

УДК 631.674.4

В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНО-КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В статье рассматриваются результаты полевых исследований контуров увлажнения, формирующихся при подземно-капельном поливе. Данный способ орошения плодовых древесных насаждений в сопоставлении с технологиями надземно- и наземно-капельного орошения имеет следующее достоинство – практически полное неувлажнение определенного поверхностного слоя земли (слоя толщиной 5–10 см), что снижает объем непродуктивного физического испарения влаги с земной поверхности. Целью исследования является разработка метода определения и прогнозирования геометрических параметров контуров увлажнения, основанного на опытных данных авторов и на известных опубликованных данных других авторов. Метод представляется в виде алгоритма расчета таких параметров, как высота капиллярного поднятия воды над отверстием внутрипочвенного инъекционного увлажнителя, глубина гравитационного оттока воды в нижерасположенные (относительно отверстия увлажнителя) почвенные (почвогрунтовые) горизонты, диаметр контура увлажнения (определяемый по точкам максимальной удаленности изоплет определенного уровня влажности от отверстия увлажнителя в горизонтальном направлении). Предложена расчетная зависимость по определению поливной нормы одного инъекционного увлажнителя, обеспечивающая формирование контура увлажнения с заданной глубиной. Приводится сопоставление результатов расчета по математическим зависимостям с опытными данными. Материалы статьи рекомендуется использовать при проектировании подземно-капельного орошения садов и виноградников.

Ключевые слова: контур увлажнения, глубина увлажнения, диаметр контура, капиллярное поднятие, инжектор, увлажнитель, подпочвенное капельное орошение, локальное орошение.

V. N. Shkura, D. L. Obumahov

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

METHOD FOR CALCULATING PARAMETERS OF MOISTURE CONTOUR UNDER SUBSURFACE DRIP IRRIGATION

The article discusses the results of field study on moisture contours formed during subsurface drip irrigation. This irrigation method for fruit tree plantations comparing with technology of surface drip irrigation has the advantage of dry top soil layer (5–10 cm) which reduces the amount of unproductive physical evaporation from the soil surface. The objective of the research is to develop a method for determining and predicting geometrical parameters of moisture contours based on our own experimental data and data published by another authors. The method is presented as an algorithm for calculating parameters such as height of capillary rise of water above the orifice of subsurface injection moisturizer; depth of gravitational water outflow to soil layers located below the moisturizer orifice; diameter of moisture contour (defined by points of maximum distance of isopleths for the same level of moisture

from the moisturizer orifice in horizontal direction). The relationship for irrigation rate of a single injection moisturizer providing the moisture contour of a given depth was proposed. The comparison of calculation results obtained by math relationships and experimental data is presented. We recommend using article materials for design subsurface drip irrigation systems for orchards and vineyards.

Keywords: moisture contour, moisture depth, contour diameter, capillary rise, injector, moisturizer, subsurface drip irrigation, local irrigation.

Термин «подземно-капельное орошение» объединяет понятия «подземное орошение» и «капельное орошение». В соответствии с терминологическим словарем (2010) [1] под капельным орошением понимается орошение с подачей воды в корнеосвоенное почвенное пространство каплями или микроструями из микроводовыпусков. В зависимости от расположения микроводовыпуска рассматривается надземно-капельное, наземно-капельное и подземно-капельное орошение.

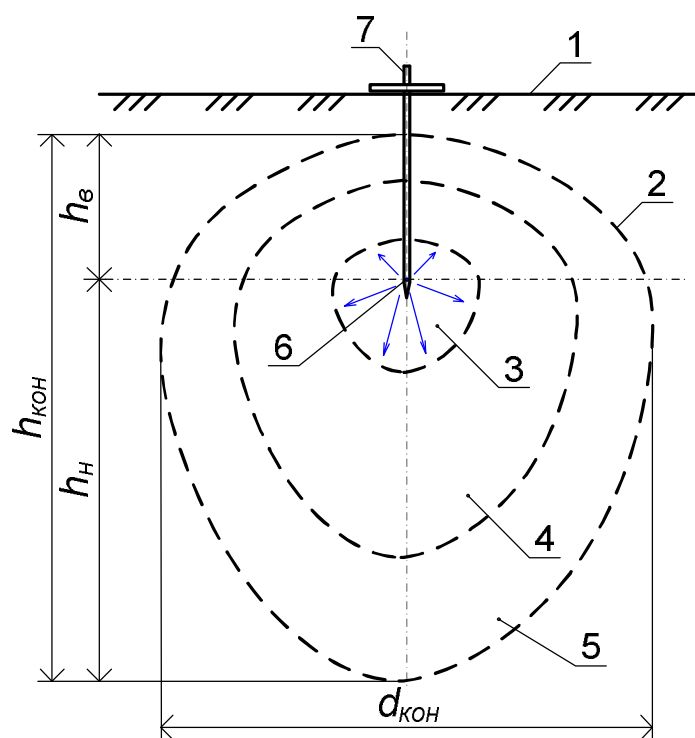
Понятие «подземно-капельное орошение» определяет место подачи (выпуска) воды относительно увлажняемого объекта и характеризует технологию (способ) подачи воды. Исходя из этого, под подземно-капельным орошением понимается капельное орошение, осуществляемое подачей воды из капельниц в почвенный корнеобитаемый слой (ниже поверхности земли).

