

РАСЧЕТ ОТКЛОНЕНИЯ ПОТОКА ВОДЫ ОТ ЛИНИИ ТОКА И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРИ ДОЖДЕВАНИЕ ДАЛЬНЕСТРУЙНЫМИ АППАРАТАМИ

Худоёров Зафаржон Жумаевич,

кандидат технических наук, доцент Ташкентского
государственного аграрного университета (Узбекистан)

Аннотация

В статье исследуется отклонение потока воды от линии тока при дальнеструйными дождеваниями. Проанализировано влияние отклонения потока воды от линии тока на интенсивность дождевания и определены координаты распределения капли воды на поверхность поля.

Ключевые слова: Дождевание, поток воды, линия тока, интенсивность, распределение капель дождя, расстояние отклонения, площадь дождевания.

Введение. Существует много факторов, влияющих на процесс орошения сельскохозяйственных культур дальнеструйными дождевальными аппаратами. Испарение капли дождя, унос ветром, размывание структуры почвы и сток грунта – одно из них. В то же время на поток воды в процессе дождевания влияет несколько сил [1, 2, 3, 4]. Вследствие под влиянием действующих сил поток воды отклоняется от линии тока. Это отклонение тесно связано с конструктивными параметрами и кинематическим режимом дождевальных аппаратов.

Актуальность проблемы. При дальнеструйном дождевании наблюдается размывание структуры и сток почвы. В процессе дождевания за единицу времени на элементарную площади поля может выпасть большее или меньшее объем воды, обусловленным коэффициентом эффективного орошения. Среди факторов, влияющих на процесс, отклонение потока воды от линии тока является одним из негативных факторов и непосредственно влияющий вышесказанный процесс.

Методы решения проблемы и результаты. Расчет интенсивности дождевание при дальнеструйным аппаратами исследовался путем изучения поворота

ствола на угол φ и, соответственно, отклонения потока воды от линии тока на угол ψ в системе координат (рис. 1).

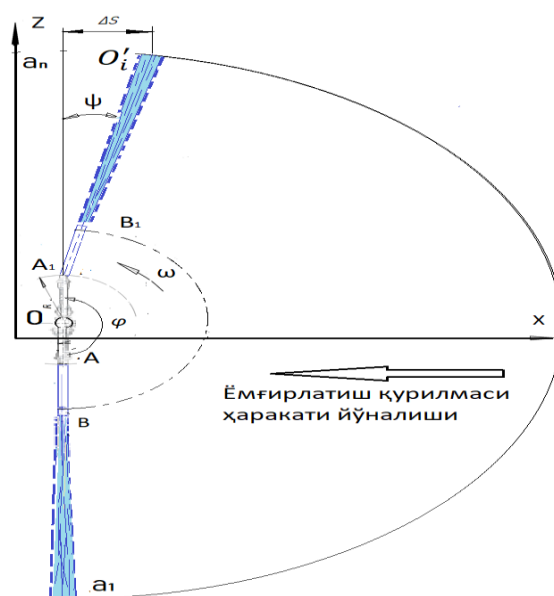


Рис.1. Схема к определению расстояния отклонения ΔS потока воды от линии тока при дальнеструйным дождевание

Ствол, начинающие дождевания в точке a_1 , вращаясь достигает конечную границу своего движения в точке a_n , и это назовем первым циклом. Второй цикл должен начинаться из точки a_n в обратном направлении движения. В первом цикле ствол поворачивается на угол φ (в нашем случае $\varphi=180^\circ$, при этом линия тока воды отстает от угла поворота ствола на угол ψ (в нашем случае $\psi=6^\circ 94'$) и занимает точку O_i' . Поскольку это конец цикла, ствол на мгновение останавливается и должен начать второй цикл. При остановке ствола, его угловая скорость вокруг центра O равняется $\omega=0$. При этом силы, возникающие в точке B потока воды, обусловлены скоростью машины и угловой скоростью ствола. Все силы, создаваемые в состоянии $\omega=0$, равны 0, а это значит, что линия потока воды должна за секунду времени принять положение из точки O_i' в точку a_n . Это означает, что интенсивность дождевания между точками O_i' и a_n равна 0. Расстояние ΔS назовем расстоянием отклонения потока воды от линии тока.

