

Оригинальная статья

УДК 502/504: 631.674.6

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-41-47

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА КАПЕЛЬНЫХ ВОДОВЫПУСКОВ И ИХ РАСПОЛОЖЕНИЕ В ЗОНЕ ПИТАНИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

**ШТАНЬКО АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ**<sup>✉</sup>, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник  
shtanko.77@mail.ru

**САРАХАТУНОВА ЮЛИЯ ЯРОСЛАВОВНА**, аспирант  
jlebedinskay@inbox.ru

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации; 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, 190, Россия

Цель исследований – разработать способ определения необходимого для проведения капельного полива каждого дерева в плодовом саду количества капельниц и произвести оценку схем их расположения в зоне питания плодовых культур. При разработке способа были приняты следующие критерии: доля увлажняемой площади от площади питания должна соответствовать потребностям выращиваемой культуры, количество капельниц должно определяться для каждого дерева в саду, расстояние между капельным водовыпуском и штамбом дерева должно составлять не менее 0,2 м. В результате исследований предложена многофакторная зависимость для определения необходимого количества капельниц, которая учитывает вид сельскохозяйственной культуры, климатические условия, параметры схемы посадки культуры, требуемую глубину увлажнения почвы и почвенные характеристики садового участка. С использованием предложенного способа был произведен расчет параметров капельного поливного модуля для трех вариантов схем посадки яблоневого сада: 4,0 × 1,5 м; 4,0 × 2,0 м; 5,0 × 3,0 м – на легких, средних и тяжелых по механическому составу почвах. В результате расчета установлено, что в рассмотренных сочетаниях почвенных условий и схем посадки культур потребуются от 2 до 12 капельниц для каждого дерева. По результатам расчета можно констатировать, что в рассмотренных условиях одноточный поливной модуль не может сформировать зону увлажнения, площадь горизонтальной проекции которой соответствует потребностям яблоневых садов. В 8 из 9 рассмотренных сочетаний предпочтительным является использование двухточного поливного модуля. Следует также отметить, что на легких почвах при максимальной из рассмотренных площади питания (схема посадки 5,0 × 3,0 м) двухточный поливной модуль не может сформировать в почвенном пространстве зону увлажнения с требуемой площадью. В этом случае необходимо применять поливные модули, предусматривающие использование специальных поливных устройств или размещение капельниц на отводах от основного трубопровода.

**Ключевые слова:** капельное орошение, плодовый сад, зона питания, поливная сеть, капельница, контур увлажнения почвы

**Формат цитирования:** Штанько А.С., Сарахатунова Ю.Я. Определение количества капельных водовыпусков и их расположение в зоне питания плодовых культур // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 41-47. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-41-47.

© Штанько А.С., Сарахатунова Ю.Я., 2022

Original article

## DETERMINATION OF THE NUMBER OF DRIP WATER OUTLETS AND THEIR LOCATION IN THE FEEDING ZONE OF FRUIT CROPS

**SHTANKO ANDREJ SERGEEVICH**<sup>✉</sup>, candidate of technical sciences, leading researcher  
shtanko.77@mail.ru

**SARAKHATUNOVA YULIA YAROSLAVOVNA**, post graduate student  
jlebedinskay@inbox.ru

Russian research institute of problems of land reclamation; 346421, Novocherkassk, pr-t Baklanovsky, 190, Russia

The purpose of study is to develop a method for determining the number of droppers required for drip irrigation of each tree in the garden and to evaluate their location patterns in the fruit crop feeding zone.

*The following criteria were adopted: the share of irrigated area from the feeding one should meet the needs of the cultivated crop, the number of droppers should be determined for each tree in the garden, the distance between the drip droppers and the tree trunk should be at least 0.2 m. As a result of the research, a multifactorial dependence was proposed to determine the required number of droppers, which takes into account the crop types, climatic conditions, crop planting pattern parameters, the required depth of soil moisture and the soil characteristics of the garden plot. Using the proposed method, the drip irrigation module parameters were calculated for three options of an apple garden planting 4.0 × 1.5 m, 4.0 × 2.0 m and 5.0 × 3.0 m on light, medium and heavy soils according to their mechanical composition. As a result of the calculation, it was found that in the considered combinations of soil conditions and crop planting patterns, from 2 to 12 droppers would be required for each tree. According to the results of the calculation, it can be stated that under the considered conditions, a single-line irrigation module cannot form a humidification zone, which horizontal projection area corresponds to the needs of apple gardens. In eight of the nine combinations considered, the use of a double-line irrigation module is preferable. It should also be noted that on light soils, with the maximum of the considered feeding area (planting pattern 5.0 × 3.0 m), a two-line irrigation module cannot form a moistening zone with the required area in the soil space. In this case, it is necessary to use irrigation modules that provide for the use of special irrigation devices or the droppers location on branches from the main pipeline.*

