

Тип статьи: научная
УДК 632.934.1:631.348.45
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-5-42-50

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ КРАЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛЯ ОТ СОРНЯКОВ И ВРЕДИТЕЛЕЙ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

*Иван Михайлович Киреев*¹, *Зинаида Михайловна Коваль*², *Михаил Владимирович Данилов*³

^{1,2} Новокубанский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических
исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»,
г. Новокубанск, Краснодарский край, Российская Федерация

² zinakoval@mail.ru

³ Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

³ danilomaster80@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Зинаида Михайловна Коваль, zinakoval@mail.ru
Corresponding author: Zinaida Koval', zinakoval@mail.ru

Реферат. Применение основного способа опрыскивания для защиты растений при борьбе с сорняками и вредителями в краевой области поля с лесонасаждениями в настоящее время осуществляется различными техническими средствами. Выявлены недостатки: при применении основного химического метода опрыскивания сорняков и вредителей техническими средствами не выполняются универсальные требования по дисперсности капель; при опрыскивании лесополосы вентиляторами - неустойчивость аэрозольных струй во внешней среде; при создании холодного аэрозоля вентиляторами - неуправляемость для выполнения требуемой дисперсности, а при создании холодного аэрозоля генераторами начальных условий его образования недостаточно для обоснования распространения дисперсности по назначению.; при применении аэрозольных генераторов с термомеханический принцип действия - не соответствие современным экологическим требованиям. Приведенные в литературных источниках рекомендации по применению воздушных средств не актуальны. Исследовалось техническое средство, включающее осевой вентилятор с диаметром 0,61м и производительностью воздуха 22000 м³/ч. Коническое сопло оборудовалось насадками с распылительными наконечниками на его образующей. Рабочий процесс осевого вентилятора с гидромотором обеспечивался гидросистемой трактора, а подача рабочей жидкости из емкости опрыскивателя к распылительным наконечникам осуществлялась насосом. Проведены теоретические исследования по обоснованию сопла к вентилятору с обоснованием по созданию воздушно-дисперсной системы и оседанию из нее полидисперсных капель на объектах назначения. Опытные данные по дисперсности капель обрабатывались с помощью программного обеспечения. Результаты проведенных исследований представляют новизну теоретического и практического решений по комбинированному применению процесса опрыскивания краевой области поля с дальнейшим его развитием по практическому применению для защиты растений.

Ключевые слова: техническое средство, воздушная струя, опрыскиватель, распылитель, многолетние сорняки, вредители, гербициды, инсектициды, фунгициды.

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF TECHNICAL MEAN FOR EDGE TREATMENT OF FIELD FROM OF WEEDS AND FIELD CROPS PESTS

*Ivan Kireev*¹, *Zinaida Koval'*², *Mikhail Danilov*³

^{1,2} Novokubansk Affiliate of Russian Research Institute of Information and Feasibility Study on
Engineering Support of Agribusiness, the Federal State Budgetary Scientific Institution (KubNIITiM),
Novokubansk, Russian Federation

² zinakoval@mail.ru

³ Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation
³ danilomaster80@mail.ru

Abstract. *The main method of spraying for plant protection in the fight against weeds and pests in the marginal area of the field with forest plantations is currently implemented by various technical means. The following shortcomings have been identified: when using the main chemical method of spraying weeds and pests by technical means, universal requirements for droplet dispersion are not met; when spraying the forest belt with fans - instability of aerosol jets in the external environment; when creating a cold aerosol with fans - uncontrollability for achieving the required dispersion, and when creating a cold aerosol with generators, the initial conditions of its formation are insufficient to justify the spread of dispersion as intended; when using aerosol generators with a thermo-mechanical principle of operation - non-compliance with modern environmental requirements. The recommendations for the use of air means given in literary sources are not relevant. The technical means including an axial fan with a diameter of 0.61 m and an air capacity of 22,000 m³ /h were studied. The conical nozzle was equipped with nozzles with spray tips on its generatrix. The working process of the axial fan with a hydraulic motor was provided by the tractor hydraulic system, and the supply of working fluid from the sprayer tank to the spray tips was carried out by a pump. Theoretical studies were conducted to justify the nozzle to the fan with the justification for creating an air-dispersed system and settling polydisperse droplets from it on the target objects. Experimental data on the dispersion of droplets were processed using software. The results of the studies represent the novelty of theoretical and practical solutions for the combined use of the process of spraying the edge area of the field with its further development in practical application for plant protection.*

