

УДК 631.348

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАЖДЕНИЯ КАПЕЛЬ ДИСПЕРГИРУЕМОЙ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ ДИСКОВЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ, ПЕРФОРИРОВАННЫХ ИЛИ СЕТЧАТЫХ БАРАБАНОВ

А.К. Лысов

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В работе анализируются результаты исследований в секторе механизации по оценке эффективности осаждения капель диспергируемой рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность при использовании традиционных гидравлических форсунок и вращающихся дисковых распылителей, сетчатых или перфорированных барабанов с принудительным осаждением мелких капель. Обоснована необходимость использования принудительного осаждения мелких капель при создании новых рабочих органов к опрыскивающей технике на основе вращающихся дисковых распылителей, сетчатых или перфорированных барабанов. Разработан распылитель жидкости, зарегистрированный в Государственном реестре изобретений РФ 13 января 2016. Патент на изобретение №2574678.

Ключевые слова: распылитель, осаждение капель, снос капель, спектр распыла, дисперсность распыла, гравитационное осаждение, скорость осаждения, физические потери рабочей жидкости.

В настоящее время основными технологиями применения средств защиты растений на полевых культурах являются: технология малообъемного опрыскивания с

нормами расхода рабочей жидкости 50–200 л/га и технология полнообъемного опрыскивания с нормами расхода рабочей жидкости 300–600 л/га. Для внесения указанных