**Keywords:** drip irrigation, fruit garden, feeding zone, irrigation network, dropper, soil moisture contour

**Format of citation:** Shtanko A.S., Sarakhatunova Yu.Ya. Determination of the number of drip water outlets and their location in the feeding zone of fruit crops // Prirodoobustroystvo. – 2022. – No. 3. – P. 41-47. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-41-47.

**Введение.** Интенсивное производство плодовой продукции в многолетних древесных садах (в частности, яблок) предусматривает искусственное орошение. Наибольшее распространение в практике садового пловодства получило капельное орошение. Это связано с рядом достоинств капельного способа полива сельскохозяйственных культур, основными из которых являются экономия водных ресурсов по сравнению с дождеванием и поверхностными способами полива, технологичность систем капельного орошения и возможность полной автоматизации управления процессом полива. Однако в практике плодового садоводства зафиксированы примеры как высокой эффективности возделывания плодовых садов при искусственном орошении капельным способом [1-3], так и низкой прибавки урожайности от применения систем капельного орошения, не окупающих капитальные и эксплуатационные затраты на реализацию капельного орошения [4, 5]. Одной из причин такого явления является низкий уровень научного обоснования процессов проектирования и эксплуатации капельной поливной сети в древесно-плодовых садах и ее основного элемента – поливного модуля (набора оборудования, расположенного на орошаемом участке и предназначенного для полива капельным способом одного ряда растений).

Основное отличие капельного способа орошения сельскохозяйственных культур от дождевания и поверхностного орошения заключается в увлажнении не всей площади орошаемого участка, а только определенной ее части. Данное

обстоятельство является, с одной стороны, явным достоинством способа капельного орошения, позволяющим увлажнять только корнеобитаемую зону почвенного пространства и экономить поливную воду. С другой стороны, при бездумном расположении капельных водовыпусков в зоне питания орошаемых культур, особенно многолетних древесных и кустарниковых, зачастую не обеспечиваются потребности их корневых систем в водном питании. Кроме того, подача воды капельным способом на штамп древесных культур может вызывать их поражение вредителями и заболеваниями, что приводит к угнетению растения и снижению урожайности. В связи с этим цель исследований заключается в разработке научно обоснованного способа определения необходимого для проведения капельного полива каждого дерева в плодовом саду количества капельниц и оценке схем их расположения в зоне питания плодовых культур, возделываемых в различных климатических, почвенных и технологических условиях.

#### **Материалы и методы исследований.**

В качестве критериев при определении количества капельных водовыпусков и их размещении в зоне питания каждого плодового дерева в саду было принято нижеследующее.

1. Площадь горизонтальной проекции зоны капельного увлажнения должна соответствовать потребностям корневых систем выращиваемых культур, обеспечивать высокую продуктивность и составлять определенную долю от площади питания, отведенной каждому растению

в саду в соответствии со схемой их посадки. Данный критерий определяется коэффициентом увлажнения почвы  $k_{увл}$ , отражающим требуемую долю площади увлажнения от площади зоны питания культуры. В зависимости от влагообеспеченности региона данный критерий составляет: для лесостепи  $-0,2 \leq k_{увл} \leq 0,15$ ; для северной степи  $-0,3 \leq k_{увл} \leq 0,2$ ; для южной степи  $-0,5 \leq k_{увл} \leq 0,3$ ; для аридной зоны  $k_{увл} = 1,0$  [6, 7]. Кроме того, названный параметр, по данным О.Е. Ясонида, в зависимости от вида культуры составляет от 0,1 до 0,5 [8].

2. Расчет количества капельных водовыпусков должен производиться для отдельного дерева в саду и отведенной ему площади питания.