В соответствии с современной классификацией орошения подземно-капельное орошение относится к локальному и малообъемному орошению сельскохозяйственных угодий и растений.

Очевидным достоинством подземно-капельного орошения плодовых древесных насаждений в сопоставлении с технологиями надземно- и наземно-капельного орошения является практически полное неувлажнение определенного поверхностного слоя земли (толщиной 5–10 см), что резко снижает объем непродуктивного физического испарения влаги с земной поверхности. Так, если судить по данным Л. В. Скрипчинской, М. Н. Бейкал и З. А. Бейкал (1981) [2], при подземно-капельном орошении (с подачей поливной воды на глубину 20–30 см) контур увлажнения на поверхности почвы уменьшается почти в 2,0–2,5 раза, что сокращает расход воды почти в 2 раза.

При подаче поливной воды посредством внутрпочвенного инъекто-

ра-увлажнителя на определенную глубину почвенного профиля в почвогрунтовом пространстве формируется контур увлажнения определенного очертания. В зависимости от почвенных условий, параметров водоподачи и времени его измерений форма увлажняемого контура в определенной степени отличается и в наиболее общем случае представляет собой эллипсоид вращения (эллиптический цилиндр, а в определенных условиях – шар) (рисунок 1).



1 – поверхность земли; 2 – внешнее очертание контура увлажнения (по изоплете с уровнем влажности, равным $80\% \beta_{\text{НВ}}$); 3 – зона полного насыщения почвы водой на уровне полной влагоемкости (то есть при $\beta_{\text{ПВ}}$); 4 – зона увлажнения при влажности почвы $\beta_{\text{НВ}} \leq \beta < \beta_{\text{ПВ}}$; 5 – зона увлажнения при влажности почвы от $\beta = \beta_{\text{НВ}}$ до $\beta = 0,8\beta_{\text{НВ}}$; 6 – водовыпускное отверстие инжектора-увлажнителя; 7 – инжектор-увлажнитель; h_b – высота капиллярного поднятия воды над отверстием внутрпочвенного инжекционного увлажнителя; h_n – высота (глубина) гравитационного оттока воды в нижерасположенные (относительно отверстия увлажнителя) почвенные (почвогрунтовые) горизонты; $d_{\text{кон}}$ – диаметр контура увлажнения, определяемый по точкам максимальной удаленности изоплет от отверстия увлажнителя в горизонтальном направлении; $h_{\text{кон}}$ – высота контура увлажнения

Рисунок 1 – Наиболее характерная схема контура увлажнения (вертикальный разрез), формируемого в почвенном слое при подаче поливной воды во внутрпочвенное пространство из отверстия инжектора-увлажнителя

В наиболее общем случае под контуром увлажнения понимается зона с влажностью почвы от уровня $0,8 \beta_{\text{НВ}}$ (уровня влажности почвы, соответствующего ее наименьшей влагоемкости) и выше (до $0,95-1,10 \beta_{\text{НВ}}$), реже – с более низкого естественно формирующегося уровня влажности почвы (например, с уровня $0,6-0,7 \beta_{\text{НВ}}$).

Геометрические (линейные, площадные и объемные) размеры (очертания) контура увлажнения чаще всего устанавливаются по изоплетам (изоплетным поверхностям или линиям) с двумя характерными уровнями влажности почвы: 1) контур с максимальным размером (максимальный контур увлажнения) по изоплете с уровнем влажности почвы, равным « $\beta_{\text{Н}} + 5\%$ » (то есть при $\beta_{\text{из/п}} = 1,05 \beta_{\text{Н}}$); 2) контур увлажнения почвы, очерченный изоплетной поверхностью (изоплетной линией) с влажностью $\beta_{\text{из/п}} = 0,8 \beta_{\text{НВ}}$ [3].

