УДК 631.51:632.931.1

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-5-42-48

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЩЕЛЕВЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ
АЭРОЗОЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ КРАЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛЯ**¹Киреев Иван Михайлович¹Коваль Зинаида Михайловна²Данилов Михаил Владимирович¹Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ)²ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ»

Реферат. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по транспортированию капель в форме воздушно-дисперсной системы, создаваемой комбинированной подачей факелов распыла жидкости двумя щелевыми соплами тип – LU-04 AD – 04 код цвета красный и двумя щелевыми соплами тип – LU-02 AD – 02 код цвета желтый, в воздушный поток струи, выходящий из конического сопла. Массовый расход воздуха 4525 г/с, превышает массовый расход капельной жидкости в 49,73 раза, что позволяет транспортировать капли факелов распыливаемой жидкости в воздушном потоке струи с присоединенным в струю воздухом из окружающего пространства без взаимодействия. Для краевой обработки поля получены классовые распределения капель, осаждаемые из воздушно-дисперсной системы на предметных карточках, закрепленных на планшетах, как на поверхности почвы, так и на возвышениях. Получены данные осаждения различных классовых размеров капель на карточках до расстояния 16 м от технического средства при скорости его движения 7,2 км/ч (2 м/с), близкие по показателям выполнения агротехнических требований в технологии защиты растений. Применяемая норма гербицидов по числу капель/см² составляет $40 \leq N \leq 100$ шт. с диаметрами капель $100 < D \leq 360$ мкм. Норма при применении инсектицидов и фунгицидов: $50 \leq N \leq 200$ шт. и $80 < D \leq 360$ мкм. Суммарный массовый расход рабочей жидкости распылителей при давлении 4 Бар составляет 45,5 г на 1 метр погонный. На обработку 1 км лесополосы потребуется 45,5 литров жидкости.

Ключевые слова: капли, диаметр, размер, число, доля капель, дисперсность

**RATIONAL APPLICATION OF SLIT ATOMIZERS OF LIQUID
FOR AEROSOL TECHNOLOGY EDGE TREATMENT OF FIELD**¹Kireev Ivan¹Koval' Zinaida²Danilov Michael¹Novokubansk branch FGBNU "Rosinformagrotekh" (KubNIITiM)²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education «Stavropol State Agrarian University»

Abstract. The article presents the results of experimental studies on the transportation of droplets in the form of an air-dispersed system created by the combined supply of slotted atomizers of liquid with two slotted nozzles type - LU-04 AD - 04 color code red and two slotted nozzles type - LU-02 AD - 02 color code yellow, into the air stream of the jet exiting the conical nozzle. The mass flow rate of air is 4525 g / s, exceeds the mass flow rate of the dropping liquid by 49.73 times, which makes it possible to transport droplets of the sprayed liquid in the air stream of the jet with air attached to the jet from the surrounding space without interaction. For edge cultivation of the field, class distributions of droplets were obtained, deposited from an air-dispersed system on object cards fixed on plates, both on the soil surface and on elevations. The data on the deposition of various class sizes of droplets on the cards up to a distance of 16 m from the technical device at a speed of 7.2 km / h (2 m / s), which are close in terms of the fulfillment of agrotechnical requirements in plant protection technology, were obtained. The applied rate of herbicides in terms of the number of drops / cm² is $40 \leq N \leq 100$ pcs. with droplet diameters 100

$<D \leq 360 \mu\text{m}$. Rate when using insecticides and fungicides: $50 \leq N \leq 200$ pcs. and $80 < D \leq 360 \mu\text{m}$. The total mass flow rate of the working fluid of the atomizers at a pressure of 4 bar is 45.5 g per 1 running meter. The processing of 1 km of the forest belt will require 45.5 liters of liquid.

Keywords: droplets, diameter, size, number, proportion of droplets, dispersion

Постановка проблемы. Защита растениеводческих культур от вредителей, зимующих в лесозащитных полосах, и уничтожение сорной растительности вблизи полезащитных насаждений и в технологических проходах является трудно решаемой задачей. Для выполнения такой задачи в настоящее время отсутствуют универсальные технические средства. Применение вентиляторов опрыскивателей, генераторов аэрозоля и авиационных средств для краевой обработки поля не имеет научно – технологического обоснования по универсальному выполнению агротехнических требований [1].

Цель исследований – распределение капель на поверхности и в воздушном пространстве в направлении условной лесополосы из воздушно-дисперсной системы при движении технического средства с подачей факелов распыливаемой жидкости щелевыми распылителями в воздушную струю.