3. Расстояние между капельным водовыпуском и штамбом древесной культуры должно составлять не менее 0,2 м [6]. Это требование продиктовано подверженностью болезням и вредителям штамба древесных культур при их систематическом переувлажнении.

**Результаты и их обсуждение.** Многолетние древесно-плодовые культуры отличаются развитой корневой системой, диаметр которой в зависимости от сорто-подвойного сочетания может составлять от 1,0 до 5,0 м и более. Данное обстоятельство наряду с климатическими и почвенными условиями садового участка, используемыми для возделывания сельскохозяйственными машинами, и рядом других факторов учитывается на стадии закладки сада при обосновании схемы расстановки деревьев. Основными характеристиками схемы расстановки деревьев в древесном плодовом саду, фрагмент которого проиллюстрирован рисунком 1, являются расстояние между рядами деревьев  $L_{м/р}$ , м, и расстояние между деревьями в ряду  $L_{м/д}$ , м.

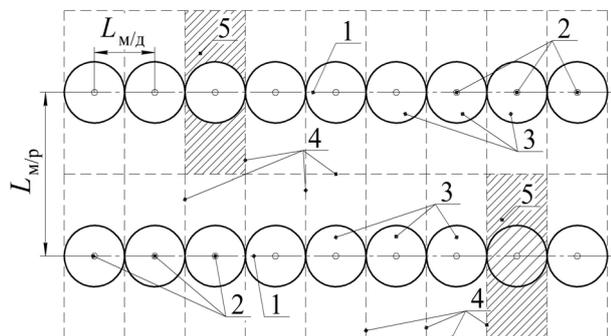


Рис. 1. Фрагмент древесно-плодового сада:

- 1 – ось ряда деревьев; 2 – штамб дерева;  
3 – крона дерева; 4 – граница зоны питания дерева;  
5 – зона питания каждого дерева

Fig. 1. Fragment of a tree-fruit garden:

- 1 – the axis of a row of trees, 2 – the stem of the tree,  
3 – the crown of the tree, 4 – the boundary  
of the feeding zone of the tree,  
5 – the feeding zone of each tree

Допустим, что после достижения плодовыми деревьями стадии полного плодоношения их корневая система осваивает всю отведенную ей схемой посадки площадь. Таким образом, в соответствии с данными рисунка 1 площадь питания  $S_{пит}$ , м<sup>2</sup>, выделенная каждому дереву в плодовом саду в соответствии со схемой посадки, составит:

$$S_{пит} = L_{м/р} \cdot L_{м/д}. \quad (1)$$

В практике плодового садоводства используются схемы посадки  $L_{м/р} \times L_{м/д}$  от  $3,0 \times 1,0$  м для садов на супер карликовых подвоях до  $6,0 \times 4,0$  м на среднерослых подвоях [1, 6, 8, 9]. Соответственно площадь питания каждого растения в саду может варьироваться в диапазоне от 3,00 до 24,0 м<sup>2</sup> и более.

При поливе сельскохозяйственных культур капельным способом орошения в почвенном пространстве формируются локальные зоны увлажнения, площадь горизонтальной проекции которой  $S_{увл}$ , м<sup>2</sup>, должна соответствовать потребностям возделываемой культуры. В качестве критерия эффективности капельного полива, обеспечивающего высокую продуктивность выращиваемых культур, используется коэффициент увлажнения почвы  $k_{увл}$ , отражающий долю площади зоны увлажнения от зоны питания, отведенной растению в соответствии со схемой посадки:

$$k_{увл} = S_{увл} / S_{пит}. \quad (2)$$

В зависимости от обеспеченности территории природными осадками [6, 7] и видом выращиваемой культуры [8] площадь горизонтальной проекции зоны увлажнения почвы должна составлять от 10 до 50% от площади питания, отведенной каждому растению по схеме посадки.

Площадь горизонтальной проекции зоны капельного увлажнения  $S_{увл}$  равна сумме площадей локальных контуров влажности, формируемых капельницами, расположенными в зоне питания каждого растения в насаждении:

$$S_{увл} = n \cdot S_{кон}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество капельниц в зоне питания одного дерева, шт.;  $S_{кон}$  – площадь горизонтальной проекции локальной зоны увлажнения почвы, формируемой одной капельницей, м<sup>2</sup>.