Собственно форма контура (в соответствии с рисунком 1) характеризуется следующими абсолютными значениями: $h_{\text{в}}$ – высота капиллярного поднятия воды над отверстием внутрипочвенного инъекционного увлажнителя; $h_{\text{г}}$ – высота (глубина) гравитационного оттока воды в нижерасположенные (относительно отверстия увлажнителя) почвенные (почвогрунтовые) горизонты; $d_{\text{кон}}$ – диаметр контура увлажнения, определяемый по точкам максимальной удаленности изоплет от отверстия увлажнителя в горизонтальном направлении. По линейным параметрам контура увлажнения определяются его площадные и объемные характеристики (площадь увлажнения, формируемая единичным контуром в горизонтальной плоскости, и объем контура).

В соответствии с предыдущим исследованием авторов в соавторстве с А. Н. Рыжаковым (2014) [3] и по аналогии с надземно- и наземно-капельным поливом основные линейные параметры контура увлажнения почвенного пространства, формируемого подачей поливной воды из отверстия иньектора-увлажнителя (при подземно-иньекционном поливе), зависят

от величины поливной нормы на один увлажнитель ($N_{\text{п}}$, л/увл.), расхода капельного микроводовыпуска ($q_{\text{к}}$), продолжительности водоподачи ($t_{\text{в/п}}$), водно-физических показателей почвы (количества глинистых частиц в процентах от массы сухой почвы $V_{\text{г/ч}}$), уровня дополивного порога влажности почвы $\beta_{\text{н}}$ (в долях от $\beta_{\text{нв}}$), уровня влажности оконтуривающей (контурной) изоплеты (обычно принимаемого равным $0,8 \beta_{\text{нв}}$) и других параметров. Задача определения линейных параметров контуров увлажнения (в соответствии с предыдущим исследованием авторов в соавторстве с А. Н. Рыжаковым (2014) [3]) сводится к установлению функциональных связей вида:

$$h_{\text{кон}} = f_1(N_{\text{п}}; q_{\text{к}}; V_{\text{г/ч}}; \beta_{\text{из/п}}; \beta_{\text{н}}),$$

$$d_{\text{кон}} = f_2(N_{\text{п}}; q_{\text{к}}; V_{\text{г/ч}}; \beta_{\text{из/п}}; \beta_{\text{н}}).$$

Для получения соответствующих экспериментальных зависимостей, описывающих вышеуказанные функциональные связи по определению основных линейных параметров контуров увлажнения почвы при подаче поливной воды во внутрипочвенное пространство из водовыпускных отверстий вертикальных инъекторов-увлажнителей, были выполнены экспериментальные исследования. При проведении данных исследований использовалась методика определения параметров контуров увлажнения, формирующихся в почвогрунтовой толще при наземно-капельном орошении, основные положения которой приведены в предыдущей разработке авторов в соавторстве с А. Н. Рыжаковым (2014) [3]. Исследования проводились для следующих диапазонов изменения основных (рассмотренных) факторов влияния: напор на отверстия увлажнителя $H_{\text{у}} = 0,3 \dots 0,7$ м; расход увлажнителей $q_{\text{к}} = 1 \dots 5$ л/ч; продолжительность водоподачи $t_{\text{в/п}} = 2 \dots 12$ ч; поливная норма на один увлажнитель $N_{\text{п}} = 10 \dots 60$ л; содержание (количество) глинистых частиц в почвенном образце – 30–60 % от его объема (что соответствует суглинистым (легко-, средне- и тяжелосуглинистым) почвам по Н. А. Качинскому); дополивная влажность почвы $\beta_{\text{н}}$ или $\beta_{\text{д/п}} = 0,6 \dots 0,7 \beta_{\text{нв}}$;

наименьшая влагоемкость почвы ($w_{\text{кон}}$) или влажность почвы $\beta_{\text{НВ}}$, соответствующая наименьшей влагоемкости, равна 20–28 % от массы сухой почвы при скважности (пористости) почвы, составляющей 40–47 % от объема (что соответствует преимущественно суглинистому типу почв по А. Н. Костякову); скорость впитывания воды в почву в последние 10 минут первого часа $v_{\text{вп}} = 0,09 \dots 0,11$ м/ч.

