

УДК 631.34:633.51  
AGRIS N01

<http://doi.org/10.5281/zenodo.2271521>

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ МОНОДИСПЕРСНЫХ КАПЕЛЬ В ЗОНЕ ПЕРФОРИРОВАННОГО ТУРБУЛИЗАТОРА

- ©Ирисов Х. Д., докторант (Ph.D.), Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Узбекистан, [admin@tiiname.uz](mailto:admin@tiiname.uz)  
©Аширбеков И. А., д-р техн. наук, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Узбекистан  
©Имомов Ш. И., д-р техн. наук, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Узбекистан

## THEORETICAL ASPECTS OF THE PROCESS OF THE FORMATION OF MONODISPERSE DROPS IN THE AREA OF PERFORATED TURBULIZER

- ©Irisov Kh., Ph.D. student, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan, [admin@tiiname.uz](mailto:admin@tiiname.uz)  
©Ashirbekov I., Sc.D., Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan  
©Imomov Sh., Sc.D., Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan

*Аннотация.* В статье раскрыты преимущества и недостатки существующих способов диспергирования рабочих жидкостей на штанговых и вентиляторных опрыскивателях, перспективы их совершенствования, а также теоретически обоснована эффективность перехода на гидравлический вихревой распылитель, оснащенный перфорированным турбулизатором.

*Abstract.* The article reveals the advantages and disadvantages of the existing methods of dispersing the working fluids on the boom and fan sprayers, the prospects for their improvement, and also the efficiency of switching to a hydraulic-vortex sprayer equipped with a perforated turbulator is theoretically justified.

*Ключевые слова:* химическая защита, вентиляторные опрыскиватели, факел распыла, интенсивность дробления, исходные капли, критерий Вебера, перфорированный турбулизатор, монодисперсные капли.

*Keywords:* chemical protection, fan sprayers, spray gun, crushing intensity, initial drops, Weber criterion, perforated turbulizer, and monodisperse drops.

### Введение

На территории Узбекистана работы по дефолиации (десикации) хлопчатника и химической защите растений от вредителей и болезней, от сорных растений в основном осуществляются штанговыми и вентиляторными опрыскивателями [1–2].

Преимуществом штанговых опрыскивателей является сокращение времени полета формируемых капель до обрабатываемых растений, снижение потери рабочей жидкости, а

недостатками является плохая маневренность опрыскивателя на разворотных полосах и неполная обработка растений по высоте, а также не качественная обработка нижней поверхности листьев растений.

Преимуществом вентиляторных опрыскивателей с качающимися соплами является увеличенная ширина обрабатываемой полосы, а также сравнительно полная обработка растений по высоте, включая поверхность листьев с обеих сторон. Недостатком этих опрыскивателей является полидисперсность формируемых капель, дальность факела распыливания и как следствие мелкие капли легко испаряясь под действием температуры окружающей среды увеличивает потери распыляемой жидкости.

В совместном предприятии “Agroxim” в Ташкенте с 2016 года выпускается универсальный опрыскиватель VP-1IB. Она отличается от базового ОВХ-600 отсутствием механизмов поворота рабочего органа в горизонтальной плоскости. Сопла опрыскивателя на концах снабжены гидравлическими вихревыми распылителями [1].

Распылители этих опрыскивателей дают полидисперсный распыл. С целью формирования монодисперсных капель нами предложена конструкция гидравлического распылителя с турбулизатором (Рисунок 1а и 1б).

Результаты теоретических исследований. Зарубежными учеными исследованы особенности формирования капель через гидравлические распылители. В частности в работе [3] теоретически рассмотрены вопросы истечения тонкого факела распыла, формируемого в зоне соплового канала вихревого распылителя с учетом неустойчивости факела распыла. В работе [4] изучены основные факторы, влияющие на дисперсность капель. При этом показано, что дисперсность капель зависит от нормы расхода жидкости, скорости распыливания, угла факела распыла и плотности распыляемой рабочей жидкости.

Основные параметры кольцеобразного сопла и перфорированного турбулизатора предложенного нами центробежного распылителя показаны на Рисунке 1а.