Keywords: *technical mean, air jet, sprayer, atomizer, perennial weeds, pests, herbicides, insecticides, fungicides.*

Для цитирования: Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Обоснование параметров технического средства для краевой обработки поля от сорняков и вредителей полевых культур // Наука в Центральной России. 2024. Т. 71, № 5. С. 42-50. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-42-50>.

For citation: Kireev I., Koval' Z, Danilov M. Justification of parameters of technical mean for edge treatment of field from of weeds and field crops pests. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2024; 71(5): 42-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-42-50>.

Введение. Государственное значение в повышении урожайности продовольственных и технических культур на 25 % – 30 % имеют ползащитные насаждения [1, 3]. Сохранение такой урожайности в современных условиях осуществляется защитными методами и средствами уничтожения сорной растительности в основании лесополос и технологических проходах [4].

В работе [5] отмечается, что целый ряд вредителей прекрасно размножается в лесополосах, откуда потом они периодически мигрируют на поля с сельскохозяйственными культурами. Среди основных вредителей краевой области поля авторы [5] называют: тлю (обыкновенную злаковую и черёмухово-злаковую), злаковую листовёртку, жука красуна, клопа вредную черепашку, хлебную жужелицу

При применении основного химического метода опрыскивания сорняков и вредителей техническими средствами [6-10] необходимо выполнение требований по дисперсности капель [6, 7].

Недостатком опрыскивания лесополосы вентиляторами является неустойчивость аэрозольных струй во внешней среде. Применение аэрозольных генераторов отличается по механическому и термомеханическому принципу действия. Ассортимент таких генераторов широк. Производительность по расходу рабочего раствора может составлять от 25 до 128 дм³/ч. Генераторы могут быть как мобильными (размещаются на спине оператора, как ранцевые опрыскиватели), так и высокопроизводительными, оснащенными колесами для транспортировки. Термомеханический принцип действия создания неуправляемых аэрозольных струй не соответствует современным экологическим требованиям, а при создании холодного аэрозоля

генераторами начальных условий его образования недостаточно для обоснования распространения дисперсности по назначению. Подача рабочей жидкости распылителями в создаваемые воздушные струи не имеет какого - либо достаточного обоснования, что не позволяет проводить оценку размеров капель для их применения по целевому назначению.

Целью исследования технического средства являлись его параметры и характеристики, создающие и транспортирующие воздушно-дисперсной системой полидисперсные капли из него, осаждаемые в краевой области поля на сорняках и вредителях.

Материалы и методы. Исследовалось техническое средство [11, 12], включающее осевой вентилятор (рисунок 1, вид *a*) диаметром 0,61м и производительностью воздуха 22000 м³/ч. Коническое сопло оборудовалось насадками с распылительными наконечниками [13, 14] на его образующей ((рисунок 1 - вид *b*)).

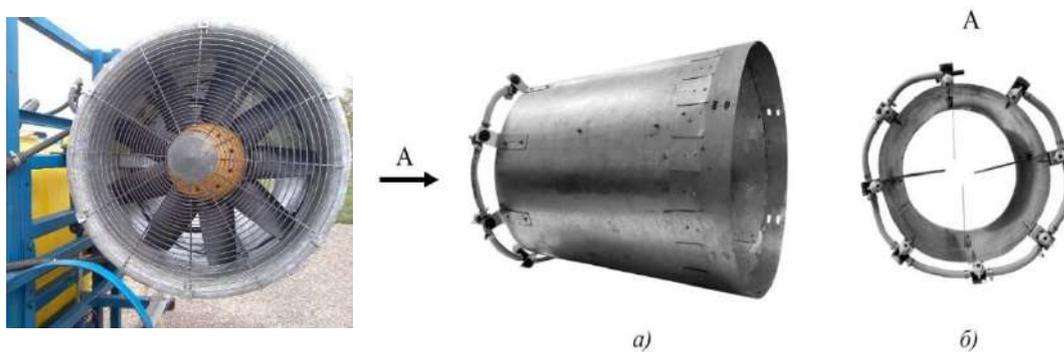


Рисунок 1 – Осевой вентилятор и коническое сопло с насадками и распылительными наконечниками [13, 14] на его образующей

