

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-31-38>

УДК 631.674:634



К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ САДОВ

А.С. Штанько¹, В.Н. Шкура²

^{1,2} Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации; 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190, Россия

¹ shtanko.77@mail.ruhttps://orcid.org/0000-0002-6699-5245

² vnshkura@yandex.ru; orcid.org/0000-0002-4639-6448

Аннотация. Целью исследований явилась разработка способа определения поливной нормы при капельном орошении древесных плодовых культур, обеспечивающей формирование зон увлажнения почвы с заданными геометрическими и влажностными параметрами. Экспериментальную основу предлагаемого способа составили материалы исследований контуров увлажнения почвы, выполненных на 12 опытных площадках в садах Ростовской области. Методологический подход к разработке предусматривал обобщение, систематизацию и последовательное использование авторских зависимостей и методик при решении задачи по определению значения поливной нормы. При расчете поливной нормы капельного орошения садов рекомендуется использовать такое понятие, как норма водоподачи, которое означает объем воды, подаваемый одной капельницей за один полив в почвенное пространство и обеспечивающий формирование в почвенной толще контура увлажнения с заданными геометрическими размерами и влажностными параметрами. Сформулирована концепция авторского подхода к определению поливной нормы капельного орошения садов, предусматривающая формирование в почвенном пространстве зон увлажнения с заданными геометрическими и влажностными параметрами с учетом: характеристик почвенного покрова; климатических условий; фенологических характеристик возделываемых культур; технологических параметров капельного полива и конструктивных решений поливной сети. В результате разработана методика определения поливной нормы капельного орошения промышленных садов, включающая в себя авторские зависимости для расчета: нормы водоподачи одной капельницей, геометрических параметров локального контура капельного увлажнения почвы, площади питания возделываемых культур, требуемых площади увлажнения каждого растения и количества капельниц для его полива.

Ключевые слова: капельное орошение, поливная норма, норма водоподачи, зона питания, контур увлажнения почвы, поливной модуль, капельница

Формат цитирования: Штанько А.С., Шкура В.Н. К вопросу определения поливной нормы при капельном орошении садов // Природообустройство. 2025. № 5. С. 31-38. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-31-38>

Original article

ON THE ISSUE OF DETERMINING THE IRRIGATION RATE FOR DRIP IRRIGATION OF GARDENS

A.S. Shtanko¹, V.N. Shkura²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, 346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky Ave., 190, Russian Federation

¹ shtanko.77@mail.ruhttps://orcid.org/0000-0002-6699-5245

² vnshkura@yandex.ru; orcid.org/0000-0002-4639-6448

Abstract. The purpose of the study is to develop a method for determining the water supply rate for drip irrigation of woody fruit crops, which ensures the formation of soil moisture zones with specified geometric and humidity parameters. The experimental basis of the proposed method was made up of materials from studies of humidification contours performed at 12 experimental sites in the gardens of the Rostov region. The methodological approach to the development provided for the generalization, systematization and consistent use of copyright dependencies and techniques in solving the problem of determining the value of the irrigation rate. When calculating the irrigation rate for drip irrigation of gardens, it is recommended to use the concept of the water supply rate, which refers to the volume of water supplied by one dropper per irrigation into the soil space and ensuring the formation of a humidification contour in the soil column

with specified geometric dimensions and humidity parameters. The concept of the author's approach to determining the irrigation rate of drip irrigation of gardens is formulated, which provides for the formation of humidification zones in the soil space with specified geometric and humidity parameters, taking into account: characteristics of the soil cover, climatic conditions, phenological characteristics of cultivated crops, technological parameters of drip irrigation and constructive solutions of the irrigation network. As a result, a methodology has been developed for determining the irrigation rate of drip irrigation of industrial gardens, including the author's dependencies for calculating: the rate of water supply by one drip, the geometric parameters of the local contour of drip moistening of the soil, the area of nutrition of cultivated crops, the required area of humidification of each plant and the number of drippers for watering it.

Keywords: drip irrigation, irrigation rate, water supply rate, feeding zone, soil moisture contour, irrigation module, dripper

Citation format: Shtanko A.S., Shkura V.N. On the issue of determining the irrigation rate in drip irrigation of gardens // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 5. P. 31-38. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-31-38>

Введение. Одним из параметров, характеризующих режим орошения сельскохозяйственных культур, является поливная норма. Несмотря на продолжительную историю и широкое применение термина «поливная норма», в справочных и нормативных изданиях, а также в научных публикациях он определяется по-разному. Примером этого являются приведенные ниже в разной степени полные и точные толкования данного термина.

1. По А.Н. Костякову [1]: «Поливная норма m есть количество воды, даваемое в почву, занятую данной культурой, на 1 га за один полив».

2. По Б.Б. Шумакову [2]: «Поливная норма – объем воды, подаваемой на 1 га орошаемой площади за один полив».

3. По Мелиоративной энциклопедии [3]: «Норма поливная – количество воды, подаваемое на 1 га орошаемой площади за один полив. Ее измеряют в $\text{м}^3/\text{га}$ и мм слоя воды».

