УДК 631.332; 635.21(075.8)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КАПЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ, ДИСПЕРГИРУЕМЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ ДИСКО-ВЕНТИЛЯТОРНЫМ ТРАКТОРНЫМ ОПРЫСКИВАТЕЛЕМ ОПВ-2000 «ШКВАЛ»

В. И. КЛИМЕНКО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 15.07.2026)

В статье изложены результаты экспериментальных исследований инновационной технологии опрыскивания садов, зернотоков, мест временного хранения зерна, животноводческих помещений и прилегающих территорий с исследованием возможностей уменьшения расхода препаратов за счёт создания высокодисперсных капельных потоков рабочей жидкости с радиусом капель менее 5,0 мкм. Дробление капель рабочей жидкости до таких параметров позволяет обеспечить технологическую возможность уменьшения норм расхода препарата в 2–3 раза в результате повышения его активности в расчёте на единицу массы при увеличении поверхности соприкосновения жидкого распыляемого вещества с обеспечением более равномерного распределения препарата по всему объекту обработки.

Экспериментальные исследования, проведённые в условиях ГУ «Белорусская МИС», позволили установить, что диспергирование за 1 с потока высокодисперсных капель на расстоянии в 0,5 метров от окончания напорной ветви тракторного опрыскивателя ОПВ- 2000 «Шквал», в количестве 5680000 капель общей массой более 39 граммов, позволило зафиксировать на расстоянии 8,5 метра от окончания напорной ветви 5620000 капель общей массой более 43 граммов, это дало основание исследователям сделать вывод о том, что при температуре окружающей среды +27 ºС достоверного результата от испарения капель при удалении их на 8,0 метров от первоначальной фиксации капельного потока на удалении от опрыскивателя не получено, т.е. достоверные потери рабочей жидкости, в результате её испарения не зафиксировано.

Для осуществления инновационной технологии высокодисперсной обработки использовался центральный модуль тракторного опрыскивателя ОПВ- 2000 «Шквал», который состоял из рамы, дышла, колёсного хода, бака для рабочей жидкости, мембранно-поршневого насоса с напорными гидрокоммуникациями, содержащими трубопроводы с двумя дросселями, осевого вентилятора комбинированного многоступенчатого дискового распылителя, привода насоса и вентилятора от энергетического средства

Ключевые слова: *диско-вентиляторный тракторный опрыскиватель, высокодисперсные капельные потоки, энергетическое средство.*

This article presents the results of experimental studies of an innovative technology for spraying orchards, grain threshing floors, temporary grain storage areas, livestock buildings, and adjacent areas. This study explores the potential for reducing spray application rates by creating highly dispersed spray droplets with a droplet radius of less than 5.0 μm. Dispersing spray droplets to these parameters allows for a two- to three-fold reduction in spray application rates due to increased activity per mass unit, increased contact surface area, and more uniform spray distribution across the entire treatment area. Experimental studies conducted at the Belarusian State Institution "Belarusian Machine Testing Station" revealed that the dispersion of 5,680,000 droplets with a total mass of over 39 grams in 1 second at a distance of 0.5 meters from the end of the pressure line of the OPV-2000 "Shkval" tractor sprayer resulted in the recording of 5,620,000 droplets with a total mass of over 43 grams at a distance of 8.5 meters from the end of the pressure line. This led the researchers to conclude that at an ambient temperature of +27 ºC, no reliable result was obtained from the evaporation of droplets at a distance of 8.0 meters from the initial droplet flow detection point at a distance from the sprayer; i.e., no reliable loss of working fluid due to its evaporation was recorded.

To implement the innovative high-dispersion technology, the central module of the OPV-2000 "Shkval" tractor sprayer was used. This module consisted of a frame, drawbar, wheels, a working fluid tank, a diaphragm-piston pump with pressure hydraulic lines containing pipelines with two throttles, an axial fan of a combined multi-stage disc sprayer, and a pump and fan drive from a power source.

Key words: *disc-fan tractor sprayer, high-dispersion droplet flows, power source.*

Введение

В процессе опрыскивания садов, зернотоков, мест временного хранения зерна, животноводческих помещений и прилегающих территорий значительное внимание уделяется дроблению капель рабочих жидкостей до обеспечения их высокодисперсных параметров, то ест до их радиуса, менее 5,0 мкм. При туманообразном состоянии аэрозолей высокодисперсные капли рабочей жидкости воздействуют, например, на возбудителей грибных, вирусных болезней, которые находятся не только на различных поверхностях, но, например, и в воздухе животноводческих помещений. При радиусе капель рабочей жидкости менее 5,0 мкм повышается активность препарата в расчете на единицу массы и уменьшается его норма расхода, по меньшей мере, в 2–3 раза [1, 2, 3]. При этом за счет увеличения поверхности соприкосновения жидкого распыляемого вещества обеспечивается более равномерное распределение препарата по всему объекту обработки.