Материалы и методы исследования. Для выполнения цели исследования применялось техническое средство [2] (рис.1) с комплектом щелевых распылителей при комбинированной их установке по образующей сопла под небольшим углом к скоростному 33 м/с воздуху, выходящему из сопла.

Рисунок – 1 Общий вид технического средства с устройством, оснащенным 2-мя щелевыми соплами (тип – LU-04. AD – 04; код цвета красный) и 2-мя щелевыми соплами (тип – LU-02. AD – 02; код цвета желтый) для краевой обработки поля

В перпендикулярном направлении движению технического средства на расстоянии 5 м от среза сопла на поверхности почвы и треугольных возвышениях устанавливались планшеты, на которых скрепками фиксировались предметные карточки 5×7 см (рис.2) [3]. Расстояние 5 м от сопла устройства с распылителями до начала расположения карточек измерялось рулеткой (Рис.2 вид а). Расположение планшетов с пронумерованными карточками на площадке показано на рисунке 2, видом б).

Для исследований выбраны щелевые распылители с соплами LU-015. AD – 015, LU – 02. AD – 02, LU – 03. AD – 03 и LU – 04. AD – 04, которые при давлении жидкости 3,5 – 4 Бар создают капли среднего размера 127 – 218 мкм [4] и рекомендуются для послеуборочных обработок, а применяемые жидкости включают гербициды, инсектициды и фунгициды. Применяемая норма гербицидов по числу капель/см² составляет $40 \leq N \leq 100$ шт. с диаметрами капель $100 < D \leq 360$ мкм. Норма при применении инсектицидов и фунгицидов: $50 \leq N \leq 200$ шт. и $80 < D \leq 360$ мкм [5]. При установившемся режиме распыливания жидкости осуществлялось движение технического средства с заданной скоростью 7,2 км/ч (2 м/с), контролируемой по показаниям стрелочного

секундомера. Техническое средство при установившемся режиме его функционирования приведено на рисунке 3.

Рисунок – 2 Расположение планшетов с предметными карточками на площадке для получения информационных данных по дисперсности капель, создаваемых режимом технического средства, для технологии краевой обработки поля по уничтожению сорняков и вредителей культурных растений.

Рисунок – 3 Техническое средство при установившемся режиме функционирования

После проведения опытов, пронумерованные карточки с отпечатками капель снимались с планшетов и закреплялись пронумерованные чистые. Карточки с отпечатками капель сканировались и специальной программой определялись классовые размеры капель. Среди проведенных 8 опытов с различным сочетанием установки щелевых распылителей по образующей сопла наиболее рациональным по осаждению капель на карточках было сочетание из двух сопел LU-04. AD – 04 (код цвета красный) и двух сопел LU-02. AD – 02 (код цвета желтый). Суммарный

массовый расход жидкости распылителей в соотношении вода и краска для принтера 9/1 составлял 91 г/с. При расходе воздуха, выходящем из сопла 3,74 м³/с (4525 г/с) соотношение массовых расходов воздуха и капельной жидкости равно 49,73 и воздушно-капельная струя распространяется в соответствии с закономерностями воздушной струи [6].

Результаты исследований и обсуждение. В полидисперсной системе целевых факелов распыливаемой жидкости [4] скорости витания капель с диаметрами от $5 \cdot 10^{-4}$ до $8 \cdot 10^{-5}$ м имеют значения от 1,94 до 0,19 м/с. В воздушном потоке струи такие капли распространяются следующим образом [6]. Сравнительно мелкие капли приобретают скорость, равную пульсационной скорости воздуха. Для капель средней крупности скорости капель и воздуха через определенное время становятся близкими между собой. Для капель большой крупности и большого удельного веса ускорение, получаемое за счет разности скоростей капель и воздуха, может стать сравнимым с ускорением силы тяжести, т. е. на турбулентную структуру течения будет оказывать влияние не только присутствие «невесомых» капель, но и вес капель. Если струя направлена горизонтально, то сила тяжести оказывает воздействие на поперечные составляющие пульсационной скорости и не влияет на ее продольные составляющие. В случае наклонной струи вес капель будет оказывать влияние на обе составляющие пульсационной скорости. Для получения информационных сведений для технологии краевой обработке поля опытным путем определялись классовые размеры капель, при их осаждении из воздушно-дисперсной системы на предметные карточки, расположенные на поверхности и на возвышениях.

