

ДОГОДА АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ

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

Специальность 05.20.01- Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Симферополь - 2017

Работа выполнена в ФГАОУ ВО

Академии биоресурсов и природопользования

«Крымского федерального университета имени В.И.Вернадского»

**Научный
руководитель:**

Беренштейн Исаак Борисович
доктор технических наук, профессор

**Официальные
оппоненты:**

Маслов Геннадий Георгиевич
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», профессор кафедры «Эксплуатации машинно-тракторного парка»

Лебедев Анатолий Тимофеевич
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Технический сервис, стандартизация и метрология»

**Ведущая
организация:**

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН

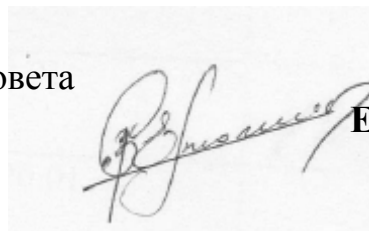
Защита состоится «30» ноября 2017 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 900.006.10 на базе Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского» по адресу: 295492, Республика Крым, г. Симферополь, пос. Аграрное, АбиП КФУ им. В.И. Вернадского.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского, на сайте <http://cfuv.ru/> и на официальном сайте ВАК РФ <http://vak2.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» _____

2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 900.006.10



Ермолин Дмитрий Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие виноградарства связано с химической защитой виноградных насаждений от вредителей и болезней. В настоящее время химическая защита виноградных насаждений проводится в основном вентиляторными опрыскивателями, при работе которых потери рабочего раствора агрохимикатов достигают до 50% и более.

Несовершенство техники ведет к необоснованно завышенному расходу агрохимикатов, ухудшению экологического состояния окружающей среды, к увеличенным энергетическим затратам и 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 условно закрытой камере методом опрыскивания с улавливанием и возвратом обратно в основную емкость опрыскивателя не осевшего рабочего раствора агрохимикатов для повторного использования.

При таком способе опрыскивания растений потери раствора на почву и в атмосферу будут сведены к минимуму. Метод химической обработки виноградных растений в условно 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 метров расположения виноградников от хозяйственных и жилых построек.

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.), тема 1, раздел 16.2 «Обоснование рабочих органов и режимов работы туннельного малообъемного опрыскивателя для химической защиты виноградников» (2010 – 2015гг.), № 0108U005571 по теме ГБ № 110/284 «Разработка камерного (туннельного) опрыскивателя для виноградников с изготовлением и испытанием экспериментального образца» (2008 – 2014 гг.).

Степень разработанности темы. Вопросами механизации химической защиты сельскохозяйственных культур занимаются ВНИИ Виноградарства и виноделия «Магarach» 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 опрыскивателя и выполнения технологического процесса химической защиты многолетних насаждений в закрытой камере отечественными учеными уделялось недостаточ-

ное 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, технологические и режимные параметры рабочих органов камерного опрыскивателя, взаимосвязи с периодами 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 турбулентности, методов дифференциального и интегрального исчисления; методики планирования и проведения многофакторных экспериментов; агротехническая, энергетиче-

ская, экономическая и экологическая оценка проводилась с использованием отраслевых стандартов; результаты исследований обрабатывались методами математической статистики 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.

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.

Степень достоверности и апробация результатов работы.

Достоверность основных выводов подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами испытаний опытного образца камерного (туннельного типа) опрыскивателя для виноградников, актами внедрения в хозяйствах Крыма.

Основные положения диссертации доложены и одобрены на 6 Международных научно-практических конференциях: Укр НИИИТ им. Л.Погорелого 2008г. «Науково-технічні засади, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій»; в Херсоне на международной научно - технической конференции «Сучасні проблеми механізації сільськогосподарського виробництва» (м. Київ, НУБіПУ, 2010 р.); на международной научно - технической конференции «Проблемы энергосбережения. Энергия - 2010» Люблин – Симферополь 13-18 сентября 2010г.; за участие в 6 - международной научно – технической конференции «Энергия» 17-21 сентября 2012г. Люблин–Симферополь получен 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 2010–2014гг. и КФУ 2014–2017гг. Результаты исследований были представлены на фестивале науки ФГАОУ ВО КФУ им. В.И.Вернадского в 2015–2016гг. в номинации «Лучшая конструкторская разработка» и отмечены четырьмя дипломами первой степени. За конкурсную работу, выполненную по материалам диссертации в 2011 году, получен грант Верховной Рады Автономной Республики Крым за «Создание комплекса отечественных машин, обеспечивающих экологически безопасную энергосберегающую технологию химической защиты виноградных насаждений». Получен диплом 1-ой степени за создание опрыскивателя камерного виноградникового на международной выставке Агро Экспо 2012 Киев. За участие в создании комплекса отечественных машин, обеспечивающих экологически безопасную энергосберегающую технологию возделывания и уборки винограда, получен диплом 1-ой степени и сертификат. Участвовал в 9-й международной научно практической конференции «Новината за напреднали наука», 17–25 май 2013 София.

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

Реализация результатов исследований. Результаты НИОКР переданы в НПСХП «Наука» (г.Симферополь). Опытный образец камерного опрыскивателя прошел государственные испытания и рекомендован в производство. Изготовлены и внедрены 9 опрыскивателей в хозяйствах Крыма. Результаты исследований отражены в методических указаниях для самостоятельной работы студентов и включены в образовательный курс подготовки студентов направления «Агроинженерия» Академии биоресурсов и природопользования «КФУ им. В.И. Вернадского».

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа содержит введение, пять глав, заключение, библиографический список и приложение. Работа изложена на 220 страницах машинописного текста, содержит 76 рисунков и 50 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, ее научная и практическая значимость, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе проведен анализ динамики развития площади поверхности биологической массы виноградных насаждений. Определены основные периоды вегетации, для которых требуются соответственно обоснованные нормы агрохимикатов в зависимости от площади поверхности биологической массы виноградников. Применяемые в настоящее время для выполнения технологического процесса вентиляторные опрыскиватели не могут обеспечить точно заданные и обоснованные нормы расхода раствора. При этом потери достигают свыше 70% и наносят значительный экологический вред окружающей среде.

Устранение выше отмеченных недостатков существующей технологии химической обработки виноградников возможно за счет создания и внедрения в производство новых машин, в которых обработка растений осуществляется в условно закрытой камере (туннеле).

Недостатком импортных камерных опрыскивателей является их высокая стоимость, энергоемкость, низкая ремонтопригодность в условиях виноградарских хозяйств.

