Д.Д. Сігарьова, М.П. Секун, О.О. Івашенко. – К. : Світ. 2001. – 448 с.

112. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – Изд.3-е. – М. : Колос, 1973. – 159 с.

113. Патент Украины на полезную модель №28593, МІЖ (2006) А 01 М7/00. Опрыскиватель прицепной садово-виноградниковый / Догода П.А., Серая Е.М., Догода Н.П. –Национальный аграрный университет, 2007. – Заявл. 14.09.07; опубл. 10.12.07, Бюл. № 20.

114. Протокол випробувань №184/(123-10/3) обприскувач навісний виноградниковий ОВН-300 / Південно-Українська філія УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого. – Херсон, 2006. – 24 с.

115. Протокол державних випробувань №896/270–03–08 оприскувача камерного напівпричипного виноградникового ОКПВ-1000. Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Херсон, 2006. – 26 с.

116. Догода, А.П. Результаты полевых исследований опытного образца камерного опрыскивателя ОКВ и их математическая обработка / А.П. Догода // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 138. – С. 10–18.

117. Догода, А.П. Обоснование основных требований к агрофону виноградных насаждений для работы туннельного опрыскивателя / А.П. Догода // Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 138 – С. 141–144.

118. Патент на корисну модель України 09192. Струйний насос з змінним об'ємом камери змішування / Догода О.П., Степанов А.В., Догода П.О., Беренштейн І.Б. – 26.07.2012.

119. Патент на корисну модель України 09193. Система повернення у робочого розчину у камерних оприскувачах / Догода, О.П., Воложанінов С.С., Степанов А.В., Догода П.О. – 26.07.2012.

120. Хачатурян, Р.П. Эффективность новой техники и технологии в виноградарстве и перерабатывающей промышленности / Р.П. Хачатурян. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1986. – 240 с.

121. Корпачева, И.Д. Организация и планирование работ по защите сельскохозяйственных растений / И.Д. Корпачева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 287 с.

122. Эффективность внедрения энергосберегающей технологии применения средств защиты растений / П.А. Догода, Е.Я. Павленко, В.Л. Сорока, Н.П. Догода, А.П. Догода // Теоретичний і науково-практичний журнал інженерної академії України. Вісник інженерної академії України. Київ, 2005. – Вип. 2. – С. 110 – 115.

123. Кузьменко, В.В. Взаимосвязь экономической и энергетической оценок эффективности производства / В.В. Кузьменко, Е.Г. Степанова // Сборник научных трудов. Серия "Экономика", Северокавказский государственный технический университет. – Ставрополь, 2002. – Вып. 5 – С. 56–62.
124. Догода, П.А. Методы биоэнергетического системного анализа / П.А. Догода // Сборник научных трудов КГАУ, Симферополь. – 2000. – Вып. №65. – С. 212–222.
125. Догода, П.А. Методы биоэнергетической оценки эффективности производства винограда / П.А.нуфриевич Догода. – Симферополь : Таврия, 2000. – 100 с.
126. Пастухов, В.І. Енергетична оцінка механізованих технологій рослинництва / В.І. Пастухов. – Харків : Ранок-НТ, 2003. – 100 с.
127. Догода, П.А. Определение удельных совокупных затрат антропогенной энергии на производство винограда / П.А. Догода // Труды Крымской академии наук. – Симферополь : Таврия, 1998. – С. 69–79.
128. Медведовський, О.К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільському господарстві / О.К. Медведовський, П.І. Іваненко. – К.: Урожай, 1988. – 114 с.
129. Методика визначення повної енергоємності продукції то послуг :ДСТУ 3682-98 (ГОСТ 30583-98). – К. : Держспоживстандарт України, 2005. 19с. – (Національний стандарт України).
130. Справочник по контролю за применением средств химизации в сельском хозяйстве / В.П. Васильев, В.Н. Кавецкий, Л.И. Бублик и др. под ред. В.П. Васильева. – К.: Урожай, 1989. – 160 с.
131. Pesticides: Minimizing the Risks, / Eds. N. N. Ragsdale, R. J. Kuhf. – Washington, DC: ACS Symposium. Series 336. American Chemical Society: 1987. – 183 p.
132. Fate of pesticides and chemicals in the environment / Ed. by J. L. Schmoor. – New York etc. : Wiley, Cop., 1992. – 436 p.

133. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценка экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / А.С. Быстров, В.В. Варанкин, М.А. Виленский и др. – М.: Экономика, 1986.– 95 с.

134. Дайнов, М.И. Оценка затрат на защиту атмосферы и очистку сточных вод от промышленных выбросов : [Учеб. пособие для студентов вузов] / М.И. Дайнов, Н. С. Кудрявцева – М.: Изд-во МАИ, 2003. – 95 с.

135. Вавельский, М.М. Защита окружающей среды от химических выбросов промышленных предприятий / М.М. Вавельский, Ю.М. Чебан. – Кишинев. Штиинца, 1990. – 201 с.

136. Воробьева, Г.Н. Оценка экологического риска применения пестицидов в виноградарстве / Т.Н. Воробьева, Г.А. Ломакина – Краснодар: ООО «Просвещение – ЮГ», 2006. – 194 с.

137. Рекомендации по внедрению камерного (туннельного) опрыскивателя для виноградников. Мин. Агрополитики АРК протокол №1 от 02.03.12.

138. Догода, А.П. Экологическая оценка внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) для виноградников / А.П. Догода // Сборник научных трудов КГАУ, Симферополь. – 2001. – Вып. № 68. – С. 126–187.

139. Догода, О.П. Экологически безопасные технологии и средства механизации химической защите растений / О.П. Догода // Алушта 10–16 сентября 2010 XV11 Міжнародний симпозіум «Нетрадиційне рослинництво. Селекція. Охорона довкілля. Етіологія. Екологія і здоров'я». – Алушта, 2010. – С. 26–30.

140. Догода, А.П. Экологически безопасная технология применения средств механизации при химической защите многолетних насаждений / А.П. Догода // Научная конференция механического факультета ЮФ НУБиП Украины «КАТУ» «Проблемы механизации производства и технологии переработки с.х. продукции в АПК». – Симферополь, 2011.

141. Догода, А.П. Проблемы комплексной механизаций возделывания и уборки винограда / А.П. Догода // Международная конференция, посвященная 80-и десятилетию механико-технологического факультета НУБ и П Украины. 2010 г.

142. Догода О.П. Разработка энергосберегающей технологии возделывания и уборки винограда 1V международная конференция «Проблемы энергосбережения «Энергия 2010» 13-18 сентября 2010 г.

143. Повх, И.Л. Аэродинамика / И.Л. Повх. – ЛПИ, 1962. – 127 с.

144. Прандтль, Л. Гидродинамика / Л. Прандтль. – издательство иностранной литературы, 195 – 575 с.

145. Вигодский, М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Вигодский. – М.,: Наука, 1965. – 872 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. 1. Эксперимент 2. Определение площади поверхности надземной части виноградного куста, сорт Алиготе, 1-я повторность.

Для определения площади поверхности виноградного куста были исследованы листья и побеги разных размеров.

Количество крупных листьев – 20

Количество средних листьев – 197

Количество мелких листьев – 144

Таблица А.1.1

Определение площади листовой поверхности виноградного куста,
сорт Алиготе

Площадь листьев S, см ²			
№ п/п	Крупные	Средние	Мелкие
1	180	151	47
2	198	143	37
3	181	230	35
4	192	232	39
5	196	220	26
6	210	229	25
7	221	146	20
8	208	109	18
9	269	130	17
10	258	143	17
11	222	121	17
12	260	113	15
13	220	119	12
14	197	121	9
15	180	122	9
16	195	117	8
17	220	103	9
18	207	99	8
19	268	112	8
20	191	113	9
S _{л.ср.}	213,65	143,65	19,25

$\sum S_{л. пов.}$ - общая площадь поверхности листьев

$S_{\text{б.л. ср.}}$ - площадь поверхности крупных листьев

$S_{\text{с.л. ср.}}$ - площадь поверхности средних листьев

$S_{\text{м.л. ср.}}$ - площадь поверхности мелких листьев

N – кол-во листьев

$$S_{\text{л.пов.}} = 2S_{\text{б.л.}} N + 2S_{\text{с.л.}} N + 2S_{\text{м.л.}} N,$$

$$S_{\text{л.пов.}} = (213,65 \times 20 + 143,65 \times 197 + 16,7 \times 144) \times 2 = 69952,26 \text{ см}^2 = 6,995226 \text{ м}^2 \approx 6,995 \text{ м}^2$$

Таблица А.1.2

Определение площади поверхности побегов виноградного куста,
сорт Алиготе

Площадь побегов S , см^2				
№ п/п	Длина побега l , см	Диаметр побега d , см		Площадь побега S , см^2
1	185	0,8	0,6	408,2
2	99,5	0,6	0,2	125,6
3	91,4	0,5	0,2	100,48

$$S = \pi l (r_1 + r_2)$$

$$S_{\text{поб. ср.}} = \frac{S_{\text{поб.1}} + S_{\text{поб.2}} + S_{\text{поб.3}}}{3},$$

$$S_{\text{поб.1}} = \pi l \left(\frac{d_{11}}{2} + \frac{d_{12}}{2} \right) = 3,14 * 185 * (0,4 + 0,3) = 408,2 \text{ см}^2;$$

$$S_{\text{поб.2}} = \pi l \left(\frac{d_{21}}{2} + \frac{d_{22}}{2} \right) = 3,14 * 99,5 * (0,3 + 0,1) = 125,6 \text{ см}^2;$$

$$S_{\text{поб.3}} = \pi l \left(\frac{d_{31}}{2} + \frac{d_{32}}{2} \right) = 3,14 * 91,4 * (0,25 + 0,1) = 100,48 \text{ см}^2;$$

$$S_{\text{поб. ср.}} = (408,2 + 125,6 + 100,48) / 3 = 211,43 \text{ см}^2$$

$$\sum S_{\text{поб.}} = S_{\text{поб. ср.}} * N, \text{ где } N - \text{ кол-во побегов; } N=6;$$

$$S_{\text{поб.}} = 211,43 * 6 = 1268,58 \text{ см}^2 \approx 0,1269 \text{ м}^2$$

Баланс площади поверхности биологической массы виноградного куста за эксперимент равен:

$$\sum S_{\text{куста}} = S_{\text{л.пов.}} + S_{\text{поб.}} = 6,995 + 0,1269 = 7,122 \text{ м}^2$$

$$\sum S_{\text{куста}} = 7,122 \text{ м}^2$$

$$\sum S_{\text{поб.}} - \text{ площадь поверхности побегов, см}^2$$

l – длина побега, см

r_1 и r_2 – радиусы усеченного конуса

N – количество побегов, шт.

Приложение А. 2. Эксперимент 2. Определение площади поверхности надземной части виноградного куста, сорт Алиготе, 2-я повторность.

Для определения площади поверхности виноградного куста были исследованы листья и побеги разных размеров.