Опытные работы предусматривали следующие мероприятия: 1) установка иньектора на глубину 20–25 см; 2) опытная промывка водовыпускного отверстия при максимальном напоре 0,6–0,7 м; 3) регулировка заданного расхода водоподачи ($q_{\text{увл}}$) посредством запорно-регулирующего устройства при промытом отверстии (с фиксацией качества промывки по скорости вытекания воды из емкости); 4) собственно водоподача (с периодическим доливом воды в емкость для поддержания определенного среднего уровня воды в ней) в течение периода времени ($t_{\text{в/п}}$), соответствующего выдаче поливной нормы ($N_{\text{п}}$); 5) фиксация влажности почвы в пределах прилегающего к иньектору почвенного пространства (по четырем взаимно перпендикулярным направлениям на расстоянии до 70 см по радиалам на глубину до 0,8–1,1 м); 6) обработка полученных данных измерений влажности почвы (с построением матриц, изоплет по абсолютным и относительным (к $\beta_{\text{НВ}}$) показателям, с фиксацией глубины и диаметра контура увлажнения) по методике, приведенной в предыдущем исследовании авторов в соавторстве с А. Н. Рыжаковым (2014) [3].

Пример опытных контуров увлажнения почвенного пространства, формируемых внутрипочвенным иньектором в форме изолиний разного уровня влажности – изоплет, приведен на рисунке 2.

Отметим, что, в зависимости от водно-физических свойств почв и режимов водоподачи, параметры и формы контуров увлажнения, формируемых внутрипочвенными иньекторами, изменяются в части соотношений таких относительных, характеризующих их показателей, как $h_{\text{в}}/h_{\text{н}}$ и $h_{\text{кон}}/d_{\text{кон}}$.