Во втором разделе представлены результаты теоретических исследований технологического процесса обработки виноградных насаждений раствором агрохимикатов в закрытой камере (рисунок 1), определены конструктивные и режимные параметры системы рециркуляции.

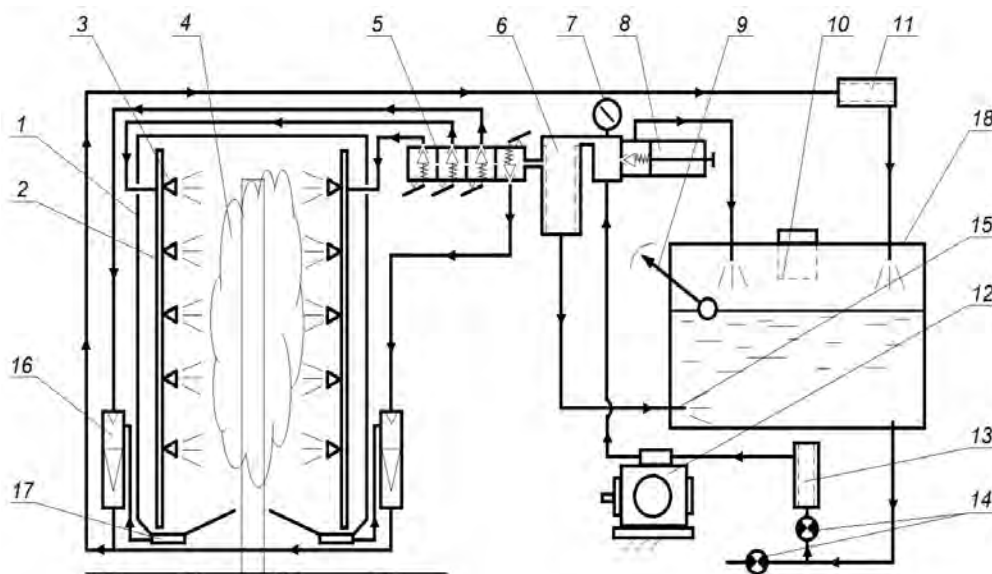


Рисунок 1 – Технологическая схема камерного опрыскивателя

Технологический процесс опрыскивания виноградных насаждений осуществляется следующим образом. Рабочая жидкость из ёмкости (18) через заборный фильтр (13) мембранным насосом (12) подается к регулятору давления (8), контролируемым манометром (7) (рисунок 1). Далее через фильтр (6) рабочая жидкость подается на пульт управления (5) и в соответствующие коллекторы (2) с распылителями (3). В рабочей камере (1) вертикально расположены два рабочих коллектора с распылителями. Во время движения агрегата рабочая камера перемещается вдоль ряда кустов винограда.

Во время пребывания в камере (1) куст (4) подвергается обработке распыленной рабочей жидкостью. Остатки рабочей жидкости стекают по стенкам камеры в отстойник (17) и через эжектор (16) подаются на очистку в фильтр (11).

Вследствие хаотичного расположения листьев в пространстве главную роль в осаждении агрохимикатов на их поверхность играет турбулентность движения воздушного потока, возникающего в кроне куста.

В камере опрыскивателя создается воздушный поток, образуемый движением машины со скоростью V_I . Скорость ветра не учитывается, так как камера закрыта. Движение воздушного потока в камере при движении опрыскивателя с работающими форсунками показано на схеме (рисунок 2).

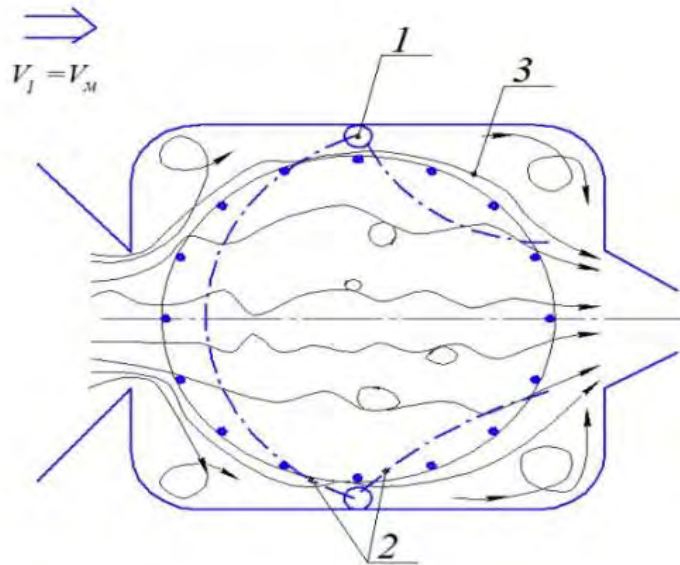


Рисунок 2 – Искривление факела струи при работе форсунки в камере при движении опрыскивателя: 1 – коллекторы с форсунками; 2 – границы струи; 3 – линии потока

Согласно теории гидроаэродинамики эмпирическое уравнение для формы оси струи, истекающий в боковой поток из круглого сопла форсунки:

$$, \quad (1)$$

где: x, y – координаты точек;

d – диаметр сопла форсунки;

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

$q_{01} = \rho_1 \frac{V_1^2}{2}$ и $q_{02} = \rho_2 \frac{V_2^2}{2}$ – скоростные напоры соответственно в сносящем потоке и начальном сечении сопла. В этих формулах V_1 – скорость сносящего потока воздуха, V_2 – скорость струи, ρ_1 и ρ_2 – плотности воздуха и жидкости.

Вследствие интенсивного перемешивания с воздухом сносящего потока на выходе из сопла образуется турбулентный слой. Чем больше скорость сносящего потока воздуха и начальный угол наклона струи, тем сильнее изгиб струи.

Реальная линия искривления оси струи жидкости из форсунок в сносящем потоке воздуха вычисляется по формуле (1) и показана на рисунке 3.

На графике видно, что в сносящем потоке форсунку следует устанавливать под углом к продольной оси камеры навстречу движению.

В связи с перемешиванием воздушного потока в кроне растения, внутри нее имеют место как ламинарный, так и турбулентный потоки.

При обтекании шероховатого листа жидкость, обладая определенной вязкостью, оседает на его поверхности, что характеризует область активного осаждения жидкости на поверхности биологической массы, а также определяет расход жидкости и качество обработки.