В опытах применялись полидисперсные капли, создаваемые различными распылительными наконечниками при давлении рабочей жидкости 4МПа (Таблица 1)

Т а б л и ц а 1 – Показатели полидисперсных капель факелов распыла жидкости, создаваемые различными наконечниками при давлениях 4МПа.

Марка наконечника	Тип наконечника	Давление жидкости P, МПа	$d_{ср}^{мелк}$, мкм	$d_{ср}^{средн}$, мкм	$d_{ср}^{кр}$, мкм	$N_{мелк.+сред.}$, %	$G_{ж}$, л/мин	Длина пленки, см
Lechler (пластик)	LU-01	0,4	86,0	223,4	621,2	63,2	0,44	6,22
	LU-015	0,4	86,5	214,4	443,6	72,8	0,66	7,12
	LU-02	0,4	80,8	228,6	549,0	68,8	0,90	5,87
	LU-025	0,4	82,4	229,3	550,1	69,5	1,14	6,17
	LU-03	0,4	77,1	229,9	623,4	70,2	1,32	6,80
ARAG (пластик)	LU-05	0,4	75,5	227,7	1058,2	54,5	2,24	7,90
Lechler (турбопенные)	IDN-25	0,4	76,8	222,9	901,8	45,1	1,13	-

Приведенные в таблице 1 полидисперсные капли, распространяются в воздушно-капельном потоке струи по-разному [15]. Скорость мелких капель сравнивается с пульсационной скоростью воздушного потока. Скорости капель и воздуха со временем сближаются. Крупные капли с более

высоким удельным весом и ускорением, в результате разности скоростей капель и воздуха, становятся сравнимы с ускорением силы тяжести. На турбулентную структуру воздействует вес капель. Если воздушно-капельная струя имеет горизонтальное направление, то за счет силы тяжести крупные капли оседают из струи, а если она наклонна, то вес капель влияет на обе составляющие пульсационной скорости [16].

Рабочий процесс осевого вентилятора с гидромотором обеспечивался гидросистемой трактора, а подача рабочей жидкости из емкости опрыскивателя к распылительным наконечникам осуществлялась насосом, действующим от вала отбора мощности энергосредства [12]. Давление жидкости P , МПа, контролировалось по стрелочному манометру, расположенному на распределителе жидкости в конструкции штангового опрыскивателя, а скорость движения данного средства отслеживалась по поверенному секундомеру. Скорость ветра при проведении опытов определялась анемометром. Определение температуры окружающего воздуха выполнялось электронным термометром. Осаждение капель из воздушно – дисперсной системы при распространении ее в направлении лесополосы осуществлялось на учетные карточки, расположенные на планшетах в горизонтальном направлении с расстояниями через 30 см между ними и на возвышениях, в соответствии с [15].

Вертикальные планшеты с карточками по направлению распределения струи было решено устанавливать через 5 м.

Учитывая коэффициент растекания капель 1,4, их дисперсность на учетных карточках определялась специальной программой при сканировании пятен. В опытах применялся краситель для принтера 1 л и воды 9 л.

Рабочий момент технического средства по транспортированию капель распыляемой жидкости в область назначения показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Рабочий момент технического средства при скорости движения 3 км/ч по транспортированию капель распыляемой жидкости для их осаждения по назначению

Теоретические исследования. В конструкции сопла (рисунок 1) потери давления при движении воздуха от вентилятора сводятся только к потерям на трение в сужающейся части. Увеличение длины сопла в форме конфузора приводит к возрастанию потерь на трение, а при недостаточной длине сопротивление увеличивается из-за отрыва потока от стенок. Поэтому при угле наклона конуса $tg\alpha = 10^\circ = 0,158$, длина сопла принята 0,70 м, а его диаметр на выходе воздушного потока равнялся 0,5 м [23].