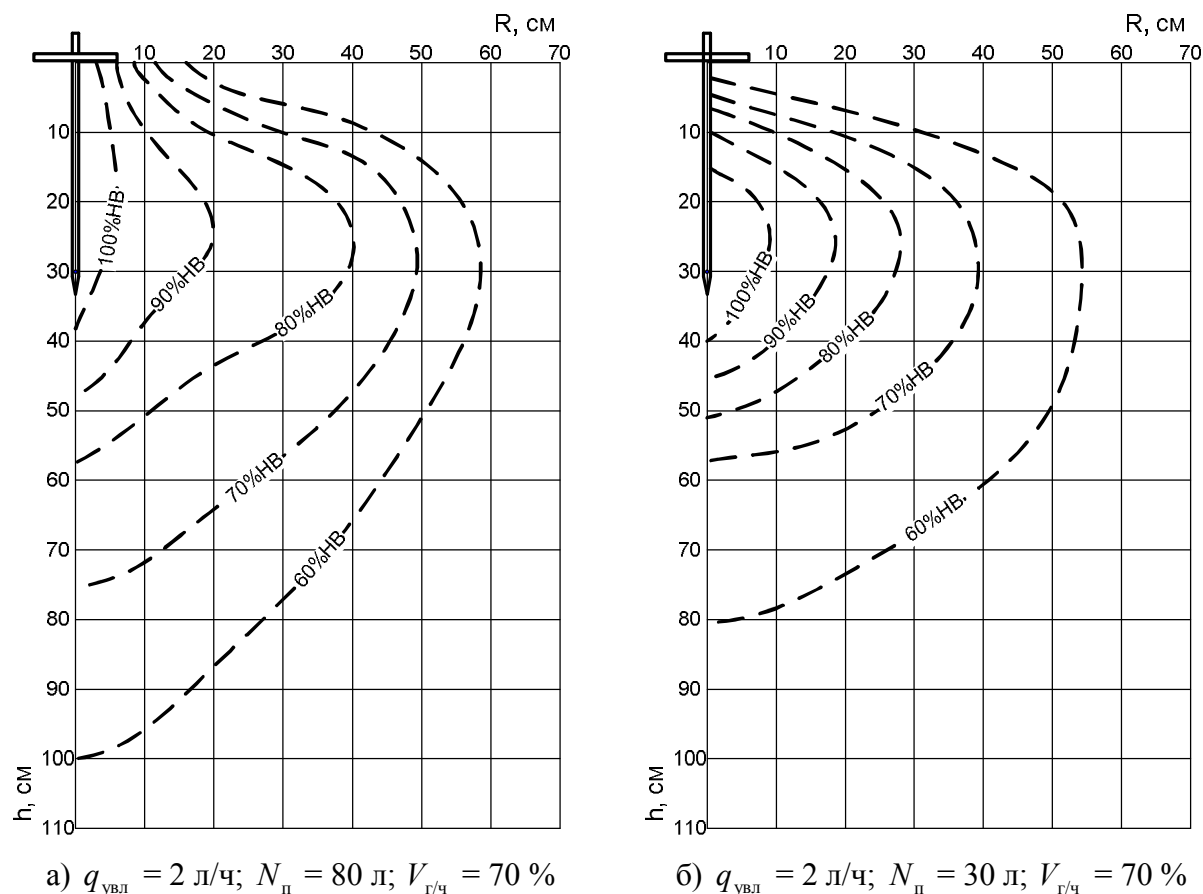


Рисунок 2 – Сечения опытных контуров увлажнения при инъекционно-капельном поливе вертикальной плоскостью в изоплетах с разным уровнем влажности

Расчетные зависимости. За основу эмпирических зависимостей были приняты формулы, полученные для расчета параметров контура увлажнения почвы при наземно-капельном поливе. Рекомендуемые для расчетов экспериментальные зависимости по определению линейных параметров контура увлажнения при подземно-капельном орошении имеют вид:

$$(h_{\text{кон}})_{\text{н}} = 0,651 \cdot N_{\text{п}}^{0,33} \cdot q_{\text{увл}}^{0,29} \cdot V_{\text{г/ч}}^{0,32} \cdot \left(\frac{1}{\beta_{\text{из/п}}} \right)^{0,2} \cdot \left(\frac{1,21 - \beta_{\text{из/п}}}{\beta_{\text{из/п}} - \beta_{\text{н}}} \right)^{0,1} \cdot (19,34 \cdot V_{\text{г/ч}}^{-0,87})^{0,33},$$

где $(h_{\text{кон}})_{\text{н}}$ – нижняя часть глубины (высоты) контура увлажнения (от оси водовыпускного отверстия инъекторного увлажнителя до изоплеты с уровнем влажности $\beta_{\text{из/п}} = 1,05\beta_{\text{н}}$), измеряемая по вертикали в метрах (рисунок 1);

$N_{\text{п}}$ – поливная норма, приходящаяся на один внутрпочвенный увлажнитель, в литрах на 1 инъектор-увлажнитель, л/увл.;

$q_{\text{увл}}$ – расход инжекторного увлажнителя, л/ч;

$V_{\text{г/ч}}$ – объем глинистых частиц в почве (почвенном образце) в процентах от массы абсолютно сухой почвы;

$\beta_{\text{из/п}}$ – расчетная изоплета с определенным (заданным или принятым) уровнем влажности почвы в долях от наименьшей влагоемкости: 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 $\beta_{\text{НВ}}$ (рисунок 2);

$\beta_{\text{Н}}$ (или $\beta_{\text{д/п}}$) – дополивная влажность почвы в долях от $\beta_{\text{НВ}}$;

$$d_{\text{кон}} = 0,078 \cdot N_{\text{п}}^{0,24} \cdot q_{\text{увл}}^{0,01} \cdot V_{\text{г/ч}}^{0,32} \cdot \left(\frac{1}{\beta_{\text{из/п}}} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{1,21 - \beta_{\text{из/п}}}{\beta_{\text{из/п}} - \beta_{\text{Н}}} \right)^{0,09} \cdot (19,34 \cdot V_{\text{г/ч}}^{-0,87})^{0,2},$$

$$(h_{\text{кон}})_{\text{В}} = 0,0166 \cdot H_{\text{у}}^{0,5} \cdot V_{\text{г/ч}}^{0,88} \cdot (h_{\text{кон}})_{\text{Н}},$$

где $H_{\text{у}}$ – расчетный перепад уровней воды в инжекторе и в водовыпускном отверстии в метрах (при $0,3 \leq H_{\text{у}} \leq 0,7$ м);

$$h_{\text{кон}} = (h_{\text{кон}})_{\text{Н}} + (h_{\text{кон}})_{\text{В}}.$$

Линейные размеры единичных контуров увлажнения позволяют определить их площадные и объемные параметры с использованием нижеприведенных зависимостей:

$$(\omega_{\text{кон}})_{\text{max}} = 0,785 \cdot (d_{\text{кон}})_{\text{max}}^2,$$