Подставив выражения (1) и (3) в выражение (2), получим зависимость для определения количества капельниц, необходимого для полива каждого дерева в саду:

$$n = \frac{k_{увл} \cdot L_{м/р} \cdot L_{м/д}}{S_{кон}}. \quad (4)$$

В зависимости (4) неизвестной составляющей является площадь горизонтальной проекции

локальной зоны увлажнения почвы, формируемой одной капельницей  $S_{\text{кон}}$ . Предположим, что очертание горизонтальной проекции локального контура влажности почвы имеет близкую к окружности форму. Тогда для определения ее площади следует использовать зависимость

$$S_{\text{кон}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{кон}}^2}{4}, \quad (5)$$

где  $\pi$  – математическая константа,  $\pi = 3,14$ ;  $D_{\text{кон}}$  – диаметр горизонтальной проекции контура увлажнения почвы, м.

Для определения  $D_{\text{кон}}$  используем эмпирическую зависимость, позволяющую прогнозировать диаметр горизонтальной проекции контура увлажнения почвы в зависимости заданной глубины увлажнения и почвенных условий орошаемого участка [10]:

$$D_{\text{кон}} = 0,5 \cdot h_{\text{кон}} \cdot (0,593 + 0,009 \cdot W_{\text{г}} + 0,038 \cdot W_{\text{нв}}), \quad (6)$$

где  $h_{\text{кон}}$  – глубина контура влажности почвы, принимаемая равной требуемой глубине увлажнения  $h_{\text{кон}} = h_{\text{увл}}$ , м;  $W_{\text{г}}$  – содержание глинистых частиц в почве, % от массы сухой почвы, % МСП;  $W_{\text{нв}}$  – наименьшая влагоемкость почвы, % МСП.

Подставив выражения (5) и (6) в выражение (4), получим зависимость

$$n = \frac{4 \cdot L_{\text{м/д}} \cdot L_{\text{м/р}} \cdot k_{\text{увл}}}{\pi \cdot [0,5 \cdot h_{\text{кон}} \cdot (0,593 + 0,009 \cdot W_{\text{г}} + 0,038 \cdot W_{\text{нв}})]^2}. \quad (7)$$

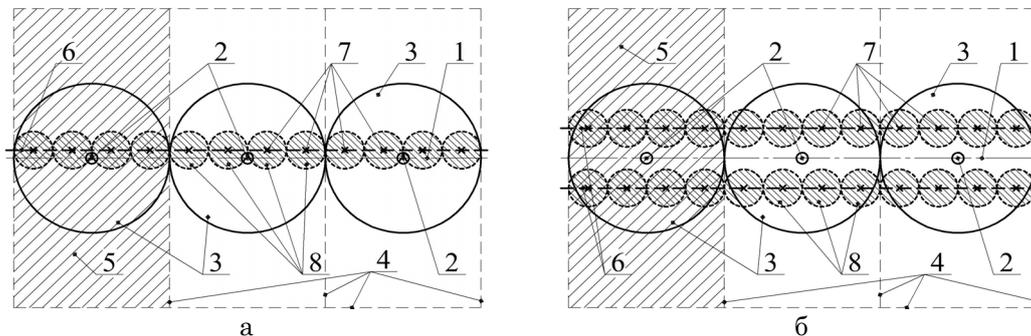


Рис. 2. Фрагмент плодового сада, оборудованного однострунным (а) и двухструнным (б) поливным модулем системы капельного орошения:

- 1 – ось ряда деревьев; 2 – штамб дерева; 3 – крона дерева;  
4 – граница зоны питания дерева; 5 – зона питания каждого дерева;  
6 – поливная линия (трубка); 7 – капельница; 8 – зона капельного увлажнения почвы

Fig. 2. Fragment of an fruit garden equipped with a single-thread (a) and two-thread (b) irrigation module of the drip irrigation system:

- 1 – axis of a row of trees, 2 – stem of a tree, 3 – crown of a tree, 4 – boundary of the tree feeding zone, 5 – feeding zone of each tree; 6 – irrigation line (tube); 7 – dropper; 8 – drip soil moisture zone

Если полученное по зависимости (7) количество капельниц для орошения каждого дерева в саду  $n$  является нечетным, то его необходимо округлить до четного числа  $n'$ . Данное требование обосновывается, как минимум, двумя условиями. Во-первых, при использовании однострунного поливного модуля с нечетным количеством капельниц на каждое растение одна из капельниц будет располагаться в центре площади питания

Полученная зависимость (7) позволяет определить необходимое количество капельниц для полива каждого дерева в плодовом саду по критерию обеспечения требуемой доли увлажняемой площади от площади питания. Данная зависимость является многофакторной и учитывает вид сельскохозяйственной культуры, климатические условия, параметры схемы посадки культуры, требуемую глубину увлажнения почвы и почвенные характеристики садового участка.