Отклонения ΔS потока воды от линии тока определяется следующим выражением:

$$\Delta S = (R \cdot \cos \varphi + l_1 \cos(\varphi - \psi) \cos \alpha + z_{(t_i)} + \vartheta_z(t_i) \Delta t \cos \varphi) \sin \psi. \quad (1)$$

На рис. 2 представлена зависимость отклонения ΔS линии тока от его начальной скорости. Из графика видно, что его значение увеличивается по мере увеличения начальной скорости потока воды. Это объясняется тем, что с увеличением начальной скорости $[\vartheta]_o$ увеличивается дальности полета L капли воды, приводящие также увеличению ΔS .



Рис. 2. Отклонения ΔS потока воды от линии тока в зависимости от начальной скорости струя: $\varphi = [180]^\circ$, $\psi = 6^\circ$, $[94]^\circ$, $R = 0,5$ м, $Re = 154696,13$, $\alpha = [15]^\circ$, $l_2 = [0,454807 \text{ м}]$ и $d = 2$ мм

Анализ полученных результатов. Из результатов расчета формулы (1) можно сделать вывод, что отклонение ΔS потока воды от линии тока играет важную роль в интенсивности и распределении капель дождя по поверхности поля. Его значение составляет $\Delta S = 0,35-1,6$ метра в зависимости от скорости $[\vartheta]_o$. Это означает, что необходимо учитывать величины ΔS , чтобы реализовать интенсивность полива в соответствии с агротехническими требованиями процесса дальнеструйным дождевание.

Виноградов А.Г., Яхно О.М. разработали следующую формулу для расчета расширения потока на основе анализа профилей скорости струя воды [5]:

$$0,22 x = b + 1/\sqrt{\sigma} [\ln(1,22 \cdot b \cdot \sqrt{\sigma} + \sqrt{(1 + 1,48 [b]^2)}) - 1]$$

$$\Gamma = 0,25 \arctan \left(\frac{1,22 \cdot \bar{b} \cdot \sqrt{\sigma} (\sqrt{(1+1,48 \cdot \bar{b}^2 \cdot \sigma)} - 0,24)}{(\sqrt{(1+1,48 \cdot \bar{b}^2 \cdot \sigma)} + 0,31 \cdot \bar{b}^2 \cdot \sigma)} \right), \quad (2)$$

где $\sigma = \rho_x / \rho_c$ — отношение плотностей воздуха и воды; $\bar{x} = x / b_o$ — безразмерное расстояние от оси на расстоянии X ; $\bar{b} = b / b_o$, полуширина потока воды на расстоянии X от оси b ; b_o — начальная полуширина потока.

Это уравнение можно решить приближенно, поэтому авторы в интервале $0 < \bar{x} < 2500$, утверждает, что упрощенное уравнение также является справедливым и что ошибка не превышает 10%:

$$\bar{b} = 0,16 \bar{x} \quad \text{или} \quad b = 0,16 x \quad (3)$$

Если подставить в уравнение (3) движение потока воды по оси X , то найдем его распределение в точке X_i в системе координат [4, 8]:

$$b = 0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \vartheta(m) t + x(t_i) + \int_{t_i}^t \dot{x}(\tau) d\tau \sin \varphi). \quad (4)$$

Распределение потока воды в зависимости от изменении координат капли дождя показано на графике на рисунке 3.

На графике показано распределение потока воды на разных режимах в зависимости от времени. Различное распределение потока воды за одно и то же время связано с разным расстоянием, пройденным каплей воды. Например, когда капля воды летит с начальной скоростью 3 м/с, она проходит расстояние 2,5 метра за 0,4 секунды своего полета, а ее разброс составляет 0,51 метра. Соответственно, пройденное расстояние составляет 8,41 м, а разброс — 1,35 м при начальной скорости 5 м/с.