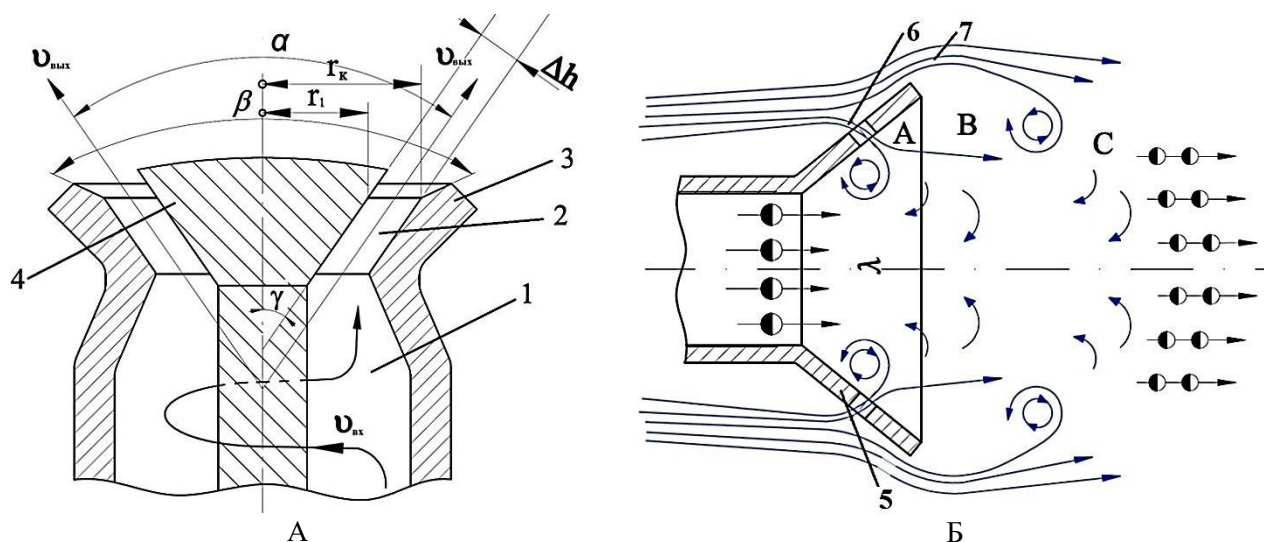


Рисунок 1. Схема процесса формирования монодисперсных капель: а — основные конструктивные параметры соплового канала распылителя; б — стадий формирования капель в зоне перфорированного турбулизатора; 1 — камера завихрения; 2 — кольцеобразное сопло; 3 — корпус; 4 — расширитель потока; А, В и С — первая, вторая и третья стадии формирования капель; 5 — турбулизатор; 6 и 7 — локальный и основной аэродинамический поток.

В предлагаемом распылителе процесс формирования монодисперсных капель развивается на коротком участке сопла турбулизатора 5, где возникает наибольшая

кинетическая энергия не только рабочей жидкости, но и осесимметрично обтекаемого локального 6 и основного 7 аэродинамического потока вентилятора.

В результате установки в распылителе конусовидного расширителя и перфорированного турбулизатора (Рисунок 1, б), интенсивность процесса дробления исходных крупных капель повышается. Рассмотрим теорию истечения рабочей жидкости через кольцеобразное сопло распылителя. В зоне распыления рабочих жидкостей удельный вес и плотность в различных точках потока остаются постоянными.

Согласно первого закона сохранения количество жидкости, прошедший через площадь  $f$  в секунду, то есть массовый расход, остается постоянным по всему сечению кольцеобразного сопла [5]:

$$G = f\rho v = const. \quad (1)$$

Согласно закону неизменности момента количества движения, произведение скорости вращения  $\omega$  на радиус  $r$  сохраняется постоянным от одной струйки жидкости к другой. Применительно к нашему распылителю это условие запишем так (Рисунок 2.):

$$\omega r = v_{вх}R = const, \quad (2)$$

где  $v_{вх}$  — входная скорость рабочей жидкости (начальная скорость закрутки);  $R$  — радиус камеры закручивания.

