

## Методика расчета

### электрогидравлического распылителя жидкостей

*П.Л. Лекомцев, А.М. Ниязов, Е.В. Дресвянникова*

*Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г.Ижевск*

**Аннотация:** представлена методика расчета электрогидравлического распылителя жидкостей. Приведены теоретические зависимости медианного диаметра капель аэрозоля от расхода жидкости при разном количестве сопловых отверстий генератора, от его основных конструктивных параметров.

**Ключевые слова:** аэрозоль, дисперсия, капля, генератор, электрогидравлический распылитель.

В современном высокоинтенсивном сельском хозяйстве широко применяют аэрозоли различных химических веществ в множестве технологических процессах. Несмотря на широкую область применения аэрозолей, наиболее часто аэрозоли применяют в процессах дезинфекции, дезодорации, дезинсекции и других. Обработка аэрозолями может быть проведена как объемов воздуха, так и поверхностей. Таким образом, аэрозольная обработка при правильном использовании является оптимальным методом с точки зрения экономии химических препаратов обработки и энергетических затрат.

Несмотря на универсальность применения аэрозолей параметры аэрозоля для вышеуказанных процессов различны. Размер капель полученного аэрозоля не является универсальным в применении. Так, например, размер капли 20-30 мкм рекомендуется применять для дезинфекции поверхностей; 5-10 мкм применяют для обработки воздуха помещений, увлажнения и обеспыливания; лекарственное применение аэрозолей для растений и животных – 2-20 мкм. [1, 2]

Учитывая разнообразие использования аэрозолей, особую актуальность приобретают задачи проектирования, разработки и совершенствования аэрозольных генераторов. Разработчикам аэрозольных генераторов нужно

---

учитывать параметры технологических процессов и изготавливать генераторы с требуемым диапазоном регулирования параметров их работы.

В технике распыливания жидкостей используют различные способы диспергирования. Дробление жидкостей на капли можно получить, совершив работу по разрушению целостности жидкости. Совершенная работа – это затраченная энергия за период времени. Энергию можно подвести механически, гидравлически, с помощью акустических, ультразвуковых, пульсационных волн, или под воздействием электростатических полей. В связи со способом подвода энергии различают способы диспергирования. [3, 4]. Комбинированные способы являются сочетанием выше перечисленных способов разрушения жидкостей. Каждый способ разрушения жидкости имеет преимущества и недостатки.

Одним из наиболее интересных способов, с точки зрения эффективного преобразования энергии, можно отнести электрогидравлический способ распыливания. Суть метода заключается в возбуждении импульсного электрического разряда в жидкости [7, 8]. Пробой межэлектродного промежутка сопровождается импульсным повышением давления и возникновением ударной волны. Энергию ударной волны можно использовать для распыливания жидкостей. Таким образом, источником энергии диспергирования в электрогидравлический распылителях служит электрический ток, что позволяет отказаться от использования компрессоров, насосов и электрических двигателей.

Изменение давления на фронте волны на расстоянии  $x$  от разрядного промежутка находят по выражению [1]:

$$\Delta P = \frac{6,1 W^{5/8}}{x^{1/2} T^{3/4}}, \quad (1)$$

где  $W$  – разрядная энергия;  $T$  – основной полупериод колебаний тока.

Разрядная энергия и основной полупериод колебаний равны

$$\Delta P = \frac{CU^2}{2}, \quad T \approx 3,8\sqrt{LC}, \quad (2)$$

где  $U$  – напряжение разряда на конденсаторе,  $U=30\dots70$  кВ;  $L$  – индуктивность разрядной цепи,  $L=(0,4\dots10)\cdot 10^{-6}$  Гн;  $C$  – емкость конденсатора,  $C=3\dots1500$  мкФ. Разрядная энергия напрямую зависит от уровня напряжения. Чем больше подаваемый потенциал, тем больше разрядная энергия. Меняя емкость и индуктивность можно подобрать величину колебаний и диапазон распыла.

Параметры электрогидравлических распылителей можно рассчитать по методике расчета гидравлических форсунок [3, 4]. Суть гидравлического способа является в свободном разрушении струйной жидкости, выдавленной с определенной скоростью из отверстий распылителя. Повышая скорость вытекания жидкости из сопла, при неизменных условиях, структура факела распыления меняется, и размер аэрозольных частиц уменьшается. Распыление с помощью гидравлического воздействия требует минимальных энергозатрат и наиболее легкое по осуществлению, однако, получаемый аэрозоль полидисперсный с размером частиц 10–1000 мкм. Однако гидравлический способ имеет сложности регулирования расхода при требуемом качестве дробления, а также при распылении высоковязких жидкостей. Комбинирование гидравлического и электрического воздействия позволяет улучшить качество полученного аэрозоля. Электрогидравлическое распыление представляет собой дополнительный подвод энергии к потоку жидкости за счет встраивания высоковольтного электрического разряда в конструкции распылителя. Возникший плазменный шнур вызывает скачок давления до тысяч МПа, затем осуществляется резкое движение высокоскоростного потока капель вновь образованного аэрозоля. Дополнительное разрушение жидкости происходит за счет сопутствующих эффектов разряда (ударная волна, кавитация). Жидкость разбивается на