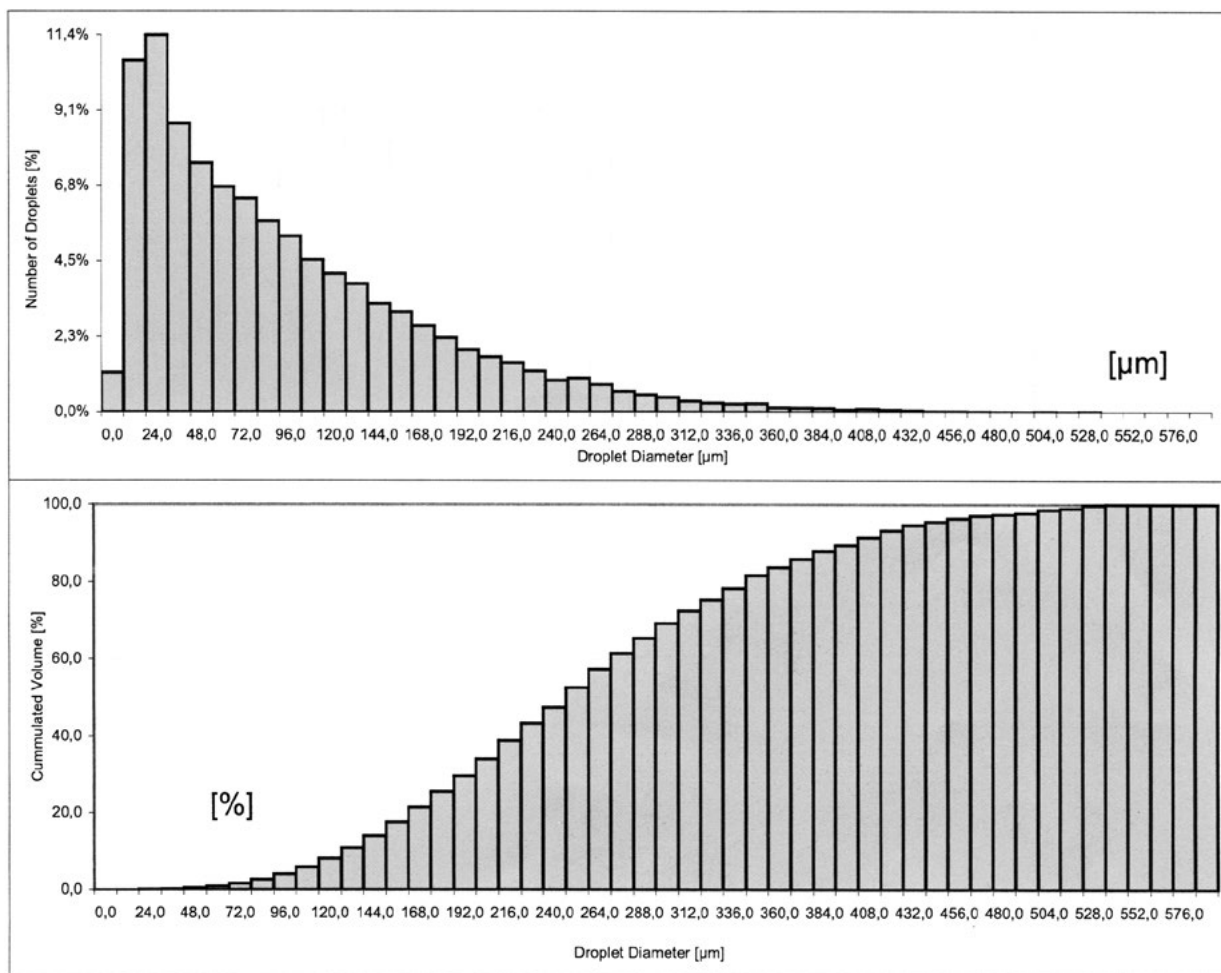


Рисунок 1. Спектр распыла гидравлической форсунки, полученный на лазерном стенде фирмы Лехлер

норм расхода рабочей жидкости используются гидравлические форсунки различных типоразмеров в соответствии со стандартом по цветовому кодированию ISO/FDIS 10625:2005(E). При использовании гидравлических дефлекторных, центробежных распылителей и наиболее широко используемых стандартных и инжекторных щелевых распылителей в опрыскивающей технике, в факеле распыла рабочей жидкости образуются капли в очень широком диапазоне [Лысов, Корнилов, 2010].

Фракционный состав капель в факеле распыла диспергируемой рабочей жидкости определяет качественные показатели осаждения рабочей жидкости на целевые объекты, а также физические потери рабочей жидкости во время осаждения капель от источника распыла до объекта уничтожения, вследствие испарения и сноса мелких капель из зоны обработки, а также стекания крупных капель с обрабатываемой листовой поверхности на почву.

Для оценки качества диспергирования рабочей жидкости распылителями используется среднеобъемный и медианно-массовый диаметры капель и кривые распределения по их числу и по количеству заключенной в них жидкости (дифференцированные и интегрированные кривые распределения), а также коэффициент полидисперсности распыла, характеризующий диапазон разброса размера капель. У стандартных щелевых распылителей медианно-массовый диаметр составляет 210–270 мкм, у инжекторных щелевых распылителей от 400 до 600 мкм. (табл.1) [Шпаар и др., 2004]. При этом у гидравлических распылителей коэффициент полидисперсности фракцион-

ного состава капель спектра распыла находится в пределах от 4 до 6 в зависимости от типоразмера распылителя и рабочего давления.

Во время осаждения капель рабочих жидкостей препаратов на обрабатываемую поверхность происходит процесс их испарения и снос мелких неиспарившихся капель за пределы обрабатываемой площади под воздействием ветра и набегающего воздушного потока при движении опрыскивателя по полю. Скорость осаждения капель под действием гравитационного притяжения определяется уравнением Стокса [Daries, 1966]:

$$V_s = d^2 g (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}}) / 18 \mu_{\text{в}}$$

где: g – постоянная гравитационного притяжения;
 d – диаметр капли;
 $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости капли;
 $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха;
 $\mu_{\text{в}}$ – вязкость воздуха.

При гравитационном оседании мелких капель размером до 60 мкм мы имеем очень малую скорость их осаждения на обрабатываемую поверхность (табл. 2). Вследствие этого часть объема диспергируемой жидкости в виде фракции мелких капель находится в воздушной среде во взвешенном состоянии. На мелкие капли, находящиеся в указанном состоянии, кроме гравитационных сил воздействуют сила ветра и набегающий воздушный поток при движении опрыскивателя по полю.

