

ствуует большое количество конструкций рабочих органов катков, отличающихся как конструктивными особенностями, так и геометрическими параметрами. Многие из них могут использоваться только в одном типе агрегатов и при определенных почвенно-климатических условиях. Так, например, одни позволяют качественно выполнять обработку легких почв, и непригодны для тяжелых. Другие – эффективны на сухих и немного увлажненных почвах и теряют свои качества на переувлажненных. Поэтому создание универсальных рабочих органов катковых секций, которые могли бы использоваться в конструкциях разных агрегатов, вследствие различных требований, достигаемых результатов и условий обработки, является важным и актуальным как для сельского хозяйства, так и сельскохозяйственного машиностроения.

УДК 631.348.45

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ КАПЕЛЬ РАБОЧЕГО РАСТВОРА ПЕСТИЦИДОВ В ПОДВИЖНОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Гордеенко О.В.¹, к.т.н, доцент, **Крук И.С.**², к.т.н, доцент, **Кот Т.П.**², к.т.н, доцент, **Мальцев Д.Р.**², студент, **Каминский Э.**³, д.т.н, профессор, **Романюк В.**³, д.т.н., профессор

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

²Белорусский государственный аграрный технический университет

³Институт технологических и естественных наук в Фалентах

Нанесение рабочего раствора пестицидов на объект обработки при опрыскивании неизбежно сопровождается потерями. К ним относятся испарение и снос мелких капель жидкости ветром за пределы рабочей зоны опрыскивания, неравномерное распределение и плохая удерживаемость крупных капель на объекте обработки. При обработках в ветреную погоду на протяжении всего процесса падения (с момента вылета из сопла и до оседания на обрабатываемой поверхности), капля подвержена воздействию направленного воздушного потока – ветра. Если скорость ветра существенно превосходит скорость падения капли, то она сносится воздушным потоком и не попадает на объект обработки. Для изучения закономерностей движения капель в подвижной воздушной среде примем следующие допущения: расчетная форма капли в виде шара, она не меняет свою массу и форму на протяжении всей траектории движения, силы сопротивления ее полету пропорциональны квадрату скорости и величина скорости подвижного воздушного потока на протяжении всего движения капли постоянна и не меняет своего направления.

Капля жидкости M массой m_k выброшена из сопла распылителя со скоростью ϑ_{k0} под углом γ_0 к вертикали в подвижную среду, движущуюся со скоростью $u = \text{const}$, вектор которой образует с вертикалью угол 90° (рисунок 1). Капля совершает дальнейшее движение под действием сил тяжести G_k , лобового сопротивления воздуха F_c и воздействия направленного воздушного потока F . Сила лобового сопротивления направлена по касательной к траектории полета в сторону, противоположную направлению движения, и является заданной функцией скорости капли ϑ_k

$$F_c = -\lambda \cdot \vartheta_k^2,$$

где λ – приведенный коэффициент сопротивления, кг/м.

Сила тяжести, действующая на каплю определяется по формуле

$$G_k = m_k g,$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

Сила воздействия направленного потока равна

$$F = f \cdot u^2,$$

где f – приведенный коэффициент сопротивления, кг/м.

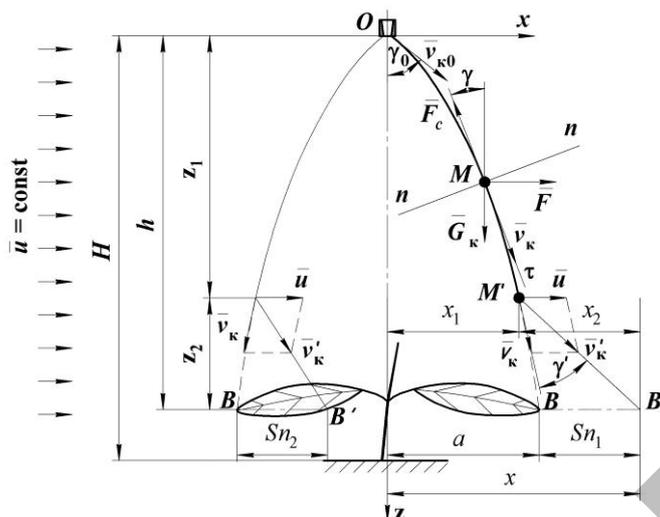


Рисунок 1 – Схема к определению кинематических параметров падения капли в подвижной сопротивляющейся среде

Запишем уравнения движения капли:

- в подвижной системе координат

$$m_k \frac{dv_k}{dt} = m_k g \cos \gamma + fu^2 \sin \gamma - \lambda v_k^2; \quad (1)$$

$$m_k \frac{v_k^2}{\rho} = m_k g \sin \gamma - fu^2 \cos \gamma, \quad (2)$$

- в неподвижной системе координат

$$m_k \frac{dv_{kx}}{dt} = F - F_c \sin \gamma; \quad (3)$$

$$m_k \frac{dv_{kz}}{dt} = m_k g - F_c \cos \gamma, \quad (4)$$

где ρ – радиус кривизны траектории точки M в заданный момент времени;

γ – угол, который образует вектор скорости точки M в данный момент времени с осью Oz .