Количество крупных листьев – 79

Количество средних листьев – 292

Количество мелких листьев – 130

Таблица А.2.1

Определение площади листовой поверхности виноградного куста,
сорт Алиготе

Площадь листьев S , см ²			
№ п/п	Крупные	Средние	Мелкие
1	221	67	30
2	210	62	46
3	199	83	27
4	182	97	50
5	199	103	49
6	225	99	51
7	208	73	34
8	224	92	42
9	221	96	59
10	180	89	36
11	197	110	35
12	183	72	37
13	227	90	32
14	193	103	26
15	179	81	33
16	211	92	27
17	163	84	32
18	201	94	27
19	164	71	52
20	187	69	31
$S_{л.ср}$	198,7	86,35	37,8

$\sum S_{\text{л. пов.}}$ - общая площадь поверхности листьев

$S_{\text{б.л. ср.}}$ - площадь поверхности крупных листьев

$S_{\text{с.л. ср.}}$ - площадь поверхности средних листьев

$S_{\text{м.л. ср.}}$ - площадь поверхности мелких листьев

N - кол-во листьев.

$$S_{\text{л. пов.}} = 2S_{\text{б.л.}} N + 2S_{\text{с.л.}} N + 2S_{\text{м.л.}} N,$$

$$S_{\text{л. пов.}} = (198,7 \times 79 + 86,35 \times 292 + 37,8 \times 130) \times 2 = 91651 \text{ см}^2 = 9,1651 \text{ м}^2 \approx 9,165 \text{ м}^2$$

Таблица А.2.2

Определение площади листовой поверхности виноградного куста,
сорт Алиготе

Площадь побегов S , см^2				
№ п/п	Длина побега l , см	Диаметр побега d , см		Площадь побега S , см^2
1	201	0,7	0,2	284,013
2	103	0,7	0,2	145,539
3	70	0,6	0,2	87,92

$$S = \pi l (r_1 + r_2)$$

$$\Delta S_{\text{поб.}} = \frac{S_{\text{поб.1}} + S_{\text{поб.2}} + S_{\text{поб.3}}}{3}; l_x = \frac{l}{2}$$

$$S_{\text{поб.1}} = \pi l \left(\frac{d_{11}}{2} + \frac{d_{12}}{2} \right) = 3.14 * 201 * (0,35 + 0,1) = 284,013;$$

$$S_{\text{поб.2}} = \pi l \left(\frac{d_{21}}{2} + \frac{d_{22}}{2} \right) = 3.14 * 103 * (0,35 + 0,1) = 145,539;$$

$$S_{\text{поб.3}} = \pi l \left(\frac{d_{31}}{2} + \frac{d_{32}}{2} \right) = 3.14 * 70 * (0,3 + 0,1) = 87,92;$$

$$\Delta S_{\text{поб.}} = (284,013 + 145,539 + 87,92) / 3 = 172,49$$

$$S_{\text{поб.}} = \Delta S_{\text{поб.}} * N, \text{ где } N - \text{ кол-во побегов; } N=9;$$

$$S_{\text{поб.}} = 172,49 * 9 = 1552,416 \text{ см}^2 \approx 0,1552 \text{ м}^2$$

Баланс площади поверхности биологической массы виноградного куста за эксперимент равен:

$$\sum S_{\text{куста}} = S_{\text{л.пов}} + S_{\text{поб}} = 9,165 + 0,1552 = 9,32 \text{ м}^2$$

$$\sum S_{\text{куста}} = 9,32 \text{ м}^2$$

$$\sum S_{\text{поб.}} - \text{площадь поверхности побегов, см}^2$$

l – длина побега, см

r_1 и r_2 – радиусы усеченного конуса

N – количество побегов, шт.

Приложение А.3. Эксперимент 2. Определение площади поверхности надземной части виноградного куста, сорт Алиготе, 3-я повторность.

Для определения площади поверхности виноградного куста были исследованы листья и побеги разных размеров.

Количество крупных листьев – 82

Количество средних листьев – 332

Количество мелких листьев – 163

Таблица А.3.1

Определение площади листовой поверхности виноградного куста,
сорт Алиготе

Площадь листьев S , см ²			
№ п/п	Крупные	Средние	Мелкие
1	2	3	4
1	229	121	27,5
2	203	110	22
3	191	112	19,5
4	217	117	26
5	224	121	23,5
6	228	123	9,5
7	210	114	18,5
8	209	118	10
9	212	115	24
10	215	114	24,5
11	234	85	21,5
12	223	94	21
13	231	116	17,5
14	202	113	20,5
15	204	91	7
16	194	90	7,5

Продолжение табл.А.3.1

1	2	3	4
17	179	93	7
18	181	93	14
19	186	101	8,5
20	180	99	19
$S_{л.ср.}$	207,6	107	17,425

$\Sigma S_{л. пов.}$ - общая площадь поверхности листьев

$S_{б.л. ср.}$ - площадь поверхности крупных листьев

$S_{с.л. ср.}$ - площадь поверхности средних листьев

$S_{м.л. ср.}$ - площадь поверхности мелких листьев

N - кол-во листьев.

$$S_{л.пов.} = 2S_{б.л.} N + 2S_{с.л.} N + 2S_{м.л.} N,$$

$$S_{л.пов.} = 207,6 \times 82 + 107 \times 332 + 17,425 \times 163 = 55387,475 \text{ см}^2 = 5,5387475 \text{ м}^2 \approx 5,5387 \text{ м}^2$$

Таблица А.3.2

Определение площади поверхности побегов виноградного куста,
сорт Алиготе

Площадь побегов $S, \text{ см}^2$				
№ п/п	Длина побега $l,$ см	Диаметр побега $d, \text{ см}$		Площадь побега $S, \text{ см}^2$
1	$l_1 = 218$	$d_{11} = 0,8$	$d_{12} = 0,25$	359,373
2	$l_2 = 110$	$d_{21} = 0,7$	$d_{22} = 0,2$	155,43
3	$l_3 = 94$	$d_{31} = 0,75$	$d_{32} = 0,15$	132,822

$$S_{куста} = S_{л.пов.} + S_{поб} = 5,5387 \text{ м}^2 + \approx 0,1295 \text{ м}^2 = 5,668 \text{ м}^2$$

$$S_{куста} = 5,668 \text{ м}^2$$

$$S = \pi l(r_1 + r_2)$$

$$\Delta S_{\text{поб.}} = \frac{S_{\text{поб.1}} + S_{\text{поб.2}} + S_{\text{поб.3}}}{3};$$

$$S_{\text{поб.1}} = \pi l \left(\frac{d_{11}}{2} + \frac{d_{12}}{2} \right) = 3,14 * 218(0,4 + 0,125) = 359,373 \text{ см}^2$$

$$S_{\text{поб.2}} = \pi l \left(\frac{d_{21}}{2} + \frac{d_{22}}{2} \right) = 3,14 * 110(0,35 + 0,1) = 155,43 \text{ см}^2$$

$$S_{\text{поб.3}} = \pi l \left(\frac{d_{31}}{2} + \frac{d_{32}}{2} \right) = 3,14 * 94(0,375 + 0,075) = 132,822 \text{ см}^2$$

$$S_{\text{поб. ср.}} = (359,37 + 155,43 + 132,82) / 3 = 215,87 \text{ см}^2$$

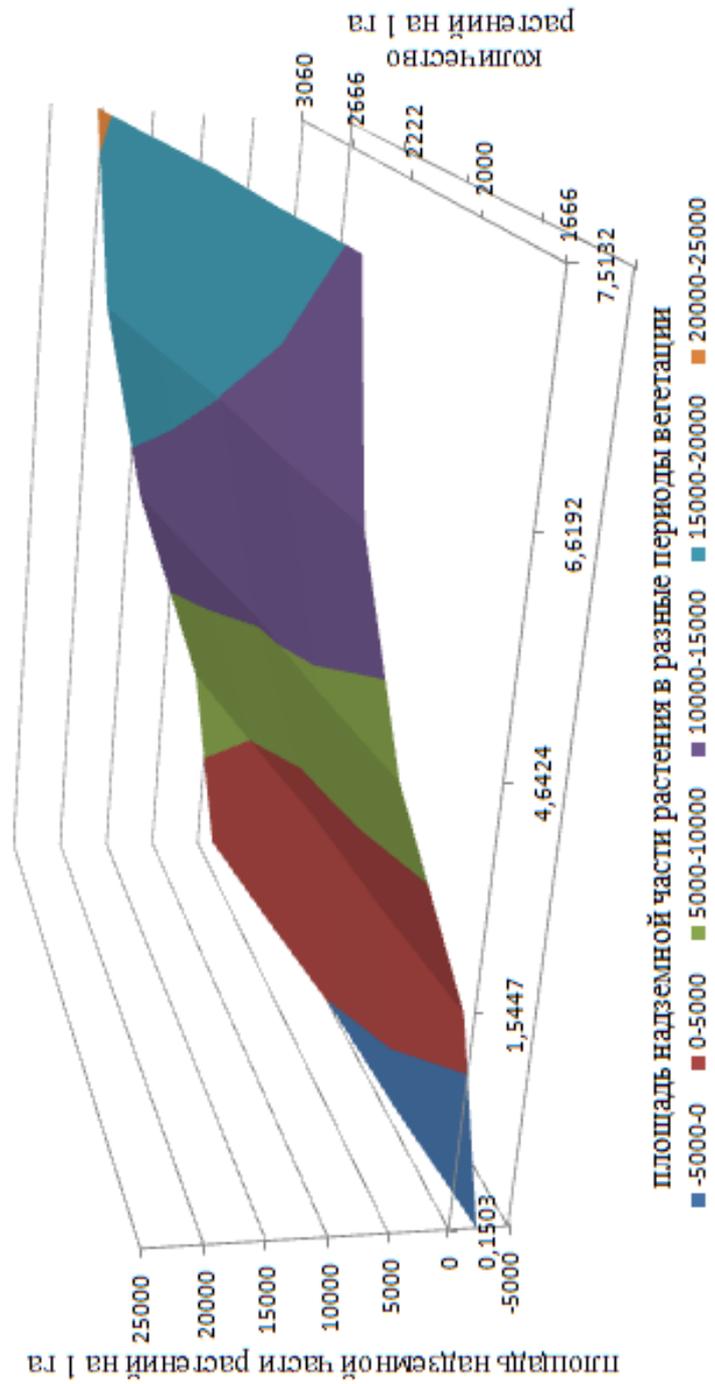
$$\sum S_{\text{поб.}} = S_{\text{поб.ср.}} * N, \text{ где } N - \text{кол-во побегов; } N=6;$$

$$S_{\text{поб}} = 215,87 * 6 = 1295,22 \text{ см}^2 \approx 0,1295 \text{ м}^2$$

Приложение А. 4. Обработка экспериментальных данных по площади поверхности обрабатываемой поверхности га 1 га сорт Каберне Совиньон одношаговым методом наименьших квадратов

Исходные данные		Обработанные данные									
0,1503	1,5447	4,6424	6,6192	7,5132	0,1503	1,5447	4,6424	6,6192	7,5132		
1666	250,3998	2573,47	7734,238	11027,5872	12516,9912	1666	-2337,59	900,4831	8093,9621	12684,49	14760,53
2000	300,6	3089,4	9284,8	13238,4	15026,4	2000	-971,376	2266,699	9460,1783	14050,7	16126,75
2222	333,9666	3432,323	10315,41	14707,8624	16694,3304	2222	-63,2925	3174,783	10368,262	14958,79	17034,83
2666	400,2489	4113,536	12362,71	17626,9296	20007,6516	2666	1752,875	4990,951	12184,43	16774,95	18851
3060	459,918	4726,782	14205,74	20254,752	22990,392	3060	3364,519	6602,595	13796,074	18386,6	20462,65

Динамика развития площади поверхности, надземной части виноградных насаждений на 1 га сорт Каберне Совиньон