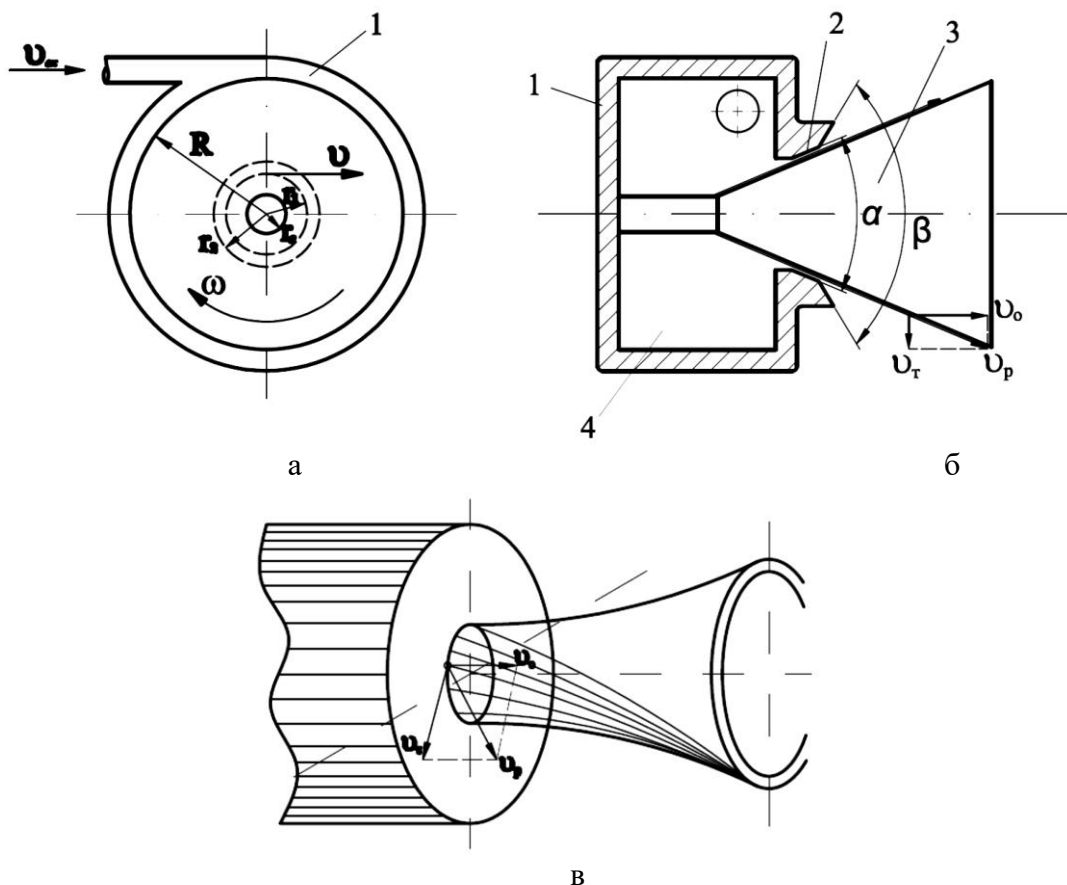


Рисунок 2. Основные конструктивные (а, б) и кинематические (в) параметры центробежного распылителя:  $r_c$  — радиус кольцеобразного сопла;  $r_v$  — радиус вихря;  $v_{вх}$  — скорость входа жидкости;  $R$  — радиус закручивания;  $r$  — радиус факела;  $v_o$  — осевая скорость;  $v_\tau$  — тангенциальная скорость;  $v_p$  — результирующая скорость;  $U$  — скорость закрутки жидкости; 1 — распылитель; 2 — сопловой канал; 3 — расширитель потока; 4 — камера закрутки.

С целью повышения интенсивности процесса дробления подводимой рабочей жидкостью распылитель дополнительно оснащена с перфорированным турбулизатором. В данной конструкции чем меньше радиус вращения, тем больше будет скорость на выходе из кольцеобразного соплового канала. Согласно закона сохранения энергии в установившемся движении идеальной жидкости сумма потенциальной энергии, обусловленной скоростью, сохраняется постоянной в доль всей струйки тока, в нашем случае — от исходного давления  $P_0$  в камере закрутки до выхода ее из кольцеобразного соплового канала. Уравнения Бернулли связывающее параметры струйки, текущей через распылитель в различных поперечных сечениях имеет следующий вид [2, 5–7]:

$$\frac{P + \rho v^2}{2} = \frac{P + \rho(\omega^2 + u^2)}{2} = P_0 = const, \quad (3)$$

где  $P_0$  — исходное давление жидкости до выхода ее из кольцеобразного соплового канала.