4. По Г.В. Ольгаренко [4]: «Поливная норма (разовая норма полива) представляет собой количество воды, подаваемое на гектар орошаемой площади в $\text{м}^3/\text{га}$ (или мм слоя воды)».

5. По ГОСТ 26967-86¹: поливная норма – «Объем воды, подаваемый на единицу площади нетто поливного участка за один полив».

6. По ГОСТ Р 58331.3-2019²: поливная норма – «Количество воды, подаваемое на один гектар посева орошаемой культуры за один полив, зависящее от глубины корнеобитаемого слоя почвы, подлежащего увлажнению, особенностей культуры и фазы ее развития, гранулометрического состава и водно-физических свойств почвы, вида, способа и технологии полива».

¹ ГОСТ 26967-86. Гидромелиорация. Термины и определения.

² ГОСТ Р 58331.3-2019. Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования.

Учет достоинств и недостатков вышеприведенных и других известных толкований позволяет предложить авторское определение рассматриваемого термина: «Поливная норма (норма полива) – количество воды (объем в м^3 , л, или слой в мм), подаваемое на единицу орошаемой площади нетто ($\text{га}, \text{м}^3$) сельскохозяйственного участка за один полив ($N_{\text{пол.}}$, $\text{м}^3/\text{га}, \text{л}/\text{м}^2, \text{мм}$)».

Отметим, что в ряде публикаций в качестве измерителя и при ином толковании рассматриваемого термина используются такие параметры, как $\text{м}^3/\text{растение}$, $\text{м}^3/\text{куст}$, $\text{м}^3/\text{дерево}$ ($\text{м}^3/\text{раст.}, \text{м}^3/\text{куст}, \text{м}^3/\text{дер.}$), а применительно к способу и технологии капельного орошения – $\text{м}^3/\text{капельница}$ ($\text{м}^3/\text{кап.}$) или $\text{м}^3/\text{контура}$ ($\text{м}^3/\text{кон.}$) [5, 6].

Указанные варианты измерителей имеют реальное основание и определенную целесообразность применения, особенно в терминологическом аппарате, используемом при капельном орошении, но не соответствуют общепринятым толкованию термина «поливная норма».

Во избежание взаимного недопонимания и возможных недоразумений, а также с учетом целесообразности применения при расчетах норм капельного полива измерителя в виде л/капельница предложено использовать термин «норма водоподачи», под которым понимается объем воды (поливного раствора), подаваемый одной капельницей за один полив в почвенное пространство и обеспечивающей формирование в почвенной толще контура увлажнения с заданными геометрическими размерами и влажностными параметрами.

Введение предложенного термина вызвано необходимостью решения задачи и разработки способа определения поливной нормы капельного полива, существенно отличающегося от применяемых для технологий «сплошного» орошения (поверхностного и дождевания) способов расчета поливной нормы. Локальность увлажнения почвенного пространства при капельном

орошении качественно отличает данную технологию полива от вышеуказанных технологий «сплошного» полива сельскохозяйственных культур. Указанное обстоятельство предопределило необходимость и целесообразность разработки новых подходов к определению поливной нормы, соответствующих особенностям технологии капельного орошения.

Разработке зависимостей, методик и способов расчета поливных норм для условий капельного орошения растений посвящены работы А.Д. Ахмедова, В.С. Бочарникова, М.К. Гаджиева, Е.Ю. Галиуллиной, А.И. Голованова, Е.В. Кузнецова, М.Н. Лытова, Е.В. Мелиховой, М.П. Мещерякова, Г.В. Ольгаренко, А.Н. Пронько, В.И. Торбовского, Ю.С. Уржумовой, Е.А. Ходякова, М.Ю. Храброва, О.Е. Ясониди и других специалистов.

В основу предложенных зависимостей для определения капельной поливной нормы положена классическая формула А.Н. Костякова, разработанная для технологий «сплошного» орошения сельскохозяйственных культур:

$$N_{\text{пол}} = 100 \cdot \gamma_{\text{об}} \cdot h_{\text{увл}} \cdot (\beta_{\text{п/п}} - \beta_{\text{д/п}}), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (1)$$

где 100 – корректирующий параметр, обеспечивающий соблюдение размерности и количественного значения поливной нормы в зависимости; $N_{\text{пол}}$ – поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$; $\gamma_{\text{об}}$ – средняя по увлажняемому почвенному слою плотность почвы, $\text{т}/\text{м}^3$; $h_{\text{увл}}$ – расчетная глубина увлажнения почвенной толщи, м ; $\beta_{\text{п/п}}$ и $\beta_{\text{д/п}}$ – средняя по глубине увлажняемого слоя послеполивная и дополивная влажность почвы, % МСП.

В первой группе предложений (О.Е. Ясониди [7], используемых Ю.С. Уржумовой, Л.Г. Дудниковой, В.И. Торбовским, Г.А. Сенчуковым, М.К. Гаджиевым и др.) отличие в структуре увлажняемого почвенного пространства при сплошном (дождевание) и локальном (капельном) увлажнении предлагалось учитывать введением в формулу (1) корректирующего параметра $\Pi_{\omega} = \omega_{\text{увл}} / \omega_{\text{пит}}$ и приведением ее к виду:

$$N_{\text{пол}} = 100 \cdot \Pi_{\omega} \cdot \gamma_{\text{об}} \cdot h_{\text{увл}} \cdot (\beta_{\text{п/п}} - \beta_{\text{д/п}}), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (2)$$

где $\omega_{\text{увл}}$ – площадь капельно-увлажняемого почвенного пространства, м^2 ; $\omega_{\text{пит}}$ – площадь питания культивируемого растения, м^2 .