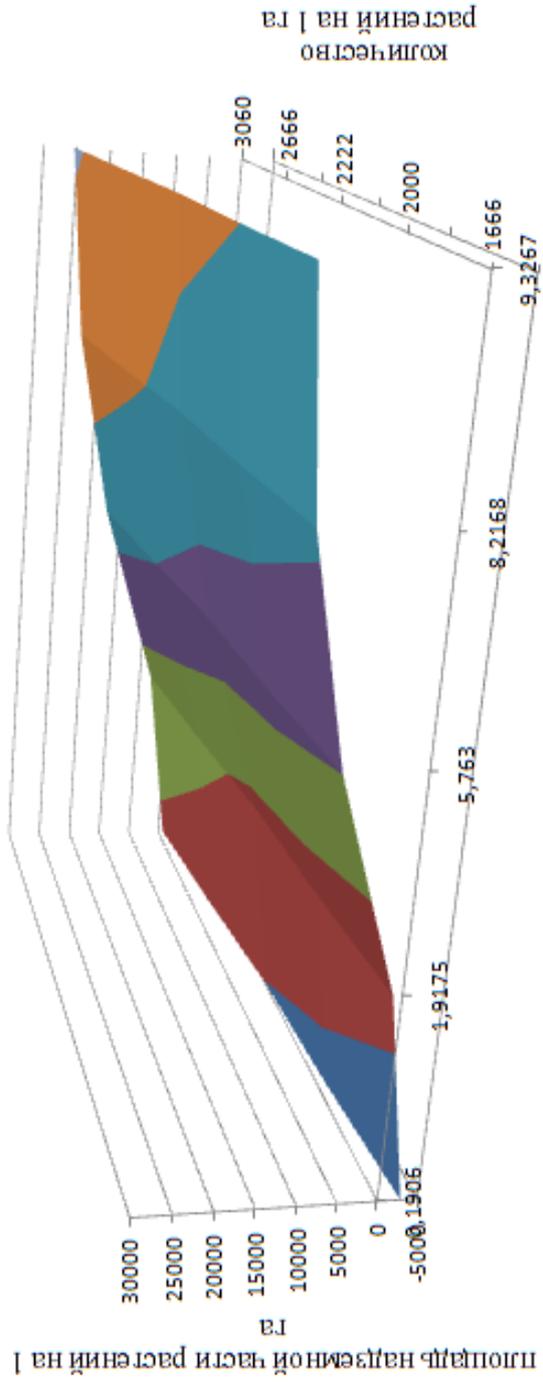
У. площадь обрабатываемой поверхности виноградной лозы Кабарда-Селькупы на 1 га

Приложение А.5. Обработка экспериментальных данных по площади поверхности обрабатываемой поверхности 1 га сорт

Алиготе одношаговым методом наименьших квадратов

	Исходные данные				обработанные данные					
	0,1906	1,9175	5,763	8,2168	9,3267	0,1906	1,9175	5,763	8,2168	9,3267
1666	317,5396	3194,555	9601,158	13689,1888	15538,282	1666	-2895,74	1115,507	10047,835	15747,52
2000	381,2	3835	11526	16433,6	18653,4	2000	-1198,04	2813,202	11745,53	17445,22
2222	423,5132	4260,685	12805,39	18257,7296	20723,927	2222	-69,6327	3941,611	12873,938	18573,62
2666	508,1396	5112,055	15364,16	21905,9888	24864,982	2666	2187,184	6198,427	15130,755	20830,44
3060	583,236	5867,55	17634,78	25143,408	28539,702	3060	4189,854	8201,098	17133,425	22833,11

Динамика развития площади поверхности надземной части виноградных насаждений на 1 га сорт Алиготе



площадь надземной части растения в разные периоды вегетации

	■ -5000-0	■ 0-5000	■ 5000-10000	■ 10000-15000	■ 15000-20000	■ 20000-25000	■ 25000-30000		
Сумма	237014,8	42	28070	102,349	1,41Е+08	2,311Е+08	2,11Е+08	1442348	
Среднее	9506,994	1	2322,8	4,09396	5636799	9509,45	24,84451	23070282	57693,921

Расчеты

~~Matrix~~

	25	58070	127,073	
	58070	140919980	295165,16	Вектор
	127,073	295165,164	957,14219	295165,16
				716284985
				2223249,9

Обратная	1,017031	0,0003849	-0,0163312	
	-0,00038	1,657E-07	1,681E-20	Кoeffициенты
	-0,01633	2,6559E-21	0,003213	11806,61
				5,08292
				2322,8

Регрессионная зависимость

$$Y = -11803,56 + 5,08292 * X_2 + 2322,2 * X_3$$

Приложение Б

Приложение Б.1. Исходные данные полученные расчетно-опытным методом для определения баланса расхода рабочего раствора при обработке виноградных насаждений сорта Каберне Совиньон

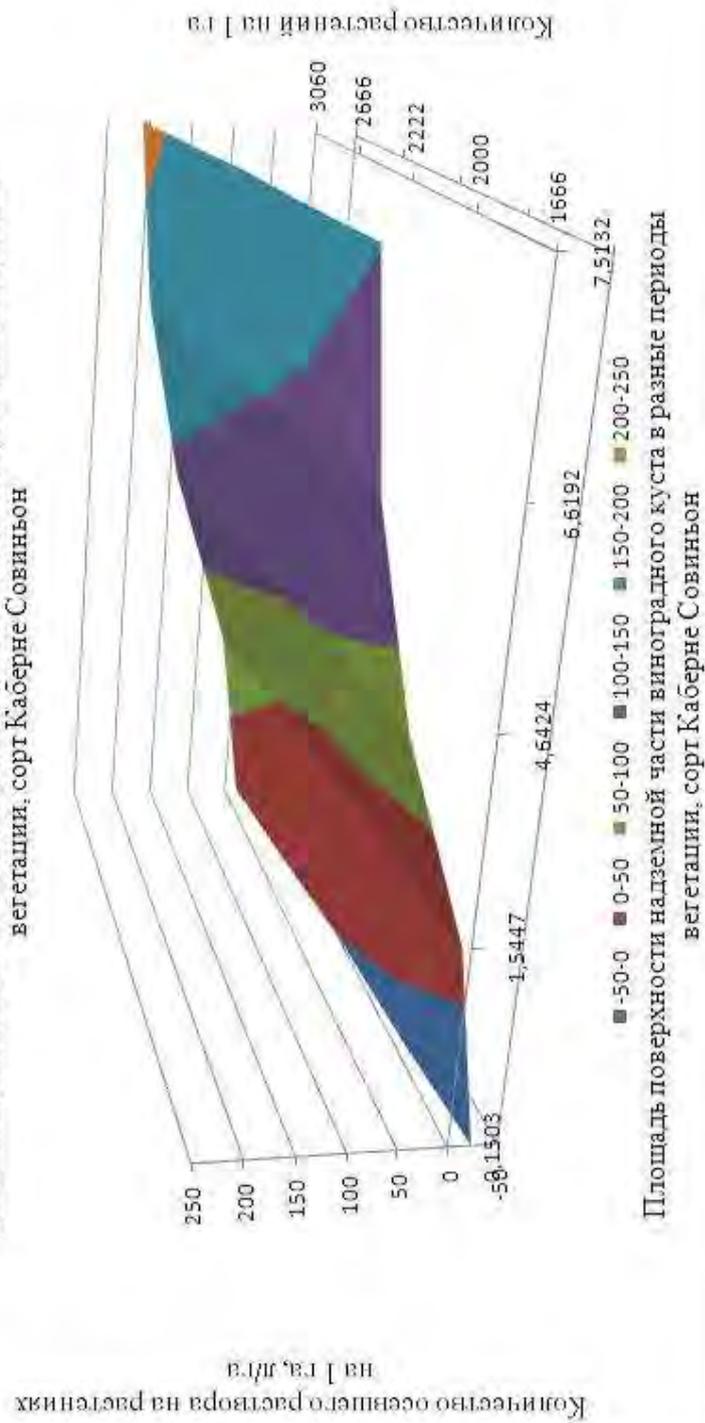
Осевший на растениях рабочий раствор сорт Каберне Совиньон

Исходные данные	
0,1503	1,5447
2,55	26,24
3,06	31,5
3,41	35
4,08	41,95
4,69	48,21
7,5132	6,6192
127,67	112,48
153,26	135,03
170,28	150
204,07	179,79
234,5	206,59

Осевший на растениях рабочий раствор

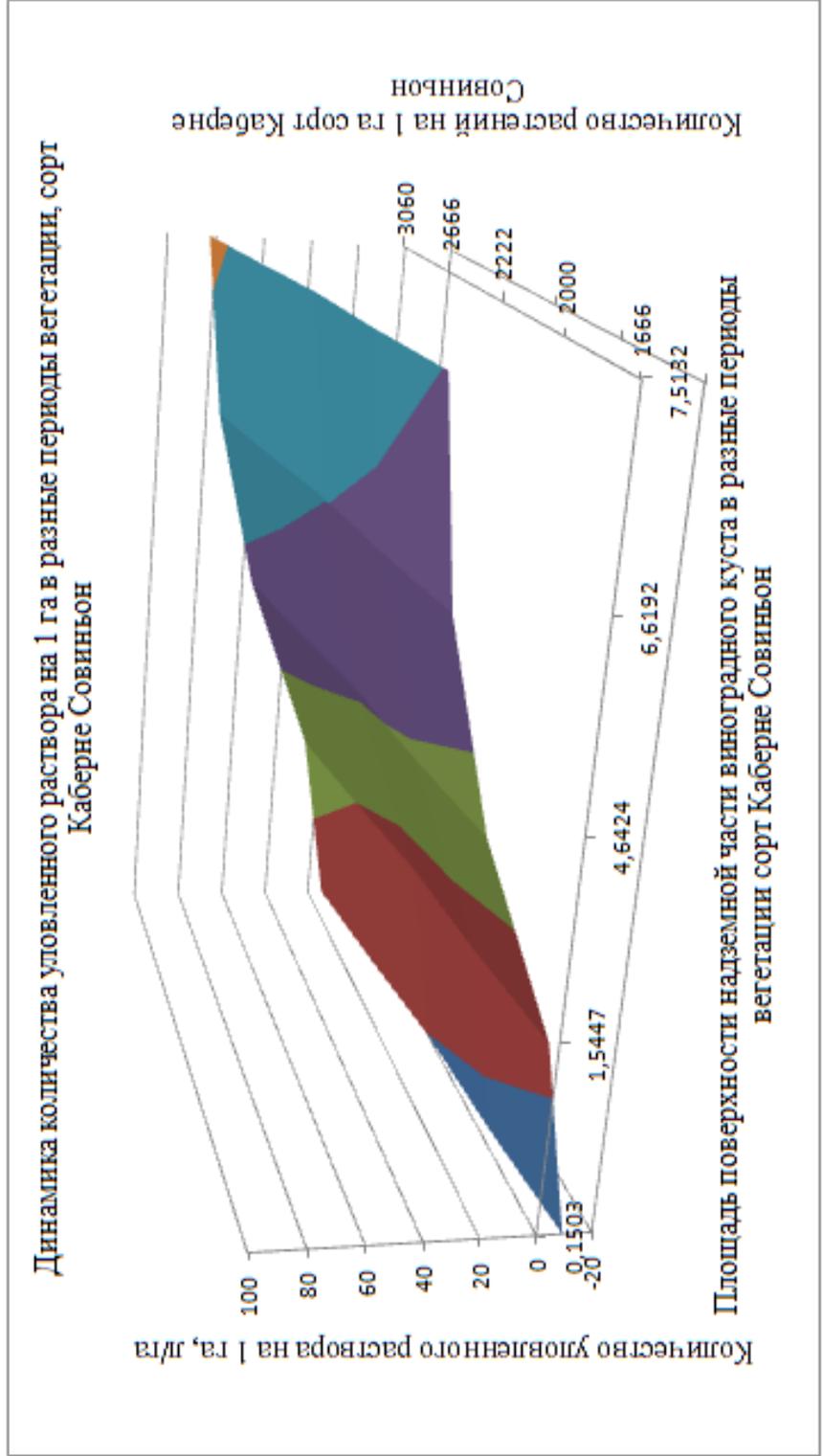
Обработанные данные сорт Каберне Совиньон	
0,1503	1,5447
-23,849	9,178988
-9,91341	23,11461
-0,65081	32,37722
17,87439	50,90242
34,31342	67,34145
4,6424	6,6192
82,55171	129,3746
96,48733	143,3102
105,7499	152,5728
124,2751	171,098
140,7142	187,537
1666	1666
2000	2000
2222	2222
2666	2666
3060	3060
7,5132	7,5132
150,55	150,55
164,4857	164,4857
173,7483	173,7483
192,2735	192,2735
208,7125	208,7125