При этом суммарная кинетическая энергия жидкости вблизи сопла распылителя (где она идет по винтовым линиям) складывается из энергии поступательного движения со скоростью  $v_0$  и вращательного со скоростью  $v_\tau$ .

Удельная кинетическая энергия  $\rho v^2/2$  по аналогии с первым слагаемым  $P$  является скоростным или динамическим напором  $P_g$  — эта энергия может перейти в рабочей давлении. Сумма  $P+P_g$  равна давлению перед камерой закрутки.

Из уравнения Бернулли видно, что если вдоль потока  $v$  растет, то  $P$  падает, и наоборот — с замедлением потока повышается давление. Запишем уравнения сохранения энергии (3) применительно к сопловому каналу распылителя в момент выхода жидкости в атмосферу:

$$P_0 = \frac{P_a + \rho v^2}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \quad (4)$$

где  $\Delta P = P_0 - P_a$  — перепад давления.

Воспользуемся формулой массового расхода (1) для реальной рабочей жидкости:

$$G = \mu \pi r_c^2 \sqrt{2\rho \Delta P}. \quad (5)$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода жидкости.

Если для традиционных распылителей, для получения высокодисперсных капель хватает трех уравнений сохранения, то для предлагаемого распылителя потребовалось еще четвертый закон — закон сохранения количества движения. Закон количества движения гласит: импульс сил — произведение сил на время их действия — равен измерению количества движения всех тел в системе.

Применяя этот закон к нашему распылителю, получим формулу внешнего импульса, действующего на поверхность полого конусообразного факела распыла:

$$P_{и} = Gv, \quad (6)$$

где  $P_{и}$  — сила импульса обтекаемого осесимметричного аэродинамического потока, действующие на исходные крупные капли, в правой части уравнения — количество движения

обтекаемого аэродинамического потока, поступающих через боковых щелей турбулизатора;  $G$  — массовый расход воздуха;  $v$  — скорость воздуха снующейся через щели турбулизатора.

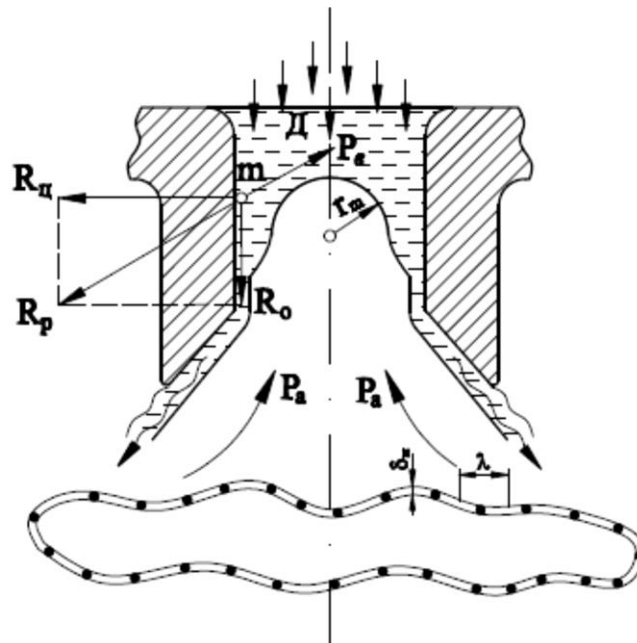


Рисунок 3. Схема распыла пелены (образование волн за факелом распыла):  $P_a$  — давление атмосферы;  $\delta_c$  — толщина жидкой нити;  $\lambda$  — длина волн деформации.

В начале факела распыла, то есть после конусаобразного расширителя потока формируется полый конусообразный факел. Если его развернуть, получится плоская пелена. Волнообразная пелена длиной  $\gamma_{\text{опт}}$  может распадаться на исходные крупные, а затем по мере поступательного движения в зоне действия дефлектора они, под действием роя турбулентных воздушных струй, будет подвергаться интенсивному диспергированию до монодисперсных капель.

Таким образом, на основе этих теоритические исследований можем принять следующую рабочую гипотезу: за счет интенсивного воздействия роя локальных турбулентных струй можно добиться повышению интенсивности формирования монодисперсных капель на коротком факеле опрыскивания.

На выходе из кольцеобразного сопла площадь жидкого кольца составляет:

$$f = \pi(r_2^2 - r_1^2) - \varphi_c \pi r_2^2,$$

где  $\varphi_c = 1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$ , коэффициент заполнения сечения — оказывается зависящей от  $r_1$ .