Условность принимаемых в зависимости от климатических и фенологических условий значений Π_{ω} в пределах от 0,1 до 0,8 и экспериментальная неподтвержденность значений $\omega_{\text{увл}}$ приводили к значительным погрешностям в определении поливной нормы при капельном поливе [8].

Вторая группа предложений по расчету поливной нормы капельного полива разработана исходя из условия формирования вдоль ряда

растений сплошной полосы увлажнения и использования зависимости [4, 9, 10]:

$$N_{\text{пол}} = 100 \cdot \gamma_{\text{об}} \cdot h_{\text{увл}} \cdot \frac{n_{\text{кан}} \cdot \omega_{\text{кан}}}{L_{\text{м/п}} \cdot B_{\text{м/п}}} \cdot (\beta_{\text{п/п}} - \beta_{\text{д/п}}), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (3)$$

где $n_{\text{кан}}$ – количество капельниц, орошающих одно растение, шт.; $\omega_{\text{кан}}$ – площадь почвенного пространства, увлажняемого одной капельницей, или площадь одного локального контура увлажнения почвы, м^2 ; $B_{\text{м/п}}$ и $L_{\text{м/п}}$ – расстояния между рядами растений и между соседствующими растениями в ряду, принимаемые в соответствии со схемой посадки, м.

Опыт применения данного способа в процессе культивирования растений показал необходимость использования опытно установленного корректирующего коэффициента, уточняющего значения расчетной поливной нормы.

Известны предложения А.И. Голованова, Е.В. Кузнецова, М.Ю. Храброва, В.К. Гудина и Н.Г. Колесовой, А.Д. Ахмедова и Е.Ю. Галиуллиной [5, 11, 12], базирующиеся на учете при определении поливной нормы объемов капельно-увлажняемого почвенного пространства (локального контура увлажнения) в пределах зон питания (распространения корневой системы) растения с использованием нижеприведенной обобщающей зависимости:

$$N_{\text{пол}} = 100 \cdot W_{\text{кон}} \cdot n_{\text{кан}} \cdot \gamma_{\text{об}} \cdot (\beta_{\text{п/п}} - \beta_{\text{д/п}}) \cdot n_{\text{pac}}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (4)$$

где $W_{\text{кон}}$ – объем локального контура капельного увлажнения, формирующегося в почве при поливе одной капельницей, м^3 ; $n_{\text{кан}}$ – количество капельниц, орошающих одно растение, шт.; n_{pac} – количество растений, культивируемых на 1 га насаждения, шт.

Разработка предложений по определению поливной нормы капельного полива продолжается до настоящего времени [13-17]. Одна из попыток экспериментально обоснованного решения поставленной задачи реализована авторами настоящих исследований, целью которых являлась разработка способа определения поливной нормы при капельном орошении древесных плодовых культур, обеспечивающей формирование зон увлажнения почвы с заданными геометрическими и влажностными параметрами.

Цель исследований: разработка способа определения поливной нормы при капельном орошении древесных плодовых культур, обеспечивающей формирование зон увлажнения почвы с заданными геометрическими и влажностными параметрами.

Материалы и методы исследований. Экспериментальную основу предлагаемого способа составили материалы исследований контуров увлажнения, выполненных на 12 опытных площадках в садах Ростовской

области, представленных более чем в 60 публикациях и, в частности, в работах [18-20]. Опытные данные получены для широкого спектра почвенных условий капельного полива черноземных, темно- и светло-каштановых почв, характеризуемых: содержанием физической глины $W_r = (14,0 - 72,0) \%$ МСП; наименьшей влагоемкостью $W_{HB} = (12,0 - 31,0) \%$ МСП; плотностью сложения $\gamma_{ob} = (1,10 - 1,30) \text{ т / м}^3$. Фенологические условия древесно-плодовых насаждений характеризуются различными схемами посадки яблоневых культур $B_{m/p} \times L_{m/p}$ от $3,0 \times 1,0 \text{ м}$ до $5,0 \times 3,0 \text{ м}$ при высоте растений H_p от $2,0 \text{ м}$ до $4,0 \text{ м}$ и диаметре кроны D_{kp} от $1,0 \text{ м}$ до $2,8 \text{ м}$. Технологические условия капельного полива характеризуются: значениями дополивной влажности почвы $\beta_{d/p} = (0,58 - 0,75)\beta_{HB}$, где β_{HB} – влажность почвы, соответствующая наименьшей влагоемкости; средним уровнем постполивной влажности в контуре $\beta_{n/p} = (0,85 - 0,95)\beta_{HB}$; глубиной увлажнения W_r и расходом капельниц W_{HB} .

