

УДК 631.348.45

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ НА СТЕНДОВОМ ОБОРУДОВАНИИ

© 2019 г. И. М. Киреев¹, З. М. Коваль^{1,*}

¹ Новокубанский филиал «Росинформагротех» (КубНИИТиМ)
352240 Новокубанск, ул. Красная, 15, Россия

*E-mail: zinakoval@mail.ru

Поступила в редакцию 08.05.2018 г.

После доработки 27.07.2018 г.

Принята к публикации 10.02.2019 г.

Предложена конструкция стендового оборудования для моделирования технологий распылителей жидкости и получения измерительно-расчетным методом информационных сведений об агротехнических и экологических показателях в технологиях опрыскивания растений штанговыми опрыскивателями. На основании разработанной методики получены сравнительные результаты испытаний технологий работы распылителей в составе стендового оборудования и при традиционной технологии опрыскивания по основному критерию — медианно-массовому диаметру капель, свидетельствующие о том, что с малыми затратами труда и времени можно получать информационные сведения о рациональных технологиях применения штанговых опрыскивателей.

Ключевые слова: измерительно-расчетные показатели, моделирование технологий, распылители опрыскивателей, стендовое оборудование.

DOI: 10.1134/S0002188119050053

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии со стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, разработка и внедрение рациональных и экологических технологий применения средств химической защиты сельскохозяйственных растений для получения безопасных продуктов питания является инновационным развитием внутреннего рынка продуктов и услуг.

Современная техника, имеющая систему навигации GPS, автоматическое управление секциями штанги, расходом рабочей жидкости и каплями с цветовой кодировкой (самые мелкие, очень мелкие, мелкие, средние, крупные, очень крупные, самые крупные, крайне крупные) на автономном мониторе не решает вопрос качества технологического процесса опрыскивания. Водные растворы пестицидов в аэрозольном состоянии из-за несовершенных технологий применения штанговых опрыскивателей распространяются в атмосфере, проникают в почву и растениеводческую продукцию. Технические средства ограничены в универсальном применении высокопроизводи-

тельных и ресурсосберегающих современных технологий защиты растений. Нельзя достичь главного критерия социальной значимости при применении химического метода, заключающегося в одновременном выполнении агротехнических и экологических условий. Не определяются агротехнические показатели по числу N капель/см², которое при применении инсектицидов и фунгицидов в технологическом процессе должно находиться в пределах $50 \leq n \leq 200$, гербицидов — $40 \leq n \leq 100$ капель/см² [1].

Получение таких информационных сведений об агрономических и экологических показателях для рациональных технологий применения распылителей весьма трудоемко, а порой и невозможно даже для широко применяемых штанговых опрыскивателей. Рекомендации по технологическим режимам работы распылителей опрыскивателей практически отсутствуют по той причине, что существующие полевые методы и средства оценки характеристик распыляемой жидкости трудоемки, а лабораторные — имеют статистический характер и не моделируют технологии работы распылителей [2, 3]. Из-за отсутствия приборной и методической базы не оценивают потери