В таблице 1 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения. Ось сопла установлена с наклоном к поверхности площадки $20...^{\circ}$ для увеличения дальности струи [6] и осаждения капель на карточках.

Таблица 1 – Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Средне число капель на 1 см
	< 150	От 150 до 300	> 300		< 150	От 150 до 300	> 300	< 150	От 150 до 300	> 300		
1	80,3	214,3	787,5	358,193	578,0	332,5	494,5	41,1	23,7	35,2	5,7	40,2
2	74,2	211,1	678,9	281,554	942,5	386,0	524,0	50,9	20,8	28,3	5,8	52,9
3	74,4	206,75	841,4	368,5045	1015,0	464,5	678,5	47,0	21,5	31,4	8,3	61,7
4	75,94	208,5	975,7	443,4145	564,0	259,0	503,0	42,5	19,5	37,9	6,8	37,9
5	77,9	212,4	833,9	389,36	429,0	232,5	411,0	40,0	21,7	38,3	4,8	30,6
6	75,4	208,1	880,9	436,3055	432,5	206,5	395,0	41,8	20,0	38,2	4,9	29,6
7	73,99	219,7	777,8	410,6255	478,5	183,0	461,0	42,6	16,3	41,1	4,99	32,1
8	76,8	218,97	728,9	361,0465	484,5	316,5	485,5	37,7	24,6	37,7	5,29	36,8
9	81,3	213,57	742,3	352,048	805,0	506,5	706,0	39,9	25,1	35,0	7,8	57,6
10	78,8	213,1	826,9	399,139	936,5	638,5	967,0	36,8	25,1	38,0	11,3	72,7
11	77,1	214,1	776,99	416,3375	695,0	447,0	906,0	33,9	21,8	44,2	9,5	58,6
12	77,9	213,9	769,5	366,908	872,0	514,0	841,5	39,1	23,0	37,8	9,4	63,6
13	78,9	215,1	693,1	340,5725	820,5	515,5	806,5	38,3	24,0	37,6	8,5	61,3
14	76,55	215,7	663,3	282,055	657,5	393,0	458,0	43,6	26,0	30,4	5,1	43,1
15	77,1	207,1	586,4	205,6185	790,5	340,0	266,5	56,6	24,0	19,1	3,5	39,9
16	74,9	209,5	551,93	227,4475	824,0	445,0	412,0	49,0	26,0	24,5	4,4	48,3
17	75,3	209,7	537,1	212,8605	887,0	372,0	380,5	54,1	23,0	23,2	4,1	46,8
18	73,8	210,3	496,3	170,7265	763,5	300,5	194,5	60,7	24,0	15,5	2,7	35,9

Из приведенных в таблице 1 данных важным является то, что среднее число осажденных на поверхности капель на 1 см² на расстоянии от сопла до 15 м удовлетворяет агротехническим требованиям по применению гербицидов, а также инсектицидов и фунгицидов. При этом, суммарное число капель диапазонами менее < 150 и от 150 до 300 мкм составляет более 60%.

Осаждение капель на поверхности до расстояния 15 м обусловлено пульсацией воздушного потока струи и турбулентностью витающих полидисперсных капель в скоростном потоке воздуха, скорость которого на расстоянии от сопла по оси струи снижалась от 33 до 4,7 м/с.

В таблице 2 приведены данные по осаждению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках, по высоте их расположения на возвышениях в направлении ее распространения.

Таблица 2 – Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см ²
	< 150	От 150 до 300	> 300		< 150	От 150 до 300	> 300	< 150	От 150 до 300	> 300		
127	77,2	211,8	1434	719,96	1324	662	1660	36,3	18,2	45,5	28,3	104,2
128	73,9	210,7	2215	1175,66	1201	546	1777	34,1	15,5	50,4	44,5	100,7
129	73,7	212,8	1951	974,16	1377	675	1794	35,8	17,6	46,6	40,5	109,9
130	77,9	211,8	787,9	355,81	984	618	838	40,3	25,3	34,3	9,5	69,7
131	76,7	204,9	857,2	313,35	311	139	163	50,7	22,7	26,6	2,4	17,5
132	75,8	213,6	688,6	296,13	512	256	341	46,2	23,1	30,7	3,9	31,7
133	71,8	210,9	489,7	132,93	136	42	15	70,5	21,8	7,8	0,6	0,6
134	69,2	214,3	550,3	157,36	71	25	13	65,1	22,9	11,9	0,5	3,1
135	76,7	205,2	500,2	185,64	118	36	39	61,1	18,7	20,2	0,7	5,5