Зная высоту установки распылителя относительно обрабатываемой поверхности, скорость падения капли и скорость бокового ветра, можно определить на какое рас-

Таблица 1. Дисперсность распыла различных типоразмеров распылителей

Название распылителя	Давление, бар	Размер капле	СВД, мкм
Стандартные плоскоструйные распылители			
XR 80 04	3	средний	270*
XR 80 04	4	средний	250*
XR 110 02	2	средний	241**
XR 110 02	3	тонкий	210**
XR 110 02	4	тонкий	200**
XR 110 04	2	средний	292**
XR 110 04	3	средний	268**
XR 110 04	4	средний	247**
XR 110 06	2	средний	365**
XR 110 06	3	средний	314**
XR 110 06	4	средний	307**
Крупнокапельные плоскоструйные распылители			
DG 110 04	2	грубый	382**
DG 110 04	4	средний	309**
DG 110 05	2	грубый	440*
DG 110 05	4	средний	340*
Плоскоструйные распылители с эжекцией воздуха			
AI 110 03	3	грубый	518**
AI 110 03	4	грубый	470**
AI 110 04	3	грубый	486**
AI 110 04	4	грубый	450**
TD XL 110 03	1	грубый	660*
TD XL 110 03	3	грубый	455*

* Данные производителя; ** - данные ВВА (Берлин, Далем)

Таблица 2. Время гравитационного осаждения капель с высоты 0.5 и 5 метров

Диаметр капле, мкм	Скорость осаждения, м/с	Время падения с высоты, с	
		0.5 м	5.0 м
1	0.000035	14285	142850
5	0.00076	657.9	6578.9
10	0.003	166.7	1666.7
20	0.012	40	400
40	0.148	10.4	104
60	0.103	4.83	48.3
100	0.259	1.93	19.3
200	0.775	0.65	6.5
300	1.315	0.38	3.8
400	1.81	0.28	2.8
500	2.25	0.22	2.2
600	2.65	0.19	1.9
700	3.00	0.17	1.7
800	3.33	0.15	1.5
900	3.62	0.14	1.4

Таблица 3. Расстояние, пройденное каплей до остановки

Размер капли, d, (мкм)	Скорость падения капли, V _S ((см/с)	Расстояние, пройденное каплей до остановки, d _S (см)
1	0.0035	0.00036
5	0.076	0.00795
10	0.30	0.0306
20	1.2	0.122
30	2.7	0.275
50	7.2	0.734
100	25	2.55
150	46	4.69
200	70	7.14
300	115	11.7
500	200	20.4

стояние уносятся капли определенного размера из зоны обработки. Расстояние, на которое уносятся капли ветром определенного размера можно определить по формуле:

$$L = Nu/V_s$$

где: L – расстояние, пройденное каплей из зоны обработки, м;
 H – высота установки распылителя относительно обрабатываемой поверхности, м;
 u – скорость ветра, м/с;
 V_s – скорость падения капли, м/с;

Расчеты показывают, что капли размером в 10 мкм при скорости ветра 3 м/с и высоты установки распылителя к обрабатываемой поверхности 0.5 метра при гравитационном оседании уносятся из зоны обработки на 500 метров, а при скорости ветра 5 м/с на 833 метра. При высоте установки распылителя к обрабатываемой поверхности 0.7 м капли данного размера при равных условиях уносятся на 700 метров и 1166 метров соответственно. С учетом величин параметров метеоданных в зоне внесения средств защиты растений и показателей дисперсности распыла можно определить время жизни капель мелкой фракции, а также потери объема средних и крупных капель в результате испарения.