Однако, при условии  $r_m < r_1$  (где  $r_2 = r_c$ ) возникает коэффициент расхода  $\mu$ , учитывающий, что кольцеобразная струя не толстая, а значительно тоньше исходной: для чего и получилась следующая основная формула для предлагаемого распылителя:

$$\mu = \sqrt{\frac{\varphi_c^3}{(2-\varphi_c)}},$$

где коэффициент заполнения  $\varphi_c$  находится из следующего неявного выражения:

$$(1 - \varphi_c) \sqrt{\frac{2}{\varphi_c}} = A;$$

где  $A = \frac{Rr_c}{n_k r_{\text{вх}}^2}$  — геометрическая характеристики предлагаемого распылителя;  $r$  и  $n_k$  — соответственно радиус и число каналов камеры закручивания. У нас  $n_k = 1$  (Рисунок 2а, 2б).

В зоне действия перфорированного турбулизатора величина отношения давления, дает комплекс, называемое критерием или числом Вебера  $W_e$  определяемым следующим образом [5]:

$$\frac{P_B}{P_{\text{ж}}} \approx W_e = \frac{\rho u^2 d}{\sigma}, \quad (7)$$

где  $\rho$ ,  $u$  — плотность и скорость локально обтекаемого воздуха;  $d$  — диаметр исходной крупной капли;  $\sigma$  — сила поверхностного натяжения.

Для получения моодисперсных капель по предлагаемому распылителю оптимальным числом Вебера является пределы  $10 < W_e < 20$ .

В процессе распыливания в зоне кольцеобразной щели, тонкий слой жидкости насыщается пузырьками воздуха, которые после выхода из соплового канала стимулирует формированию исходных крупных капель. Эти исходные капли вступая в зону действия турбулизатора диспергируются до моодисперсных капель.

Приравнивая формулу для сил импульса скоростному напору турбулентной струи:

$$G v_B = \frac{\rho v_B^2}{2},$$

получим следующую формулу для определения расхода локального потока воздуха проходящего через щели турбулизатора:

$$G = \frac{z \rho v_B}{2 v_B} = z \rho v_B, \quad (8)$$

где  $z$  — число проходных щелей на стенке турбулизатора.

Выбирая оптимальные конструктивные параметры и режимы работы предлагаемого распылителя получаем желаемых размеров моодисперсных капель.

Формируемые исходные крупные капли не устойчивы, то они в зоне действия локального и основного аэродинамического потоков подвергаются интенсивному дроблению. На рис.4 показано действие локального потока на исходную крупную каплю А.

Формирование моодисперсных капель происходит при условиях, когда вертикальная составляющая  $v_z$  (Рисунок 4) скорости соосно обтекаемого аэродинамического потока меньше критической скорости  $v_{\text{кр}}$ , то есть  $v_z < v_{\text{кр}}$ .

Поведение исходных крупных капель в локальном или в основном воздушном потоке в зоне перфорированного турбулизатора зависит от многих факторов: от физических свойств капель (вязкости и плотности) значения и равномерности напора воздушного потока, а также от скорости с которой исходная капля входит в локальный или основной турбулентный воздушный поток.

Примем, что локальный воздушный поток — постоянен по численному значению и направлению скорости, то на каплю действует сила тяжести  $P$  и сила действия воздушного потока  $R$ , направленная под некоторым углом относительно направления движения формируемых исходных капель.



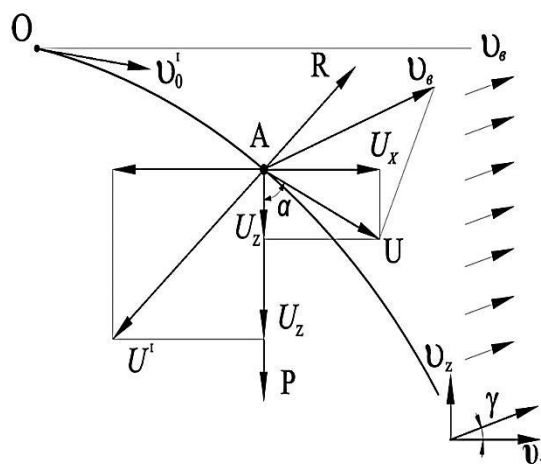


Рисунок 4. Действие локального воздушного потока на исходную каплю.