Динамика количества осевшего на растениях рабочего раствора в разные периоды вегетации, сорт Каберне Совиньон



Приложение Б. 2. Количество рабочего раствора уловленного для повторного использования

Исходные данные по сорту Каберне Совиньон		Обработанные данные				
	0,1503	1,5447	4,6424	6,6192	7,5132	
1666	1,01	10,93	31,23	44,52	50,54	1666
2000	1,21	12,47	37,49	53,45	60,67	2000
2222	1,35	13,85	41,65	59,39	67,41	2222
2666	1,61	16,61	49,92	71,17	80,79	2666
3060	1,85	19,08	57,36	81,78	92,83	3060
	0,1503	1,5447	4,6424	6,6192	7,5132	
	-9,35488	3,710813	32,73663	51,25948	59,63637	
	-3,85816	9,207532	38,23335	56,7562	65,13309	
	-0,20465	12,86104	41,88686	60,40971	68,7866	
	7,102363	20,16806	49,19387	67,71673	76,09361	
	13,58652	26,65221	55,67803	74,20088	82,57777	



X2 - Количество растений на 1 га сорт Каберне Совиньон												
X3 - Площадь поверхности надземной части виноградного куста в разные периоды вегетации сорт Каберне Совиньон												
Y - Уловленный рабочий раствор на 1 га, для повторного использования												
Y	X1	X2	X3	X2*X2	X2*X3	X3*X3	X2*Y	X3*Y	X2*Y	X3*Y	X2*Y	X3*Y
1,01	1	1666	0,1503	2775556	250,3998	0,02259	1682,66	0,151803	1682,66	0,151803	1682,66	0,151803
1,21	1	2000	0,1503	4000000	300,6	0,02259	2420	0,181863	2420	0,181863	2420	0,181863
1,35	1	2222	0,1503	4937284	333,9666	0,02259	2999,7	0,202905	2999,7	0,202905	2999,7	0,202905
1,61	1	2666	0,1503	7107556	400,6998	0,02259	4292,26	0,241983	4292,26	0,241983	4292,26	0,241983
1,85	1	3060	0,1503	9363600	459,918	0,02259	5661	0,278055	5661	0,278055	5661	0,278055
10,93	1	1666	1,5447	2775556	2573,47	2,386098	18209,38	16,88357	18209,38	16,88357	18209,38	16,88357
12,47	1	2000	1,5447	4000000	3089,4	2,386098	24940	19,26241	24940	19,26241	24940	19,26241
13,85	1	2222	1,5447	4937284	3432,323	2,386098	30774,7	21,3941	30774,7	21,3941	30774,7	21,3941
16,61	1	2666	1,5447	7107556	4118,17	2,386098	44282,26	25,65747	44282,26	25,65747	44282,26	25,65747
19,08	1	3060	1,5447	9363600	4726,782	2,386098	58384,8	29,47288	58384,8	29,47288	58384,8	29,47288
31,23	1	1666	4,6424	2775556	7734,238	21,55188	52029,18	144,9822	52029,18	144,9822	52029,18	144,9822
37,49	1	2000	4,6424	4000000	9284,8	21,55188	74980	174,0436	74980	174,0436	74980	174,0436
41,65	1	2222	4,6424	4937284	10315,41	21,55188	92546,3	193,356	92546,3	193,356	92546,3	193,356
49,92	1	2666	4,6424	7107556	12376,64	21,55188	133086,7	231,7486	133086,7	231,7486	133086,7	231,7486
57,36	1	3060	4,6424	9363600	14205,74	21,55188	175521,6	266,2881	175521,6	266,2881	175521,6	266,2881
44,52	1	1666	6,6192	2775556	11027,59	43,81381	74170,32	294,6868	74170,32	294,6868	74170,32	294,6868
53,45	1	2000	6,6192	4000000	13238,4	43,81381	106900	353,7962	106900	353,7962	106900	353,7962
59,39	1	2222	6,6192	4937284	14707,86	43,81381	131964,6	393,1143	131964,6	393,1143	131964,6	393,1143
71,17	1	2666	6,6192	7107556	17646,79	43,81381	189739,2	471,0885	189739,2	471,0885	189739,2	471,0885
81,78	1	3060	6,6192	9363600	20254,75	43,81381	250246,8	541,3182	250246,8	541,3182	250246,8	541,3182
50,54	1	1666	7,5132	2775556	12516,99	56,44817	84199,64	379,7171	84199,64	379,7171	84199,64	379,7171
60,67	1	2000	7,5132	4000000	15026,4	56,44817	121340	455,8258	121340	455,8258	121340	455,8258
67,41	1	2222	7,5132	4937284	16694,33	56,44817	149785	506,4648	149785	506,4648	149785	506,4648
80,79	1	2666	7,5132	7107556	20030,19	56,44817	215386,1	606,9914	215386,1	606,9914	215386,1	606,9914
92,83	1	3060	7,5132	9363600	22990,39	56,44817	284059,8	697,4504	284059,8	697,4504	284059,8	697,4504
960,17	25	58070	102,349	1,41E+08	237736,3	621,1127	2329602	5824,599	2329602	5824,599	2329602	5824,599
38,4068	1	2322,8	4,09396	5636799	9509,45	24,84451	93184,08	232,984	93184,08	232,984	93184,08	232,984

Сумма
Среднее

Расчет

Matrix

	25	58070	102,349	Вектор	960,17
	58070	1,41E+08	237736,3		2329602
	102,349	237736,3	621,1127		5824,599

Обратная

1,016952	-0,00038	-0,02026	Коэффициенты	-38,181
-0,00038	1,66E-07	-4,2E-20		0,016457
-0,02026	-2E-20	0,004948		9,370119

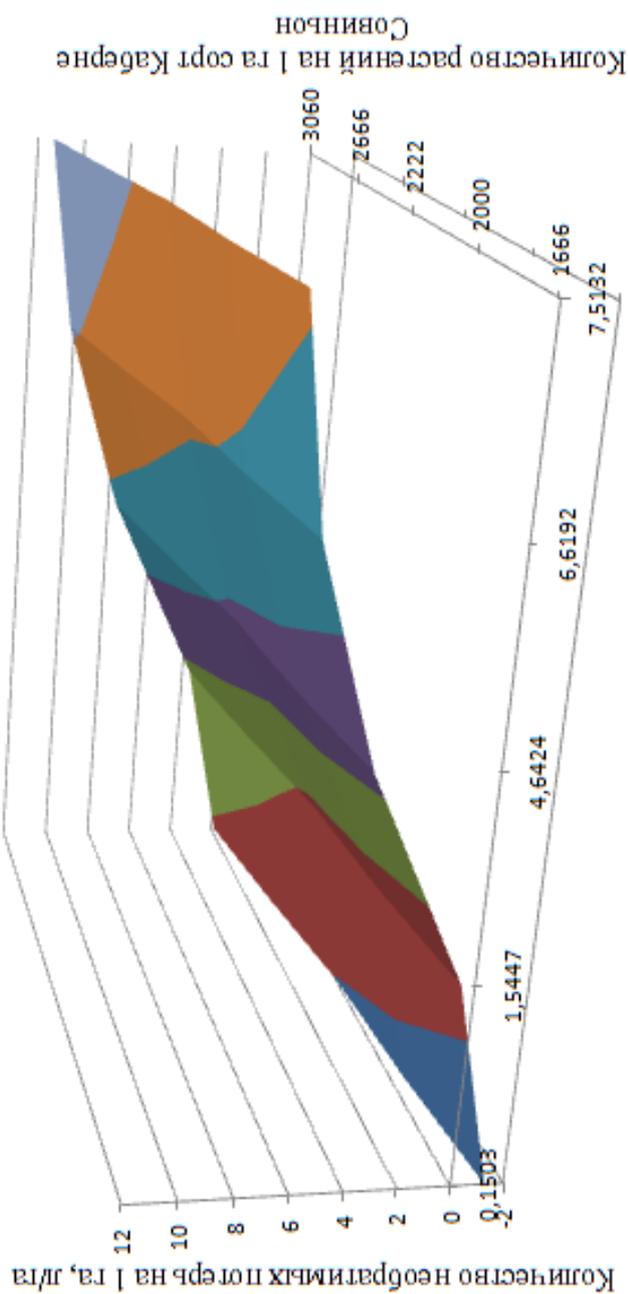
Регрессионная
зависимость

$$Y = 19,84852 + 0,016457 * X_2 - 4,8043 * X_3$$

Приложение Б.3. Количество необратимых потерь на 1 га в разные периоды вегетации

Исходные данные по сорту Каберне Совиньон		Обработанные данные			
	0,1503	1,5447	4,6424	6,6192	7,5132
1666	0,13	1,42	4,28	6,1	6,93
2000	0,16	1,71	5,14	7,33	8,32
2222	0,18	1,9	5,71	8,14	9,24
2666	0,22	2,27	6,84	9,76	11,08
3060	0,25	2,61	7,86	11,22	12,73

Динамика потерь рабочего раствора на 1 га в разные периоды вегетации сорт Каберне Совиньон



Площадь поверхности надземной части виноградного растения в разные периоды вегетации сорт Каберне Совиньон

X2 - Количество растений на 1 га сорт Каберне Совиньон

X3 - Площадь поверхности надземной части виноградного куста в разные периоды вегетации сорт Каберне Совиньон

Y - Необратимые потери рабочего раствора на 1га

Y	X1	X2	X3	X2*X2	X2*X3	X3*X3	X2*Y	X3*Y
0,13	1	1666	0,1503	2775556	250,3998	0,02259	216,58	0,019539
0,16	1	2000	0,1503	4000000	300,6	0,02259	320	0,024048
0,18	1	2222	0,1503	4937284	333,9666	0,02259	399,96	0,027054
0,22	1	2666	0,1503	7107556	400,6998	0,02259	586,52	0,033066
0,25	1	3060	0,1503	9363600	459,918	0,02259	765	0,037575
1,42	1	1666	1,5447	2775556	2573,47	2,386098	2365,72	2,193474
1,71	1	2000	1,5447	4000000	3089,4	2,386098	3420	2,641437
1,9	1	2222	1,5447	4937284	3432,323	2,386098	4221,8	2,93493
2,27	1	2666	1,5447	7107556	4118,17	2,386098	6051,82	3,506469
2,61	1	3060	1,5447	9363600	4726,782	2,386098	7986,6	4,031667
4,28	1	1666	4,6424	2775556	7734,238	21,55188	7130,48	19,86947
5,14	1	2000	4,6424	4000000	9284,8	21,55188	10280	23,86194
5,71	1	2222	4,6424	4937284	10315,41	21,55188	12687,62	26,5081
6,84	1	2666	4,6424	7107556	12376,64	21,55188	18235,44	31,75402
7,86	1	3060	4,6424	9363600	14205,74	21,55188	24051,6	36,48926
6,1	1	1666	6,6192	2775556	11027,59	43,81381	10162,6	40,37712
7,33	1	2000	6,6192	4000000	13238,4	43,81381	14660	48,51874
8,14	1	2222	6,6192	4937284	14707,86	43,81381	18087,08	53,88029
9,76	1	2666	6,6192	7107556	17646,79	43,81381	26020,16	64,60339
11,22	1	3060	6,6192	9363600	20254,75	43,81381	34333,2	74,26742
6,93	1	1666	7,5132	2775556	12516,99	56,44817	11545,38	52,06648
8,32	1	2000	7,5132	4000000	15026,4	56,44817	16640	62,50982
9,24	1	2222	7,5132	4937284	16694,33	56,44817	20531,28	69,42197
11,08	1	2666	7,5132	7107556	20030,19	56,44817	29539,28	83,24626
12,73	1	3060	7,5132	9363600	22990,39	56,44817	38953,8	95,64304
Сумма	131,53	25	58070	1,41E+08	237736,3	621,1127	319191,9	798,4666
Среднее	5,2612	1	2322,8	5636799	9509,45	24,84451	12767,68	31,93866