На образующей диаметром $2\pi r = 1,57$ м, с интервалом 0,19625 м устанавливалось 8 корпусов со щелевыми распылителями раствора.

При перепаде давления ΔP в 458,7 Па и прохождении воздуха через сопло, его скорость v_2 , м/с, на выходе определялась с использованием формулы Сен-Венана.

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P_1}{\rho_1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = \sqrt{2 \frac{1.4}{1.4-1} \cdot \frac{101958.9}{1.21} \left[1 - \left(\frac{101500}{101958.9} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} \right]} = 27.8 \text{ (м/с)}, \quad (1)$$

где P_1 – создаваемое вентилятором давление, в Па;
 P_2 – атмосферное давление, в Па;
 $k = 1,4$ – коэффициент адиабатического течения для воздуха.

В выходном сечении конического круглого сопла диаметром 0,5 м скорость воздуха, равная 27,8 м/с, определяет исходящий из сопла начальный участок струи, (рисунок 3[16]).

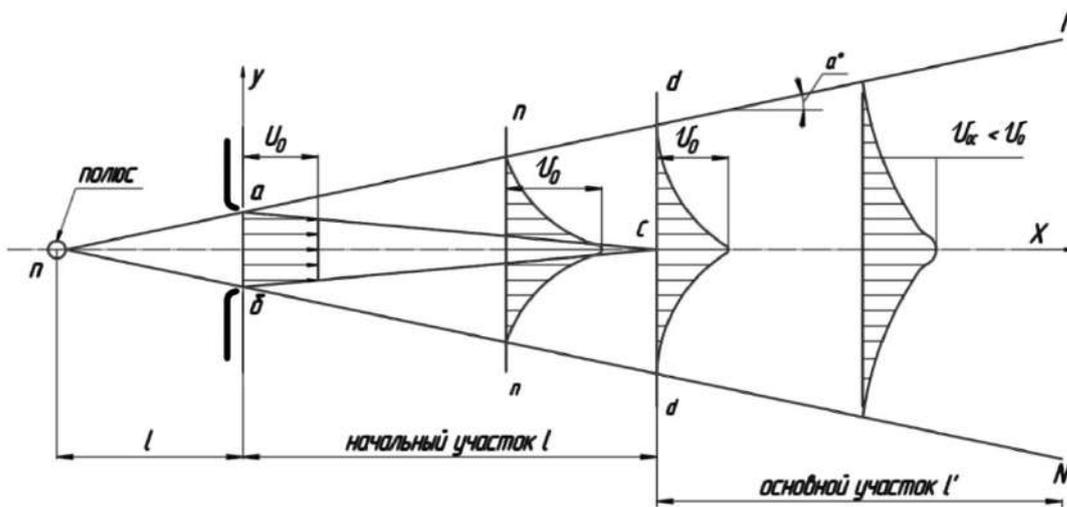


Рисунок 3 – Начальный участок воздушной струи, выходящий из сопла

Начальный участок струи на схеме (рисунок 2) образован прямыми линиями, выходящими из полюса струи $П$ через границы сопла ab пересекающую плоскость, перпендикулярной оси струи в точке C постоянной скоростью. При радиусе сопла $r_0 = 0,25$ м длина начального участка l_n определяется по формуле

$$l_n = 0,67 r_0 / \alpha \quad (2)$$

Значение коэффициента $\alpha = 0,08$ в формуле (2) [16]. Применительно к воздуху, выходящему из сопла устройства $l_n = 2,094$ м. Время формирования начального участка l_n воздушной струи с постоянной скоростью 27,8 м с⁻¹ составляет $75,31 \cdot 10^{-3}$ с. Наряду с этим, инжектируемый воздушный объем начального участка струи равен разности объема начального участка струи в форме усеченного конуса $v_{ус}$ и объема струи с постоянной скоростью. Объем усеченного конуса $v_{ус}$ $abdd$ начального участка струи определяется по уравнению

$$v_{ус} = 1/3 \pi l_n (R_1^2 + R_1 \cdot r_0 + r_0^2) = 2,0573 \text{ м}^3, \quad (3)$$

$$\text{где: } R_1 = R_{гр} = (3,4 \alpha l_n / r_0 + 1) r_0 = 0,82 \text{ м} \quad (4)$$