Пусть  $v'_x$  и  $v'_z$  — составляющие скорости относительного движения в некоторой точке А траектории ОА. Тогда проекция скорости абсолютного движения на оси неподвижных координат; X и Z будет,

$$v_x = v'_x - u_x; \quad u_z = u_z - v'_z,$$

где  $v_x$  и  $v_z$  — проекции скорости локального воздушного потока на оси X и Z.

Значение проекции  $v_x$  и  $v_z$  соответственно равны:

$$v_x = v_B \cos \gamma; \quad v_z = v_B \sin \gamma.$$

Отклонение скорости абсолютного движения от вертикали определяется углом  $\alpha$ , значение которого находим из выражения [2]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{U_x}{U_z} = \frac{v_B \cos \gamma - U'_x}{U'_z - v_B \sin \gamma}$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} = \frac{v_B \cos \gamma}{v_{\text{кр}} - v_B \sin \gamma}.$$

Для исходных крупных капель, поступающих в структуру локального воздушного потока, внутри турбулизатора, критическая скорость может изменяться от  $v_{\text{кр} \min}$  до  $v_{\text{кр} \max}$ . В этом случае траектория роя монодисперсных капель представляет собой некоторый пучок диспергируемых капель, определяемый углами  $\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр} \min}$  и  $\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр} \max}$ ; значение углов находим из соотношению:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр} \min} = \frac{v_B \cos \gamma}{v_{\text{кр} \max} - v_B \sin \gamma};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр} \max} = \frac{v_B \cos \gamma}{v_{\text{кр} \min} - v_B \sin \gamma};$$

Рассеивание пучка траектории диспергируемых капель можно характеризовать разностью  $\alpha_{кр\ max} - \alpha_{кр\ min}$ , которая равна:

$$\operatorname{tg}(\alpha_{кр\ max} - \alpha_{кр\ min}) = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{кр\ max} - \alpha_{кр\ min}}{1 + (\operatorname{tg} \alpha_{кр\ min} - \alpha_{кр\ max})};$$

Заменяя  $\operatorname{tg} \alpha_{кр\ min}$  и  $\operatorname{tg} \alpha_{кр\ max}$  соответствующими соотношениями, имеем:

$$\operatorname{tg} \alpha(x_{кр\ max} - x_{кр\ min}) = \frac{v_x \cos \gamma (v_{кр\ max} - v_{кр\ min})}{v_{кр\ max} v_{кр\ min} - v_B \sin \gamma (v_{кр\ max} + v_{кр\ min}) + v_B^2} \quad (9)$$

Из выражения следует, что рассеивание траектории движения диспергируемых капель зависит: от разности критических скоростей и от угла  $\gamma$  направления скорости  $v_B$  локального и основного соосно обтекаемого аэродинамического потока. С увеличением разности  $v_{кр\ max} - v_{кр\ min}$  предельных критических скоростей дробление исходных крупных до монодисперсных размеров капель растет. Уменьшение угла  $\gamma$  сокращает рассеивание, чем наклонный ( $\cos \gamma < 1$ ).

Дифференцируя выражение (9), получаем, что максимальное рассеивание траектории движения диспергируемых капель будет при следующей скорости:

$$v_{кр\ max} = \sqrt{v_{кр\ max} \cdot v_{кр\ min}}. \quad (10)$$

Таким образом, скорость наклонного локального потока, при которой исходные крупные капли приобретает наибольшее дробление и рассеивание, равна средней геометрической из крайних значений критических скоростей.

Следует отметить, что в отечественных опрыскивателях скорость относительного движения частиц в асимметрично обтекаемом воздушном потоке ниже критической скорости, как это принято в условии вывода уравнений, поэтому выбирать оптимальную скорость приходится с учетом опытных данных. В отличие от твердых частиц, исходные крупные капли под действием локальных турбулентных воздушных струй; но и основного аэродинамического потока подвергаются интенсивному диспергированию.

С учетом этих данных по результатам эксперимента угол  $\gamma$  принимаем равным  $20^\circ$ , а скорость сооснообтекаемого воздушного или локального турбулентного потока принимаем как у серийных вентиляторных опрыскивателей.