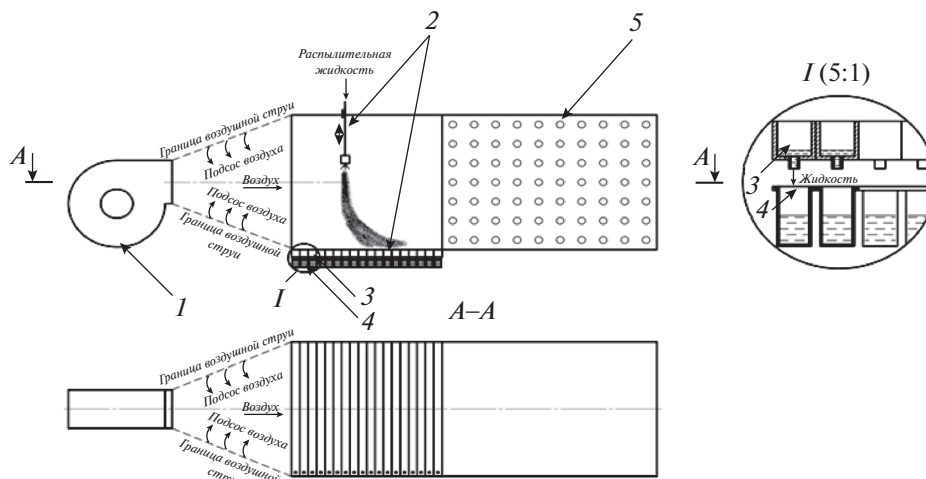


Рис. 1. Схема стенового оборудования для моделирования технологий распылителей опрыскивателей: 1 – вентилятор, 2 – корпус устройства с распылителем и оборудованием для сбора капельной жидкости (3 – желобки, 4 – мерные стаканчики), 5 – решетчатый корпус для снижения скорости воздушного потока.

пестицидов, содержащиеся в мелкодисперсном аэрозоле при полидисперсном распыливании жидкостей малообъемного (МО) опрыскивания растений. Цель работы – получение информационных сведений для рациональных режимов работы опрыскивателей моделированием технологий распылителей.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения существующей технологической проблемы по обеспечению агротехнических и экологических показателей в технологиях применения пестицидов предложен метод моделирования рабочего процесса распылителей опрыскивателей и разработано стендовое оборудование, схема которого приведена на рис. 1.

На схеме полувысоту воздушной струи $\delta_{гр}$ (м), на расстоянии x (м) от сопла вентилятора до распылителя в корпусе 2 определяют по формуле [4, 5]:

$$\delta_{гр} = \left(2.4 \frac{ax}{\delta_0} + 1 \right) \delta_0, \quad (1)$$

где $a = 0.09-0.12$ – коэффициент структуры струи, δ_0 – половина ширины плоского сопла вентилятора, м.

В формуле (1) методом последовательного приближения, задавая величину δ_0 , определяют как расстояние от сопла вентилятора по оси струи до распылителя x , так и размеры сечения плоского сопла. Расход воздуха в начальном сечении сопла вентилятора $G_{возд.с}$ (м³/с), характеризующий его производительность, определяют как произведение начальной скорости истече-

ния U_0 (м/с) на площадь плоского сопла $(2\delta_0)^2$ (м²) вентилятора

$$G_{возд.с} = U_0 (2\delta_0)^2. \quad (2)$$

Относительный расход воздушной струи $\bar{q}_{отн}$ во входном сечении корпуса устройства с распылителем определяют по уравнению [4, 5]:

$$\bar{q}_{отн} = 1.2 \sqrt{\frac{ax}{\delta_0}} + 0.41 \quad (3)$$

Расход воздушного потока $G_{возд.расп}$ (м³/с) в сечении корпуса устройства с распылителем определяют по уравнению

$$G_{возд.расп} = G_{возд.с} \bar{q}_{отн}, \quad (4)$$

где $G_{возд.с}$ – расход воздуха в сечении сопла вентилятора, м³/с.

Для каждого технологического режима определяют:

1 – площадь S (см²), на которую оседает капельная жидкость, по формуле

$$S = \Pi L, \quad (5)$$

где Π – расстояние между распылителями на штанге опрыскивателя (см);

2 – L (см) – расстояние, на которое перемещается распылитель в технологическом процессе штангового опрыскивателя за 1 с;

3 – $G_{жс}$ (мм³/см² с) – количество жидкости:

$$G_{жс} = \frac{\sum_{j=1}^m G_{жj} \times 1000}{S}, \quad (6)$$

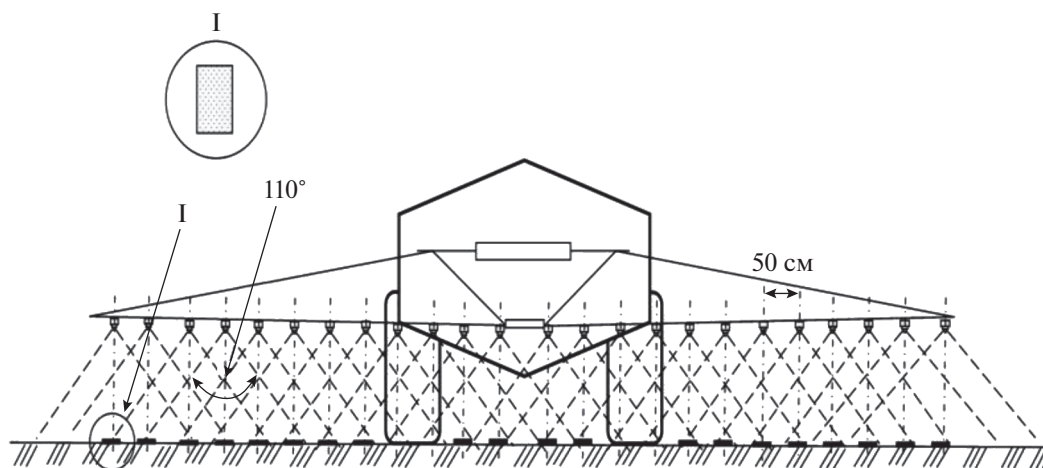


Рис. 2. Схема штангового опрыскивателя при опрыскивании предметных карточек.

где $G_{жj}$ — количество капельной жидкости, собранной в стаканчике (мл/с), j — номер мерного стаканчика, m — число мерных стаканчиков;

4 — основной критерий опрыскивания ММД = $985\sqrt[3]{Q}$ (мкм), где Q — количество жидкости, мм³;

5 — расход капельной жидкости $G_{лаб}$ (дм³/га) — по формуле [6]:

$$G_{лаб} = \frac{G \text{ (дм}^3\text{/мин)} \times 60000}{v \text{ (км/ч)} \Pi \text{ (см)}}, \text{ (дм}^3\text{/га)}, \quad (7)$$

где G — количество капельной жидкости при ее осаждении на площади S (см²) за 1 мин: $G = G_{жс}$ (дм³/см²) S (см²) 60, дм³/мин;

6 — скорость передвижения опрыскивателя v , км/ч;

7 — потери капельной жидкости G_n (дм³/га) по разности расхода жидкости, проходящей через сопло распылителя C'_c , и осаждаемой в желобках $G_{лаб}$

$$G_n = G'_c - G_{лаб}, \quad (8)$$

8 — концентрацию C_p (г/с), не оседающего на площади S (см²) аэрозоля

$$C_p = \frac{G_n v \Pi}{3600}. \quad (9)$$

Методику моделирования технологического процесса работы распылителей в стендовом оборудовании и в составе опрыскивателей осуществляли следующим образом.

В корпусе устройства перед распылителем жидкости вентилятором 1 создавали воздушную струю, скорость воздуха которой в осевой области

на определенном расстоянии x от плоского сопла соответствовала скорости движения опрыскивателя. Насосом производили подачу жидкости в распылитель с заданным давлением.

Скорость воздушного потока, давление и расход жидкости через распылитель определяли электронными средствами. Распределение капельной жидкости, образованной при классовом осаждении капель, определяли объемным методом с применением мерных стаканчиков. Время проведения опыта определяли секундомером. С учетом опытных данных экспериментально-расчетным методом определяли показатели моделируемых технологий распылителей опрыскивателей.

Результаты определения экспериментально-расчетных показателей технологий распылителей опрыскивателей, осуществленного с использованием стендового оборудования, сравнивали по основному критерию — величине медианно-массового диаметра (ММД) капель [6], полученного в результате лабораторных агротехнических исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя. Схема штангового опрыскивателя при опрыскивании предметных карточек показана на рис. 2.

Определение средних величин ММД капель проводили методом сканирования 34 карточек, расположенных по ширине опрыскивания, с последующим преобразованием полученных графических файлов в формат BMP и обработкой по специально разработанной программе ROv-03.

Таблица 1. Результаты определения экспериментально-расчетных показателей моделирования технологического процесса щелевых пластиковых сопел распылителей жидкости (производство “Lechler” LU-03AD-03, синего цвета; LU-04AD-04, красного цвета) на стендовом оборудовании с данными исследований распылителей в составе опрыскивателя