Объем начального участка струи постоянной скоростью воздуха $v_{кон}$ определяется по уравнению:

$$v_{кон} = 1/3 \pi r_0^2 x_n = 0,137 \text{ м}^3 \quad (5)$$

Вычитанием из объема усеченного конуса $v_{ус}$ начального участка струи объем воздуха начального участка струи с постоянной скоростью $v_{кон}$, получаем объем инжектируемого

воздушного пока $v_{инж}$, в который подаются капли факелов распыла жидкости распылительными наконечниками, расположенными на образующей сопла

$$v_{инж} = v_{ус} - v_{кон.} = 2,0573 \text{ м}^3 - 0,137 \text{ м}^3 = 1,9203 \text{ м}^3 \quad (6)$$

Инжектируемый объем воздуха $1,92 \text{ м}^3$ составляет 93,3% объема начального участка круглой струи, массовый расход которого равен $(1,92 \text{ м}^3 \cdot 1,21 \text{ кг/м}^3 = 2,304 \text{ кг/с})$ при времени его образования $75,31 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, а массовый расход жидкости, подаваемый в аэрозольном состоянии за такой же промежуток времени его образования $75,31 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ в инжектируемом начальном участке струи $1,92 \text{ м}^3$, создаваемый распылителями с образующей сопла, в зависимости от давления жидкости, принимается по данным каталогов [13, 14] и составляет соответственно - 6,3 % (0,144 кг/с).

Результаты и их обсуждение. По окончании проведения опыта, содержащие пятна подкрашенной жидкости карточки с порядковыми номерами, обрабатывались специальной программой с учетом коэффициента растекания жидкости, равного 1, 4.

Полученные полидисперсные опытные данные капель, с усредненными трехкратными значениями, представлялись: средними и средневзвешенными диаметрами, количеством капель по диапазонам, процентным соотношением, долей и средним их числом на 1 см^2 . Такие данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Средние и средневзвешенные диаметры капель, их количество по диапазонам, процентное соотношение, доля покрытия и среднее число на 1 см^2 .

* №	Средний диаметр капли, мкм			Средневзвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Среднее число капель на 1 см^2	Доля покрытия, %
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	75,2	209,2	805,5	323,2	1163,5	560	742,5	47,2	22,7	30,1	70,5	8,9
2	77,6	210,9	915,0	419,8	1224	641,5	1115	41,1	21,5	37,4	85,2	13,9
3	76,3	215,3	862,4	441,4	984,5	547,5	1138,5	36,9	20,5	42,6	76,3	12,9
4	79,2	216,2	881,4	485,9	906,5	590,5	1316	32,2	21,0	46,8	80,4	14,9
5	77,3	218,5	804,3	464,1	519	363	855	29,9	20,9	49,2	49,6	9,0
6	87,7	214,9	666,9	391,7	263	254,5	445	27,3	26,4	46,2	27,5	4,3
7	90,3	215,3	597,9	333,7	176,5	175,5	239	29,9	29,7	40,4	16,9	2,4
8	86,3	207,9	529,4	260,9	139,5	141,5	121,0	34,7	35,2	30,1	11,5	1,4
9	90,9	216,0	556,1	242,0	85,0	73,5	53,0	40,2	34,8	25,1	6,0	0,9
10	87,0	207,7	370,5	170,4	58,0	50,0	11,5	48,5	41,8	9,6	3,4	0,5
11	102,9	237,0	337,9	233,0	8,5	26,0	7,5	20,2	61,9	17,9	1,2	0,4
12	0,0	250,5	423,8	168,6	0,0	7,0	7,0	0,0	50,0	50,0	0,2	0,2

*№ – расстояния в м между усредненными значениями

Из указанных в таблице 2 значений видно, что соблюдение условий по количественному составу капель на поверхности 1 см^2 выполняется до расстояния 8 м от технического средства.