При распределении потока воды по поверхности поля он падает на плоскость, составляющую угол α с направлением полета (рис. 3). Пусть поток воды растекается во время своего движения и пусть его точки растекания равны ABCD. Точка A, которая имеет небольшое значение по оси Y потока воды, первой встречается с поверхностью поля. Струя воды с направлением OO_1 встречается с поверхностью поля под углом α . Величина угла α определяется скоростями $V_x(t)$ и $V_y(t)$ в плоскости XY системы координат. Угол α выражается следующим уравнением:



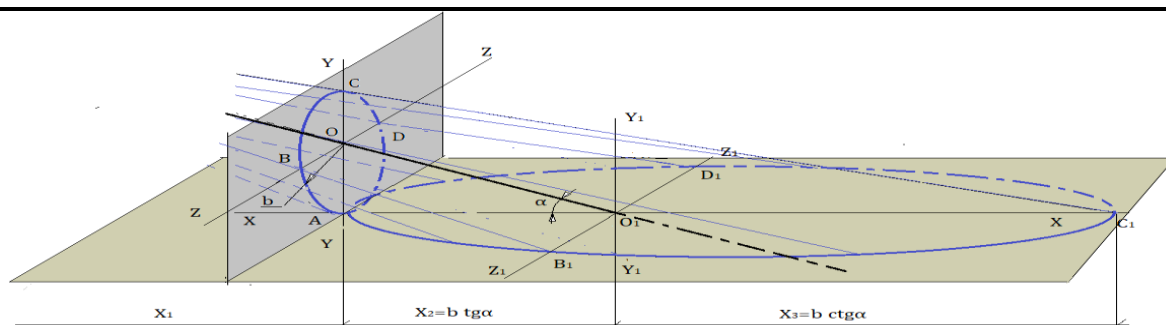


Рис. 3. Схема распределения потока воды по поверхности поля при дальнеструйным дождевание

$$\operatorname{tg} \alpha = (V_y(t)) / (V_x(t)).$$

Из этого:

$$\alpha = \arctg (V_y(t)) / (V_x(t)). \quad (5)$$

Распределение потока воды в системе координат равномерно расширяется по всем направлениям как функция $b=f(x)$. Координаты и график распределения потока воды относительно точки $O1$ в плоскости XZ представлены в таблице на рис. 4.

Нукталар Ўлчами

$$O1A \quad (0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \int_0^{\vartheta(m)} \vartheta_x(t) dt + x_1(t_i) + \int_0^{\vartheta} \vartheta_x(t) dt \sin \varphi)) \operatorname{tg} \alpha$$

$$O1B1 \quad (0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \int_0^{\vartheta(m)} \vartheta_x(t) dt + x_1(t_i) + \int_0^{\vartheta} \vartheta_x(t) dt \sin \varphi)) \operatorname{ctg} \alpha$$

$$O1C1 \quad 0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \int_0^{\vartheta(m)} \vartheta_x(t) dt + x_1(t_i) + \vartheta_x(t_i) \Delta t \sin \varphi)$$

$$O1D1 \quad 0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \int_0^{\vartheta(m)} \vartheta_x(t) dt + x_1(t_i) + \vartheta_x(t_i) \Delta t \sin \varphi)$$

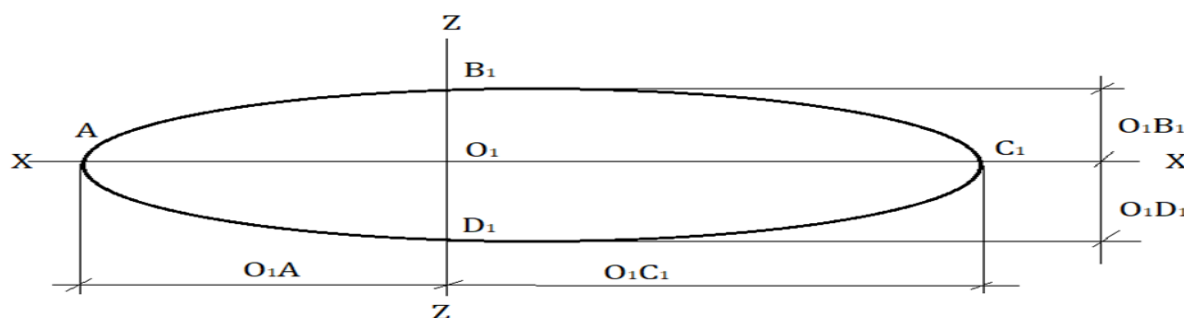


Рис. 4. Математические выражения графика и координат распределения воды на поверхности поля