№ п/п	Наименование показателя	Величина показателя				
1	Сопло (тип, код цвета)	LU-03, AD-03; синий			LU-04, AD-04; красный	
2	Высота расположения сопла распылителя над желобками, м (см)	0.6 (60)				
3	Давление жидкости в магистрали, МПа (Бар)	0.3 (3.0)		0.35 (3.5)	0.4 (4.0)	0.2 (2.0)
4	Скорость воздушного потока в области распыла жидкости, м/с (км/ч)	1.94 (7.0)	2.83 (10.2)	2.92 (10.5)	1.97 (7.1)	2.94 (10.6)
5	Количество оседающей капельной жидкости, мм ³ /см ²	1.32	0.64	0.88	1.29	1.08
6	Площадь, на которую оседает капельная жидкость, см ²	9700	14150	14600	9800	14700
7	Расход жидкости по количеству ее осаждения в желобки, дм ³ /га	95.2	66.9	94.8	93.9	118
8	Количество жидкости, с учетом ее расхода через сопло распылителя при заданном давлении в Бар, дм ³ /га	154	66.9	149	235	163
9	Потери жидкости по разности ее количества, прошедшего через сопло распылителя и осажденного в желобки, дм ³ /га (%)	59.1 (38.2)	78.3 (53.9)	54.6 (36.5)	141 (60.1)	45.1 (27.7)
10	Медианно-массовый диаметр (ММД) капель по результатам опытных данных в стендовом оборудовании, мкм	1080	848	943	1070	1010
11	Скорость движения опрыскивателя, км/ч (м/с)	7 (1.9)	10.2 (2.8)	10.5 (2.9)	7.1 (2.0)	10.6 (2.9)
12	ММД капель по результатам лабораторных исследований распылителя жидкости в составе опрыскивателя, мкм	1180	644	901	1590	1190
13	Отличие ММД капель при лабораторных исследованиях распылителя жидкости в составе опрыскивателя и опытных данных в стендовом оборудовании, %	8.66	31.7	4.66	32.6	15.2
14	Время проведения опыта, с	60	75	70	80	45
15	Расположение желобков	Перпендикулярно направлению воздушного потока				

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 и на графике (рис. 3) приведены экспериментально-расчетные показатели моделирования технологического процесса с применением щелевых пластиковых сопел распылителей жидкости (производство “Lechler” LU-03AD-03, синего цвета; LU-04AD-04, красного цвета), в стендовом оборудовании в сравнении с аналогичными данными исследования распылителей жидкости в составе опрыскивателя. Величины ММД капель, полученные моделированием распылите-

лей на стендовом оборудовании и при исследовании распылителей жидкости в составе опрыскивателя, имели отличие в пределах от 8 до 33%, в зависимости от примененного сопла распылителя и скорости воздушного потока (движения опрыскивателя).

Меньшие величины ММД капель по результатам определения экспериментально-расчетных показателей при моделировании технологических процессов распылителей жидкости на стендовом оборудовании были обусловлены ошибками потерь капельной жидкости, как это видно из