Время испарения капли определяется по следующей формуле:

$$\tau = \rho_k R_n T / 2 D_m (E_k - e) \cdot d_1^2 - d_2^2 / 4(1+F)$$

где: τ – время испарения капли;
 ρ_k – плотность жидкости капли;
 R_n – удельная газовая постоянная;
 T – абсолютная температура капли;
 D_m – коэффициент молекулярной диффузии пара;
 d₁ и d₂ – соответственно начальный и конечный диаметр капли;
 E_k – насыщающая упругость пара в атмосфере;
 e – упругость пара в атмосфере;
 F – ветровой коэффициент.

Для расчетов физических потерь средств защиты при опрыскивании из-за испарения необходимо знать значения констант R_n, D_m и E_k рабочих жидкостей или применяемых препаратов без разбавления водой а также спектр распыла капель, работающего на заданном режиме распылителя. Предварительные расчеты испарения водорастворимых препаратов показывают, что при критических параметрах метеоданных (температура окружающего воздуха -25 °С, относительная влажность воздуха 50%, скорость ветра 4 м/с) критический размер полностью испарившихся капель может достигать до 75 мкм при использовании штанговых опрыскивателей со стандартными щелевыми распылителям, до 90 мкм при использовании вентиляторных опрыскивателей с боковым дутьем и до 120 мкм при авиопрыскивании при высоте полета 5 метров [Лысов, 2014]. Принято считать, что крупные капли размером более 250 мкм и более в зависимости от листовой поверхности и физико-химических свойств рабочей жидкости скатываются с обрабатываемой поверхности, загрязняя почву.

Вместе с тем установлено, что содержащиеся в спектре распыла фракции крупных капель за счет удара при контакте с обрабатываемой поверхностью распадаются на более мелкие капли, увеличивая тем самым плотность покрытия. Условием проявления данного эффекта является соотношение кинетической и поверхностной энер-

гий капле при осаждении. При величине кинетической энергии больше энергии поверхностного натяжения капли происходит ее дробление при контакте с обрабатываемой поверхностью. Данное условие определяется следующей зависимостью:

$$W_k / W_{\Pi} = \gamma d v^2 / 12 \delta$$

где: γ – плотность жидкости;
 δ – поверхностное натяжение жидкости;
 d – диаметр капли;
 v – скорость осаждения капли.

Расчеты показывают, что при поверхностном натяжении водного раствора рабочей жидкости 72.7 мН/м и стационарной гравитационной скорости осаждения на обрабатываемую поверхность кинетическая энергия капли превосходит поверхностную при диаметре 200 и более

мкм. Отсюда следует, что капли размером 200 и более мкм за счет удара при контакте с обрабатываемой поверхностью распадаются на более мелкие, увеличивая тем самым плотность покрытия обрабатываемой поверхности. Полученные данные косвенно подтверждаются результатами сравнительных испытаний по влиянию технологий крупнокапельного и мелкокапельного внесения рабочих жидкостей пестицидов на величину загрязнения почвы с использованием стандартных и инжекторных плоскофакельных щелевых распылителей и разработанной конструкции вращающегося перфорированного барабана с принудительным осаждением капель. Как и ранее полученные результаты [Лысов, Волгарев, 2014] они показывают, что при крупнокапельном и мелкокапельном опрыскивании происходит одинаковое загрязнение почвы (табл 4).

Таблица 4. Динамика разложения гербицида Гезагард 50 СП в почве при обработке посадок картофеля

Сутки	норма расхода препарата								
	3.5 кг/га			2.62 кг/га			1.75 кг/га		
	УМО с принудительным осаждением капле	инжекторный щелевой распылитель	стандартный щелевой распылитель	УМО с принудительным осаждением капле	инжекторный щелевой распылитель	стандартный щелевой распылитель	УМО с принудительным осаждением капле	инжекторный щелевой распылитель	стандартный щелевой распылитель
00	0.748	0.7431	0.7541	0.5593	0.5569	0.5644	0.3741	0.3719	0.37705
33	0.6656	0.6015	0.6405	0.4982	0.4503	0.4794	0.3328	0.3007	0.3203
77	0.5758	0.401	0.2627	0.431	0.3002	0.1969	0.2879	0.2005	0.1312
114	0.4862	0.3415	0.2025	0.3639	0.2557	0.1513	0.2431	0.1707	0.1012
221	0.3066	0.0891	0.1263	0.2295	0.0667	0.0937	0.1533	0.0445	0.0626
228	0.0374	0.0371	0.0375	0.0279	0.0278	0.02807	0.0187	0.01856	0.01875