Не менее важным при проектировании поливного модуля системы капельного орошения является расположение капельных водовыпусков в зоне питания многолетних плодовых культур. Капельные водовыпуски могут располагаться в зоне питания каждого дерева непосредственно на одной (проложенной в створе ряда растений) или нескольких (проложенных параллельно ряду на некотором расстоянии от него) поливных трубках с применением отводов от поливной трубки, а также на специальных поливных устройствах капельного полива [11]. В настоящем исследовании рассмотрим способ расположения капельниц на одной и двух поливных трубках. Примеры одно- и двухниточного поливных модулей системы капельного орошения древесных плодовых культур представлены на рисунке 2.

непосредственно рядом со штамбом растения. При этом расстояние между центральной капельницей и штамбом древесного растения составит менее 0,2 м, что противоречит требованиям [6]. Во-вторых, при использовании двухниточного поливного модуля четное количество капельниц позволит равномерно распределить их между двумя поливными линиями. При этом расстояние между капельной трубкой и осью ряда растений

должно обеспечить расстояние не менее 0,2 м между капельницей и штамбом.

Выбор одно- или двухниточной схемы размещения капельных линий для полива одного ряда древесно-плодовых культур зависит от расстояния между деревьями в ряду (ширины зоны питания каждого дерева,  $L_{м/р}$ ), требуемого количества капельниц  $n'$  и диаметра горизонтальной проекции зоны влажности почвы. На первом этапе проверяем возможность размещения капельниц на одной капельной линии путем проверки условия:

$$n' \cdot D_{\text{кон}} \leq L_{\text{м/р}} \quad (8)$$

Если условие выполняется, то размещаем капельные водовыпуски на одной поливной линии, расположенной в створе ряда растений, то есть используем одностичный поливной модуль. Если условие (8) не выполняется, то проверяем возможность размещения капельниц на двух поливных линиях:

$$n' \cdot R_{\text{кон}} \leq L_{\text{м/р}} \quad (9)$$

где  $R_{\text{кон}}$  – радиус горизонтальной проекции зоны увлажнения почвы, м.

Если условия (8) и (9) не выполняются, то рассматривается возможность применения

специального капельного поливного устройства [11] или размещения капельных водовыпусков на отводах от поливной линии.

Способ определения количества и расположения капельных водовыпусков в зоне питания древесно-плодовых культур заключается в последовательном определении параметров поливного модуля по зависимостям (6)-(9).

С использованием предложенного способа произведем расчет параметров поливного модуля для трех вариантов схем посадки яблоневого сада:  $4,0 \times 1,5$  м;  $4,0 \times 2,0$  м;  $5,0 \times 3,0$  м. В качестве почв рассмотрим: легкие суглинки с содержанием физической глины  $W_{\text{г}} = 26,5\%$  от массы сухой почвы, % МСП, и наименьшей влагоемкостью  $W_{\text{НВ}} = 20,5\%$  МСП; тяжелые суглинки  $W_{\text{г/ч}} = 49,2\%$  МСП;  $W_{\text{НВ}} = 71,6\%$  МСП; легкие глины  $W_{\text{г}} = 71,6\%$  МСП,  $W_{\text{НВ}} = 30,8\%$  МСП. Для яблони, относящейся к семечковым культурам, произрастающей в зоне северной степи, принимаем требуемый коэффициент увлажнения  $k_{\text{увл}} = 0,24$  [6-8]. Глубина увлажнения почвенного пространства должна соответствовать зоне распространения основной части корней корневой системы растений [9]. Для яблони принимаем  $h_{\text{увл}} = h_{\text{кон}} = 0,8$  м. Результаты расчета приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1