где $(d_{\text{кон}})_{\text{max}}$ – диаметр контура увлажнения почвы, определенный при $\beta_{\text{из/п}} = 1,05\beta_{\text{Н}}$;

$$\omega_{\text{кон}} = 0,62 \cdot [0,0061 \cdot N_{\text{п}}^{0,42} \cdot q_{\text{увл}}^{0,02} \cdot V_{\text{г/ч}}^{0,64} \cdot \left(\frac{1}{\beta_{\text{из/п}}} \right)^{1,4} \cdot \left(\frac{1,21 - \beta_{\text{из/п}}}{\beta_{\text{из/п}} - \beta_{\text{Н}}} \right)^{0,18} \times$$

$$\times (19,94 \cdot V_{\text{г/ч}}^{-0,87})^{0,4}],$$

$$w_{\text{кон}} = 0,65 \cdot \left(\frac{5,25}{\rho^{0,49}} \right)^2 \cdot \omega_{\text{кон}} \cdot h_{\text{кон}},$$

где ρ – средняя пористость (скважность) почвогрунтового массива в пределах контура увлажнения в процентах от объема почвенного образца.

Алгоритм расчета основных размеров контура приведен на рисунке 3.

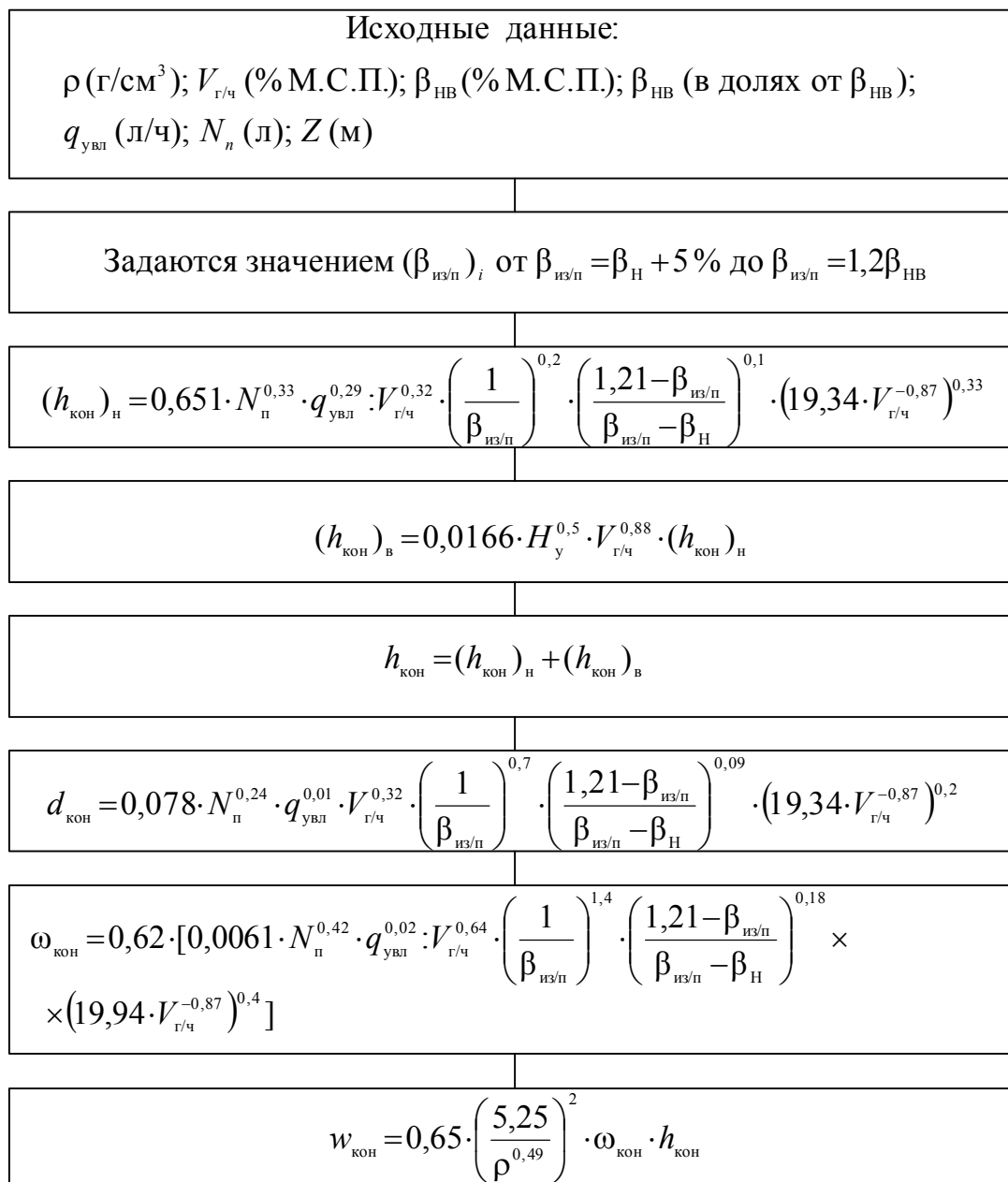


Рисунок 3 – Алгоритм расчета размеров контура увлажнения при подземно-капельном поливе