капли в промежутках между импульсами. Импульсное накопление энергии является эффективным способом для дальнейшего преобразования энергии. Кроме дополнительного воздействия на жидкость электрогидравлическое распыление имеет преимущества в возможностях управления дисперсными характеристиками распылов в широких пределах. Средний медианный диаметр капель аэрозоля определяют из критериального уравнения

$$\frac{d_m}{d_c} = 1,1 We^{-0,3} Lp^{-0,07} M^{0,3}, \quad (3)$$

где  $d_c$  – диаметр сопловых отверстий;  $We$  – критерий Вебера;  $Lp$  – критерий Лапласа;  $M$  – критерий Маха.

Диаметр сопловых отверстий равен

$$d_c = \left( \frac{4G}{\pi \mu n_c} \right)^{0,5} \left( \frac{\rho}{2\Delta P} \right)^{0,25}, \quad (4)$$

где  $G$  – расход жидкости;  $\mu$  – коэффициент расхода, для короткого цилиндрического сопла  $\mu = 0,62$ ;  $n_c$  – количество сопловых отверстий;  $\rho$  – плотность жидкости;  $\Delta P$  – изменения давления.

Скорость истечения жидкости из сопла

$$\omega = \varphi \left( \frac{2\Delta P}{\rho} \right)^{0,5}, \quad (5)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости, для короткого цилиндрического сопла  $\varphi = 0,97$ .

По приведенным выражениям рассчитана зависимость медианного диаметра капель аэрозоля от расхода жидкости при разном количестве сопловых отверстий (рис.1).