Эмпирическую основу разработки составили многофакторные модели и базирующиеся на их использовании методики по определению геометрических параметров контуров увлажнения, необходимого количества капельниц, обеспечивающих требуемую площадь увлажнения зоны питания культур для различных климатических условий садов, характеризуемых значениями коэффициента природного увлажнения территории: $\gamma_{ob} = 0,32-0,60$ [18-20].

Методологический подход к разработке предусматривает обобщение, систематизацию и последовательное использование авторских зависимостей и методик расчета при решении задачи по определению значения поливной нормы, обеспечивающей соответствующее условиям промышленного сада капельное орошение древесно-плодовых культур.

Результаты и их обсуждение. Из всего многообразия известных предложений по расчету поливной нормы капельного орошения для различных почвенных, климатических, фенологических и технологических условий полива наиболее обоснованным является подход, базирующийся на учете геометрических и влажностных параметров локальных контуров увлажнения, формирующихся в почвенной толще в процессе капельного полива. Данный подход реализован в авторском способе определения поливной нормы [18-20]. Предлагаемый способ предусматривает использование при расчете поливной нормы капельного полива: зависимостей по определению нормы водоподачи одной капельницей, обеспечивающей формирование

в почвенном пространстве контура увлажнения с заданными глубиной и влажностью; зависимостей по определению пространственно-влажностных параметров контуров увлажнения, учитывающих характеристики почвенного покрова и технологические параметры капельного полива; объема зон капельно-увлажняемой почвенной толщи; количества капельниц (локальных контуров), обеспечивающих влагопотребность растения и количество растений на 1 га насаждения (или количество капельниц на 1 га орошающей площади нетто).

В соответствии с рабочей гипотезой предлагаемый способ определения поливной нормы при капельном поливе предусматривает последовательную реализацию нижеследующих позиций.

1. Сбор исходных данных и условий проведения капельного полива.

2. Определение нормы водоподачи одной капельницей, обеспечивающей в заданных условиях формирование контура увлажнения требуемой глубины и влажности.

3. Установление количества капельниц, необходимых для полива одного растения и обеспечивающих необходимую растению площадь увлажнения почвенного пространства.

4. Расчет поливной нормы капельного орошения 1 га древесно-плодового сада.

Сбор исходных данных, перечисленных в разделе «Материалы и методы исследований», осуществляется в процессе комплексных изысканий, проводимых в действующем саду при его обустройстве системой капельного орошения или в процессе проектирования закладываемого промышленного сада.

Формула для расчета объема контура увлажнения почвы предложена для универсальной формы контура, описываемой эмпирической математической моделью, учитывающей почвенные и технологические условия капельного полива. Обстоятельная информация по вопросам формирования контуров увлажнения почвы в различных почвенных и технологических условиях капельного полива представлена в монографии [21].

Норма водоподачи на одну капельницу определяется по зависимости:

$$(N_{b/p})_{\text{кап}} = k_{\text{пот}} / 100 \cdot \gamma_{ob} \cdot W_{\text{кон}} \cdot (\beta_{n/p} - \beta_{d/p}), \text{ м}^3/\text{кап.}, \quad (5)$$

где $k_{\text{пот}} = 1,02-1,05$ – коэффициент, учитывающий потери воды при поливе;

$$W_{\text{кон}} = 0,102 \cdot h_{\text{увл}}^3 \cdot (0,670 + 0,0095 \cdot W_r + 0,0345 \cdot W_{HB})^2 \times \\ \times \left(\frac{q_{\text{кап}}}{2,0} \right)^{0,2W_r/W_{HB}} \cdot \left(\frac{W_r}{W_{HB}} \right)^{0,8} \cdot \left(1,0 - \frac{\beta_{d/p}}{\beta_{n/p}} \right)^{0,22W_r/W_{HB}}, \text{ м}^3. \quad (6)$$

Необходимое количество капельниц для полива одного растения устанавливается в соответствии с методикой, представленной на рисунке.

Требуемое количество капельниц на одно растение обеспечивается устройством одно-, двух- или трехниточных поливных модулей с шагом размещения капельных мироводовы-пушков на капельной трубке, соответствующим схеме посадки и размерам контуров увлажнения почвы [20].

Поливная норма для капельного орошения 1 га древесно-плодового сада определяется по зависимости:

$$(N_{\text{пол}})_{\text{кап}} = k_{\text{пот}} \cdot (N_{\text{в/п}})_{\text{кап}} \cdot (n_{\text{кап}})_{\text{тр}} \cdot n_{\text{pac/га}}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (7)$$

где $n_{\text{pac/га}}$ – количество растений на 1 га древесно-плодового сада.