Расчет

Matrix

25	58070	102,349
58070	1,41E+08	237736,3
102,349	237736,3	621,1127

Вектор

131,53
319191,9
798,4666

Обратная

1,016952	-0,00038	-0,02026
-0,00038	1,66E-07	-4,2E-20
-0,02026	-2E-20	0,004948

Коэффициенты

-5,26839
0,002266
1,286432

Регрессионная зависимость

$$Y=2,698532+0,002266*X2-0,65959*X3$$

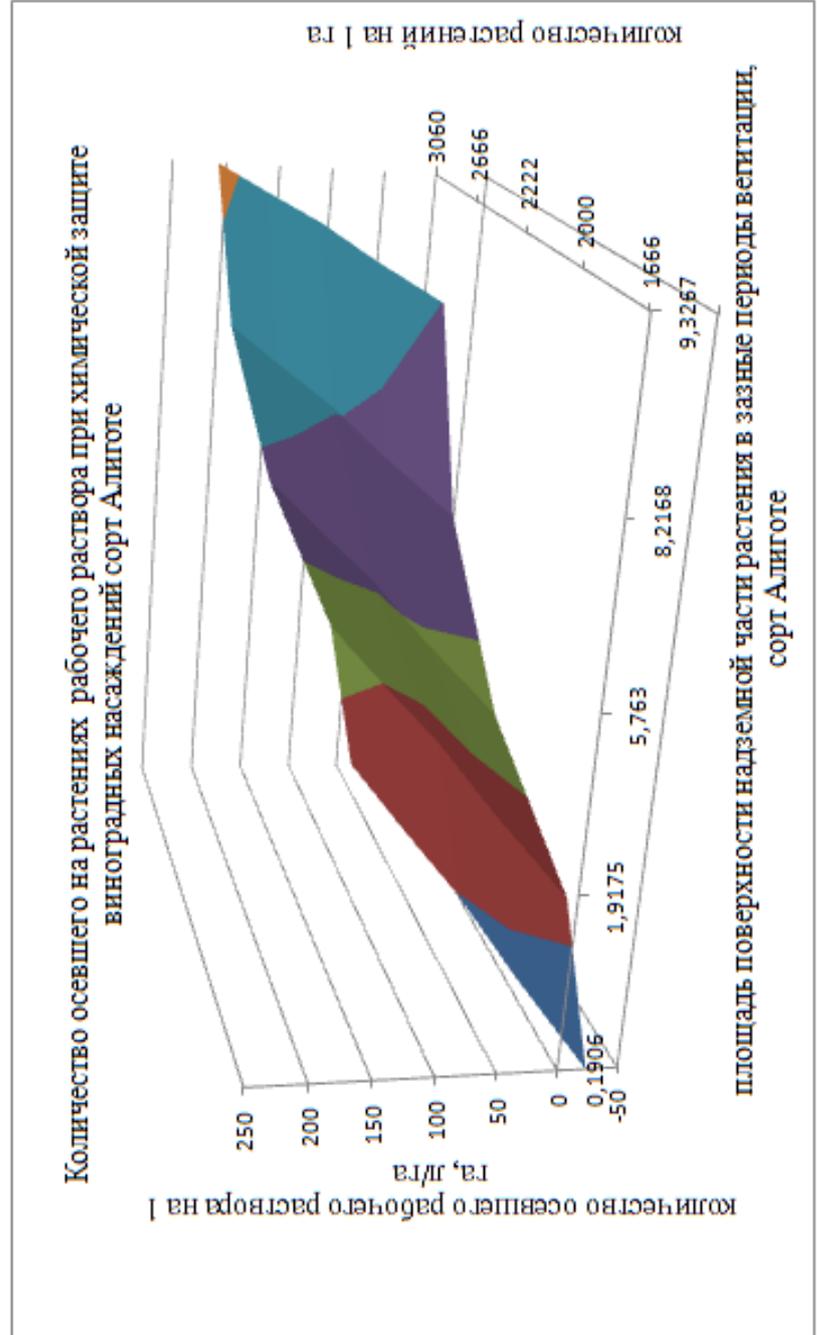
Приложение Б.4. Исходные данные полученные расчетно-опытным методом для определения баланса расхода рабочего раствора при обработке виноградных насаждений сорта Алиготе

Осевший на растениях рабочий раствор сорт Алиготе Осевший на растениях рабочий раствор сорт Алиготе

Исходные данные

	0,1906	1,9175	5,763	8,2168	9,3267		0,1906	1,9175	5,763	8,2168	9,3267
1666	2,594299	26,09951	78,44146	111,8407	126,9478		1666	-23,6582	9,113695	82,09081	128,6572
2000	3,114404	31,33195	94,16742	134,2625	152,3983		2000	-9,78799	22,98387	95,96098	142,5274
2222	3,460103	34,8098	104,62	149,1657	169,3145		2222	-0,5689	32,20296	105,1801	151,7465
2666	4,151501	41,76549	125,5252	178,9719	203,1469		2666	17,86929	50,64115	123,6183	170,1847
3060	4,765038	47,93788	144,0762	205,4216	233,1693		3060	34,23111	67,00297	139,9801	186,5465

Обработанные данные



X2 - Количество растений на 1 га сорт Алиготе												
X3 - Площадь поверхности растений в разные периоды вегетации сорт Алиготе												
Y - Количество рабочего раствора необходимого для качественной обработки 1 га насаждений сорт Алиготе												
Y	X1	X2	X3	X2*X2	X2*X3	X3*X3	X2*Y	X3*Y	X2*Y	X3*Y	X2*Y	X3*Y
2,594299	1	1666	0,1906	2775556	317,5396	0,036328	4322,101	0,494473	4322,101	0,494473	4322,101	0,494473
3,114404	1	2000	0,1906	4000000	381,2	0,036328	6228,808	0,593605	6228,808	0,593605	6228,808	0,593605
3,460103	1	2222	0,1906	4937284	423,5132	0,036328	7688,349	0,659496	7688,349	0,659496	7688,349	0,659496
4,151501	1	2666	0,1906	7107556	508,1396	0,036328	11067,9	0,791276	11067,9	0,791276	11067,9	0,791276
4,765038	1	3060	0,1906	9363600	583,236	0,036328	14581,02	0,908216	14581,02	0,908216	14581,02	0,908216
26,09951	1	1666	1,9175	2775556	3194,555	3,676806	43481,79	50,04582	43481,79	50,04582	43481,79	50,04582
31,33195	1	2000	1,9175	4000000	3835	3,676806	62663,9	60,07901	62663,9	60,07901	62663,9	60,07901
34,8098	1	2222	1,9175	4937284	4260,685	3,676806	77347,37	66,74778	77347,37	66,74778	77347,37	66,74778
41,76549	1	2666	1,9175	7107556	5112,055	3,676806	111346,8	80,08533	111346,8	80,08533	111346,8	80,08533
47,93788	1	3060	1,9175	9363600	5867,55	3,676806	146689,9	91,92089	146689,9	91,92089	146689,9	91,92089
78,44146	1	1666	5,763	2775556	9601,158	33,21217	130683,5	452,0581	130683,5	452,0581	130683,5	452,0581
94,16742	1	2000	5,763	4000000	11526	33,21217	188334,8	542,6868	188334,8	542,6868	188334,8	542,6868
104,62	1	2222	5,763	4937284	12805,39	33,21217	232465,6	602,9251	232465,6	602,9251	232465,6	602,9251
125,5252	1	2666	5,763	7107556	15364,16	33,21217	334650,1	723,4017	334650,1	723,4017	334650,1	723,4017
144,0762	1	3060	5,763	9363600	17634,78	33,21217	440873	830,3109	440873	830,3109	440873	830,3109
111,8407	1	1666	8,2168	2775556	13689,19	67,5158	186326,6	918,9724	186326,6	918,9724	186326,6	918,9724
134,2625	1	2000	8,2168	4000000	16433,6	67,5158	268525	1103,208	268525	1103,208	268525	1103,208
149,1657	1	2222	8,2168	4937284	18257,73	67,5158	331446,1	1225,664	331446,1	1225,664	331446,1	1225,664
178,9719	1	2666	8,2168	7107556	21905,99	67,5158	477139,2	1470,577	477139,2	1470,577	477139,2	1470,577
205,4216	1	3060	8,2168	9363600	25143,41	67,5158	628590,2	1687,909	628590,2	1687,909	628590,2	1687,909
126,9478	1	1666	9,3267	2775556	15538,28	86,98733	211495	1184,004	211495	1184,004	211495	1184,004
152,3983	1	2000	9,3267	4000000	18653,4	86,98733	304796,6	1421,373	304796,6	1421,373	304796,6	1421,373
169,3145	1	2222	9,3267	4937284	20723,93	86,98733	376216,8	1579,145	376216,8	1579,145	376216,8	1579,145
203,1469	1	2666	9,3267	7107556	24864,98	86,98733	541589,6	1894,69	541589,6	1894,69	541589,6	1894,69
233,1693	1	3060	9,3267	9363600	28539,7	86,98733	713498,2	2174,701	713498,2	2174,701	713498,2	2174,701
2411,499	25	58070	127,073	1,41E+08	295165,2	957,1422	5852048	18163,95	5852048	18163,95	5852048	18163,95
96,45998	1	2322,8	5,08292	5636799	11806,61	38,28569	234081,9	726,5581	234081,9	726,5581	234081,9	726,5581

Сумма
Среднее

Расчет

Matrix	25	58070	127,073	Вектор	2411,499
	58070	1,41E+08	295165,2		5852048
	127,073	295165,2	957,1422		18163,95
Обратная	1,017031	-0,00038	-0,01633	Коэффициенты	-96,46
	-0,00038	1,66E-07	1,68E-20		0,041527
	-0,01633	2,66E-21	0,003213		18,97728

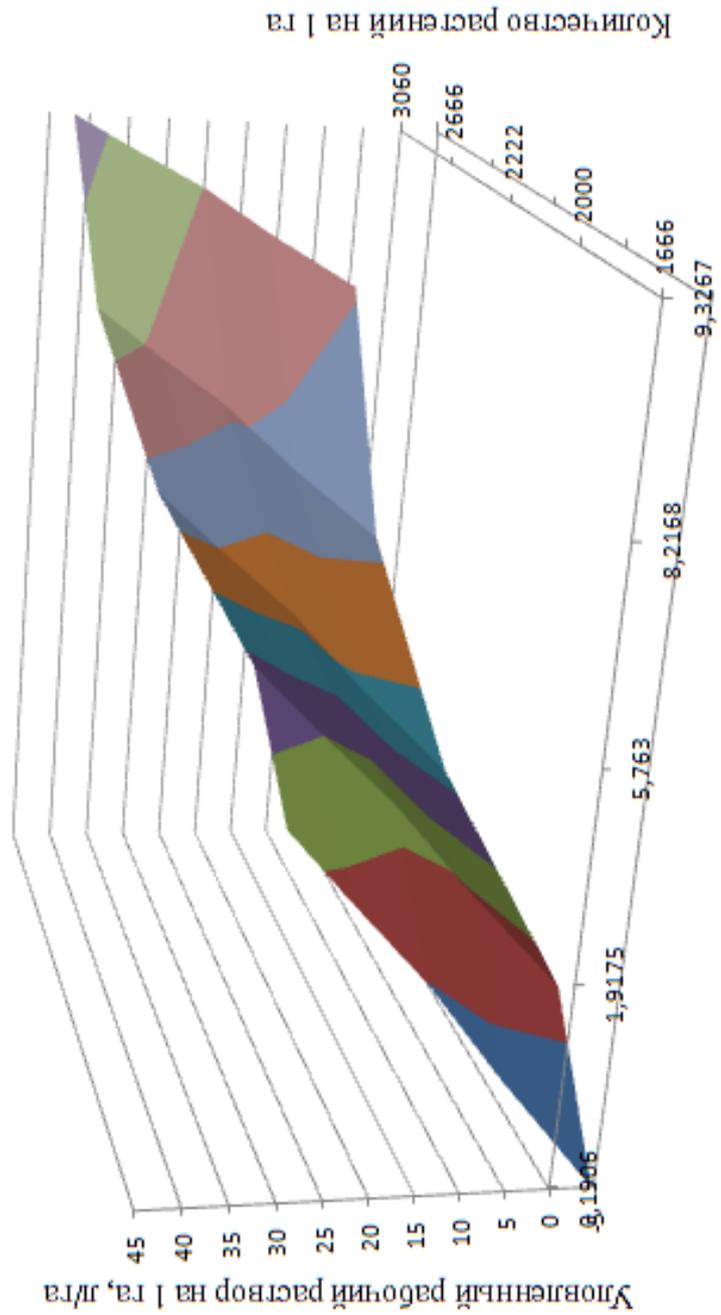
Регрессионная зависимость

$$Y=49,76916+0,041723*X_2-12,1445*X_3$$

Приложение Б.5. Количество рабочего раствора уловленного для повторного использования