### Результаты расчета параметров поливного модуля системы капельного орошения плодового сада на легко суглинистых почвах

Table

#### Results of calculation of the parameters of the irrigation module of the drip irrigation system of the fruit garden on light loamy soils

Показатель / Indicator	Схема посадки, $L_{\text{м/р}} \times L_{\text{м/д}}$ , м Scheme of planting, $L_{\text{м/р}} \times L_{\text{м/д}}$ , m		
	4,0 × 1,5	4,0 × 2,0	5,0 × 3,0
Площадь питания, $S_{\text{пит}}$ , м <sup>2</sup> / Feeding area, $S_{\text{пит}}$ , м <sup>2</sup>	6,0	8,0	15,0
Диаметр горизонтальной проекции зоны влажности почвы, $D_{\text{кон}}$ , м Diameter of the horizontal projection of the soil moisture zone, $D_{\text{кон}}$ , m	0,64		
Расчетное количество капельниц, $n$ , шт / Calculated number of droppers, $n$ , pcs	4,42	5,89	11,05
Принятое количество капельниц, $n'$ , шт / Accepted number of droppers, $n'$ , pcs	4	6	12
$n' \cdot D_{\text{кон}}$ , м	2,56	3,84	7,68
$n' \cdot R_{\text{кон}}$ , м	1,28	1,92	3,84
Количество поливных линий, шт R / Number of irrigation lines, pcs	2	2	–

Ввиду относительной простоты и дешевизны конструкции в практике орошаемого плодводства наибольшее распространение получил одностичный поливной модуль, включающий в себя один поливной трубопровод, расположенный в створе ряда растений. Однако произведенные расчеты показали, что применение одностичного поливного модуля по критерию обеспечения требуемой доли увлажнения площади питания возможно для капельного полива плодовых культур только в 2 из 9 рассмотренных

сочетаний схем посадки растений в саду и почвенных условий. Но даже в этих двух сочетаниях потребности плодовых культур в полной мере не обеспечиваются. Так, при схеме посадки  $4,0 \times 1,5$  м на тяжелосуглинистых почвах (табл. 2) расчетное количество капельниц составило 2,83 шт. При округлении до ближайшего четного числа по правилам математики принимаем две капельницы. В связи с этим на данном этапе расчета закладывается определенный недополив – около 30% от необходимой

площади увлажнения. Если принять 4 капельницы, которые в данных условиях полностью обеспечат требования по площади увлажнения и некоторый переполив, то необходимо

устройство двух поливных линий. При схеме посадки  $4,0 \times 2,0$  м на тяжелосуглинистых почвах (табл. 3) наблюдается аналогичная с рассмотренной выше ситуация.

Таблица 2

**Результаты расчета параметров поливного модуля системы капельного орошения плодового сада на тяжело суглинистых почвах**

Table 2

**Results of calculation of the parameters of the irrigation module of the drip irrigation system of the fruit garden on heavily loamy soils**

Показатель / Indicator	Схема посадки, $L_{м/р} \times L_{м/д}$ , м Scheme of planting, $L_{м/р} \times L_{м/д}$ , m		
	4,0 × 1,5	4,0 × 2,0	5,0 × 3,0
Площадь питания, $S_{пит}$ , м <sup>2</sup> / Feeding area, $S_{пит}$ , м <sup>2</sup>	6,0	8,0	15,0
Диаметр горизонтальной проекции зоны влажности почвы, $D_{кон}$ , м Diameter of the horizontal projection of the soil moisture zone, $D_{кон}$ , m	0,81		
Расчетное количество капельниц, $n$ , шт / Calculated number of droppers, $n$ , pcs	2,83	3,77	7,08
Принятое количество капельниц, $n'$ , шт / Accepted number of droppers, $n$ , pcs	2	4	8
$n' \cdot D_{кон}$ , м	1,62	3,24	6,48
$n' \cdot R_{кон}$ , м	0,81	1,62	3,24
Количество поливных линий, шт / Number of irrigation lines, pcs	1	2	2

Таблица 3

**Результаты расчета параметров поливного модуля системы капельного орошения плодового сада на легко глинистых почвах**

Table 3

**Results of calculation of the parameters of the irrigation module of the drip irrigation system of the fruit garden on light clay soils**