Предложенный способ расчета поливной нормы апробирован при проектировании системы

карельного орошения на участке существующего плодоносящего яблоневого сада в СПК «Прогресс» Неклиновского района Ростовской области. Исходные данные и условия территории сада характеризуются следующими показателями: $k_{\text{увл}} = 0,52$; $W_r = 48,9\%$ МСП; $W_{\text{HB}} = 24,8\%$ МСП; $\gamma_{\text{об}} = 1,27 \text{ т}/\text{м}^3$; $h_{\text{кон}} = h_{\text{кап}} = 0,9 \text{ м}$; $\beta_{\text{д/п}} = 17,36\%$ МСП; $\beta_{\text{п/п}} = 22,32\%$ МСП; $B_{\text{м/п}} = 4,0 \text{ м}$; $L_{\text{м/п}} = 2,0 \text{ м}$; $H_p = 4,0 \text{ м}$; $D_{\text{кр}} = 2,0 \text{ м}$; $q_{\text{кап}} = 2,0 \text{ л}/\text{ч}$; $\beta_{\text{HB}} = 24,8\%$ МСП; $n_{\text{pac/га}} = 1250$ шт.

Для указанных характеристик капельного полива и в соответствии с зависимостью (6) объем формирующегося в почвенном пространстве локального контура увлажнения составит:

$$W_{\text{кон}} = 0,102 \cdot 0,9^3 \cdot (0,670 + 0,0095 \cdot 48,9 + 0,0345 \cdot 24,8)^2 \times \\ \times \left(\frac{2,0}{2,0} \right)^{0,248,9/24,8} \cdot \left(\frac{48,9}{24,8} \right)^{0,8} \cdot \left(1,0 - \frac{17,36}{24,8} \right)^{0,2248,9/24,8} = 0,301 \text{ м}^3.$$

Исходные данные и условия: глубина контура увлажнения – $h_{\text{кон}}$, м; содержание глинистых частиц – W_r , % МСП; наименьшая влагоемкость – W_{HB} , % МСП; расход капельницы – $q_{\text{кап}}$, л/ч; дополнительная влажность почвы – $\beta_{\text{д/п}}$, % МСП; влажность почвы, соответствующая наименьшей влагоемкости – β_{HB} , % МСП; ширина межурядья в саду – $B_{\text{м/п}}$, м; расстояние между растениями в ряду – $L_{\text{м/п}}$, м; диаметр кроны – $D_{\text{кр}}$, м; высота дерева – H_p , м; коэффициент природного увлажнения – $k_{\text{увл}}$, в долях от единицы

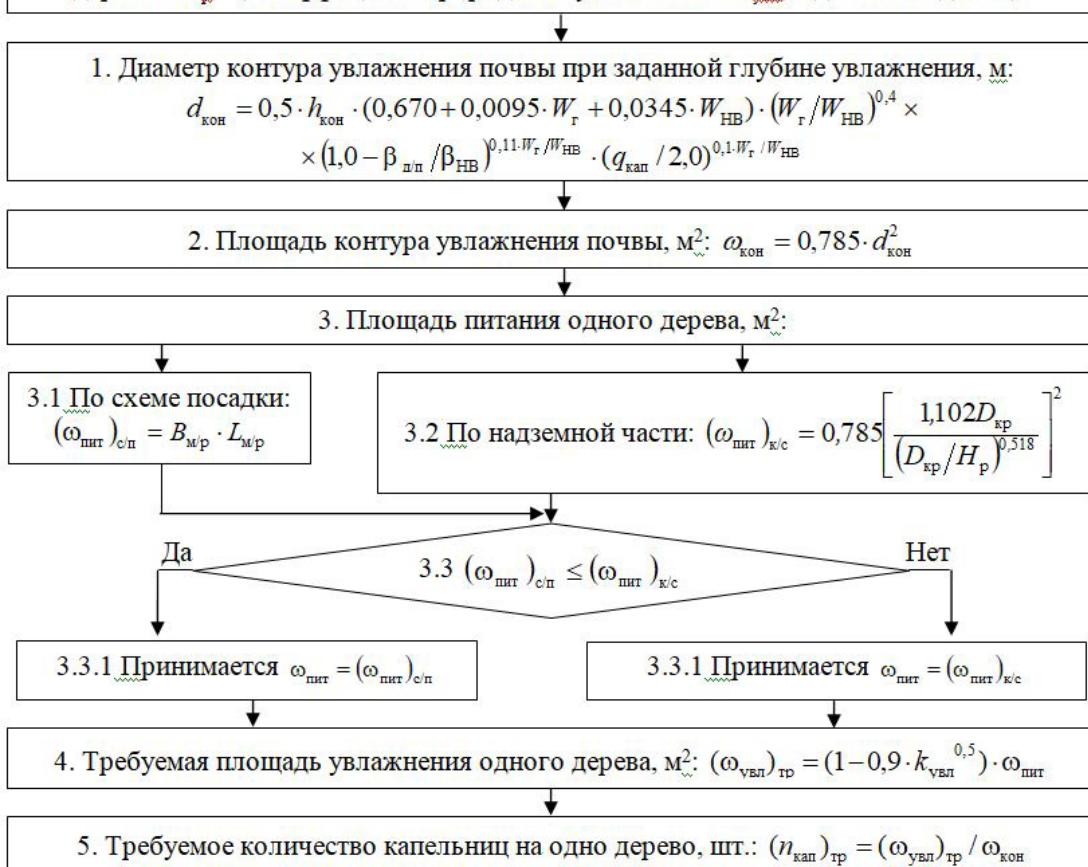


Рис. Блок-схема методики определения необходимого количества капельниц для орошения одного древесно-плодового растения