Вместе с тем, реализация прогрессивных энергосберегающих технологий опрыскивания с малыми нормами расхода рабочей жидкости и сниженными нормами расхода препаратов базируется на возможности использования опрыскивающей аппаратуры с вращающимися дисковыми распылителями, перфорированными или сетчатыми барабанами.

Вращающиеся дисковые распылители в сравнении с традиционными гидравлическими распылителями для внесения пестицидов имеют ряд неоспоримых преимуществ, а именно:

- обеспечивают диспергирование рабочей жидкости на более однородный, близкий к монодисперсному, спектр капле распыла с коэффициентом полидисперсности в пределах 1.4–2.2;

- возможность регулировки размеров основных капле в диапазоне от 40 до 400 мкм;

- позволяют применять малые нормы расхода рабочей жидкости на гектар;

- обеспечивают большую плотность покрытия каплями верхней и нижней стороны листовой поверхности обрабатываемых растений;

- позволяют получать качественный распыл при подаче рабочей жидкости при низких давлениях менее 1 бара или самотеком, что исключает применение в опрыскивающей технике насосов высокого давления.

Для получения более однородного с узким спектром распыла капле разработаны различные конструкции вращающихся дисковых распылителей (сетчатых или перфорированных барабанов). Широкое их применение, в качестве рабочих органов в опрыскивающей технике, для

распыления средств защиты растений сдерживается по целому ряду причин. При распылении рабочих жидкостей средств защиты растений вращающимися дисковыми распылителями образуется горизонтальный факел распыла, в спектре распыла которого содержатся основные однородные по размеру капли и мелкие капли спутники [Дунский и др., 1982]. При этом, осаждение капле на обрабатываемую поверхность происходит под действием сил гравитации. Из-за малой скорости гравитационного оседания (для 20 мкм капле скорость оседания составляет 0.012 м/с, для 60 мкм – 0.103 м/с) происходит снос мелких капле за пределы обрабатываемого участка ветром и набегающим воздушным потоком при движении опрыскивателя. Снос мелких капле из зоны обработки приводит к загрязнению окружающей среды, а также вызывает ожоги других культур и растений рядом с зоной обработки при применении гербицидов. При горизонтальном факеле распыла данных распылителей неравномерность распределения рабочей жидкости на эффективной ширине захвата, выраженная коэффициентом вариации составляет по данным испытаний 20%, что не соответствует требованиям европейской нормы по данному показателю – 7–9%.

Для устранения указанных недостатков, в секторе механизации ВИЗР, на основе проведенных исследований, разработана конструкция нового вращающегося распылителя с принудительным осаждением мелких капле на обрабатываемую поверхность, а также возможности регулировки размера образующихся капле для разных режимов опрыскивания.

На рис.2 приведена конструктивная схема нового вращающегося дискового распылителя, защищенного па-

тентом РФ [Лысов и др., 2016]. В корпусе распылителя 1 установлен электродвигатель 2 с двумя выходами вала, на нижнем выходе которого, расположен распылительный диск 3, который может быть выполнен в форме сетчатого или перфорированного барабана, трубка 6 – подающая рабочую жидкость. На верхнем выходе вала электродвигателя между крыльчаткой вентилятора 5 для создания направленного воздушного потока, установлен обтекатель 4, выполненный в форме конуса. Корпус распылителя 1 выполнен в виде усеченного конуса с открытой верхней и нижней поверхностями. Корпус распылителя прикреплен, с возможностью перемещения по вертикали, к электродвигателю, корпус которого снабжен направляющими 7 и находится в сборе с крыльчаткой вентилятора 5, обтекателем 4 и распылительным диском, расположенным на нижнем выходе вала. Диаметр основания обтекателя 4 равен диаметру распылительного диска 3. Трубка для подачи жидкости 6 расположена сверху распыливающего диска.