В результате теоретических исследований установлено, что траектория полета капли в подвижной сопротивляющейся среде состоит из криволинейного OM' и прямолинейного (линия, образующая с вертикалью угол γ') $M'B'$ участков (рис. 1). Капля жидкости, выброшенная в подвижную сопротивляющуюся среду со скоростью v_{k0} под углом γ_0 к вертикали будет двигаться так, что на начальном участке траектории OM' ускорение ее будет монотонно уменьшаться, а скорость возрастать, стремясь к предельной величине. Начиная из точки перехода криволинейного участка траектории OM' в прямолинейный и до момента соприкосновения с поверхностью объекта обработки капля будет двигаться равномерно со

$$v' = \sqrt{\frac{\sin \gamma'}{C_T^2 \cdot u^2} \cdot (g^2 + C_T^2 u^4)}$$

скоростью . Используя методы интегрирования и ряд преобразований были получены уравнения для определения:

- координат положения капли в зоне неустановившегося движения

$$x = -\frac{1}{2C_T k_x} \ln \left| \frac{u^2 - k_x v_{кx}^2}{u^2 - k_x v_{кx0}^2} \right|; \quad (5)$$

$$z = -\frac{1}{2C_T k_z} \ln \left| \frac{g - C_T k_z v_{кz}^2}{g - C_T k_z v_{кz0}^2} \right|; \quad (6)$$

- координат положения капли в зоне неустановившегося движения

$$x_1 = -\frac{1}{2C_T k_x} \ln \left| \frac{u^2 - k_x \cdot v_{кx}^2}{u^2 - k_x \cdot v_{кx0}^2} \right|; \quad (7)$$

$$z_1 = -\frac{1}{2C_T k_z} \ln \left| \frac{g - C_T k_z v_{кz}^2}{g - C_T k_z \cdot v_{кz0}^2} \right|; \quad (8)$$

- уравнение траектории падения капель в зоне неустановившегося движения

$$x = z \frac{k_z}{k_x} \frac{\ln \left| \frac{u^2 - k_x v_{кx}^2}{u^2 - k_x v_{кx0}^2} \right|}{\ln \left| \frac{g - C_T k_z v_{кz}^2}{g - C_T \cdot k_z \cdot v_{кz0}^2} \right|}; \quad (9)$$

- скорости движения капли в заданный момент времени

$$v_k = \sqrt{v_{кx}^2 + v_{кz}^2} = \left[\left(\frac{u[(u + v_{кx0} \sqrt{k_x}) \cdot e^{2C_T u t \sqrt{k_x}} - (u - v_{кx0} \sqrt{k_x})]}{\sqrt{k_x} [(u + v_{кx0} \sqrt{k_x}) \cdot e^{2C_T u t \sqrt{k_x}} - (u - v_{кx0} \sqrt{k_x})]} \right)^2 + \frac{1}{C_T k_z} \left[g - (g - C_T k_z v_{кz0}^2 e^{-2C_T k_z z}) \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (10)$$

где $v_{кx0} = v_{к0} \sin \gamma_0$ и $v_{кz0} = v_{к0} \cos \gamma_0$ – проекции вектора скорости вылета капли жидкости из сопла распылителя на неподвижные оси координат, м/с;

u – скорость ветра, м/с;

$$v_{к0} = \sqrt{\frac{2P}{\rho_{ж}}}$$

P – давление в напорной магистрали, Па;

$\rho_{ж}$ – плотность распыливаемой жидкости, кг/м³;

$$C_T = \frac{\lambda}{m_k} = \frac{f}{m_k}$$

– приведенный коэффициенты сопротивления, 1/м;

$$k_z = \frac{1}{2(\gamma' - \gamma_0)} \ln \left| \frac{(1 + \sin \gamma') \cdot (1 - \sin \gamma_0)}{(1 - \sin \gamma') \cdot (1 + \sin \gamma_0)} \right|,$$

$$k_x = \frac{k_z}{\sqrt{k_z^2 - 1}}$$

– коэффициенты пропорциональности.