Fig. Flowchart of the methodology for determining the required amount of drippers for irrigation of one woody-fruit plant

В соответствии с (5) норма водоподачи на одну капельницу составит:

$$(N_{\text{в/п}})_{\text{кап}} = 1,02 \cdot 100 \cdot 1,27 \cdot 0,301 \cdot (22,32 - 17,36) = \\ = 0,0193 \text{ м}^3 / \text{кап.}$$

Расчетами, выполненными в соответствии с блок-схемой по рисунку, установлены ниже приведенные параметры орошаемого садового насаждения:

$$d_{\text{кон}} = 0,5 \cdot 0,9 \times \\ \times (0,670 + 0,0095 \cdot 48,9 + 0,0345 \cdot 24,8) \times \\ 1 \cdot \left(\frac{48,9}{24,8} \right)^{0,4} \cdot \left(1,0 - \frac{17,36}{24,8} \right)^{0,11 \cdot 48,9 / 24,8} \times \\ \times \left(\frac{2,0}{2,0} \right)^{0,1 \cdot 48,9 / 24,8} = 0,905 \text{ м.}$$

$$2. \omega_{\text{кон}} = 0,785 \cdot 0,905^2 = 0,643 \text{ м}^2.$$

3. Площадь питания одного дерева:

$$3.1. (\omega_{\text{пит}})_{\text{c/p}} = 4,0 \cdot 2,0 = 8,0 \text{ м}^2.$$

$$3.2. (\omega_{\text{пит}})_{\text{k/c}} = 0,785 \cdot \left(\frac{1,102 \cdot 2,0}{(2,0 / 4,0)^{0,518}} \right)^2 = 7,82 \text{ м}^2.$$

3.3. Принято $\omega_{\text{пит}} = 7,82 \text{ м}^2$.

$$4. (\omega_{\text{увл}})_{\text{тр}} = (1 - 0,9 \cdot 0,52^{0,5}) \cdot 7,82 = 2,74 \text{ м}^2.$$

$$5. (n_{\text{кап}})_{\text{тр}} = 2,74 / 0,643 = 4,26 \text{ шт.}$$

Требуемое количество капельниц для полива одного дерева ($n_{\text{кап}})_{\text{тр}}$ обеспечивается устройством двухниточного поливного модуля с шагом размещения капельных водовыпусков на поливной трубке: $l_{\text{м/к}} = 0,9 \text{ м}$.

С учетом полученных результатов и в соответствии с (7) поливная норма на 1 га орошаемой площади нетто древесно-плодового сада составит:

$$(N_{\text{пол}})_{\text{кап}} = 1,03 \cdot 0,0193 \cdot 4,26 \cdot 1250 = 105,9 \text{ м}^3 / \text{га.}$$

Выводы

1. При расчете поливной нормы капельного орошения садов необходимо использовать понятие «норма водоподачи на одну капельницу», под которым понимается объем воды, подаваемый одной капельницей за один полив в почвенное пространство зоны питания возделываемых культур и обеспечивающий формирование в почвенной толще контура увлажнения с заданными

геометрическими размерами (глубина, максимальный диаметр, площадь и объем контура увлажнения) и влажностными параметрами (дополнительная влажность почвы, послеполивная влажность почвы и ее средневзвешенное значение в контуре), которые являются исходными данными или определяются в процессе расчета.

2. Сформулирована концепция авторского подхода к определению поливной нормы капельного орошения древесных плодовых садов, предусматривающая формирование в почвенном пространстве зон увлажнения с заданными глубиной и влажностью с учетом: характеристик почвенного покрова (содержания физической глины, наименьшей влагоемкости и плотности сложения увлажненного почвенного слоя); климатических условий, характеризуемых коэффициентом природного увлажнения территории; фенологических характеристик возделываемых культур (высоты растения и диаметра его кроны, схемы посадки растений); технологических параметров капельного полива (уровней дополнительной и послеполивной влажности почвы, расхода капельницы, требуемой глубины увлажнения почвы); конструктивных решений поливной сети (количеством капельниц, обеспечивающих полив одного растения, площадь зоны увлажнения). Все перечисленные факторы влияния являются исходными данными либо определяются в процессе расчета по предлагаемой методике.

3. Разработана методика определения поливной нормы капельного орошения древесно-плодовых садов, включающая в себя авторские зависимости для расчета: нормы водоподачи одной капельницей; геометрических параметров локального контура капельного увлажнения почвы; площади питания возделываемых культур; требуемых площади увлажнения каждого растения и количества капельниц для его полива. Апробация предложенной методики в условиях существующего плодоносящего яблоневого сада в СПК «Прогресс» Неклиновского района Ростовской области показала ее практическую применимость.