При подаче рабочей жидкости по трубке 6 на вращающийся диск 4, за счет центробежной силы происходит диспергирование жидкости на основные и мелкие капли – спутники. Создаваемый крыльчаткой вентилятора 5 воздушный поток, благодаря установленному обтекателю 4 и его конусной форме, обеспечивает направленное принудительное осаждение мелких капель непосредственно на выходе с кромки распылительного диска 4, вследствие чего исключается их снос из зоны обработки. Корпус распылителя 1 выполнен в виде усеченного конуса, что позволяет изменять объем воздушного потока, создаваемого вентилятором, за счет возможности его перемещения относительно электродвигателя 2, в сборе с крыльчаткой вентилятора и распылительным диском 4, вниз. Для этого на корпусе электродвигателя 2 установлены направляющие 7. При смещении вниз, за счет конусности корпуса распылителя 1, увеличивается кольцевой зазор между его внутренней поверхностью и крыльчаткой вентилятора 5, что дает возможность изменять объем воздушного потока для эффективного осаждения капель диспергируемой жидкости и увеличения равномерности плотности распределения капель на обрабатываемой поверхности. Кроме этого, обеспечивается возможность регулировки эффективной ширины захвата факела распыла от 0.8 до 1.2 метра, а также плотности покрытия обрабатываемой поверхности в зависимости от используемых режимов обработки пестицидами, которая для гербицидов должна быть не менее 20–30 капель на 1 см², инсектицидов – 30–40 капель на 1 см², фунгицидов – 50–70 капель на 1 см².

Стендовые испытания нового распылителя с диаметром диска 52 мм, частотой вращения 6080 об/мин и ме-