Целью экспериментальных исследований являлось исследование возможностей уменьшения расхода препаратов за счет обеспечения создания преимущественно высокодисперсных капельных потоков с использованием многоступенчатой системы комбинированного распыла рабочей жидкости диско-вентиляторным тракторным полуприцепным опрыскивателем ОПВ-2000 «Шквал» [4, 5, 6].

Основная часть

Исследования проведены посредством производственных экспериментов с участием ученых Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, ЗАО «Славянская технология» и специалистов ГУ «Белорусская МИС». Экспериментальные исследования проводились в 2024 году. Лабораторные исследования по определению размеров капель рабочей жидкости и их количества, диспергируемых комбинированной многоступенчатой системой распыла диско-вентиляторного тракторного опрыскивателя ОПВ-2000 «Шквал» были проведены на ГУ «Белорусская МИС» 28 августа 2024 года при температуре воздуха +27 ˚С. Измерения количества в 1 м^3 размера частиц распыленной рабочей жидкости производились ручным счетчиком частиц Aero Trak 9306 -04 с изокинетическим пробоотборником.

Время отбора проб – 30 с, высота – 1,0 метр над уровнем поверхности, на которой находился опрыскиватель. Исследования проводились по стандартным методикам, согласно проекту ТУ BY 400450339.018-2024, руководства по эксплуатации диско-вентиляторного тракторного полуприцепного опрыскивателя ОПВ-2000 «Шквал», а также ручного счетчика частиц Aero Trak 9306 -04.

Опрыскиватель диско-вентиляторный тракторный полуприцепной ОПВ-2000 «Шквал» (далее опрыскиватель) является центральной частью универсальной модульной конструкции и предназначен для химической защиты высокорослых многолетних насаждений в садах и виноградниках от болезней и вредителей, обеззараживания животноводческих помещений и прилегающих территорий, обработки складов, зернотоков и мест временного хранения зерна от вредителей [7, 8].

Опрыскиватель агрегатируется с тракторами тягового класса 1, 4.

Опрыскиватель (рис. 1, 2) состоит из рамы 1, дышла 2, колесного хода 3, бака 4 для рабочей жидкости, мембранно-поршневого насоса 5, регулятора давления рабочей жидкости 6, миксера 7, фильтра линии всасывания 8, осевого вентилятора 9, комбинированного многоступенчатого дискового распылителя 10, привода 11 насоса 5 и вентилятора 9.

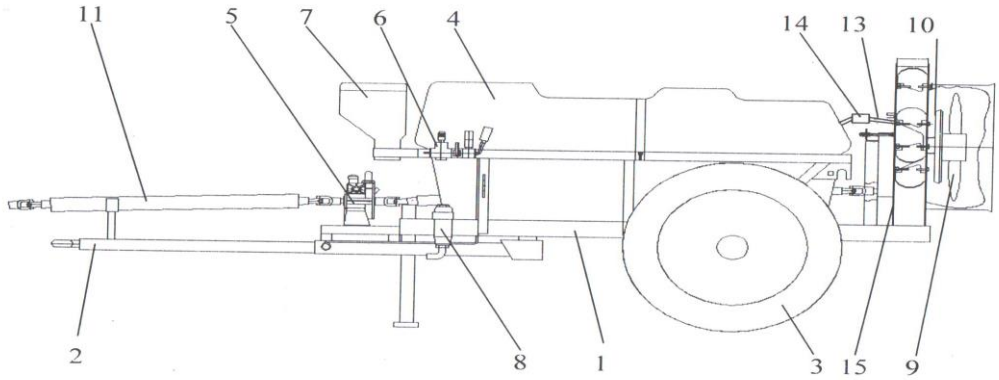

Рис. 1. Схема диско-вентиляторного тракторного полуприцепного опрыскивателя ОПВ-2000 «Шквал», вид сбоку

Комбинированное диско-вентиляторное устройство служит для преимущественно высокодисперсного распыления рабочей жидкости и транспортирования ее в виде воздушно-капельных потоков на объекты обработки. Диско-вентиляторное устройство состоит из осевого вентилятора 9, многоступенчатого дискового распылителя 10 и напорной распределительной ветви 12 для двухстороннего вывода воздушно-капельных потоков в двух направлениях, перпендикулярных направлению перемещения опрыскивателя энергетическим средством. Система распределения рабочей жидкости предназначена для подвода рабочей жидкости к многоступенчатому дисковому распыливающему устройству и состоит из бака 4, мембранно-поршневого насоса 5, фильтра 8, регулятора давления 6, трубопроводов 13 и дросселей 14, устанавливаемых попарно.