References

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации. 6-е изд., доп. и перераб. М.: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Справочник. Орошение. под. ред. Б.Б. Шумакова. М.: Колос, 1999. 432 с.
3. Мелиоративная энциклопедия. Т. 2 (К–П). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 444 с.
4. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологические безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / Г.В. Ольгаренко и др.; [под. общ.
1. Kostyakov A.N. Fundamentals of land reclamation. 6th ed., add. and reprint M.: Selkhozgiz, 1960. 622 p.
2. Land reclamation and water management. Guide. Irrigation. edited by B.B. Shumakov. Moscow: Kolos, 1999. 432 p.
3. Meliorative encyclopedia. Vol. 2 (K–P). Moscow: FGNU "Rosinformagrotech", 2004. 444 p.
4. Resource-saving energy-efficient ecological safe technologies and technical means of irrigation: a handbook / G.V. Olgarenko et al.; [under the general editorship

- ред. Г.В. Ольгаренко]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 263 с.
5. Голованов А.И. Основы капельного орошения / А.И. Голованов Е.В. Кузнецов. Краснодар: КГАУ, 1996. 96 с.
 6. Олейник А.М. Характер формирования контуров увлажнения почвы при капельном орошении / А.М. Олейник М.К. Гаджиеев // Режимы орошения и водопотребление сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе: сб. науч. тр. / Новочеркаск: ЮжНИИГиМ, 1984. С. 129-133.
 7. Ясониди О.Е. Капельное орошение на Северном Кавказе. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1987. 80 с.
 8. Мелихова Е.В. Моделирование и обоснование ресурсоосберегающих параметров капельного орошения при возделывании корнеплодов: Монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. 112 с. EDN: ZHVNIP
 9. Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Приказом Союзводпроекта от 11 апреля 1986 г. № 113 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интернет [Электронный ресурс]. – Кодекс ЮГ, 2024.
 10. Патент 2204241 Российская Федерация, МПК A01G 25/02. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов / Кружилин И.П., Салдаев А.М., Кружилин Ю.И., Ходяков Е.А., Галда А.В.; заявитель и патентообладатель государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия». № 001128337/13; заявл. 18.10.2001; опубл. 20.05.2003, Бюл. № 14. 5 с.
 11. Храбров М.Ю. Определение технологических параметров систем капельного орошения / М.Ю. Храбров, В.К. Губин, Н.Г. Колесова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 1(61). С. 132-136. EDN: VRCUDB
 12. Ахмедов А.Д. Контуры увлажнения почвы при капельном орошении / А.Д. Ахмедов, Е.Ю. Галиуллина // Известия Нижневолж. аграрунив. комплекса: наука и высш. проф. образование. 2012. № 3. С. 183-188. EDN: PCXLGR
 13. Козыкеева А.Т. Система капельного орошения для предгорных зон с небольшим поверхностным перепадом воды / А.Т. Козыкеева, А.О. Жатканбаева // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 1. С. 37-39. EDN: WHAWVR
 14. Рогачев А.Ф. Компьютерное моделирование и параметризация в среде MathCAD контуров увлажнения при капельном орошении / А.Ф. Рогачев, Е.В. Мелихова // Известия НВ АУК. 2021. 4(64). 367-378. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-37. EDN: VBOPAO
 15. Пронько Н.А. Расчет поливных норм при капельном орошении в условиях сухостепного Заволжья / Н.А. Пронько [и др.] // Основы рационального природопользования: материалы VI Национальной конференции с международным участием. Саратов, 2020. С 55-59.
 16. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2020. Vol. 15. No 2. P. 191-199. DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-191-199.
 17. Дубенок Н.Н. Водопотребление малины при капельном орошении в условиях центрального нечерноземья / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов, А.В. Лебедев // Природообустройство. 2023. № 2. С. 6-14. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-2-6-14>
 18. Патент 2802955 Российской Федерации МПК⁰⁶ A01G 25/00, СПК²³ A01G 25/00. Способ определения поливной нормы при капельном орошении сельскохозяйственных культур / Масный Р.С., Шкура В.Н., Штанько А.С.; of G.V. Olgarenko]. Moscow: FSBI "Rosinformagrotech", 2015. 263 p.
 5. Golovanov A.I. Fundamentals of drip irrigation / A.I. Golovanov, E.V. Kuznetsov. Krasnodar: KGAU, 1996. 96 p.
 6. Oleinik A.M., Gadzhiev M.K. The nature of the formation of soil moisture contours during drip irrigation / A.M. Oleinik, Gadzhiev M.K. // Irrigation regimes and water consumption of crops in the North Caucasus: collection of scientific works / Novocherkassk: YuzhNIIGiMgim, 1984. P. 129-133.
 7. Yasonidi O.E. Drip irrigation in the North Caucasus. Rostov n/D.: Publishing House of the University of Rostov, 1987. 80 p.
 8. Melikhova E.V. Modeling and substantiation of resource-saving parameters of irrigation in the cultivation of root crops: Monograph. Volgograd: Volgograd State Agricultural University, 2017. 112 p. EDN: ZHVNIP
 9. Drip irrigation: a manual for SNiP 2.06.03-85 "Reclamation systems and equipment": approved by By Order of Soyuzvodproekt, No. 113 dated April 11, 1986 // IS "Tech-expert: 6th generation" Internet [Electronic resource]. – Codex South, 2024.
 10. Patent 2204241 Russian Federation, IPC A01G 25/02. A method for determining irrigation standards for drip irrigation of tomatoes / Kruzhilin I.P., Saldaev A.M., Kruzhilin Yu.I., Khodiakov E.A., Galda A.V.; applicant and patent holder state Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture". No. 001128337/13; published on 18.10.2001; published on 20.05.2003, Byul. No. 14. 5 p.
 11. Khrabrov M.Yu. Determination of technological parameters of drip irrigation systems / M.Yu. Khrabrov V.K. Gubin, N.G. Kolesova // Ways to increase the efficiency of irrigation agriculture. 2016. No. 1(61). P. 132-136. EDN: VRCUDB
 12. Akhmedov A.D. Contours of soil moisture during drip irrigation / A.D. Akhmedov E.Y. Galiullina // Izvestia Nizhnevолжsky agrounive. Complex: science and higher Prof. education. 2012. No. 3. P. 183-188. EDN: PCXLGR
 13. Kozykeeva A.T. Drip irrigation system for foothill areas with a small surface water drop / A.T. Kozykeeva, A.O. Zhatkanbayeva // Land reclamation and water management. 2016. No. 1. P. 37-39. EDN: WHAWVR
 14. Rogachev A.F. Computer modeling and parameterization in the MathCAD environment of humidification contours during drip irrigation / A.F. Rogachev, E.V. Melykhova // Izvestia NV AUK. 2021. 4(64). 367-378. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-37. EDN: VBOPAO
 15. Calculation of irrigation norms for drip irrigation in the conditions of the dry-steppe Zavolzhye / N.A. Pronko [et al.] // Fundamentals of rational nature management: proceedings of the VI National Conference with international participation. Saratov, 2020. P. 55-59.
 16. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2020. Vol. 15. No 2. P. 191-199. DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-191-199.
 17. Dubenok N.N. Raspberry water consumption during drip irrigation in central non-Chernozem region / N.N. Dubenok, A.V. Gemonov, A.V. Lebedev // Prirodoobustrojstvo. 2023. No. 2. P. 6-14. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-2-6-14>
 18. Patent 2802955 Russian Federation IPK06 A01G 25/00, SPK23 A01G 25/00. A method for determining the irrigation rate for drip irrigation of agricultural crops

заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2023107704; заявл. 30.03.2023; опубл. 05.09.2023, Бюл. № 25.

19. Штанько А.С. Определение поливной нормы для формирования первичного локального контура капельно-увлажненной почвы / А.С. Штанько, В.Н. Шкура // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 19-38. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-19-38>. EDN: ZXMTKO

20. Штанько А.С., Шкура В.Н. Расчет поливной нормы при капельном орошении древесно-плодовых культур в садовых насаждениях // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 1. С. 1-18. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-1-18>. EDN: SGFBXC

21. Системы капельного орошения садов: науч.-практ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 300 с. ISBN 978-5-7367-1777-4.

Об авторах

Андрей Сергеевич Штанько, канд. техн. наук, вед. науч. сотр.; ID РИНЦ 619732; <https://orcid.org/0000-0002-6699-5245>; shtanko.77@mail.ru

Виктор Николаевич Шкура, канд. техн. наук, профессор, вед. науч. сотр.; ID РИНЦ 734199; <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>; vnshkura@yandex.ru

Критерии авторства / Authorship criteria

Штанько А.С., Шкура В.Н. выполнили теоретические и практические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Штанько А.С., Шкура В.Н. имеют на статью авторское право и несут ответственность за plagiat.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare no conflicts of interest

Вклад авторов / Contribution of the authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Статья поступила в редакцию / The article was received at the editorial office on 19.02.2025

Одобрена после рецензирования / Accepted for publication on 13.10.2025

Принята к публикации после доработки / Approved after review on 13.10.2025

/ Masny R.S., Shkura V.N., Shtanko A.S.; applicant and patent holder of the Russian Scientific Research. institute of Land Reclamation problems. No. 2023107704; application no. 30.03.2023; published 05.09.2023, Byul. no. 25.

19. Shtanko A.S. Determination of the irrigation rate for the formation of the primary local contour of drip-moistened soil / A.S. Shtanko, V.N. Shkura // Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. Vol. 13, No. 1. P. 19-38. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-19-38>. EDN: ZXMTKO

20. Shtanko A.S., Shkura V.N. Calculation of the irrigation rate for drip irrigation of fruit and tree crops in garden plantings // Melioration and hydraulic engineering. 2024. Vol. 14, No. 1. P. 1-18. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-1-18> EDN: SGFBXC

21. Drip irrigation systems for gardens: scientific and practical publishing house, Moscow: Rosinform-grotech, 2023. 300 p. ISBN 978-5-7367-1777-4.

About the authors

Andrey S. Stanko, CSc (Eng), leading researcher; ID РИНЦ 619732; <https://orcid.org/0000-0002-6699-5245>; shtanko.77@mail.ru

Viktor N. Shkura, CSc (Eng), professor, leading researcher; ID РИНЦ 734199; <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>; vnshkura@yandex.ru

Shtanko A.S., Shkura V.N. performed theoretical and practical research, on the basis of which they generalized and wrote a manuscript. Shtanko A.S., Shkura V.N. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.