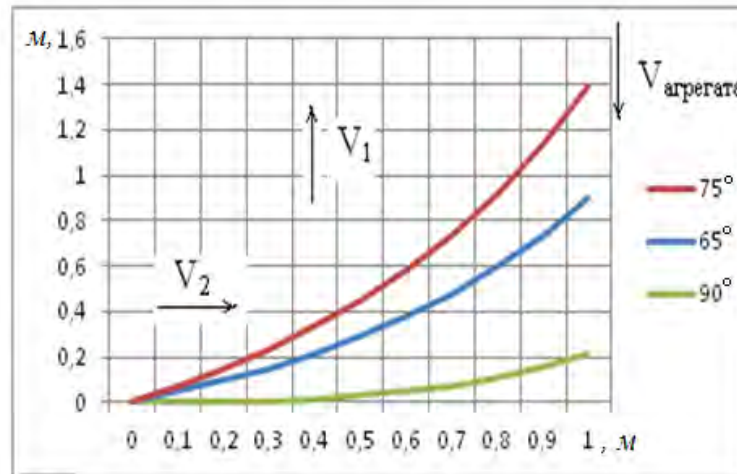


Рисунок 3 – Линия искривления оси струи в сносящем потоке, при $\alpha=65^\circ$, $\alpha=75^\circ$, $\alpha=90^\circ$

Таким образом, поверхность листа покрывается в основном турбулентным, пограничным и ламинарным слоем. Следовательно, величина полного сопротивления двух сторон листовой поверхности для активного осаждения жидкостного раствора будет описываться равенством:

$$x = 2 \int_0^l \tau_w dx = 0.072 \cdot \rho \cdot u^2 \cdot b \cdot l \cdot \text{Re}^{-\frac{1}{5}}, \quad (2)$$

где l – длина листа, м; b – ширина листа, м; u – скорость струи, м/с.

Движение воздушно-жидкостного потока в кусте можно считать практически во всём пространстве турбулентным, с коэффициентом сопротивления 3.62 и ламинарным – 0,32. Полный коэффициент сопротивления (C_{fk}) характеризует количество жидкости, осевшей на площади поверхности биомассы:

$$C_{fk} = 0.32 + 3.62 = 3.94, \quad (3)$$

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

Количество форсунок (n) на коллекторе зависит от нормы расхода жидкости (Q , л/га) и их производительности (q , л/мин) (рисунок 4).

Оптимальное расстояние между форсунками на коллекторе (l_ϕ) зависит от диаметра факела (d_ϕ) и расстояния до объекта обработки (кроны куста) (l_o), равного 0,2 м. В соответствии с технической характеристикой центробежных форсунок,

диаметр факела на этом расстоянии $d_{\phi} = 0,25\text{м}$, а расстояние до оси куста – $0,3 \dots 0,35\text{м}$.

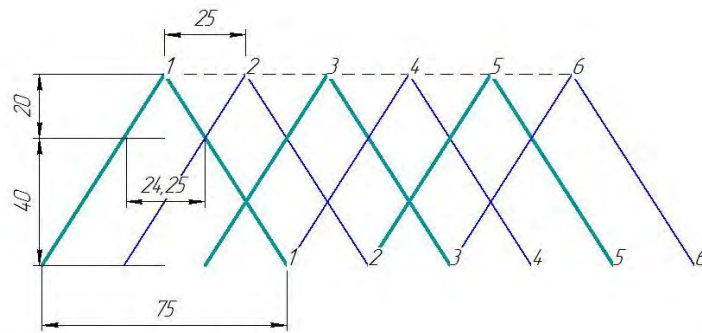


Рисунок 4 – Схема расположения форсунок на коллекторе

Длина коллектора определяется по формуле:

$$L_{\text{кол}} = d_{\phi} \cdot n, \text{ м}, \quad (4)$$

Длина камеры ($L_{\text{кам}}$) должна быть равна длине коллектора, а высота её зависит от высоты куста и шпалерных опор.

Общее количество жидкости, обеспечивающее необходимую плотность покрытия биологической массы виноградных насаждений, определяется по предлагаемой автором формуле:

$$Q = 0.523 \cdot d_{\kappa}^3 \cdot N \cdot S \cdot C_{\kappa.\text{пр}}, \quad (5)$$

где d_{κ} – диаметр капли d , мкм; N – плотность покрытия, шт/см²; S – площадь биологической вегетативной массы, м²/га; $C_{\text{фк}}$ – коэффициент сопротивления движению куста.

Общий баланс расхода рабочего раствора, поступившего в камеру, определяется по формуле:

$$Q_{\text{у}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{о}} = Q_{\text{р}}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{у}}$ – количество уловленного раствора в отстойниках камеры, л;

$Q_{\text{п}}$ – потери раствора на почву, л;

$Q_{\text{о}}$ – осевший раствор на кустах, л.

Отличительной особенностью камерного опрыскивателя является возможность повторного использования не осевшей на растениях рабочей жидкости, для этого в опрыскивателе предлагается использовать систему рециркуляции (рисунок 5).

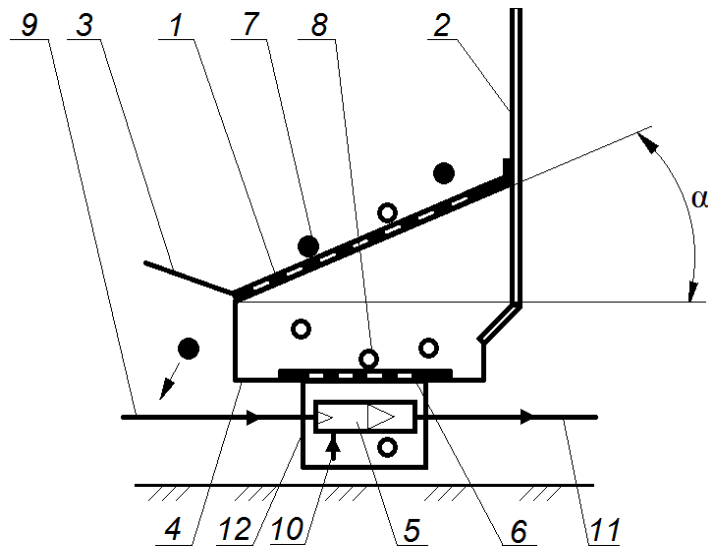


Рисунок 5 – Схема системы рециркуляции камерного опрыскивателя

Система включает в себя улавливатели жидкости, защитные перфорированные щитки, отстойники и эжекторы, не требующие отдельного механического привода и работающие от напора основного насоса.