Поливная норма для капельно-инъекционного микроводовыпуска. При получении расчетной зависимости для определения поливной нормы на один увлажнитель ($N_{п/увл}$) учитываются следующие граничные условия: расчетная глубина контура увлажнения ($(h_{кон})_{расч}$) принимается равной глубине расположения основной части корней корневой системы; влажность почвы на расчетной глубине принимается равной 80 % от уровня влажности, соответствующего наименьшей влагоемкости (то есть при $\beta_{из/п} = 0,8\beta_{НВ}$).

Экспериментальная зависимость для определения расчетных значений поливной нормы имеет вид:

$$N_{\text{п/увл}} = \left(\frac{h_{\text{кон}} \cdot V_{\text{г/ч}}^{0,32}}{0,684 \cdot q_{\text{увл}}^{0,29} \cdot \left(\frac{0,41}{0,8 - \beta_{\text{Н}}} \right)^{0,1}} \right)^{0,1},$$

где $N_{\text{п/увл}}$ – поливная норма (в литрах на один иньектор-увлажнитель) одного иньекционного увлажнителя, обеспечивающая формирование контура увлажнения с заданной глубиной $h_{\text{кон}}$ ($h_{\text{увл}}$ или $h_{\text{к,о/ч}}$);

$\beta_{\text{Н}}$ – дополивная влажность почвенного пространства в пределах глубины контура увлажнения в долях (от влажности на уровне наименьшей влагоемкости $\beta_{\text{Н}} < 0,8\beta_{\text{НВ}}$).

Результаты сопоставления опытных и расчетных данных приведены на рисунке 4 и в таблице 1. Исходные данные для расчета: $q = 2$ л/ч, $\beta_{\text{из/п}} = 0,8 \text{ НВ}$, $\beta_{\text{Н}} = 0,5 \text{ НВ}$, $H_{\text{у}} = 0,5$ м, $h_{\text{загл}} = 0,3$ м.