Исходные данные сорт Алиготе		Обработанные данные сорт Алиготе				
	0,1906	1,9175	5,763	8,2168	9,3267	
1666	0,52394	5,271016	15,84191	22,58716	25,63817	1666
2000	0,62898	6,32775	19,0179	27,11544	30,77811	2000
2222	0,698797	7,03013	21,12889	30,12525	34,19448	2222
2666	0,83843	8,434891	25,35086	36,14488	41,02722	2666
3060	0,962339	9,681458	29,09739	41,48662	47,09051	3060

Количество уловленного рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений сорт Алиготе



Площадь поверхности надземной части виноградного куста в разные периоды вегетации сорт Алиготе

У	Х1	Х2	Х3	Х2*Х2	Х2*Х3	Х3*Х3	Х2*У	Х3*У	
	0,52394	1	1666	0,1906	2775556	317,5396	0,036328	872,8846	0,099863
	0,62898	1	2000	0,1906	4000000	381,2	0,036328	1257,96	0,119884
	0,698797	1	2222	0,1906	4937284	423,5132	0,036328	1552,726	0,133191
	0,83843	1	2666	0,1906	7107556	508,1396	0,036328	2235,255	0,159805
	0,962339	1	3060	0,1906	9363600	583,236	0,036328	2944,759	0,183422
	5,271016	1	1666	1,9175	2775556	3194,555	3,676806	8781,512	10,10717
	6,32775	1	2000	1,9175	4000000	3835	3,676806	12655,5	12,13346
	7,03013	1	2222	1,9175	4937284	4260,685	3,676806	15620,95	13,48027
	8,434891	1	2666	1,9175	7107556	5112,055	3,676806	22487,42	16,1739
	9,681458	1	3060	1,9175	9363600	5867,55	3,676806	29625,26	18,56419
	15,84191	1	1666	5,763	2775556	9601,158	33,21217	26392,62	91,29693
	19,0179	1	2000	5,763	4000000	11526	33,21217	38035,8	109,6002
	21,12889	1	2222	5,763	4937284	12805,39	33,21217	46948,39	121,7658
	25,35086	1	2666	5,763	7107556	15364,16	33,21217	67585,4	146,097
	29,09739	1	3060	5,763	9363600	17634,78	33,21217	89038	167,6882
	22,58716	1	1666	8,2168	2775556	13689,19	67,5158	37630,21	185,5942
	27,11544	1	2000	8,2168	4000000	16433,6	67,5158	54230,88	222,8021
	30,12525	1	2222	8,2168	4937284	18257,73	67,5158	66938,31	247,5332
	36,14488	1	2666	8,2168	7107556	21905,99	67,5158	96362,26	296,9953
	41,48662	1	3060	8,2168	9363600	25143,41	67,5158	126949,1	340,8873
	25,63817	1	1666	9,3267	2775556	15538,28	86,98733	42713,18	239,1195
	30,77811	1	2000	9,3267	4000000	18653,4	86,98733	61556,22	287,0582
	34,19448	1	2222	9,3267	4937284	20723,93	86,98733	75980,14	318,9217
	41,02722	1	2666	9,3267	7107556	24864,98	86,98733	109378,6	382,6485
	47,09051	1	3060	9,3267	9363600	28539,7	86,98733	144096,9	439,199
Сумма	487,0225	25	58070	127,073	1,41E+08	295165,2	957,1422	1181870	3668,362
Среднее	19,4809	1	2322,8	5,08292	5636799	11806,61	38,28569	47274,81	146,7345

Х2 - Количество растений на 1 га сорт Алиготе

Х3 - Площадь поверхности надземной части виноградного куста в разные периоды вегетации сорт Алиготе

У - Уловленный рабочий раствор на 1га, для повторного использования

Расчет

Matrix

25	58070	127,073
58070	1,41E+08	295165,2
127,073	295165,2	957,1422

Вектор

487,0225
1181870
3668,362

Обратная

1,017031	-0,00038	-0,01633
-0,00038	1,66E-07	1,68E-20
-0,01633	2,66E-21	0,003213

Коэффициенты

-19,4809
0,008387
3,83262

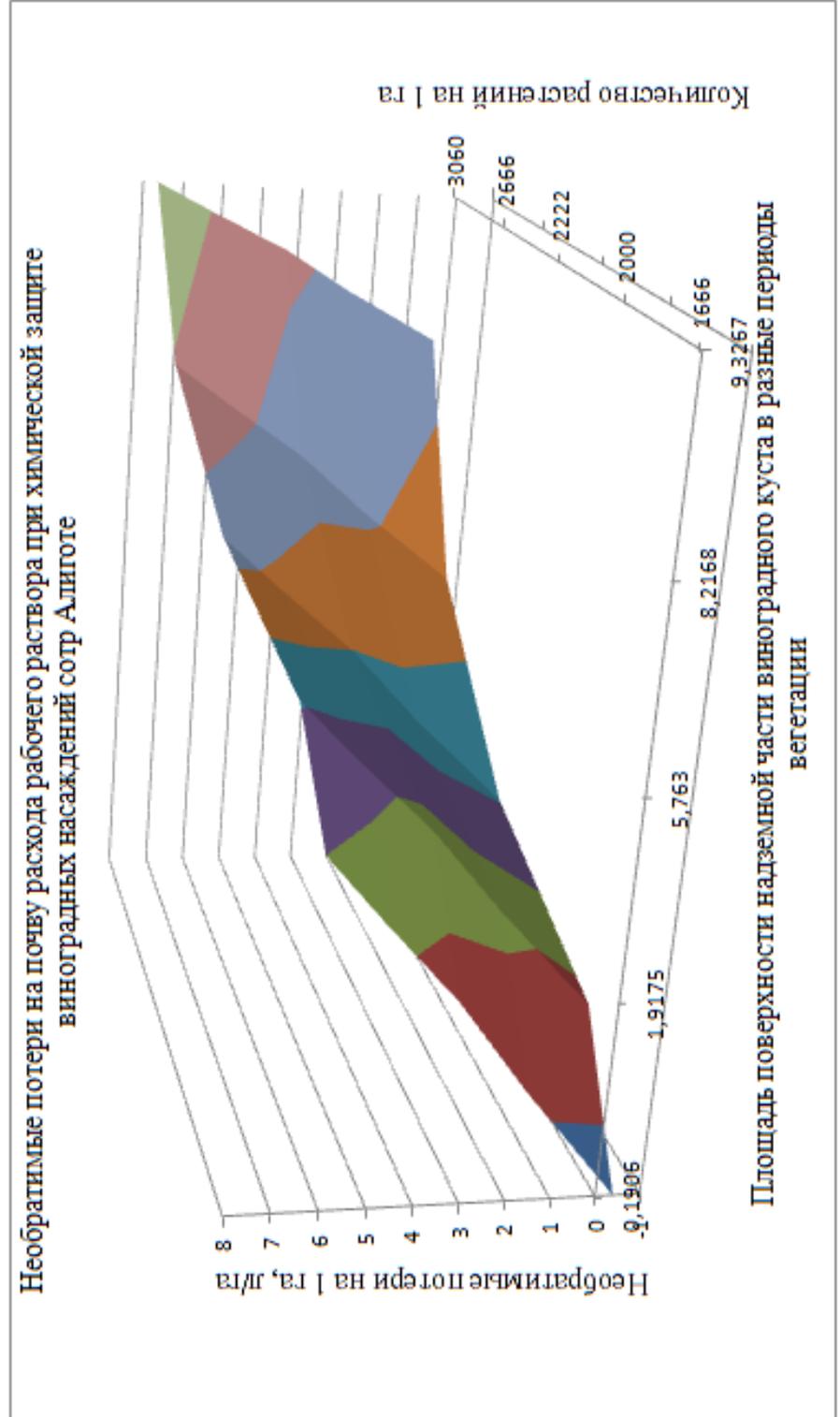
Регрессионная зависимость

$$Y = 19,84852 + 0,016457 * X_2 - 4,8043 * X_3$$

Приложение Б. 6. Количество необратимых потерь на 1 га в разные периоды вегетации

	Исходные данные по сорту Алиготе					Обработанные данные					
	0,1906	1,9175	5,763	8,2168	9,3267		0,1906	1,9175	5,763	8,2168	9,3267
1666	0,095262	0,958367	2,880347	4,106757	4,661485	1666	-0,39914	0,66527	3,035516	4,547961	5,232069
2000	1,1436	1,1505	3,4578	4,93008	5,59602	2000	0,175713	1,24012	3,610366	5,122811	5,806919
2222	1,27054	1,278206	3,841616	5,477319	6,217178	2222	0,557799	1,622206	3,992452	5,504897	6,189005
2666	1,524419	1,533617	4,609248	6,571797	7,459494	2666	1,321971	2,386378	4,756624	6,269069	6,953177
3060	1,749708	1,760265	5,290434	7,543022	8,56191	3060	2,000088	3,064495	5,43474	6,947186	7,631293

Необратимые потери на почву расхода рабочего раствора при химической защите виноградных насаждений сорт Алиготе