Для обеспечения защиты эжектора от засорения посторонними механическими примесями в системе рециркуляции установлен перфорированный щиток (1) (рисунок 10), рабочая жидкость (8) стекает по стенкам рабочей камеры (2) в уловители (3), попадая вместе с возможными посторонними механическими примесями (7) на перфорированный щиток. Примеси под собственным весом скатываются с него на почву. Уловленная рабочая жидкость свободно проникает через перфорированный щиток (1) и фильтрующую сетку (6) попадает в отстойник (12), эжектором (5) посредством нагнетательной (9), всасывающей (10) и сливной (11) магистралей подается в емкость для повторного использования. Основным параметром является угол установки перфорированного щитка (α) в пределах $22...27^\circ$, превышающий угол скольжения посторонних механических примесей по поверхности смоченного оцинкованного щитка под действием силы тяжести.

Обоснование параметров струйного насоса (эжектора) по заданному режиму работы сводится к определению размеров площади среза сопла, длины и площади камеры смешивания и коэффициента эжекции.

Схема рабочего процесса в проточной части эжектора, применяемая при создании физико-математических моделей, представлена на рисунке 6.

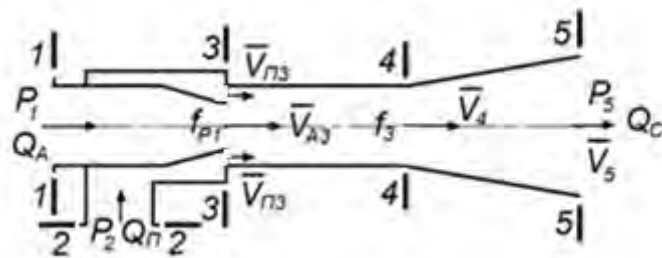


Рисунок 6 – Обобщенная расчетная схема эжектора,

где: 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; $\bar{V}_{A3}, \bar{V}_{пз}, \bar{V}_4, \bar{V}_5$ – скорости активного и пассивного потока

в сечении 3-3, а также скорости в сечениях 4-4 и 5-5 соответственно; Q_A, Q_{II}, 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 смешивания.

Расход рабочей жидкости, которую необходимо подать в сопло эжектора:

$$Q_A = \frac{Q_{II} H_A}{\eta(H_{II} - H_A)}, \quad (7)$$

Q_A – расход рабочей жидкости, подаваемой в сопло; Q_{II} – расход откачиваемой жидкости; H_{II} – полезный напор эжектора; H_A – рабочий напор эжектора η – КПД эжектора.

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

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

$$f_{p_1} = \frac{Q_A}{\varphi_2} \sqrt{\frac{v_p}{2\Delta p_p}}, \quad (8)$$

где Q_A – расход, кг/с; Δp – перепад давления в сопле, Па; v_p – удельный объем рабочей жидкости, m^3/kg .

Оптимальное сечение камеры смешивания эжектора определяется по формуле:

$$(f_3)_{opt} = \sqrt{\frac{(2 - \varphi_3^2) - \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2}\right) \frac{v_n}{v_c} n \left(\frac{\alpha}{1 + \alpha}\right)^2}{2sv_c}}, \quad (9)$$

где v_n и v_c – удельные объемы эжектируемой и смешанной сред, m^3/kg ; s – сопротивление системы, в которой эжектор создает циркуляцию рабочей жидкости, Па cm^2/m^3 определяется по формуле;

$$s = \frac{\Delta p_c}{V_c^2} = \frac{\Delta p_c}{Q_c^2 v_c^2}, \quad (10)$$

где Δp_c – перепад давлений, создаваемый эжектором, Па.

Зависимость площади сечения камеры смешивания (f_3) от площадей сечения активного (f_{p1}) и пассивного (f_{H2}) сопла показана на рисунке 7.

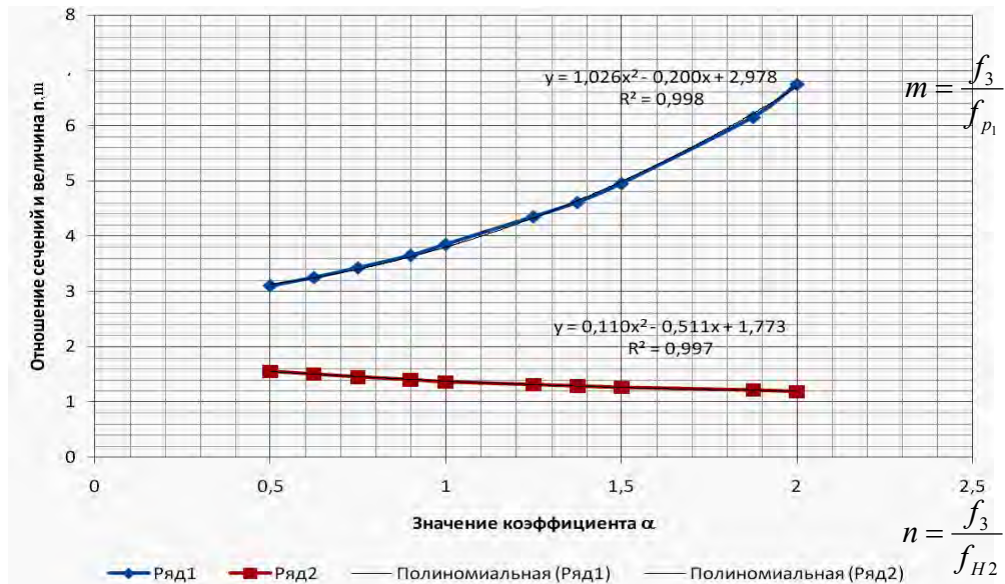


Рисунок 7 – Зависимость отношения площади сечения камеры смешения к площади сечений активного и пассивного сопла

Эти соотношения показывают, что при постоянных коэффициентах скорости, оптимальное отношение сечений $(f_3/f_{p1})_{opt}$ зависит от расчетного коэффициента эжекции струйного насоса: с ростом α растет $(f_3/f_{p1})_{opt}$, минимальное значение $(f_3/f_{p1})_{opt}$ достигается при $\alpha = 0$.

По результатам теоретических исследований разработана схема эжектора с регулируемой камерой смешивания, которая позволит управлять режимами подачи рабочей жидкости агрохимикатов для обработки виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации (рисунок 8).