Показатель / Indicator	Схема посадки, $L_{м/р} \times L_{м/д}$ , м Scheme of planting, $L_{м/р} \times L_{м/д}$ , m		
	4,0 × 1,5	4,0 × 2,0	5,0 × 3,0
Площадь питания, $S_{пит}$ , м <sup>2</sup> / Feeding area, $S_{пит}$ , м <sup>2</sup>	6,0	8,0	15,0
Диаметр горизонтальной проекции зоны влажности почвы, $D_{кон}$ , м Diameter of the horizontal projection of the soil moisture zone, $D_{кон}$ , m	0,96		
Расчетное количество капельниц, $n$ , шт / Calculated number of droppers, $n$ , pcs	1,98	2,63	4,94
Принятое количество капельниц, $n'$ , шт / Accepted number of droppers, $n$ , pcs	2	2	4
$n' \cdot D_{кон}$ , м	1,92	1,92	3,84
$n' \cdot R_{кон}$ , м	0,96	0,96	1,92
Количество поливных линий, шт / Number of irrigation lines, pcs	2	1	2

Необходимо также отметить, что на легкосуглинистых почвах при схеме посадки растений  $5,0 \times 3,0$  м для обеспечения требуемой доли увлажнения площади питания каждого дерева в плодовом саду необходимо устроить 12 капельных водовыпусков. Для размещения такого количества капельниц 2 поливные трубки недостаточны. В данном случае необходимо использовать другие конструктивные решения поливных модулей.

### Выводы

1. В результате проведенных исследований разработан способ, позволяющий определить необходимое количество капельниц для полива каждого дерева в плодовом саду по критерию обеспечения требуемой доли увлажняемой

площади от площади питания каждого дерева в саду. В основу способа положена зависимость, предложенная авторами для определения требуемого количества капельниц при поливе каждого дерева в саду. Данная зависимость является многофакторной и учитывает вид сельскохозяйственной культуры, климатические условия, параметры схемы посадки культуры, требуемую глубину увлажнения почвы и почвенные характеристики садового участка.

2. С использованием предложенного способа был произведен расчет параметров поливного модуля для трех вариантов схем посадки яблоневое сада на легких, средних и тяжелых по механическому составу почвах. По результатам расчета можно констатировать, что в рассмотренных условиях

однониточный поливной модуль не может сформировать в корнеобитаемом почвенном пространстве зону увлажнения, площадь горизонтальной проекции которой соответствует потребностям яблоневых культур. В 8 из 9 рассмотренных сочетаний предпочтительным является использование двухниточного поливного модуля. Необходимо также отметить, что на легких почвах при максимальной

из рассмотренных площади питания (схема посадки 5,0 × 3,0 м) двухниточный поливной модуль не может сформировать в почвенном пространстве зону увлажнения с требуемой площадью. В этом случае необходимо применять поливные модули, предусматривающие использование специальных поливных устройств или размещение капельниц на отводах от основного трубопровода.

#### Библиографический список

1. Продуктивность яблоневого сад интенсивного типа при капельном орошении / В.В. Бородычев и др. // Главный агроном. – 2017. – № 3. – С. 8-14.
2. **Дубенок Н.Н., Гемонов А.В.** Формирование корневой системы саженцев сливы по почвенному профилю в условиях Нечерноземной зоны // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 9-13.
3. **Гегечкори Б.С., Орленко С.Ю., Задорожный А.П.** Альтернативный способ и технологии закладки орошаемых плодовых насаждений // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 4. – С. 14-17.
4. **Попова В.П., Фоменко Т.Г.** Эффективность капельного орошения с применением минеральных удобрений в насаждении яблони // Садоводство и виноградарство. – 2009. – № 2. – С. 2-5.
5. **Фоменко Т.Г., Попова В.П.** Плодоношение яблони при капельном орошении и фертигации на Северном Кавказе // Плодоводство и ягодоводство в России. – 2011. – Т. 27. – С. 275-282.
6. Капельное орошение: Пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения», утв. приказом Совхозпроекта от 11 апреля 1986 г. № 113. – [Электронный ресурс]. <https://search.rsl.ru/ru/record/01002138800>
7. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологические безопасные технологии и технические средства орошения: Справочник / Г.В. Ольгаренко и др.; Под общ. ред. Г.В. Ольгаренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 263 с.
8. **Ясониди О.Е.** Капельное орошение. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.
9. **Шкура В.Н., Обумахов Д.Л., Лунева Е.Н.** Геометрия корневых систем яблони: Монография / Под ред. В.Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2013. – 124 с.
10. **Штанько А.С., Шкура В.Н.** Методика прогнозирования контуров капельного увлажнения почв на склоновых землях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 4(36). – С. 72-87. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=636>.
11. **Штанько А.С., Шкура В.Н.** Поливные устройства для капельного орошения плодоносящих яблонь, культивируемых на черноземах Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 3(35). – С. 50-67. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=618> (дата обращения: 10.01.2022).