При этом по диаметрам капель удовлетворяет требованиям примерно 50 %. Следует отметить также, что капли <150 мкм и от 150 до 300 мкм рассеиваются до 10 м от технического средства, большое их число не оседает на поверхности карточек в отсутствии инертности и могут оседать на шероховатых вредителях.

Классовые размеры капель, осажденных на карточках из воздушно-капельной системы по высоте их расположения в направлении ее распространения, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Классовые размеры капель, осажденных на карточках из воздушно-капельной системы по высоте их расположения в направлении ее распространения

№ п/п	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Среднее число капель на 1 см ²	Доля покрытия, %
	<150	от 150 до 300	>300		<150	от 150 до 300	>300	<150	от 150 до 300	>300		
1	77,2	211,8	1434	720	1324	662	1660	36,3	18,2	45,5	104,2	28,3
2	73,9	210,7	2215	1176	1201	546	1777	34,1	15,5	50,4	100,7	44,5
3	73,7	212,8	1951	974,2	1377	675	1794	35,8	17,6	46,6	109,9	40,5
4	77,9	211,8	787,9	355,8	984	618	838	40,3	25,3	34,3	69,7	9,5
5	76,7	204,9	857,2	313,4	311	139	163	50,7	22,7	26,6	17,5	2,4
6	75,8	213,6	688,6	296,1	512	256	341	46,2	23,1	30,7	31,7	3,9
7	71,8	210,9	489,7	132,9	136	42	15	70,5	21,8	7,8	0,6	0,6
8	69,2	214,3	550,3	157,4	71	25	13	65,1	22,9	11,9	3,1	0,5
9	76,7	205,2	500,2	185,6	118	36	39	61,1	18,7	20,2	5,5	0,7

*карточки № 1-3 – высота 62 см; № 4-6 – высота 115 см; № 7-9 – высота 172 см

Из данных таблицы 3 следует, что на расстоянии 5 м от технического до высоты 62 см число распространяющихся капель со средним числом на 1 см² 100 шт./см². Важным при этом является количество капель более 1200 шт. с диапазоном <150 мкм и процентным соотношением более 34 %, что достаточно для воздействия на вредителей, обитающих в основании лесополосы. На расстоянии 10 м от технического средства среднее число капель на 1 см² с высотой до 115 см снижается с 70 шт./см² до 30 шт./см² (примерно в 2 раза). Уменьшается и количество капель с диапазоном <150 мкм с 980 шт. до 500 шт. на высоте 115 см. При этом среднего числа капель от 70 шт./см² до 30 шт./см² достаточно для воздействия на летающих вредителей, зимующих в лесопосадке. Увеличением высоты распространения капель в воздушно – дисперсной системе до 172 см технологический режим требует уточнения в части применения комплекта щелевых распылителей, давления рабочей жидкости и расстояния от лесополосы технического средства.

В целом, результаты проведенных исследований представляют новизну подхода по комбинированному применению процесса опрыскивания краевой области поля с дальнейшим его развитием по практическому применению для защиты растений.

Выводы.

1. В результате исследований начальных условий образования воздушно-дисперсной системы показана возможность сохранения и регулирования полидисперсного состава для опрыскивания краевой области поля.
2. Показана принципиальная возможность создания полидисперсного аэрозоля для одновременного воздействия на сорняки и вредителей в краевой области поля в технологических режимах применяемого опрыскивания.