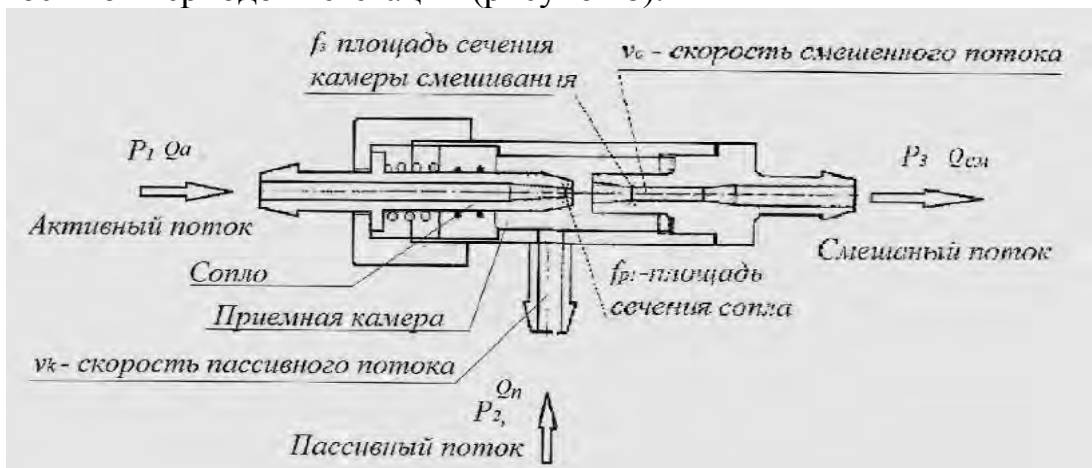


Рисунок 8 – Схема эжектора с регулируемой камерой смешивания

В третьем разделе изложена программа и методика проведения экспериментальных исследований, приборы и оборудование, методы обработки результатов экспериментальных исследований.

Целью проведения лабораторных и полевых исследований является проверка результатов полученных теоретических исходных данных для обоснования конструктивных параметров рабочих органов камерного (туннельного) опрыскивателя.

Для изучения процесса рециркуляции неиспользованного раствора агрохимикатов и получения характеристик струйного насоса (эжектора) изготовлена лабораторная установка (рисунок 9).



Рисунок 9 – Лабораторная установка для изучения характеристик эжектора

Определение эжектируемого объема (Q_n) осуществлялось по следующей методике: в мерную емкость наливали жидкость (V) (0,5 или 1,0 литр). Лабораторная установка запускалась в работу при закрытом клапане пульта управления, заборная магистраль струйного насоса опускалась в мерную колбу, включался секундомер и определялось время откачивания жидкости из мерной колбы. Эксперимент проводился в 8-кратной повторности.

Эксперимент по определению высоты подъема перекачивания раствора жидкости струйным насосом в емкость для повторного использования проводился по следующей методике.

В колбу наливали определенный объем жидкости. Насос поднимали на установленную высоту, начиная с высоты 500 мм, включали его в работу и фиксировали время, эксперимент повторялся через 500 мм. По окончании эксперимента сопло насоса менялось на сопло с большим диаметром, и опыт повторялся. Изготовлена лабораторно-полевая установка (рисунок 10). Эксперименты проводились на виноградниках Государственного предприятия «Таврида» НПО Массандра.



Рисунок 10 – лабораторно-полевая установка

Площадь надземной биологической массы измерялась ампелографическим методом. Площадь поверхности листьев, рукавов, побегов и гроздей определяет баланс поверхности биологической массы надземной части виноградного куста:

$$\sum S_{\text{бмк}} = \sum S_{\text{лист}} + \sum S_{\text{поб}} + \sum S_{\text{грозд}}, \text{ м}^2 \quad (11)$$



Рисунок 11 – Эксперимент определение потерь на почву

Потери рабочего раствора на почву определяли при помощи х/б ткани длиной 14м и шириной 1 м, расположенной непосредственно под зоной обработки.

Качество обработки определяли через густоту покрытия индикаторных карточек – колориметрированием. Полученные данные обрабатывались статистическими методами с использованием компьютерных программ Microsoft Excel, Statistica 8,0, EjectCall, Pascal Delphi.

В четвертом разделе приведены результаты лабораторных и полевых исследований, определена динамика развития площади поверхности надземной части виноградных насаждений как критерий оценки качества выполнения технологического процесса и параметров рабочих органов камерного опрыскивателя для виноградников.

Листовая поверхность виноградного куста сорта Каберне-Совиньон колеблется в пределах 3-6 м²/куст, Алиготе – 5-8 м²/куст (рисунок 12).

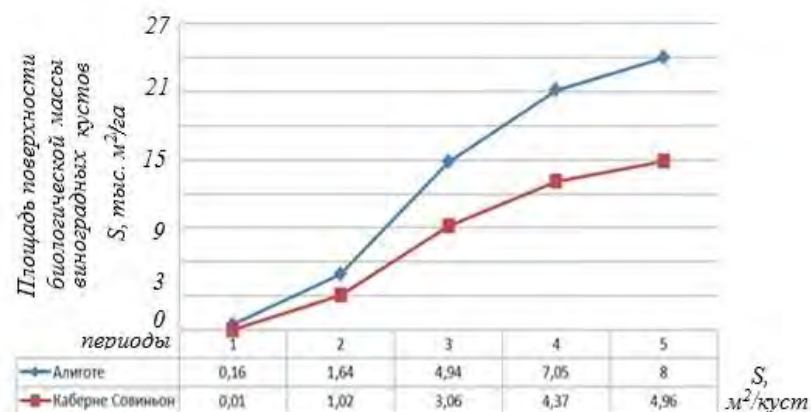


Рисунок 12 – Динамика развития поверхности биологической массы в течении периода вегетации сортов винограда Алиготе и Каберне-Совиньон

По результатам экспериментов при норме вылива 550 л/га на растениях осело 150 л/га, площадь вегетативной биологической массы виноградных насаждений составила 27404 м²/га. Удельный объем жидкости определялся по формуле:

$$q = 10^6 \times Q/S, \text{ г/м}^2, \quad (12)$$

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

S – площадь биологической вегетативной массы, $\text{м}^2/\text{га}$.

Критический объем жидкости, который способна удержать биологическая масса без скатывания с поверхности, составил: $q=5,47 \text{ г}/\text{м}^2$.

Зависимость расхода жидкости ($Q, \text{м}^3/\text{га}$) от удельного объема жидкости ($q, \text{г}/\text{м}^2$), и площади вегетативной массы ($S, \text{м}^2/\text{га}$) показана на рисунке 13.