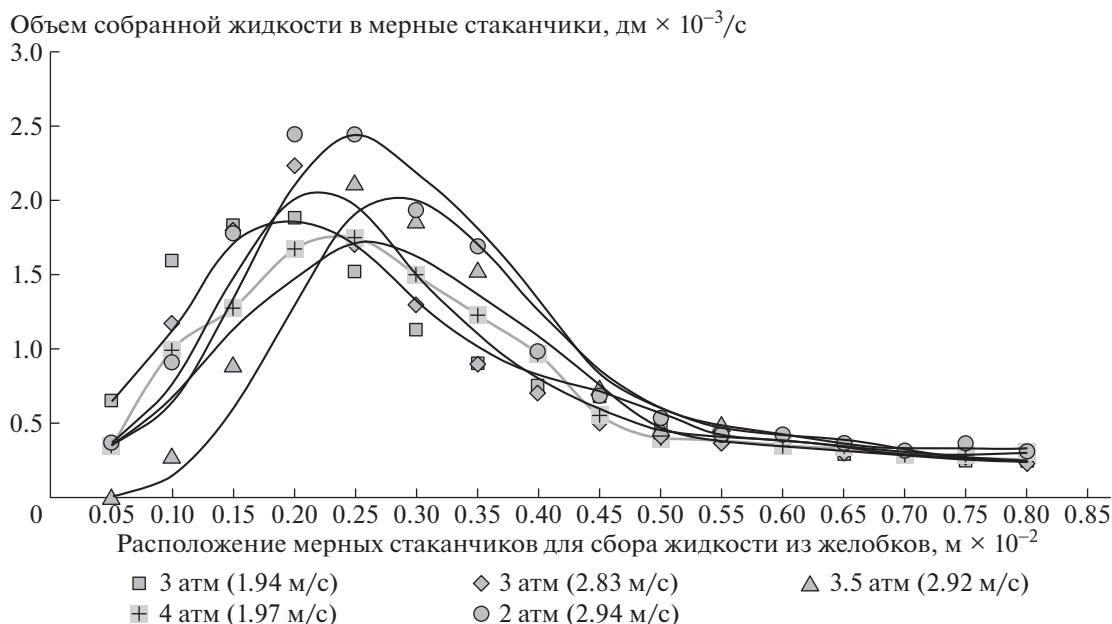


Рис. 3. Классовые распределения капельной жидкости в продольном направлении при поперечном расположении желобков (по опытным данным, приведенным в табл. 1).

графических распределений капельной жидкости на рис. 3. Кроме того, отличие ММД капель было обусловлено также ошибками определения технологических показателей (скорости движения опрыскивателя, скорости воздуха в области факела распыляемой жидкости, давления жидкости и другими факторами). В целом сравнение результатов проведенных исследований свидетельствуют о возможности моделирования распылителей для рациональных технологий опрыскивателей.

При моделировании технологий распылителей жидкости в составе стендового оборудования впервые показана возможность определения потерь жидкости в капельной форме, которая, например, для приведенных в табл. 1 давлений жидкости в магистрали и скоростей воздуха (равных скоростям движения опрыскивателя), составляли от 23 до 60%.

Данные табл. 1, иллюстрируемые графически распределениями капельной жидкости (рис. 3) характеризуют классовое распределение капель, по которому можно определить дисперсные показатели качества опрыскивания по диаметрам (D) капель/см², которые при применении инсектицидов и фунгицидов в технологическом процессе должны находиться в пределах $80 \leq D \leq 360$ мкм и $100 \leq D \leq 360$ мкм соответственно [1]. Таким образом, информационные сведения о классовом содержании капель [6] будут иметь соответствующее целевое назначение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конструктивно-технологическое исполнение разработанного стендового оборудования и измерительно-расчетные показатели моделируемых технологий распылителей опрыскивателей обеспечивают получение информационных сведений о ресурсосберегающих, агротехнических и экологических технологиях применения опрыскивателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веретенников Ю.М., Лысов А.К. Как отрегулировать опрыскиватель, проверить качество опрыскивания? [Текст] // Защита растений. М., 1993. № 9. С. 48–51.
2. ГОСТ ИСО 5682-1-2004. Оборудование для защиты растений. Оборудование распылительное. Часть 1. Методы испытаний распылительных насадок [Текст]. Введ. 01–01–2008. М.: Межгосударственный Стандарт: Стандартинформ. 2009. 14 с.: ил.
3. Степук Л.Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие / Л. Я. Степук, В.Н. Дашков, В.Р. Петровец. Мн.: Дикта, 2006. 448 с.: ил.
4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М., “Машиностроение”, 1975. 559 с.: ил.
5. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. М., Физматгиз, 1960, 715 с.: ил.
6. ГОСТ Р 53053-2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний [Текст]. Введ. 01–01–2009. М.: Национальный Стандарт Российской Федерации: Стандартинформ. 2009. 42 с.: ил.

Measuring-Calculation's Indicators of Modeling of Technologies of Atomizers of Sprayers on Stand Equipment

I. M. Kireev^a and Z. M. Koval'^{a,#}

*^a Novokubansk branch "Rosinformagrotekh" (KubNIITiM)
ul. Krasnaya 15, Novokubansk 352240, Russia*

[#]E-mail: zinakoval@mail.ru

The design of stand equipment for modeling of technology spraying and obtain measuring-calculation's method of information data about the agronomic and environmental performance of the technologies of spraying the plants with a boom sprayers was proposed. Based on the developed methodology, received the comparative results of testing the spraying technology of atomizers in the stand equipment and with traditional spraying technology according to the main criterion median-mass diameter of drops indicate that with low labor and time costs it was possible to obtain information about rational technologies for the application of boom sprayers.

Key words: measuring-calculation's indicators, modeling of technologies, atomizers of sprayers, stand equipment.