#### Критерии авторства

Штанько А.С., Саракхатунова Ю.Я. выполнили теоретические и практические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 11.04.2022

Одобрена после рецензирования 11.05.2022

Принята к публикации 24.05.2022

#### References

1. Produktivnostj yablonevogo sad intensivnogo tipa pri kapelnom oroshenii / V.V. Borodychev[i dr.] // Glavny agronom. – 2017. – № 3. – S. 8-14.
2. **Dubенок N.N., Gemonov A.V.** Formirovanie kornevoj sistemy sazhenstv slivy po pochvennomu profilyu v usloviyah nechernozemnoj zony // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2018. – № 4. – S. 9-13.
3. **Gegechkori B.S., Orlenko S.Yu., Zadorozhny A.P.** Alternativnyy sposob i tehnologii zakladki oroshayemykh plodovykh nasazhdenij // Doklady Rossijskoj akademii sel'skokozyajstvennykh nauk. – 2014. – № 4. – S. 14-17.
4. **Popova V.P., Fomenko T.G.** Effektivnost kapelnogo orosheniya s primeneniem mineralnykh udobrenij v nasazhdenii yabloni // Sadovodstvo i vinogradorstvo. – 2009. – № 2. – S. 2-5.
5. **Фоменко Т.Г., Попова В.П.** Plodonoshenie yabloni pri kapelnom oroshenii i fertigatsii na Severnom Kavkaze // Plodovodstvo i yagodovodstvo v Rossii. – 2011. – T. 27. – S. 275-282.
6. Kapelnoe oroshenie: posobie k CNIП 2.06.03-85 «Meliorativnye sistemy i sooruzheniya»: utv. Prikazom Soyuzvodproekta ot 11 aprelya 1986 g. № 113 [Elektronnyy resurs]. Dostup iz sprav. pravovoj sistemy «Konsultant-Plus».
7. Resursosberegayushchie energoeffektivnye ekologicheskie bezopasnye tehnologii i tehicheskie sredstva orosheniya: spravochnik / [G.V. Olgrenko i dr.]; [pod obshch. red. G.V. Olgarenko]. – M.: – FGBNU «Rosinformagroteh», 2015. – 263 s.
8. **Yasonidi O.E.** Kapelnoe oroshenie. – Novocherkassk: Lik, 2011. – 322 s.
9. **Shkura V.N., Obymakhov D.L., Luneva E.N.** Geometriya kornevykh sistem yabloni: monografiya / pod red. V.N. Shkury. – Novocherkassk: Lik, 2013. – 124 s.
10. **Shtanko A.S., Shkura V.N.** Metodika prognozirovaniya konturov kapelnogo uvlazhneniya pochv na sklonovykh zemlyah // Nauchny zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii [Elektronnyy resurs]. – 2019. – № 4(36). – S. 72-87. – Rezhim dostupa: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=636>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-72-87.
11. **Shtanko A.S., Shkura V.N.** Polivnye ustrojstva dlya kapelnogo orosheniya plodonosyashchih yablon, kultiviruemyykh na chernozemah Rostovskoj oblasti // Nauchny zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii [Elektronnyy resurs]. 2019. № 3(35). S. 50-67. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=618> (data obrashcheniya: 10.01.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-50-67.

#### Criteria of Authorship

Shtanko A.S., Sarakhhatunova Yu.Ya. carried out theoretical and practical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Shtanko A.S., Sarakhhatunova Yu.Ya. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors declare that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 11.04.2022

Approved after reviewing 11.05.2022

Accepted for publication 24.05.2022