Технологический процесс выполняется опрыскивателем следующим образом: через заправочную горловину бака осуществляется заправка водой и препаратами и производится перемешивание рабочей жидкости. При подъезде опрыскивателя к обрабатываемым объектам, включается ВОМ трактора, поток

мощности передается на вал насоса, входной вал редуктора привода вентилятора и комбинированного многоступенчатого диска. Рабочая жидкость всасывается из бака через фильтр и подается к регулятору давления, который сбрасывает часть жидкости обратно в бак, обеспечивая постоянное перемешивание рабочей жидкости, а остальную направляет к двум дросселям, через которые рабочая жидкость подается в многоступенчатое дисковое устройство. Вращающимся дисковым устройством рабочая жидкость дробится механическим способом, а на выходе из дискового устройства подвергается воздействию воздушного потока, создаваемого вентилятором, и дополнительно дробится, преимущественно до высокодисперсных параметров (капель радиусом менее 5,0 мкм или диаметром 10,0 мкм). Далее воздушный поток транспортирует распыленные до высокодисперсного состояния капли на объекты обработки (листьевые поверхности, ветви и стволы плодовых деревьев, поверхности и объем складов и животноводческих помещений, прилегающие территории, зернотока и т.д.).



Рис. 2. Схема диско-вентиляторного тракторного полуприцепного опрыскивателя ОПВ-2000 «Шквал» (вид сзади) со схемой замера капель датчиком оборудования

Лабораторные исследования (таблица), проведенные на ГУ «Белорусская МИС» 28.08.2024 года при температуре воздуха +27˚С с использованием ручного счетчика частиц Aero Trak 9306 -04 с изокинетическим пробоотборником, позволили определить размеры капель и их количество в 1 м^3 на расстоянии 0,5 метра и 8,5 метров от окончания 15 напорной распределительной ветви 12 опрыскивателя.

Результаты исследований технологического процесса диспергирования капель диаметром 0,3–10 мкм диско-вентиляторным тракторным опрыскивателем ОПВ-2000 «Шквал»

Наименование показателя	Значение по результатам лабораторных исследований			
	Количество капель в 1 м^3 на расстоянии 0,5 м от напорной ветви опрыскивателя		Количество капель в 1 м^3 на расстоянии 8,5 м от напорной ветви опрыскивателя	
Состав агрегата, марка: - опрыскивателя - трактора	ОПВ-2000 «Шквал» «Беларус – 82.1»			
Вид работ	Определение размеров и количества капель, диспергируемых за 1 с			
Место проведения оценки	ГУ «Белорусская МИС»			
Дата проведения оценки	28 августа 2024 года			
Условия проведения оценки:				
Температура атмосферного воздуха	+27 ºС			
Влажность	58%			
Скорость ветра	4,1 м/с			
Режим работы:				
Количество дросселей диаметром 3,0 мм, шт.; Давление в напорной коммуникации, МПа; Время отбора одной пробы; Высота отбора проб;	2 0,3 30 с 1,0 м			
Функциональные показатели:				
Диаметр капли, мкм	Количество капель, зафиксированное прибором и процент от общей массы капель			
	Кол-во капель за 1 с	% от общей массы капель	Кол-во капель за 1 с	% от общей массы капель
0,3	4691213	72,07	4196866	58,41
0,5	908163	23,25	1118680	25,95
1,0	77385	3,96	293898	13,63
3,0	3324	0,51	9375	1,30
5,0	753	0,19	2826	0,66
10,0	23	0,02	118	0,05
Всего	5680861*	100,0	5621763*	100,0

Примечание: 1. Масса капель, зафиксированных прибором за 1 с на расстоянии 0,5 м от окончания напорной ветви опрыскивателя, составила 39,06 г.

2. Масса капель, зафиксированных прибором за 1 сек на расстоянии 8,5 м от окончания напорной ветви опрыскивателя, составила 43,1147 г.

3. Количество капель диаметром 10,0 мкм составило на расстоянии 0,5 м от окончания напорной ветви опрыскивателя – 0,0004 %, а на расстоянии 8,5 м – 0,012 % от общего количества зафиксированных прибором капель.

В настоящее время семь технических решений, использованных в конструкции диско-вентиляторного тракторного опрыскивателя ОПВ-2000 «Шквал», признаны изобретениями в разных странах.