#### Выводы

Существующие штанговые и вентиляторные опрыскиватели дают полидисперсные капли, которые не обеспечивают повышению технической эффективности используемых жидких химических средств.

Теоретическими исследованиями обоснована эффективность перехода к распылителям, оснащенных с перфорированными турбулизаторами.

#### Список литературы:

1. Молчанов Р., Юлдашев А., Воинов С. Универсальный опрыскиватель VP-1ПВ // Мир агротехники. 2018. №2 (03). С. 42-43.
2. Кленин Н. И., Сақун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Агропромиздат, 1980. 443 с.



3. Altimira M. et al. Characterization of fan spray atomizers through numerical simulation // *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 2009. V. 30. №2. P. 339-355.
4. Dorr G. J. et al. A comparison of initial spray characteristics produced by agricultural nozzles // *Crop Protection*. 2013. V. 53. P. 109-117.
5. Вольтский М. С. Необыкновенная жизнь обыкновенной капли. М.: Знание, 1986. 144 с.
6. Умурзаков У. П., Ибрагимов А. Г., Дурманов А. Ш. Развитие организационно-экономического механизма и разработка научно-методических и теоретических основ повышения эффективности отрасли по выращиванию риса для обеспечения продовольственной безопасности страны // *Бюллетень науки и практики*. 2017. №11 (24). С. 103-118.
7. Durmanov A., Umarov S. Economic-mathematical modeling of optimization production of agricultural production // *Asia Pacific Journal of Research in Business Management*. 2018. V. 9. №6. P. 10-21.
8. Tulaboev A. Blended learning approach with web 2.0 tools // 2013 International Conference on Research and Innovation. Kuala Lumpur: Information Systems (ICRIIS), 2013. P. 118-122. DOI: 10.1109/ICRIIS.2013.6716695.
9. Tulaboev A., Oxley A. A case study on using web 2.0 social networking tools in higher education // *Computer & Information Science (ICCIS)*, 2012 International Conference. 2012. №1. P. 84-88.
10. Tulaboev A., Oxley A. A pilot study in using web 2.0 to aid academic writing skills // *Open Systems (ICOS)*. 2010. P. 45-50.
11. Muradov R. A. Water use in conditions of deficit of irrigation water // *Bulletin of the Tashkent State Technical University*. 2010. №1-2. P. 164-168.
12. Muradov R. A. Some issues of effective land use in the WUA in case of water resources shortage // *Agrarian Science for Agriculture. Proceeding IX international. scientific-practical conference*. Barnaul: Altai State University, 2014. P. 460-462.
13. Muradov R. A., Khozhiev A. A. Optimal solution of washing norms in case of deficit of irrigation water // *Agro ilm*. 2017. №5. P. 83-84.
14. Ibragimov A. G., Durmanov A. S. Issues of the development of competitiveness and the prospects of specialization in rice farms SAARJ // *Journal on Banking & Insurance Research*. 2017. V.6. №5. P. 14-19. DOI: 10.5958/2319-1422.2017.00021.2.
15. Durmanov A. Sh., Khidirova M. H. Measures to increase the volume of exports of fruit and vegetable products // *Economics*. 2017. №9, P. 30-34.
16. Khamidov A. A., Khudaykulov S. I., Makhmudov I. E. *Hydromechanics*. Tashkent: FAN, 2008. P. 140.
17. Umarov S. R. Innovative development and main directions of water management // *Economy and Innovative Technologies*. 2017. №1. Available at: <https://goo.gl/eEHSJK>. (in Uzbek).
18. Кимсанбоев Х. Х., Аширбеков И. А., Ибрагимов Ф. Ф., Хамракулов Р., Ирисов Х. Д., Камбарова Н., Аширбеков У. Патент РУз №IAP 04168. Распылитель. Ташкент, 30.06.2010, Бюл., №6.
19. Аширбеков И. А., Ирисов Х. Д. Эффективность применения в АПК пространственных и вентилируемых каверн // *Аграрная наука - сельскому хозяйству. V-Международная научно-практическая конференция: сб. статей*. Барнаул, 2010. С. 435-438.

