

2. Ревякин Е.Л., Краховецкий Н.Н. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях: науч. аналит. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 124 с.

3. Крук, И.С. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей / И.С. Крук, Т.П. Кот, О.В. Гордеенко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 284 с.

УДК 631.348.45

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАДЕНИЯ ИСПАРЯЮЩЕЙСЯ КАПЛИ ПЕСТИЦИДА

**И.С. Крук, канд. техн. наук, доцент,  
Ю.В. Чигарев, д-р физ.-мат. наук, профессор,  
А.А. Анищенко, аспирант**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь  
kruk\_igar@mail.ru*

*Аннотация:* в статье приведено моделирование процесса падения капель рабочего раствора пестицида в сопротивляющейся среде с учетом изменения их геометрических размеров.

*Abstract:* the simulation of the process of droplet drop of the pesticide working solution in the resisting medium, taking into account changes in their geometric dimensions, is given.

*Ключевые слова:* капля, испарение, движение.

*Keywords:* drop, evaporation, movement.

**Введение.** Расширение ассортимента применяемых пестицидов и жидких минеральных удобрений вызывает необходимость постоянного совершенствования конструкций распылителей, позволяющих создавать монодисперсный распыл и обеспечить качественное внесение средств химизации при небольших дозах и наименьших потерях. Исследования движения капель в воздушной среде позволяют определить скорость и координаты падения на обрабатываемую поверхность, обосновать конструкцию, размеры, оптимальные режимы работы и параметры установки распылителей, что особенно важно на стадии проектирования конструкций распылителей полевых опрыскивателей.

**Основная часть.** Рассмотрим движение капли жидкости массой  $m_k$ , радиусом  $r_k$  выброшенной из сопла распылителя в окружающую среду с начальной горизонтальной скоростью  $v_{кx_0}$ . Считаем форму капли шарообразной с начальным радиусом  $r_{k_0}$ . При



радиуса капли  $r_k$  с течением времени  $r_k = \frac{r_{k_0}}{1 + \psi t}$ , ( $r_{k_0}$  – начальный радиус капли;  $\psi$  – интенсивность убывания радиуса капли), и

вводя следующие обозначения:  $k_1 = \frac{3}{8} \cdot \frac{r_{k_0} C_V}{\psi}$ ,  $k_2 = \frac{g r_{k_0}}{\psi}$ ,  $k_3 = \frac{3 C_V}{8 r_k}$ ,

$$k_4^2 = \frac{g}{k_3}, \quad A = \frac{k_1}{2r_{k_0}^2}, \quad B = \frac{1}{v_{kx_0}}, \quad t = \frac{Z-1}{\psi}, \quad D = A - B = \frac{k_1}{2r_{k_0}^2} - \frac{1}{v_{kx_0}},$$

$$N^2 = \frac{\left( \frac{k_1}{2r_{k_0}^2} - \frac{1}{v_{kx_0}} \right) 2r_{k_0}^2}{k_1}, \quad J = \sqrt{\frac{2r_{k_0}^2}{k_1} \left( \frac{k_1}{2r_{k_0}^2} + \frac{1}{v_{kx_0}} \right)}, \quad D_1^2 = \frac{k_1 r_{k_0}^2 v_{kx_0}}{2r_{k_0}^2 - k_1 v_{kx_0}},$$

$$W = \frac{2D_1}{r_{k_0}} \left( \frac{\psi}{v_{kx_0}} - \frac{k_1 \psi}{2r_{k_0}^2} \right).$$

получили

- выражение для изменения радиуса капли вдоль оси  $Ox$  в зависимости от текущей и начальной скорости, параметров аэродинамического сопротивления, начального радиуса  $r_{k_0}$

$$r_k = \sqrt{\frac{3C_V r_{k_0}^3 v_{kx_0} v_{kx}}{16\psi r_{k_0}^2 (v_{kx_0} - v_{kx}) + 3v_{kx} v_{kx_0} C_V r_{k_0}}};$$

- выражение для коэффициента интенсивности убывания радиуса (массы)

$$\psi = \frac{9C_V v_{kx_0}}{16r_{k_0}};$$

- выражение для определения горизонтальной координаты

$$x = \frac{r_{k_0}^2}{\psi k_1} \ln \left[ \frac{J+1}{J-1} \cdot \frac{J-1-\psi t}{J+1+\psi t} \right];$$

- выражение для определения времени полета капли в зависимости от координаты  $x$  будет

$$t = \frac{\left(1 - e^{\frac{\psi k_1}{r_{k_0}^2} x}\right) \left( \frac{2r_{k_0}^2}{k_1} \left( \frac{k_1}{2r_{k_0}^2} + \frac{1}{v_{kx_0}} \right) - 1 \right)}{\left( \sqrt{\frac{2r_{k_0}^2}{k_1} \left( \frac{k_1}{2r_{k_0}^2} + \frac{1}{v_{kx_0}} \right) - 1} \right) \psi e^{\frac{\psi k_1}{r_{k_0}^2} x} + \Psi \left( \sqrt{\frac{2r_{k_0}^2}{k_1} \left( \frac{k_1}{2r_{k_0}^2} + \frac{1}{v_{kx_0}} \right) + 1} \right)}$$

- зависимость изменения радиуса капли от координаты  $x$

$$r_k = \frac{D_1 \left( 1 - \frac{D_1 - r_{k_0}}{D_1 + r_{k_0}} e^{Wx} \right)}{\left( \frac{D_1 - r_{k_0}}{D_1 + r_{k_0}} e^{Wx} + 1 \right)}$$

- выражение для определения вертикальной координаты

$$z = \frac{1}{k_3} \ln \left| \frac{e^{2k_3 k_4 t} + 1}{2} \right| - k_4 t$$

При испарении капли закон изменения ее массы определяется выражением [12]  $\frac{dm_k}{dt} = -4\pi\rho_k r_k^2 \frac{dr_k}{dt}$ , используя закон Фика [13] для изменения массы капли при испарении

$$\frac{dm_k}{dt} = \alpha_m 4\pi r_k^2 (w_k - w_c),$$

где  $\alpha_m$  – коэффициент массоотдачи с поверхности капли в среду, кг/(м<sup>2</sup> с),  $w_k$ ,  $w_c$  – соответственно влагосодержание воздушной среды на границе с каплей и вдали от нее, определили коэффициент массоотдачи с поверхности капли  $\alpha_m = \frac{9C_V v_{kx_0} \rho_k}{64(w_k - w_c)}$ .

**Заключение.** Рассмотрена модель изменения радиуса (массы) капли рабочего раствора пестицида в плоскости  $xOz$  в предположении, что инерционное перемещение в направлении движения агрегата незначительно. Получены выражения для определения параметров движения капли пестицида с учетом изменения ее массы.

### Список используемой литературы

1. Крук, И. С. Определение кинематических параметров падения капель рабочего раствора пестицидов при опрыскивании с учетом изменения их геометрических размеров / И. С. Крук, Ю. В. Чигарев, В. Романюк // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2020. – N 3. – С. 352–363.