Список источников

1. Артохин, К. С. Мониторинг сорняков для практиков / К. С. Артохин // Защита и карантин растений. – 2018. – № 2. – С. 8-13. EDN: YQOYRX.
2. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017– 2025 годы. – М., 2017. – 52 с. <http://static.government.ru/media/files/EIQtiyxIORGXoTK7A9i497tyyLAmnIrs.pdf> (дата обращения 01.03.2024)
3. Рушицкая О.А., Воронина Я.В., Фатеева Н.Б., Петрова Л.Н., Петров Ю.А. Актуальные направления обеспечения качества и экологической безопасности продуктов питания / О.А.

- Рущицкая, Я.В. Воронина, Н.Б. Фатеева, Л.Н. Петрова, Ю.А. Петров // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 2(144). – С.80-92. EDN: VNTIPN.
4. Турин Е.Н. Борьба с многолетними сорняками // Эффективный АПК. – 2021. – № 4 (6). – С. 23.
5. Алехин В.Т., Михайликова В.В., Михина Н.Г. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур. Справочник. – М., 2016. – 76 с.
6. Захаренко В.А. Химическая защита растений в России в конце XX – начале XXI века. Цифры и факты / В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2008. – №8. – С. 47–50.
7. Лысов А.К., Корнилов Т.В. Совершенствование технологий применения средств защиты растений методом опрыскивания / А.К. Лысов, Т.В. Корнилов // Вестник защиты растений. – 2017. – № 2(92). – С. 50-52 EDN: ZFHRHD.
8. Никитин, Н. В. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве / Н. В. Никитин, Ю. Я. Спиридонов, В. Г. Шестаков; Российская академия с.-х. наук, Отделение защиты растений, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии. Монография. – Москва: Печатный Город, 2010. – 189 с. – (Полевая академия). ISBN 5-98467-001-1. EDN: QLAXLN.
9. Опрыскиватели ранцевые садовые [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vseinstrumenti.ru/sadovaya_tehnika/opryskivateli/rancevye/ (дата обращения 26.07.2020).
10. Машины для защиты сельскохозяйственных культур: назначение, классификация. Классификация опрыскивателей. [Электронный ресурс]. URL: https://vuzlit.com/1632385/klassifikatsiya_opryskivateley#688 (дата обращения 01.03.2024).
11. Патент на полезную модель № 210868 U1 Российская Федерация, МПК А01М 7/00. Устройство к штанговому опрыскивателю растений для борьбы с сорняками и вредителями в полезащитных лесных насаждениях и при краевой обработке поля: № 2021123068: заявл. 30.07.2021; опубл. 12.05.2022 / И. М. Киреев, З. М. Коваль. EDN: JHSMTW
12. Kireev, I. Application of Slot Liquid Nozzles in a Technical Means for Edge Treatment of Field / I. Kireev, Z. Koval, M. Danilov // AIP Conference Proceedings: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021, Sevastopol, 06–10 сентября 2021 года. Vol. 2503. – Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. – P. 030032. DOI: 10.1063/5.0099393. EDN: ZOJTZK.
13. Каталог компании Сингента 2023// Syngenta [Электронный ресурс]. URL: https://www.syngenta.ru/sites/g/files/kgtney371/files/media/document/2022/12/14/digital_version_2023_09.12.pdf (дата обращения 17.04.2024).
14. Каталог TeeJet Technologies 50A-RU // TeeJet Technologies [Электронный ресурс]. URL: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> (дата обращения 12.01.2024).
15. ГОСТ 34630-2019. Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. – Введ. 2021–15–03. Москва.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. 38 с.
16. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй (репринт) / Г. Н. Абрамович. – М.: Транспортная компания, Изд. 2, перераб. и доп. 2023. – 720 с.

References

1. Artokhin, K. S. Weed monitoring for practitioners / K. S. Artokhin // Plant protection and quarantine. - 2018. - No. 2. - P. 8-13. EDN: YQOYRX.
2. Federal scientific and technical program for the development of agriculture for 2017-2025. - М., 2017. - 52 p. <http://static.government.ru/media/files/EIQtiyxIORGXoTK7A9i497tyyLAmnIrs.pdf> (date of access 01.03.2024)
3. Rushitskaya O. A., Voronina Ya. V., Fateeva N. B., Petrova L. N., Petrov Yu. A. Actual directions of ensuring the quality and environmental safety of food products / O. A. Rushitskaya, Ya. V. Voronina, N.B. Fateeva, L.N. Petrova, Yu.A. Petrov // Agrarian Bulletin of the Urals. - 2016. - No. 2 (144). - P.80-92. EDN: VNTIPN.
4. Turin E.N. Perennial Weed Control // Effective AIC. - 2021. - No. 4 (6). - P. 23.