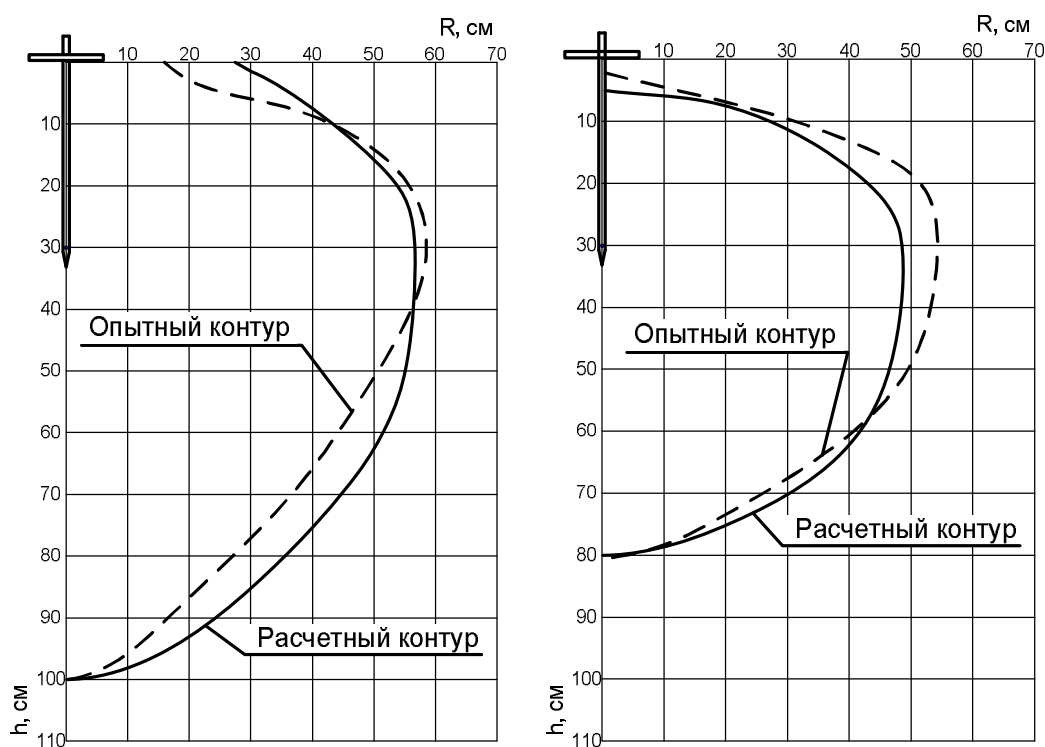


Рисунок 4 – Сопоставление опытных и расчетных контуров увлажнения

Таблица 1 – Опытные и расчетные значения контуров увлажнения

Показатель	Показатель контура увлажнения				
	$(h_{\text{кон}})_{\text{н}}$, м	$(h_{\text{кон}})_{\text{в}}$, м	$t_{\text{в/п}}$, ч	$N_{\text{пол}}$, л	$d_{\text{кон}}$, м
$V_{\text{г/ч}} = 70\%$					
1 Расчетные	0,7	0,35	34	68	1,22
Опытные	0,7	0,30	38	80	1,14
Отклонения от расчетного значения	0	0,05	-4	-12	0,08
Отклонения в процентах	0	14	-12	-18	7
2 Расчетные	0,5	0,25	12	25	0,96
Опытные	0,5	0,26	15	30	1,08
Отклонения от расчетного значения	0	-0,01	-3	-5	-0,12
Отклонения в процентах	0	-4	-25	-20	-13
$V_{\text{г/ч}} = 60\%$					
3 Расчетные	0,70	0,30	26	51	1,12
Опытные	0,74	0,27	29	60	1,20
Отклонения от расчетного значения	-0,04	0,03	-3	-9	-0,08
Отклонения в процентах	-6	10	-13	-17	-7
4 Расчетные	0,50	0,215	9	19	0,87
Опытные	0,54	0,200	10	20	1,00
Отклонения от расчетного значения	-0,04	0,020	-1	-1	-0,13
Отклонения в процентах	-8	7	-8	-8	-14
$V_{\text{г/ч}} = 50\%$					
5 Расчетные	0,70	0,26	18	37	1,00
Опытные	0,68	0,23	19	35	0,95
Отклонения от расчетного значения	0,02	0,03	-1	2	0,05
Отклонения в процентах	3	10	-3	5	5
6 Расчетные	0,50	0,18	7	13	0,79
Опытные	0,57	0,16	7	15	0,80
Отклонения от расчетного значения	-0,07	0,02	0	-2	-0,01
Отклонения в процентах	-14	13	-6	-13	-2
$V_{\text{г/ч}} = 40\%$					
7 Расчетные	0,70	0,21	12	24	0,88
Опытные	0,78	0,18	11	20	0,80
Отклонения от расчетного значения	-0,08	0,03	1	4	0,08
Отклонения в процентах	-11	15	10	18	9
8 Расчетные	0,50	0,15	4	9	0,69
Опытные	0,57	0,13	3,5	7	0,60
Отклонения от расчетного значения	-0,07	0,02	1	2	0,09
Отклонения в процентах	-14	14	20	20	13

Вывод. Из таблицы видно близкое совпадение расчетных показателей ($h_{\text{кон}})_в$ и $d_{\text{кон}}$ с опытными, отклонения которых составляют от минус 4 до плюс 14, что свидетельствует о незначительных отклонениях опытных данных по определению параметров контура увлажнения при подземно-капельном поливе от данных, полученных в результате расчета по экспериментальным зависимостям.

Список использованных источников

1 Шкура, В. Н. Природообустройство: терминолог. словарь / В. Н. Шкура. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д.: «Книга», 2010. – 768 с.

2 Скрипчинская, Л. В. Полив спуровых яблонь в Молдавии / Л. В. Скрипчинская, М. Н. Бейкал, З. А. Бейкал // Садоводство. – 1981. – № 8. – С. 13–14.

3 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: моногр. / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

Шкура Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой мелиораций земель, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация.

Контактный телефон: (8635) 22-17-47.

E-mail: rekngma@magnet.ru

Shkura Viktor Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Lands Reclamation, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation.

Contact telephone number: (8635) 22-17-47.

E-mail: rekngma@magnet.ru

Обумахов Дмитрий Леонидович – инженер-программист, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация.

Контактный телефон: +7 928 615-37-93.

E-mail: Obumahov@rambler.ru

Obumahov Dmitriy Leonidovich – Software Engineer, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation.

Contact telephone number: +7 928 615-37-93.

E-mail: Obumahov@rambler.ru