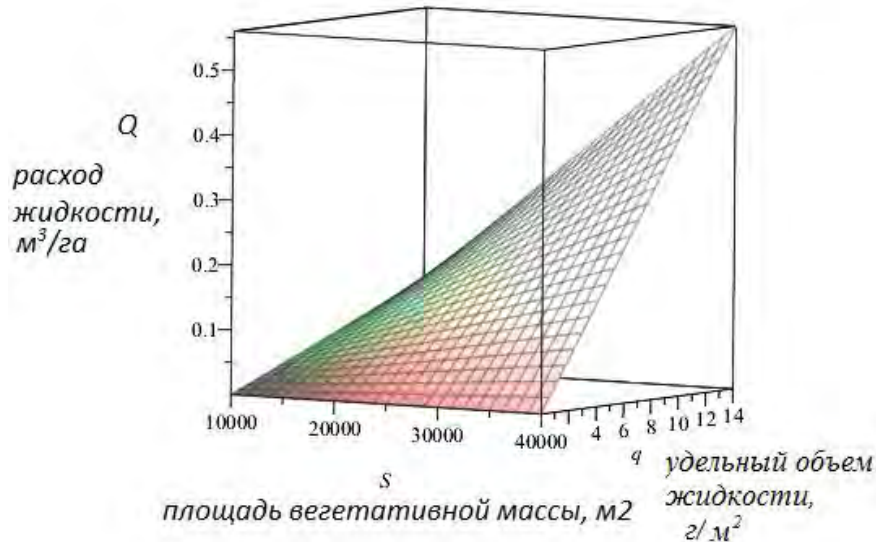


Рисунок 13 – Зависимость расхода жидкости ($Q, \text{м}^3/\text{га}$) от удельного объема жидкости ($q, \text{г}/\text{м}^2$), и площади вегетативной массы ($S, \text{м}^2/\text{га}$)

Определив общее количество раствора, необходимого для обработки виноградных насаждений в зависимости от площади поверхности биологической массы и плотности (количество капель, $\text{г}/\text{см}^2$) покрытия, были определены режимы работы агрегата (рисунок 13).

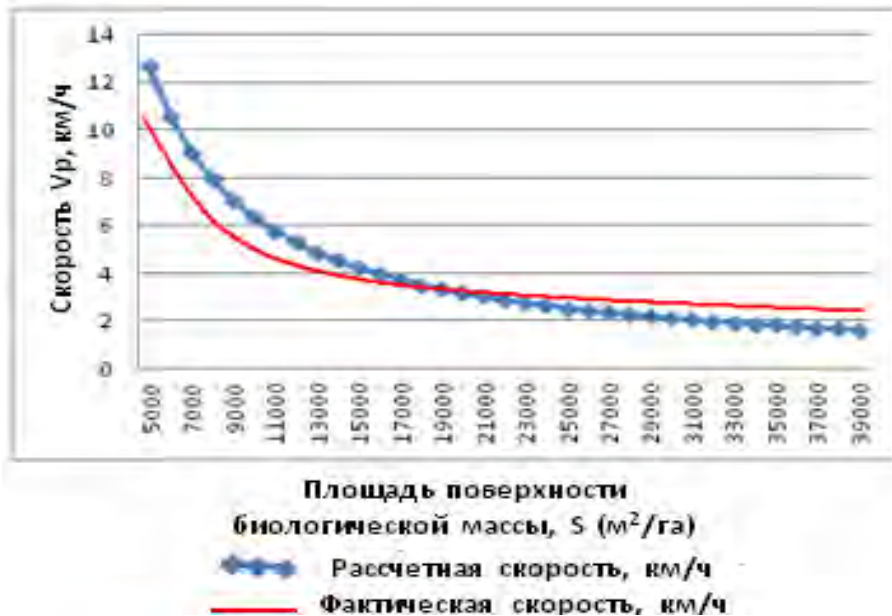


Рисунок 14 – Зависимость поступательной скорости агрегата ($V, \text{км}/\text{ч}$) от площади вегетативной массы ($S, \text{м}^2/\text{га}$)

Установлена структура расхода рабочей жидкости при химической защите виноградных насаждений сорта Каберне-Совиньон: количество раствора, осевшего на обрабатываемой площади поверхности надземной части виноградного куста,

составило 27,32%; уловленного для дальнейшей рециркуляции – 69,14%; потерь на почву – 3,54% (рисунок 15).



Рисунок 15 – Структура расхода рабочего раствора камерным опрыскивателем, сорт Каберне-Совиньон.

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. Каждый эксперимент проводился в 8-кратной повторности. Максимальная производительность составила 9,4 л/мин. при диаметре сопла 3,4 мм. На основе результатов лабораторных исследований построено уравнение регрессии зависимости производительности струйного насоса от диаметра сопла (рисунок 16)

$$Y = 2,5178 X^2 - 18,015 X - 23,35, \text{ при } R^2 = 0,8985, \quad (13)$$

$$Y = 1,2827 X^2 + 10,528 X - 12,86 \text{ при } R^2 = 0,5891, \quad (14)$$

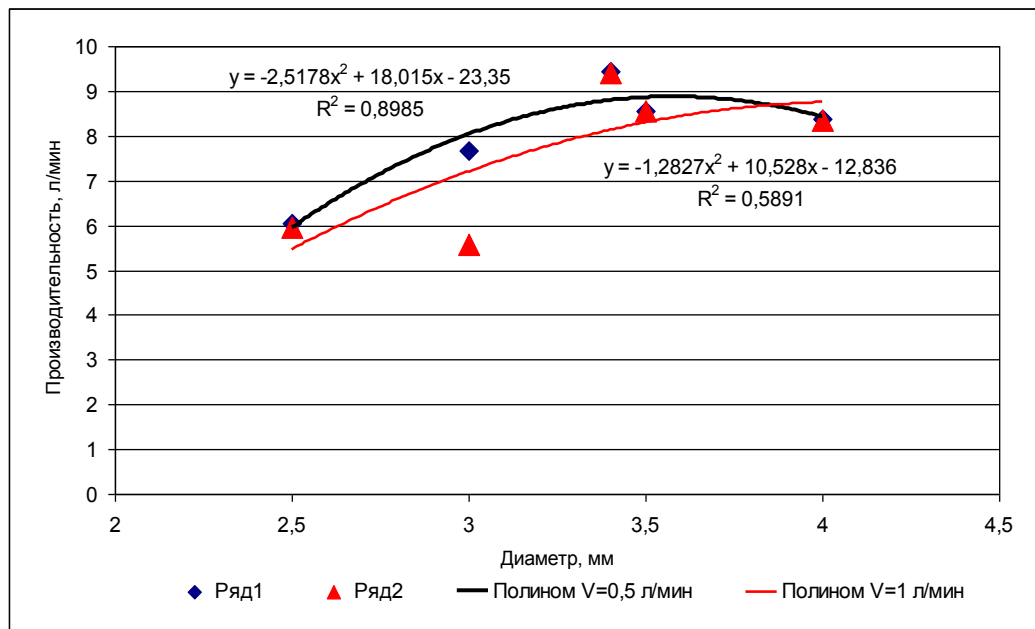


Рисунок 16 – Зависимость производительности эжектора от диаметра сопла

Все экспериментальные работы проводились при рабочем давлении распыляющих устройств – 2 кг/см^2 ($0,2 \text{ МПа}$), установленных в камерном опрыскивателе. По результатам исследований определен КПД эжектора в зависимости от перепада относительного давления жидкости и коэффициента эжекции.