Y	X1	X2	X3	X2*X2	X2*X3	X3*X3	X2*Y	X3*Y
0,095262	1	1666	0,1906	2775556	317,5396	0,036328	158,7063	0,018157
1,1436	1	2000	0,1906	4000000	381,2	0,036328	2287,2	0,21797
1,27054	1	2222	0,1906	4937284	423,5132	0,036328	2823,139	0,242165
1,524419	1	2666	0,1906	7107556	508,1396	0,036328	4064,101	0,290554
1,749708	1	3060	0,1906	9363600	583,236	0,036328	5354,106	0,333494
0,958367	1	1666	1,9175	2775556	3194,555	3,676806	1596,639	1,837668
1,1505	1	2000	1,9175	4000000	3835	3,676806	2301	2,206084
1,278206	1	2222	1,9175	4937284	4260,685	3,676806	2840,173	2,450959
1,533617	1	2666	1,9175	7107556	5112,055	3,676806	4088,622	2,94071
1,760265	1	3060	1,9175	9363600	5867,55	3,676806	5386,411	3,375308
2,880347	1	1666	5,763	2775556	9601,158	33,21217	4798,659	16,59944
3,4578	1	2000	5,763	4000000	11526	33,21217	6915,6	19,9273
3,841616	1	2222	5,763	4937284	12805,39	33,21217	8536,07	22,13923
4,609248	1	2666	5,763	7107556	15364,16	33,21217	12288,26	26,5631
5,290434	1	3060	5,763	9363600	17634,78	33,21217	16188,73	30,48877
4,106757	1	1666	8,2168	2775556	13689,19	67,5158	6841,857	33,7444
4,93008	1	2000	8,2168	4000000	16433,6	67,5158	9860,16	40,50948
5,477319	1	2222	8,2168	4937284	18257,73	67,5158	12170,6	45,00603
6,571797	1	2666	8,2168	7107556	21905,99	67,5158	17520,41	53,99914
7,543022	1	3060	8,2168	9363600	25143,41	67,5158	23081,65	61,97951
4,661485	1	1666	9,3267	2775556	15538,28	86,98733	7766,033	43,47627
5,59602	1	2000	9,3267	4000000	18653,4	86,98733	11192,04	52,1924
6,217178	1	2222	9,3267	4937284	20723,93	86,98733	13814,57	57,98576
7,459494	1	2666	9,3267	7107556	24864,98	86,98733	19887,01	69,57246
8,56191	1	3060	9,3267	9363600	28539,7	86,98733	26199,44	79,85437
93,66899	25	58070	127,073	1,41E+08	295165,2	957,1422	227961,2	667,9507
3,74676	1	2322,8	5,08292	5636799	11806,61	38,28569	9118,447	26,71803

Сумма
Среднее

Расчет

~~Matrix~~

25	58070	127,073
58070	1,41E+08	295165,2
127,073	295165,2	957,1422

Вектор	93,66899
	227961,2
	667,9507

Обратная

1,017031	-0,00038	-0,01633
-0,00038	1,66E-07	1,68E-20
-0,01633	2,66E-21	0,003213

Коэффициенты

-3,38398
0,001721
0,616369

Регрессионная зависимость

$$Y=2,698532+0,002266*X2-0,65959*X3$$

Приложение В



УКРАЇНА

(11) **64628 A**

(19) (UA)

(51) 7 A01C23/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І
НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

Деклараційний патент на винахід

видано відповідно до Закону України
"Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"

Голова Державного Департаменту
Інтелектуальної власності



М. Паладій

(21) 2003087363

(22) 05.08.2003

(24) 16.02.2004

(46) 16.02.2004. Бюл. № 2

(72) Догода Петро Онуфрійович, Аніщенко Володимир Іванович, Догода Микола Петрович, Догода Олександр Петрович, Плотников Владислав Володимирович
(73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ МАЛЕ ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО "НАУКА"

(54) ОБПРИСКУВАЧ ДЛЯ САДІВ І ВИНОГРАДНИКІВ



НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 47728

ОБПРИСКУВАЧ НАВІСНИЙ ВИНОГРАДНИКОВИЙ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **25.02.2010**.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M.V. Paladiy".

М.В. Паладій



(11) **47728**(19) **UA**(51) МПК (2009)
A01G 17/00(21) Номер заявки: **u 2009 07557**(22) Дата подання заявки: **17.07.2009**(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.02.2010**(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **25.02.2010, Бюл. № 4**

(72) Винахідники

Догода Петро Онуфрійович, UA,**Сидоренко Іван Дмитрович, UA,****Соболевський Іван****Вітальович, UA,****Аніщенко Володимир****Іванович, UA,****Догода Микола Петрович,****UA,****Догода Олександр Петрович,****UA**

(73) Власник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ**УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ****І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ****УКРАЇНИ,**

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ

41, 03041, Україна, UA

(54) Назва корисної моделі

ОБПРИСКУВАЧ НАВІСНИЙ ВИНОГРАДНИКОВИЙ

(57) Формула корисної моделі

Обприскувач навісний виноградниковий, що містить раму, амбразуру для робочого розчину, фільтр, забірну магістраль, відцентровий насос, зливну магістраль, кінцевою передачею, вентилятор, напітальну магістраль, принципну серезку, розпилюючий пристрій, який відрізняється тим, що для підвищення якості здрібнення робочої рідини він містить зривчастку, лопатки якої здатні змінювати кут атаки за рахунок поворотних шайб для зменшення сили дії поперічного потоку на робочу рідину і, як наслідок, зменшення кількості обертів розпилюючого пристрою, крім того, між двома суміжними отворами корпусу встановлені часті розбризкувачі для здрібнення рідини, яка випітає з периферійних отворів корпусу, а тарілки виконані у чашкоподібній формі для прямолинійного напрямку з відсутністю завихрення на виході з сопла обприскувача.

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 59869

**ОБПРИСКУВАЧ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ВІНОГРАДНИКІВ
РОЗЧИНАМИ ОТРУТОХІМІКАТІВ У ЗАКРИТИХ КАМЕРАХ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.06.2011.**

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



(11) 59869

(19) UA

(51) МПК (2011 01)
A01G 13/00

(21) Номер заявки: **u 2010 06941**

(22) Дата подання заявки: **07.06.2010**

(24) Дата, з якої вчинили права на корисну модель: **10.06.2011**

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **10.06.2011, Бюл. № 11**

(72) Винахідники
Догода Петро Онуфрійович, UA,
Аніщенко Володимир Іванович, UA,
Догода Олександр Петрович, UA,
Догода Микола Петрович, UA,
Стеланов Андрій Валерійович, UA

(73) Власник
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
 вул. Героїв Оборони, 15
 м.Київ-41, 03041 Україна UA

(54) Назва корисної моделі

ОБПРИСКУВАЧ ДЛЯ ОБРОБІТКИ ВИНОГРАДНИКІВ РОЗЧИНАМИ ОТРУТОХІМІКАТІВ У ЗАКРИТИХ КАМЕРАХ

(57) Формула корисної моделі

1. Обприскувач для обробки виноградноїв розчинами отрутохімікатів в закритих камерах, що містить основну раму з місткістю для робочого розчину, апаратуру для подачі, очищення і регулювання витрати розчину, бічні робочі камери, обладнані колекторами з форсунками, що розливають і пристроями, що уловлюють розчин, і механізм повернення невикористаного розчину назад в ємність, який відрізняється тим, що основна рама обладнана незалежною ходовою частиною, а бікові стінки робочих камер обладнані додатковими опорними колесами, розташованими на певній відстані від ґрунту.

2. Обприскувач за п. 1, який відрізняється тим, що робочий розчин, проходячи через форсунки, досягається у внутрішньокамерному просторі, утворюючи туман, який при переміщенні обприскувача уздовж рядів виноградноїв рівномірно розподіляється по їх поверхні, не потрапляючи в атмосферу, на ґрунт.

3. Обприскувач за п. 2, який відрізняється тим, що частки розпорщеного розчину, які не опали на рослини, уловлюються обшивками робочої камери, верхнім еластичним лопатком, ущільнювачами, уловлювачами і потрапляють в спеціальні відстійники.

4. Обприскувач за п. 3, який відрізняється тим, що зі спеціальних відстійників рідина за допомогою струменних насосів (ежекторів) збирається, через фільтр очистки, потрапляє назад у ємність для повторного його використання.

5. Обприскувач за п. 4, який відрізняється тим, що для запобігання забиванню пристяг, обладнаними пристягами та ін. насосів, що відкачують залишкову частку рідини, перед їх встановленням паралельно встановлено фільтруючу сітку.

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 88948

ОДНОКАМЕРНИЙ ОБПРИСКУВАЧ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.04.2014.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

М.В. Ковіня



(19) UA

(11) 88948

(51) МПК (2014.01)
F01M 7/00

(21) Номер заявки: **ц 2013 11585**
 (22) Дата подання заявки: **01.10.2013**
 (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.04.2014**
 (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **10.04.2014, Бюл. № 7**

(72) Виявдники:
Сєра Катерина Михайлівна, UA,
Догода Олександр Петрович, UA,
Драгнев Семен Васильович, UA

(73) Власник:
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ,
 вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041, UA

(54) Назва корисної моделі:

ОДНОКАМЕРНИЙ ОБПРИСКУВАЧ

(57) Формула корисної моделі:

Однокамерний обприскувач, що містить попередню штангу, дві вертикальні стійки, розташовані трубопроводи, який відрізняється тим, що на нижньому кінці кожної стійки встановлені абразивні лопаті з власничими кромками та трубопроводи для відбору рідини від лопатей.

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 88949

ОБПРИСКУВАЧ ДЛЯ ВИНОГРАДНИКІВ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.04.2014**.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

М.В. Ковіня





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **88949** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
A01M 7/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: U 2013 11566	(72) Винахідник(и): Сіра Катерина Михайлівна (UA), Догода Олександр Петрович (UA), Драгнєв Сімей Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 01.10.2013	(73) Бласч(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041 (UA)
(24) Дата з'яв. в чинних правах на корисну модель: 10.04.2014	
(46) Публікація відомостей про виданий патент: 10.04.2014, Бюлет.№ 7	

(54) ОБПРИСКУВАЧ ДЛЯ ВИНОГРАДНИКІВ

(57) Реферат:

Обприскувач для винограду містить резервуар отрутохімікатів, насос та П-подібний трубопровід з розширювачами, встановленими по внутрішньому контуру П-подібної частини. Додатково містить трубопровід у вигляді П-подібної частини, внутрішні плечі обох П-подібних частин з'єднані між собою і розташовані у мікродді, в зовнішні плечі розташовані з зовнішніх сторін рядів мікродді.

UA 88949 U

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 88950

ОБПРИСКУВАЧ ВІНОГРАДНИКІВ ТА ПАЛЬМЕТНИХ САДІВ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.04.2014**.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

М.В. Ковіня





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 88950 (13) U
(51) МПК (2014.01)
A01M 7/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 11598	(72) Винахідник(и): Сора Катерина Михайлівна (UA), Догода Олександр Петрович (UA), Драгунь Семен Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 01.10.2013	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041 (UA)
(24) Дата, з якої є чинним права на корисну модель: 10.04.2014	
(46) Публікація відомостей про видану патенту: 10.04.2014, Бюл.№ 7	

(54) ОБПРИСКУВАЧ ВІНОГРАДНИКІВ ТА ПАЛЬМЕТНИХ САДІВ

(57) Реферат

Обприскувач винограджків та пальметних садів мстить раму з несучою верхньою штангою та дві вертикальні стійки з розпльовачами на внутрішніх сторонах стійок. На внутрішній стороні стійок за розпльовачами та на нижній стороні несучої верхньої штанги встановлені верхній та бокові відбивальні щитки з еластичними загнутками всередині іржеми. При цьому нижні частини бокових щитків мають дугоподібну форму у вертикальному перерізі і спрямовані назустріч один одному, а розпльовачі розташовані перед боковими щитками.

UA 88950 U

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 80220

СИСТЕМА ПОВЕРНЕННЯ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ У
КАМЕРНИХ ОБПРИСКУВАЧАХ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 27.05.2013.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

M. V. Kovinia
М.В. Ковіня





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **80220** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
A01M 7/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 09193	(72) Винахідник(и): Догода Петро Ануфрійович (UA), Аніщенко Володимир Іванович (UA), Догода Олександр Петрович (UA), Догода Микола Петрович (UA), Степанов Андрій Валерійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.07.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.05.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.05.2013, Бюл.№ 10	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041 (UA)

(54) СИСТЕМА ПОВЕРНЕННЯ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ У КАМЕРНИХ ОБПРИСКУВАЧАХ

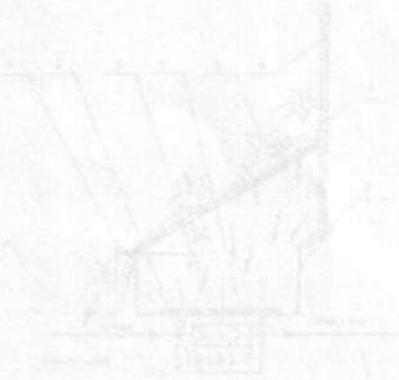
(57) Реферат:

Система повернення робочого розчину отрутохімікатів у камерному обприскувачі містить уловлювач, відстійник, ежектор, фільтруючу сітку, обшивку робочої камери і короб, над яким встановлений металевий перфорований щиток.