References:

1. Molchanov, R., Juldashv, A., & Voinov, S. (2018). Universal'nyj opryskivatel' VP-1IB. *Mir agrotehniki*, 2(03). 42-43.
2. Klenin, N. I., & Sakun, V. A. (1980). *Sel'skhozjajstvennyye i meliorativnyye mashiny*. Moscow. Agropromizdat, 443.
3. Altimira, M., Rivas, A., Larraona, G. S., Anton, R., & Ramos, J. C. (2009). Characterization of fan spray atomizers through numerical simulation. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 30(2), 339-355.
4. Dorr, G. J., Hewitt, A. J., Adkins, S. W., Hanan, J., Zhang, H., & Noller, B. (2013). A comparison of initial spray characteristics produced by agricultural nozzles. *Crop Protection*, 53, 109-117.
5. Volynskij, M. S. (1986). *Neobyknovennaja zhizn' obyknovenoj kapli*. Moscow. Znanie, 144.
6. Umurzakov, U., Ibragimov, A., & Durmanov, A. (2017). Development of organizational-economic mechanism and development of scientific-methodical and theoretical bases of increase of efficiency of the industry of rice cultivation to ensure food security of the country. *Bulletin of Science and Practice*, (11), 103-118.
7. Durmanov, A., & Umarov, S. (2018). Economic-mathematical modeling of optimization production of agricultural production. *Asia Pacific Journal of Research in Business Management*, 9(6), 10-21.
8. Tulaboev, A. (2013). Blended learning approach with web 2.0 tools," 2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS), Kuala Lumpur, pp. 118-122. doi: 10.1109/ICRIIS.2013.6716695
9. Tulaboev, A., & Oxley, A. (2012). A case study on using web 2.0 social networking tools in higher education. In *Computer & Information Science (ICCIS)*, 2012 International Conference on (1). 84-88.
10. Tulaboev, A., & Oxley, A. (2010). A pilot study in using web 2.0 to aid academic writing skills. In *Open Systems (ICOS)*, 45-50.
11. Muradov, R. A. (2010). Water use in conditions of deficit of irrigation water. *Bulletin of the Tashkent State Technical University*, (1-2), 164-168.
12. Muradov, R. A. (2014). Some issues of effective land use in the WUA in case of water resources shortage. In: *Agrarian Science for Agriculture. Proceeding IX international. scientific-practical conference. Barnaul, Altai State University, 460-462. (in Russian)*.
13. Muradov, R. A., & Khozhiev, A. A. (2017). Optimal solution of washing norms in case of deficit of irrigation water. *Agro ilm*, (5), 83-84.
14. Ibragimov, A. G., & Durmanov, A. S. (2017). Issues of the development of competitiveness and the prospects of specialization in rice farms. *SAARJ Journal on Banking & Insurance Research*, 6(5), 14-19. doi:10.5958/2319-1422.2017.00021.2.
15. Durmanov, A. Sh., & Khidirova, M. H. (2017). Measures to increase the volume of exports of fruit and vegetable products. *Economics*, (9), 30-34. (in Russian).
16. Khamidov, A. A., Khudaykulov, S. I., & Makhmudov, I. E. (2008). *Hydromechanics*. Tashkent, FAN, 140.
17. Umarov, S. R. (2017). Innovative development and main directions of water management. *Economy and Innovative Technologies*, (1). Available at: <https://goo.gl/eEHSJK>. (in Uzbek).
18. Kimsanboev, H. H., Ashirbekov, I. A., Ibragimov, F. F., Hamrakulov, R., Irisov, H. D., Kambarova, N., & Ashirbekov, U. Patent RUz №IAP 04168. *Raspylitel'*. Tashkent, 30.06.2010, *Bjul.*, (6).

19. Ashirbekov, I. A., & Irisov, H. D. (2010). Effektivnost' primeneniya v APK prostranstvennykh i ventiliruemykh kavern. Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyaistvu. V-Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Sbornik statei. Kniga 2. Barnaul, 435-438.

*Работа поступила  
в редакцию 21.11.2018 г.*

*Принята к публикации  
26.11.2018 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Ирисов Х. Д., Аширбеков И. А., Имомов Ш. И. Теоретические аспекты процесса формирования монодисперсных капель в зоне перфорированного турбулизатора // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №12. С. 338-348. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/12-28> (дата обращения 15.12.2018).

*Cite as (APA):*

Irisov, Kh., Ashirbekov, I., & Imomov, Sh. (2018). Theoretical aspects of the process of the formation of monodisperse drops in the area of perforated turbulizer. *Bulletin of Science and Practice*, 4(12), 338-348. (in Russian).