Максимальный КПД струйного насоса $\eta = 0,34$ достигается при $\alpha = 0,5$. Как в области малых значений ($\alpha < 1$), так и в области больших ($\alpha > 1$) коэффициентов

эжекции, КПД струйного насоса ниже максимального (рисунок 17). Снижение КПД насоса с ростом α в области $\alpha > 1$ поясняется тем, что часть подведенной кинетической энергии, которая затрачивается на удар (относительная потеря на удар), пропорциональна отношению $(\alpha/(1 + \alpha))$.

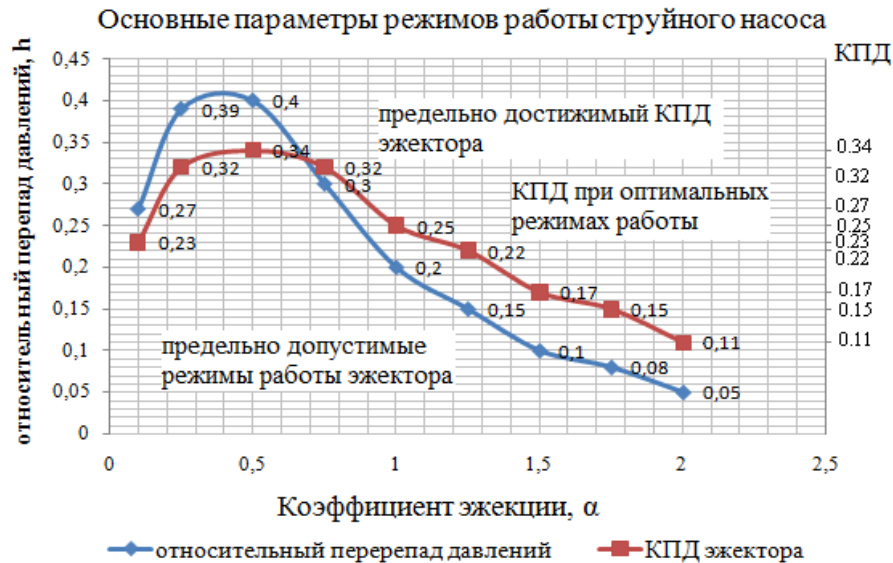


Рисунок 17 – Зависимость КПД эжектора от относительного перепада давления и коэффициента эжекции

В результате исследований для предлагаемого струйного насоса (эжектора) экспериментально определены и обоснованы оптимальные конструктивные параметры, мм: при диаметре сопла $d_c = 3,5$; длина сопла $l_c = 48,15$; длина цилиндрической части выходного сечения сопла $l_y = 1,95$; 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 $l_g = 33,65$.

В пятом разделе изложена технико-экологическая и экономическая оценка эффективности внедрения опрыскивателя камерного для виноградариков на примере опытного образца ОКПВ–1000.

Одним из показателей, позволяющих достоверно определить затраты сельскохозяйственного производства, не исключая стоимостных показателей, являются энергозатраты.

В данной главе изложена последовательность определения структуры энергозатрат на химическую защиту виноградных насаждений от вредителей и болезней опрыскивателями ОПВ-2000 в агрегате с трактором МТЗ-80, и камерным (туннельного типа) прицепным виноградным опрыскивателем ОКПВ в агрегате с трактором ЮМЗ 6АКЛ.

Анализ структуры затрат совокупной энергии на выполнение технологического процесса химической защиты виноградных насаждений по сравниваемым вариантам показывает, что применение камерного 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 составила 62,92% или 191613,24 МДж на сумму 914020 руб., срок окупаемости – 0,71 года.

Уровень экологичности выполнения технологического процесса составил для ОПВ-2000 – 0,98, а для ОКПВ-1000 – 0,37 от допустимой антропогенной нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 $Y = 9506,994 + 4,09396 X_2 + 2322,2 X_3$ развития площади поверхности надземной части биологической массы виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации (X_3) и схемы посадки (X_2), которая колеблется от 500 м²/га до 25000 м²/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 $l_y = 1,95$; 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 $l_g=33,65$.

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 3,4мм. Максимальный КПД насоса составил 0,34, при $\alpha=0,5$ и диаметре сопла 3,4мм, производительность – 9,4л/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 посторон-

них 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.

Рекомендации для внедрения в производство

1. Методы определения площади поверхности биологической массы виноградных насаждений в зависимости от периодов вегетации.
2. Методы определения расхода рабочей жидкости агрохимикатов при химической защите виноградных насаждений от вредителей и болезней.
3. Методы расчета конструктивных параметров камерного (туннельного типа) опрыскивателя.
4. Рекомендации для внедрения опрыскивателя в производство (АТТ).
5. Основные требования к созданию конструкции камерного опрыскивателя (ТЗ).
6. Новая конструкция отечественного камерного (туннельного типа) виноградного опрыскивателя, обеспечивающего экологически безопасную технологию применения агрохимикатов при химической защите виноградных насаждений.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Создание средств механизации, обеспечивающих экологически безопасную технологию химической защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней.