5. Alekhine V.T., Mikhailikova V.V., Mikhina N.G. Economic Thresholds of Harmfulness of Pests, Diseases and Weeds in Agricultural Crops. Handbook. - Moscow, 2016. - 76 p.
6. Zakharchenko V.A. Chemical Plant Protection in Russia at the End of the Twentieth - Beginning of the Twenty-first Century. Figures and Facts / V.A. Zakharchenko // Plant Protection and Quarantine. – 2008. – №8. – P. 47–50.
- 7 Lysov A.K., Kornilov T.V. Improving the technologies for applying plant protection products by spraying / A.K. Lysov, T.V. Kornilov // Bulletin of Plant Protection. – 2017. – № 2(92). – P. 50–52 EDN: ZFHRHD.
8. Nikitin, N.V. Scientific and practical aspects of the technology of applying modern herbicides in plant growing / N.V. Nikitin, Yu.Ya. Spiridonov, V.G. Shestakov; Russian Academy of Agricultural Sciences, Plant Protection Department, State Scientific Institution All-Russian Research Institute of Phytopathology. Monograph. – Moscow: Pechatny Gorod, 2010. – 189 p. – (Field Academy). ISBN 5-98467-001-1. EDN: QLAXLN.
9. Garden knapsack sprayers [Electronic resource]. – URL: https://www.vseinstrumenti.ru/sadovaya_tehnika/opryskivately/rancevye/ (date of access 07/26/2020).
10. Machines for crop protection: purpose, classification. Classification of sprayers. [Electronic resource]. URL: https://vuzlit.com/1632385/klassifikatsiya_opryskivateley#688 (date of access 03/01/2024).
11. Patent for utility model No. 210868 U1 Russian Federation, IPC A01M 7/00. Device for a boom sprayer for weed and pest control in shelterbelt forest plantations and during edge treatment of a field: No. 2021123068: declared 30.07.2021: published 12.05.2022 / I. M. Kireev, Z. M. Koval. EDN: JHSMTW
- 12 Kireev, I. Application of Slot Liquid Nozzles in a Technical Means for Edge Treatment of Field / I. Kireev, Z. Koval, M. Danilov // AIP Conference Proceedings: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021, Sevastopol, September 06–10, 2021. Vol. 2503. – Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. – P. 030032. DOI: 10.1063/5.0099393. EDN: ZOJTZK.
- 13 Syngenta Company Catalog 2023// Syngenta [Electronic resource]. URL: https://www.syngenta.ru/sites/g/files/kgtny371/files/media/document/2022/12/14/digital_version_2023_09.12.pdf (accessed 17.04.2024).
14. TeeJet Technologies 50A-RU Catalog // TeeJet Technologies [Electronic resource]. URL: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> (date of access 12.01.2024).
- 15 GOST 34630-2019. Agricultural machinery. Machines for plant protection. Sprayers. Test methods. - Introduced. 2021-15-03. Moscow.: FSUE "Standartinform"., 2020. 38 p.
16. Abramovich G. N. Theory of turbulent jets (reprint) / G. N Abramovich. - М.: Transport Company, Publ. 2, revised. and add. 2023. - 720 p.

Информация об авторах

И.М. Киреев – доктор технических наук; З.М. Коваль – доктор технических наук; М.В. Данилов - кандидат технических наук.

Information about the authors

I. Kireev – Doctor of Technical Sciences; Z. Koval – Doctor of Technical Sciences; M. Danilov - Candidate of Technical Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 16.09.2024 Принята к публикации (Accepted): 19.10.2024