UA 80220 U

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

40 Система повернення робочого розчину отрутохімікатів у камерному обприскувачі, що містить уловлювач, відстійник, струмковий насос (ежектор), фільтруючу сітку, обшивку робочої камери і короб, над яким встановлений металевий перфорований щиток, який відрізняється тим, що над робочим установленим металевим перфорованим щитком встановлено корпус з металом від 12° до 28° кутів.



Приложение Г





Міністерство аграрної політики України

Український науково-дослідний інститут
прогнозування та випробування техніки і
технологій для сільськогосподарського
виробництва імені Леоніда Погорілого

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

ПРОТОКОЛ ДЕРЖАВНИХ ВИПРОБУВАНЬ № $\frac{896}{270-03-08}$



Обприскувач камерний напівпричіпний виноградниковий
ОКПВ-1000

Організація-виробник: Науково-виробниче сільськогосподарське
підприємство «Наука»,
м. Симферополь, АР Крим

Херсон 2008

За результатами випробувань обприскувача камерного напівпричіпного виноградникового ОКПВ-1000, призначеного для захисту насаджень винограду від шкідників та хвороб, його конструкція, комплектація та агрегування дозволяють стабільно та якісно виконувати технологічний процес обприскування насаджень винограду розчином ядохімікатів.

Одержані дані за основними показниками повністю відповідають даним, встановленим організацією-виробником. Машина повністю задовольняє вимогам технології захисту багаторічних насаджень від шкідників та хвороб та знайде застосування в господарствах садовиноградної галузі Півдня України.

Недоліки конструкції, відмічені в цьому протоколі, необхідно усунути для покращення споживчих властивостей машини.

Адреса випробувальної організації

73484, м. Херсон, сел. Жовтневе
тел/факс (0552) 36-21-16
E-mail: info.subukrett@public.kherson.ua

Місце проведення випробувань:

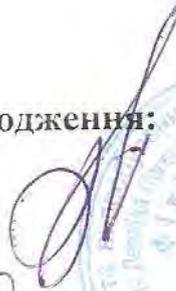
Агроцех № 55 комбінату ім. Ілліча, Красногвардійський район,
АР Крим.

Виконавець: Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

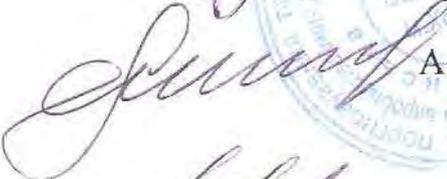
Лабораторія досліджень та випробувань техніки і технологій зрошення, захисту рослин, садівництва і виноградарства

Лист узгодження:

Директор


О.П. Митрофанов

Заступник директора

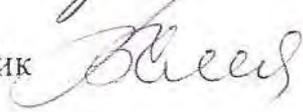

А.О. МігальовЗаступник директора
з наукової діяльності,
канд. техн. наук, с.н.с
Є.І. Бондарев

Випробування провели:

Завідувач лабораторії


В.В. Сидоренко

Старший науковий співробітник


В.В. Славінський

Приложение Е

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник генерального директо-
ри Держконцерну «НПАО Маса-
ндра»


О.Л. Павлов
« » 2012 р.
М.П.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт

Ми, що нижче підписалися, представник підприємства Павлов О.Л. – тимчасово виконуючий обов'язки генерального директора НПАО «Масандра», з одного боку і представник Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування «Кримський агротехнологічний університет» Догода О.П. – аспірант кафедри сільськогосподарської техніки з другого боку, склали цей акт о впровадженні у виробництво результатів дослідної роботи Догоди О.П. «Розробка вітчизняної машини для екологічно безпечної, енергозберігаючої технології хімічного захисту виноградних рослин», а саме – дослідний зразок камерного (тунельного типу) обприскувач, який застосовується при хімічному захисті виноградних насаджень.

1. Вид впроваджених результатів: камерний (тунельного типу) обприскувач.
2. Форма впровадження: впровадження у виробництво.
3. Новизна результатів науково-дослідної роботи : Патент України на корисну модель № 59869 від 10.06.2011 р. Автори: Догода П.А., Аніщенко В.І., Догода О.П., Степанов А.В.

За результатами дослідної роботи обгрунтована нова конструкція вітчизняного обприскувача камерного виноградникового ОКВ, який забезпечує екологічно безпечну технологію використання агрохімікатів.

4. Опитно-виробнича перевірка: на протязі 2010-2012 рр. в ДП «Алушта», «Судак», «Таврида», «Гурзуф», «Лівадія» здійснювалося 8-ми і 10-ти кратне обприскування виноградних насаджень на площі до 55 га обприскувачем камерним виноградниковим.

5. Предмет перевірки: визначення експлуатаційно-технологічних показників працездатності, надійності, виконання технологічного процесу в польових умовах, а також якості покриття надземної біологічної маси. Густина покриття надземної біологічної маси склали 92,1%.

Обприскувач працює стійко, коефіцієнт надійності виконання технологічного процесу склав 0,89.

6. Контроль при перевірці: порівняння результатів впровадження у виробництво з даними протоколу державних випробувань № 896/270-03-08 агрегату на дослідник ділянках ПФ НУБ і П України «КАТУ».

7. Економічний ефект: економія ресурсів від впровадження камерного виноградникового обприскувача при 9-ти кратнім обприскуванні: 150 грн. \times 9 = 1350 грн. на фізичний гектар насаджень, річний економічний ефект одного обприскувача склав 74250 грн., строк окупності – 0,53 р.

8. Характеристика масштабу впровадження: виготовлено 7 обприскувачів і впроваджені у господарствах Держконцерну «НПАО «Масандра»».

9. Соціальний і науково-технічний ефект: полягає у зниженні енерговитрат на 63% ступеню екологічного навантаження на довкілля на 37%, характеризується межею допустимості антропогенного навантаження від впровадження обприскувача камерного виноградникового і нового способу вдосконаленні технології хімічного захисту виноградних рослин в умовах південнобережних районів Криму і густонаселених районів півдня України склав 37%.

Аспірант кафедри
сільськогосподарської
техніки

 Догода О.П.

Утверждаю



Государственного

предприятия "Алушта"

В.Д. Губанов

10 2013г.

А К Т

о внедрении результатов диссертационной работы
в производство

Мы, нижеподписавшиеся представители филиала ГП "Алушта": директор Губанов В.Д., главный агроном Ковалев С.А., главный инженер Паратуй В.В. - с одной стороны и представители ЮФ НУБиПУ "КАТУ" д.т.н. профессор Беренштейн И.Б., ассистент кафедры сельскохозяйственной техники Додога А.П. составили настоящий акт о внедрении в производство опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградного в хозяйстве ГП "Алушта", созданного по результатам исследования, изложенного в диссертационной работе.

1. Вид внедрения результатов: камерный (туннельного типа) опрыскиватель ОКВ.

2. Область и форма внедрения: внедрение в производство.

3. Технический уровень НИР: Патент Украины на полезную модель № 59869 от 10.06.2011 г. Авторы: Додога П.А., Анищенко В.И., Додога А.П., Степанов А.В.

4. Опытно-производственная проверка: на протяжении 2009-2013 гг. осуществлялось опрыскивание виноградных насаждений опрыскивателем камерным виноградниковым ОКВ на площади 55 га.

5. Предмет проверки: определение эксплуатационно-технологических показателей работоспособности, надежности, выполнения технологического процесса в полевых условиях, а также качества покрытия наземной биологической массы. Густота покрытия наземной биологической массы составила 92%.

Опрыскиватель работает стойко, коэффициент надежности выполнения технологического процесса составил 0,89.

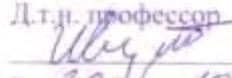
6. Контроль при проверке: сравнение результатов внедрения в производство с данными протокола государственных испытаний №896/270-03-08 агрегата на опытных участках ЮФ НУБиПУ "КАТУ".

7. Экономический эффект: экономия ресурсов от внедрения камерного виноградникового опрыскивателя при 9-ти кратном опрыскивании:

150 грн. \times 9 = 1350 грн. на физический гектар насаждений, годовой экономический эффект одного опрыскивателя при годовой нагрузке 55 га может достигнуть 74 250 грн., срок окупаемости - 0,67 г.

8. Социальный и научно-технический эффект: заключается в снижении энергозатрат на 63%. Степень экологической нагрузки на окружающую среду, характеризующуюся пределом допустимости антропогенной загрузки от внедрения опрыскивателя камерного виноградникового составил 37%.

ЮФ НУБиПУ "КАТУ":

Научный руководитель диссертанта
Д.т.н. профессор
 И.Б. Беренштейн
« 20 » 10 2013 г.

Диссертант
 А.П. Догода
« 20 » 10 2013 г.

От предприятия:

Главный агроном
 С.А. Ковалев
« 20 » 10 2013 г.

Главный инженер
 В.В. Паратуй
« 20 » 10 2013 г.



Утверждаю зам. Директора НПСХП

«Наука» *В.И. Анищенко*

Акт внедрения

Результатов диссертационной работы Догоды А.П. «Обоснование параметров и режимов работы опрыскивателя туннельного типа для виноградников».

Настоящим актом подтверждается, что по результатам диссертационной работы Догоды А.П. «Обоснование параметров и режимов работы опрыскивателя туннельного типа для виноградников» выполненной в Южном филиале Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет» внедрены в научно производственном сельскохозяйственном предприятии «Наука» создана новая конструкция опрыскивателя туннельного типа для виноградников прошедшая государственные приемочные испытания и рекомендована в производство.

1. Вид внедрения: По результатам исследования изготовлена опытная партия в количестве 9 опрыскивателей туннельного типа для виноградников ОКВ и внедрены в хозяйствах Крыма
2. Масштаб внедрения: внедрено в 9 хозяйствах Крыма
3. Социальный и научно-технический эффект от результатов внедрения предлагаемого опрыскивателя: Уровень экологичности выполнения технологического процесса составил для ОПВ-2000 – 0,98, а для ОКВ;- 1000 – 0,37 от допустимой антропогенной нагрузки. Экономия агрохимикатов в 2 раза, экономия прямых эксплуатационных затрат составила 1356,22 грн/га – 224,6%, приведенных затрат 1371,85 грн/га – 218,77%, удельных капиталовложений 44,24 грн/га -34,46%. Годовой экономический эффект от внедрения опрыскивателя камерного виноградного составил 75451,75 грн, срок окупаемости 0,53 года.

Аспирант кафедры
сельскохозяйственной техники

ЮФ НУБНУ Украины «КАТУ»

Догода А.П.

«УТВЕРЖДАЮ»
 Декан факультета Механизации
 производства и технологии
 переработки сельскохозяйственной
 продукции
 Академии биоресурсов и
 природопользования
 ФГАОУ ВО «КФУ
 им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»
 С.С. Воложанинов
 2017г.



СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Отдельные результаты кандидатской диссертационной работы Догды А.П. на тему: «Обоснование конструктивных параметров и режимов работы камерного туннельного опрыскивателя для виноградников», внедрены на кафедре Технических систем в агробизнесе в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 – «Агроинженерия» в дисциплинах: «Тракторы и автомобили», «Сельскохозяйственные машины», «Основы теории сельскохозяйственных машин», «Ресурсосберегающие и инновационные технологии в АПК», а также при подготовке магистров по направлению 35.04.06 – «Агроинженерия» в дисциплинах: «Технология испытаний сельскохозяйственной техники», «Энергетическая оценка технологических процессов».

Зав. кафедрой технических
 систем в агробизнесе
 к.т.н., доцент

А.М.Машков