**Основные положения диссертации опубликованы
в изданиях, рекомендованных ВАК: 30 научных работ, в том числе 20
статей и 9 патентов на полезную модель. Ниже приведены
основные научные работы:**

1. Догода, А.П. Состояние и перспективы развития машин для безопасной технологии химической защиты многолетних насаждений / А.П. Догода // Наукові праці ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2009. – Вип. 122. – С. 121–126.
2. Догода, А.П. Результаты стендовых исследований опытного образца струйного насоса камерного опрыскивателя для виноградников ОКВП и их математическая обработка / А.П. Догода // Наукові праці ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 135. – С. 140–148.
3. Догода, А.П. Теоретичні передумови до обґрунтування параметрів насосної установки камерного обрискувача для повернення неосаженної рідини для повторного її використання / А.П. Догода // Наукові праці ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 135. – С. 132 – 139.
4. Догода, А.П. Навесной однорядный камерный опрыскиватель / Догода П.А, Анищенко В.И., Догода Н.П // 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.
5. Догода, А.П. Результаты полевых исследований опытного образца камерного опрыскивателя ОКВ и их математическая обработка / А.П. Догода // Наукові праці ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 138. – С. 10–18.
6. Догода, А.П. Обоснование основных требований к агрофону виноградных насаждений для работы туннельного опрыскивателя / А.П. Догода // Наукові праці ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2011. – Вип. 138. – С. 141–144.
7. 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 ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2012. Вип. 146. – С. 2 –37.
8. Догода, А.П. Теоретическое обоснование системы возврата раствора агрохимикатов не осевшего на на виноградных насаждениях при химической обработке в камерном опрыскивателе / А.П. Догода, А.В. Степанов, С.С. Воложанинов // Наукові праці ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2012. – Вип. 146. – С. 38–43.
9. Догода, А.П. Автоматизированная система определения конструктивных параметров рабочих органов камерного (туннельного) опрыскивателя для химической защиты виноградных насаждений / А.П. Догода, А.В.Степанов, П.А.Догода // Наукові праці ПФ НУБіПУ «КАТУ». Техн. науки. – Сімферополь, 2012. – Вип. 146. – С. 44–48.
10. Догода, А.П. Результаты исследований по созданию в производство туннельного виноградникового опрыскивателя / А.П. Догода // Сб. научн. тр. ЮФ «КАТУ» НАУ. Техн. науки. – Симферополь, 2013. – Вып. 153. – С. 190–194.
11. Догода, А.П. Определение параметров развития биологической массы надземной части виноградных насаждений / А.П. Догода, Догода П.А., Беренштейн И.Б. // - Сб. науч. трудов ЮФ«КАТУ» НАУ. Техн. науки. – Симферополь, 2012. – Вып. 150. – С. 54–68.

12. Догода, А.П. Исследование конструктивных параметров предлагаемого эжектора камерного опрыскивателя / А.П. Догода, П.А. Догода // Сб. научн. тр. ЮФ «КА ТУ» НАУ. Техн. науки. – Симферополь, 2014. – Вып. №163. – С. 18–21.
13. Догода, А.П. Технично-екологическая и экономическая оценка эффективности внедрения опрыскивателя камерного (туннельного типа) виноградного / А.П. Догода, П.А. Догода // Сб. научн. тр. ЮФ «КА ТУ» НАУ. Техн. науки. – Симферополь, 2012. – С.78–89.
14. Догода, А.П. Результаты внедрения в производство отечественного туннельного опрыскивателя, обеспечивающего экологически безопасную энергосберегающую технологию химической защиты виноградных насаждений / А.П. Догода, П.А. Догода // Сб. научн. тр. ЮФ «КА ТУ» НАУ. Техн. науки. – Симферополь, 2014. – вып. 162. – С.153–156.

патенты:

15. Деклараційний патент на винахід U64628. Обприскувач для садів і виноградників / А.П. Догода, П.О. Догода, В.І. Аніщенко, М.П. Догода, В.В. Плотников // НАУ. – Опубл. 16.02.2004. Бюл. №2.
16. Патент на корисну модель 28595 Україна МПК (2006) А01М. Вентиляторно-роспилюючий пристрій / П.А. Догода, К.М. Сера // НАУ. – №U200710259; заяв. 14.09.07 опубл. 10.12.07. Бюл. №20.
17. Патент на корисну модель U 47728. Опрыскувач навісний виноградників / А.П. Догода, П.О. Догода, І.Д. Сидоренко, І.В. Соболевський, В.І. Аніщенко, М.П. Догода // НУБІПУ. – Опубл. 25.02.2010. Бюл. №4.
18. Патент на корисну модель U 53401. Обприскувач гербіцидний навісний віноградниковий./ Догода А.П., П.О. Догода, І.В. Соболевський, В.І. Аніщенко, М.П. Догода, С.С. Воложанінов, Є.Ш. Османов // НУБІПУ. – Опубл. 11.10.2010. Бюл. №19.
19. Патент на корисну модель 59869. Опрыскувач для обробітку винорадників роздчинами отрутохімікатів у закритих камерах / А.П. Догода, П.О. Догода, В.І. Аніщенко, М.П. Догода, А.В. Степанов // НУБІПУ. – Опубл. 10.06.2011. Бюл. №11.
20. Патент на корисну модель №80220. Система повернення робочого розчину у камерних опрыскувачах / А.П. Догода, П.О. Догода, В.І. Аніщенко, М.П. Догода, А.В. Степанов // НУБІПУ. – Опубл. 27.05.2013. Бюл. № 10.
21. Патент на корисну модель 88948, Україна МПК F01M 7/00 (2014.01) u201311585. Однокамерний обприскувач / А.П. Догода, К.М. Сера, С.В. Драгнев // НУБІПУ. – Заявл. 01.10.2013. Опубл. 10.04.2014. Бюл. № 7.
22. Патент на корисну модель 88949, Україна МПК (2014.01), А01М 7/00 u201311586. Обприскувач для виноградників // А.П. Догода, К.М. Сера, С.В. Драгнев // НУБІПУ. – Заявл. 01.10.2013. Опубл. 10.04.2014. Бюл. № 7/2014.
23. Патент на корисну модель 88948, Україна МПК (2014.01), А01М 7/00 u201311588. Опрыскувач виноградників та садів / А.П. Догода, К.М. Сера, С.В. Драгнев // НУБІПУ. – Опубл. 10.04.2014. Бюл. № 7.
24. Пат. 173262 Российская Федерация А01D34/84. Роторная косилка для скашивания травостоя в междурядьях многолетних насаждений / В.В. Красовский, П.А. Догода, С.С. Воложанинов, А.П. Догода // ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского». – Заявл. 10.04.2017. Опубл. 21.08.2017. Бюлл. № 24.

Догода Александр Петрович
Обоснование параметров и режимов работы опрыскивателя туннельного
типа для виноградников
Автореф. дисс. на соискание учёной степени кандидата техн. наук.

Подписано к печати 20.08.2017 г. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ №.

Напечатано с оригинал-макета заказчика
в типографии ИП Гальцовой Н.А.
Российская Федерация, Республика Крым,
г. Симферополь, ул. Парковая, 7, к. 908.
E-mail: s-press@list.ru Тел.: +7 (978) 781-38-81.