Приведенные в таблице 2 показатели по дисперсности капель на 1 см² на расстоянии 5 м от сопла по высоте расположения карточек с повышенным их количеством. На расстоянии 10 метров от сопла число капель на 1 см² снижается и в особенности при увеличении высоты их расположения от 69,7 шт./см² до 17,5 и 31,7 шт./см². На расстоянии от сопла 15 метров капли мелкие и на карточки практически не оседают. Число капель на карточках по диапазонам < 150 мкм, от 150 до 300 мкм и > 300 мкм с увеличением расстояния до 15 м от технического средства снижается. На расстоянии 5 м от технического средства число капель на карточках по высоте их расположения для всех диапазонов практически постоянное. Процентное соотношение: капель размером > 300 мкм по высоте расположения карточек составляет 45,5 %, 50,4 % и 46,6 %; капли размером < 150 мкм – 36,3 %, 34,1 % и 35,8 %; капель размером от 150 до 300 мкм – 18,2 %, 15,5 % и 17,6 %. На расстоянии 10 м от технического средства процентное соотношение: капель по высоте распределяется иначе. Капли. размером < 150 мкм – 40,3 %, 50,7 % и 46,2 %; капли размером > 300 мкм – 34,3 %, 26,6 % и 30,7%; капли размером от 150 до 300 мкм – 25,3 %, 22,7 % и 23,1 %. На расстоянии 15 м от технического средства процентное соотношение: капель по высоте распределения меняется также по-другому. Капли размером < 150 мкм – 70,5 %, 65,1 % и 61,1 %; капли размером от 150 до 300 мкм – 21,8 %, 22,9 % и 18,7 %; капли размером > 300 мкм – 7,8 %, 11,9 % и 20,2 %.

Таким образом, при движении технического средства со скоростью 7,2 км/час (2 м/с) суммарный массовый расход рабочей жидкости распылителей при давлении 4 Бар составляет 45,5 г на 1 метр погонный. На обработку 1 км лесополосы потребуется 45,5 литров жидкости. Жидкости, например, в емкости 600 литров достаточно для краевой обработки по периметру поля протяженностью 13,19 км.

Полученные результаты по транспортированию полидисперсной дисперсности в форме воздушно-капельной системы являются убедительной основой о перспективности исследований по улучшению показателей. Классовые размеры капель могут быть получены только опытным путем за счет увеличения производительности воздушного потока, распределения давлений распыливаемой жидкости по распылителям с применением различного их расположения по образующей сопла при рациональной подаче факелов распыливаемой жидкости, расположением сопла по высоте и угла его наклона по отношению к поверхности почвы.

Вывод. Проведенными исследованиями показано, что транспортированием капель факелов распыла щелевых распылителей в форме воздушно-дисперсной системы и их осаждением на объектах назначения, возможно выполнение агротехнических требований разработанным техническим средством при краевой обработке поля.

Список литературы

1. Ревякин Е.Л., Краховецкий Н.Н. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 124 с.: ил.
2. Способ краевой обработки поля для уничтожения сорняков и вредителей, зимующих в полезашчитных лесополосах / И.М. Киреев, М.В. Данилов, З.М. Коваль, Л.И. Высочкина, В.О. Марченко // Вестник АПК Ставрополя. – 2020. – № 4 (40). – С. 4-9.
3. ГОСТ 34630-2019 Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. – Введ. 2021–15–03. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 38 с.
4. Каталог TeeJet Technologies 50A-RU // TeeJet Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> (дата обращения 13.01.2021).
5. Вялых, В. А. Совершенствование и разработка технологий и технических средств защиты растений: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01: защищена 20.12.2006. Рамонь, 2006., 549 с. ил. РГБ ОД, 71:07-5/298.
6. Теория турбулентных струй / Абрамович Г.Н., Гиршович Т.А., Крашенинников С.Ю., Секундов А.Н., Смирнова И.П. / Под ред. Г.Н. Абрамовича. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1984. – 717 с.