Полученный график характеризует форма эллипса. Большая и малая оси эллипса определяются по следующей формуле:

$$2a = (0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \int_0^t \dot{\vartheta}_x(m) dt + x_0(t_i) + \int_0^t \dot{\vartheta}_x(t_i) dt \sin \varphi)) \cdot (\operatorname{tg} \alpha + 1); \quad (6)$$

$$2b = (0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \int_0^t \dot{\vartheta}_x(m) dt + x_0(t_i) + \int_0^t \dot{\vartheta}_x(t_i) dt \sin \varphi)) \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + 1). \quad (7)$$

Распределение расхода воды в системе координат равномерно распределено по всем направлениям как функция $b=f(x)$. Координаты и график распределения расхода воды относительно точки O_1 в плоскости XZ представлены в таблице на рис. 4.

Площадь дождевания определяется по формуле:

$$S = \pi \cdot a \cdot b,$$

или

$$S = \pi \cdot (0,16 (R \cdot \sin \varphi + l_1 \sin(\varphi - \psi) \cos \alpha - \int_0^t \dot{\vartheta}_x(m) dt + x_0(t_i) + \int_0^t \dot{\vartheta}_x(t_i) dt \sin \varphi)) \cdot (\operatorname{tg} \alpha + 1) \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + 1) \quad (8)$$

Закключение. Полученные математические соотношения важны при теоретическом изучении интенсивности осадков при выпадении осадков на большие расстояния. Учет отклонения расхода воды от напорной линии при осуществлении эффективного орошения позволяет совершенствовать конструкции поливных устройств, отвечающих агротехническим требованиям.

Список использованной литературы

1. Снипич Ю.В. Ф. Технологии и агротехнические требования к дождевальным машинам/ ФГНУ «РосНИИПМ», Новочеркасск, <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-i-agrotehnicheskie-trebovaniya-k-dozhdevalnym-mashinam/viewer>.
2. Слюсаренко, В.В. Крупность капель дождей дефлекторных насадок ДМ "Фрегат" /В.В. Слюсаренко, Н.Ф. Рыжко, С.В. Гомберг. Актуальные проблемы АПК. Материалы Всероссийской научно-практической конференции.- Саратов, 2006. - С. 88-92.

3. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / Г.В. Ольгаренко, В.И. Городничев, А.А. Алдошкин и др. Под общей редакцией Г.В. Ольгаренко. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

4. Худоёров З.Ж. Математическая модель движения капли дождя при дождевании. Сельское и водное хозяйство Узбекистана. Аграрно-экономический, научно-популярный журнал. Спецвыпуск [2]. 2022. С. 79-80.

5. Виноградов, А. Г. Расчет параметров противопожарных струй распыленной воды./ Виноградов А. Г., Яхно О. М.// Пракладная гидромеханика. 2015. Том 7, № 4. С13-33.

6. Худоёров З.Ж. Влияние воздействия капель дождя на структуру грунта при дождевальном поливе сельскохозяйственных культур. Земля Узбекистана. Научно-практический и инновационный журнал, 2022, № 4. Страницы 100-103.

7. Эллипс – фигура фокусного расстояния, баланса, свойств и эксцентриситета.

8. Зафар Худаёров. Математическая модель траектории движения капель дождя при искусственном дождевании/ Зафар Худаёров, Рахмонберди Халилов, Ирина Горлова, Шерзодхуджа Мирзаходжаев, Ажаргуль Мамбетшерипова/ E3S Web of Conferences 365, 04011 (2023). КОНМЕХИДРО - 2022).

9. Худоёров З. Ж. Изменение скорости потока воды в дефлекторной насадке при дождевальном поливе. Вестник аграрной науки Узбекистана. Научно-практический журнал № 5 (5) 2022. С. 186-189.