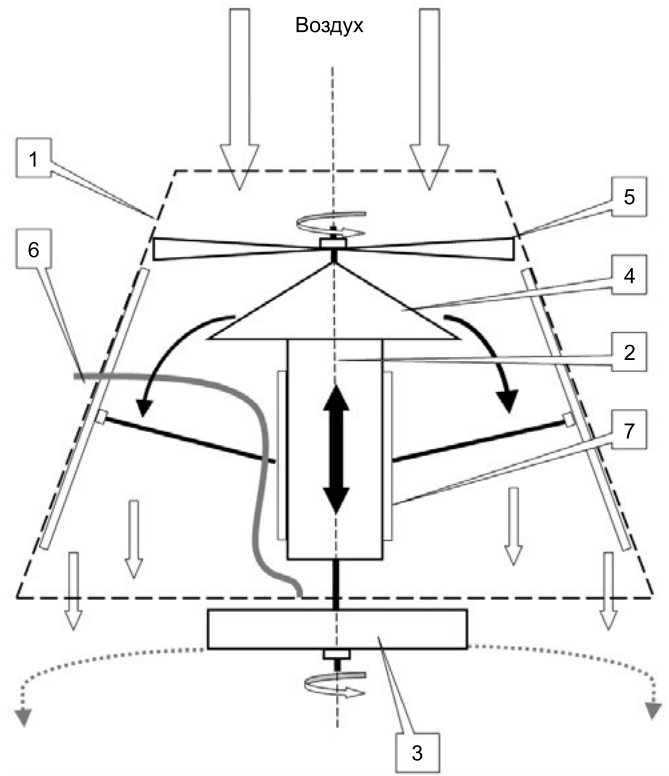


Рисунок 2. Распылитель жидкости

дианно-массовым диаметром капель 52 мкм показали при температуре 21 °С и относительной влажности воздуха 68%, что при принудительном осаждении капель (скорость воздушного потока на выходе из обечайки вентилятора 4.1 м/с) количество осевшей жидкости на ширине захвата распылителя увеличивается на 24.51% по сравнению с работой аналогичного распылителя без принудительного осаждения капель. При наличии бокового ветра с допустимой скоростью ветра 3м/с при выполнении технологического процесса опрыскивания количество осевшей жидкости в зоне обработки было выше на 39%, чем при работе распылителя без принудительного осаждения капель. Также установлено, что при наличии бокового ветра факел распыла от центра оси вращения дискового распылителя смещается в сторону без принудительного осаждения на 85%, а с принудительным осаждением этот показатель составляет 70%. На основании результатов испытаний можно сделать вывод, что за счет принудительного осаждения капель факела распыла вращающегося дискового распылителя повышается плотность отложения рабочей жидкости в зоне обработки за счет снижения непроизводительных потерь из-за сноса.

Библиографический список (References)

- Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли М.: Издательство «Наука». 1982. С. 20–22.
 Лысов А.К., Андреев В.Н., Вегера Д.В., Павлюшин В.А. Патент на изобретение N2574678. Распылитель жидкости. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 13 января 2016.
 Лысов А.К., Волгарев С.А. Прогрессивные технологии опрыскивания проходят проверку. Защита и карантин растений. 2014. N7. С. 35.

- Лысов А.К. Оценка физических потерь рабочей жидкости при опрыскивании. Материалы международного конгресса. Агрорусь. 2014. С.174.
 Лысов А.К., Корнилов Т.В. Техника для защиты растений. Настройка и регулировка. Санкт-Петербург-Пушкин, 2010. С.15.
 Шпаар Д., Бартельс Г., Бурт У., Ветцел Т. и др. Защита растений в устойчивых системах земледелия, том 4. Минск 2004. С.105–106.
 Daries C.N. Об осаждении аэрозолей ж-л «Наука об аэрозолях» Академическое издание, Лондон. 1966. С. 393–446.

Translation of Russian References

- Dunskii V.F., Nikitin N.V., Sokolov M.S. Pesticidal aerosols. Moscow: Nauka. 1982. P. 20–22. (In Russian).

- Lysov A.K., Andreev V.N., Vegera D.V., Pavlyushin V.A. Patent for the invention N 2574678. fluid atomizer. Registered in the State register of inventions of the Russian Federation on January 13, 2016. (In Russian).

Lysov A.K., Volgarev S.A. Progressive technologies of spraying undergo testing. *Zashchita i karantin rastenii*. 2014. N 7. P. 35. (In Russian).
Lysov A.K. Assessment of physical losses of working liquid when spraying. In: *Materialy mezhdunarodnogo kongressa Agrorus*. 2014. P. 174. (In Russian).

Lysov A.K., Kornilov T.V. Techniques for protection of plants. Setup and adjustment. St. Petersburg, Pushkin, 2010. P. 15. (In Russian).
Shpaar D., Bartels G., Burt U., Vettset T. et al. Protection of plants in sustainable systems of land use, V. 4. Minsk. 2004. P. 105–106. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 61–66

IMPROVING EFFICIENCY OF DROP DEPOSITION OF DISPERSED WORKING FLUID AT USING ROTARY DISC ATOMIZERS, MESHY OR PERFORATED DRUMS

A.K. Lysov

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

The results of research on the evaluation of efficiency of drop deposition of dispersed working fluid on the treated surface are analysed at using conventional hydraulic nozzles and rotating disk atomizers, meshy or perforated drums with the forced deposition of small drops. The necessity of using forced deposition of droplets is proved at creating new working bodies to the spraying technique. The fluid sprayer is registered in the State register of inventions of the Russian Federation on January 13, 2016, Patent No. 2574678.

Keywords: atomizer; droplet deposition; drop drift; dispersion spectrum; gravitational deposition; deposition rate; working fluid.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Лысов Анатолий Константинович. Зам. директора института,
Зав. лабораторией, кандидат технических наук,
e-mail: lysov4949@yandex.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,
St Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Lysov Anatoly Konstantinovich, Head of Laboratory,
PhD in Technics
e-mail: lysov4949@yandex.ru