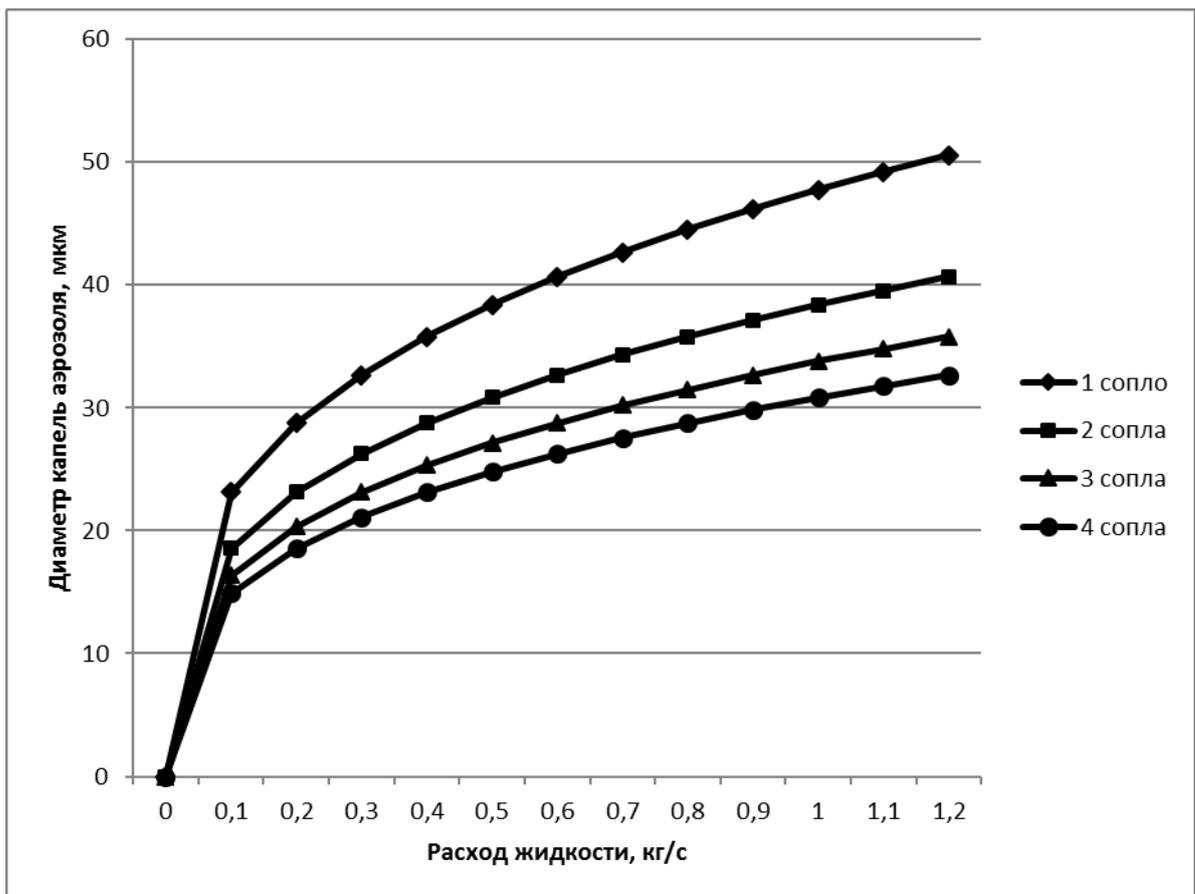


Рис. 1 – Зависимости медианного диаметра капель аэрозоля от расхода жидкости при разном количестве сопловых отверстий

Расчеты показывают, что медианный диаметр аэрозоля меняется в пределах от 20 до 50 мкм при расходах жидкости от 0,2 до 1,2 мл/с, что вполне удовлетворяет требованиям аэрозольных обработок сельскохозяйственных помещений [5, 6, 9, 10].

Таким образом, приведенная методика может использоваться при проектировании электрогидравлических генераторов аэрозолей.

### Литература

1. Басов А.М., Быков В.Г., Лаптев А.В., Файн В.Б. Электротехнология. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
2. Лекомцев П.Л. Электроаэрозольные технологии в сельском

хозяйстве: монография. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 219 с.

3. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Распылители жидкостей. – М.: Химия, 1979. – 216 с.

4. Ijsebaert, J.C.; Geerse, K.B.; Marijnissen, J.C.M.; Lammers, J.W.J.; Zanen, P. Electrohydrodynamic atomization of drug solutions for inhalation purposes. *J. Appl. Physiol.*, 2001, 91, pp. 2735-2741.

5. Бородин И.Ф., Бухарин И.Л., Лекомцев П.Л. Борьба с источниками микробного заражения // Сельский механизатор. – 2004. – № 1. – С.20-22.

6. Лекомцев П.Л., Дресвянникова Е.В. Электроаэрозольное увлажнение воздуха птицеводческих помещений // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 10. – С. 23-23.

7. Electrostatic spraying: Better results with half the chemical // *Progr. Farmer*. 1979, Oct. p. 34.

8. Jones C.D., Hopkinson P.R. Electrical theory and measurements on an experimental charged cropspraying system // *Pesticide Sci.* 1979. vol. 10. pp. 91–103.

9. Савушкин А.В., Лекомцев П.Л., Дресвянникова Е.В., Ниязов А.М. Электроаэрозольное увлажнение воздуха. Особенности подбора параметров работы генератора // *Инженерный вестник Дона*, 2012, №2 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/857](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/857).

10. Дресвянникова Е.В., Лекомцев П.Л., Савушкин А.В. Возможности регулирования процессов тепловлажностной обработки в массообменных аппаратах при воздействии электрического поля // *Инженерный вестник Дона*, 2014, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2235](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2235)

---

### References

1. Basov A.M., Bykov V.G., Laptev A.V., Fajn V.B. Jeletrotehnologija [Electrotechnology]. M.: Agropromizdat, 1985. 256 p.
2. Lekomcev P.L. Jeletkroajerozol'nye tehnologii v sel'skom hozjajstve [Electroaerosol technology in agriculture]: Monografija. Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaja GSHA, 2006. 219 p.
3. Pazhi D.G., Galustov V.S. Raspyliteli zhidkostej. [Liquid sprayers]. M.: Himija, 1979. 216 p.
4. Ijsebaert, J.C.; Geerse, K.B.; Marijnissen, J.C.M.; Lammers, J.W.J.; Zanen, P. Electrohydrodynamic atomization of drug solutions for inhalation purposes. J. Appl. Physiol., 2001, 91, pp. 2735-2741.
5. Borodin I.F., Buharin I.L., Lekomcev P.L. Sel'skij mehanizator. 2004. № 1. pp. 20-22.
6. Lekomcev P.L., Dresvjannikova E.V. Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2007. № 10. pp. 23-23.
7. Electrostatic spraying: Better results with half the chemical. Progr. Farmer. 1979, Oct. p. 34.
8. Jones S.D., Hopkinson P.R. Pesticide Sci. 1979. vol. 10. pp. 91–103.
9. Savushkin A.V., Lekomcev P.L., Dresvjannikova E.V., Nijazov A.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/857](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/857)
10. Dresviannikova E.V., Lekomcev P.L., Savushkin A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2235](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2235)