References

1. Revyakin E.L., Krahoveckij N.N. Mashiny dlya himicheskoy zashchity rastenij v innovacionnyh tekhnologiyah: nauch.-analit. obzor. – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2010. – 124 s.: il.
2. Sposob kraevoy obrabotki polya dlya unichtozheniya sornyakov i vreditel'ej, zimuyushchih v polezashchitnyh lesopolosah / I.M. Kireev, M.V. Danilov, Z.M. Koval', L.I. Vysochkina, V.O. Marchenko // Vestnik APK Stavropol'ya. – 2020. – № 4 (40). – S. 4-9.
3. GOST 34630-2019 Tekhnika sel'skoxozyajstvennaya. Mashiny dlya zashchity rastenij. Opryskivateli. Metody ispytaniy. – Vved. 2021–15–03. – M.: FGUP «Standartinform», 2020. – 38 s.
4. Katalog TeeJet Technologies 50A-RU // TeeJet Technologies [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: URL: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> (data obrashcheniya 13.01.2021).
5. Vyalyh, V. A. Sovershenstvovanie i razrabotka tekhnologij i tekhnicheskikh sredstv zashchity rastenij: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.20.01: zashchishchena 20.12.2006. Ramon', 2006., 549 s. il. RGB OD, 71:07-5/298.
6. Teoriya turbulentnyh struj / Abramovich G.N., Girshovich T.A., Krashennnikov S.YU., Sekundov A.N., Smirnova I.P. / Pod red. G.N. Abramovicha. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – M: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury. 1984. – 717 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Киреев Иван Михайлович – доктор технических наук, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник, Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ)), Россия, г. Новокубанск, e-mail: Kireev.I.M@mail.ru.

Коваль Зинаида Михайловна – кандидат технических наук, главный научный сотрудник, Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ)), Россия, г. Новокубанск, e-mail: zinakoval@mail.ru.

Данилов Михаил Владимирович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой процессов и машин в агробизнесе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольского государственного аграрного университета», Россия, г. Ставрополь, e-mail: danilomaster80@mail.ru.

Authors credentials**Affiliations**

Kireev Ivan – Full Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory, Leading Researcher, Novokubansk branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotech" (KubNIITiM)), Russia, Novokubansk, e-mail: Kireev.I.M@mail.ru.

Koval Zinaida - Candidate of Technical Sciences, Chief Researcher, Novokubansk branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotech" (KubNIITiM)), Russia, Novokubansk, e-mail: zinakoval@mail.ru.

Danilov Michael - Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Processes and Machines in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Russia, Stavropol, e-mail: daniломaster80@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 09.09.2021 Принята к публикации (Accepted): 19.10.2021

УДК 637.115 УДК 636.03

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-5-48-57

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕЛОК

¹Филиппова Ольга Борисовна

¹Фролов Александр Иванович

¹Бетин Александр Николаевич

¹Жариков Вадим Сергеевич

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Применение технологических регламентов производства в сельскохозяйственных предприятиях является одним из основных методов повышения функционирования биотехнических систем в животноводстве. Организация воспроизводства стада предусматривает использование целевых показателей роста и развития молодняка крупного рогатого скота на всех этапах его выращивания. Интенсификация выращивания ремонтных телок возможна только при полноценном и сбалансированном кормлении. Применение биологически активных кормовых добавок позволяет улучшить качество рационов, предотвратить возникновение заболеваний животных, стимулировать пищевую активность. В условиях молочного комплекса проведен научно-производственный опыт на телках голштинской породы в возрасте от рождения до 6 месяцев. Животные опытной группы получали в составе основного рациона кормовые добавки. Объекты изучения: изменение живой массы и среднесуточного прироста; показатели роста и развития (промеры, индексы телосложения); затраты кормов на единицу прироста живой массы. В 6-месячном возрасте телки опытной группы превосходили контрольных животных по ширине груди за лопатками на 4,5 % и обхвату груди за лопатками – на 3,5 %. За период от рождения до 2 месяцев валовой прирост живой массы и среднесуточный прирост опытных телок был выше контрольных показателей на 12,9 %. В целом за период от рождения до 6-месячного возраста различия в валовом приросте составили 4,2 %, а в среднесуточном приросте – 4,3 % в пользу телок опытной группы. Полученные показатели продуктивности свидетельствуют о правильно выбранной стратегии кормления.

Ключевые слова: молочное скотоводство, воспроизводство стада, продуктивность.

INNOVATIVE TECHNIQUES FOR GROWING CALVES

¹Filippova Olga

¹Frolov Alexander

¹Betin Alexander

¹Zharikov Vadim

¹Federal State Budgetary Scientific Institution