Заключение

1. Экспериментальными исследованиями в условиях ГУ «Белорусская МИС» установлено, что комбинированный многоступенчатый диско-вентиляторный распылитель тракторного опрыскивателя ОПВ-2000 «Шквал» позволяет обеспечить диспергирование за 1 с потока капель преимущественно диаметром до 5,0 мкм включительно на расстоянии в 0,5 метра от окончания напорной ветви опрыскивателя – в количестве более 5680000 (пяти миллионов шестьсот восьмидесяти тысяч) капель общей массой более 39 (тридцати девяти) граммов. При этом на расстоянии 8,5 метров от окончания напорной ветви опрыскивателя, капель диаметром до 5,0 мкм включительно зафиксировано более 5620000 (пять миллионов шестьсот двадцать тысяч) общей массой более 43 (сорока трёх) граммов, то есть при температуре окружающей среды +27 ºС достоверного результата об испарении капель при удалении их на 8,5 м от окончания напорной ветви диско-вентиляторного тракторного опрыскивателя – не получено, поскольку общая масса капель увеличилась более чем на 4 (четыре) грамма, а не уменьшилась при удалении высокодисперсного воздушно-капельного потока на 8,0 метров от первой фиксации капель изокинетическим пробоотборником счетчика частиц рабочей жидкости.

2. Экспериментальными исследованиями установлено, что наибольший процент от общей массы капель зафиксирован в контрольных местах замера №1 и №2 на высокодисперсных каплях диаметром 0,3 мкм (72,07 % и 58,41 %) и наименьший процент от общей массы капель зафиксирован на высокодисперсных каплях при диаметрах капель в 5,0 мкм – (0,19 % и 0,66 %), а также каплях 10,0 мкм (0,0004 % и 0,02 % соответственно).

3. Экспериментальными исследованиями выявлена ярко выраженная тенденция уменьшения количества диспергируемых капель в зависимости от увеличения их диаметра: 4691213 капель при диаметре 0,3 мкм, до 23 капель при их максимальном диаметре в 10,0 мкм и удалении в 0,5 м от окончания напорной ветви опрыскивателя, при этом количество капель диаметром 10,0 мкм составило всего 0,0004 % от общего количества зафиксированных прибором капель; 4196866 капель при диаметре 0,3 мкм до 118 капель при диаметре в 10,0 мкм и удалении на 8,5 м от окончания напорной ветви опрыскивателя, при этом количество капель диаметром 10,0 мкм составило только 0,012 % от общего количества зафиксированных прибором капель.

4. Неоспоримым преимуществом аэрозольного (увлажненного) способа обработки поверхностей объектов препаратами с использованием диско-вентиляторного тракторного опрыскивателя ОПВ-2000 «Шквал», при установленном в результате экспериментальных исследований отсутствии достоверного подтверждения испарения распыленной рабочей жидкости, является технологическая возможность уменьшения норм расхода препарата в 2–3 раза в результате повышения его активности в расчете на единицу массы, а это в свою очередь, приводит к значительной экономии средств на приобретение дорогостоящих препаратов и резкому уменьшению нагрузки на экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дезинфекция: учебно-методическое пособие / П. А. Красочко, А. А. Гаранчук, И. М. Кутилев [и др.]. – Смоленск: Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. – С. 19–20.

2. Пат. 2131783 Российская Федерация, МПК[6] B05B3/02. Устройство для распыления жидкого вещества / В. И. Клименко; заявитель и патентообладатель Клименко В. И. – №97117237; заявл. 24.10.97; опубл. 20.06.99. Бюл. №17 / Гос. пат. ком. Российской Федерации. – 5 с.: ил.

3. Пат. 4084 Республика Беларусь, МПК[7] B05B3/02 Устройство для распыления жидкого вещества / В. И. Клименко – №a970589; заявл. 31.10.97; опубл. 30.09.01, Афіц. бюл. №3/ Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 4 с.: ил.

4. Ван, Сю. Прогресс в исследовании технологий измерения размеров капель сельскохозяйственных аэросистем / Сю Ван // Журнал сельскохозяйственной инженерии. – 2018. – Т. 34, № 15. – С. 1–8.

5. Чжао, Чэнь. Метод измерения размеров капель распыления на основе машинного зрения / Чэнь Чжао // Журнал сельскохозяйственных машин. – 2020. – Т. 51, № 4. – С. 389–396.

6. Отчет об исследованиях характеристик осаждения капель ветрообеспеченных распыляющих машин / Южно-Китайский сельскохозяйственный университет. – Гуанчжоу: Южно-Китайский сельскохозяйственный университет, 2019. – С. 12–16.

7. ISO 16368:2017 Оборудование для защиты растений — Определение распределения размеров капель распыления. Женеве: ISO, 2017, с. 45–49.

8. Клименко, В. И. Ресурсоэффективная технология и машины для возделывания картофеля / В. И. Клименко. – Гомель: БелГУТ, 2009. – С. 86–88.