Научная статья

Original article

УДК 631.674.6

doi: https://doi.org/10.55186/25880209_2026_10_5_49

edn: RGCBDO

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЕТИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОГРАММЫ ЭВМ

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF A DRIP IRRIGATION NETWORK USING A COMPUTER PROGRAM

Рязанцев Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9829-8196, ryazantsev.41@mail.ru

Малько Игорь Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела техники и технологий микроорошения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38) ORCID: https://orcid.org/0009-0009- 9128-6975, centorion@yandex.ru

Антипов Алексей Олегович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской

округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4374-163X, antipov.aleksei2010@yandex.ru

Грушин Алексей Владимирович, старший научный сотрудник отдела техники и технологий микроорошения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), gav.vniiraduga@yandex.ru

Евсеев Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6133-2661, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Anatoly I. Ryazantsev, Doctor of technical sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation, chief researcher at the department of sprinkler irrigation systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply "Raduga" (38, Raduzhny settlement, Kolomna urban district, Kolomna, 140483 Russia), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9829-8196, ryazantsev.41@mail.ru

Igor V. Malko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Micro-Irrigation Engineering and Technology, Raduga All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply (38 Raduzhny Settlement, Kolomna, 140483, Russia), ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9128-6975, centorion@yandex.ru

Alexey O. Antipov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Sprinkler Irrigation Systems Department, Raduga All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply (38 Raduzhny Settlement, Kolomna, 140483, Russia), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4374-163X , antipov.aleksei2010@yandex.ru

Aleksey V. Grushin, Senior Researcher at the Department of Micro-Irrigation

Equipment and Technologies, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Irrigation Systems and Agricultural Water Supply 'Raduga'" (140483, Russia, Kolomna, Kolomna Urban District, Raduzhny Settlement, 38), gav.vniiraduga@yandex.ru

Evgeny Yu. Evseev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Sprinkler Irrigation Systems Department, Raduga All- Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply (38 Raduzhny Settlement, Kolomna, 140483, Russia), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6133-2661, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Аннотация. В статье выполнен сравнительный анализ применения капельного орошения, особенности применения и его преимущества по сравнению с другими оросительными системами, рассмотрены особенности проектирования данных систем, а также их расчет, с учетом площади участка, длин трубопроводов, нормы полива для различных культур и уклонов.

Для расчета систем капельного орошения по представленным данным разработана специальная программа, позволяющая оптимизировать проект между участками земли и рассчитывать самый выгодный по всем параметрам вариант разводки с перечислением всех компонентов, их количества. Кроме того, выдается план-схема, показывающая оптимальное расположение этих компонентов.

Таким образом данная программа «Калькулятор расчета параметров сети капельного орошения» позволяет оптимизировать оросительную сеть, рассчитать необходимые параметры, размещение поливных блоков и количество трубопроводов, что позволит значительно сократить время на ее проектирование.

Abstract. The article presents a comparative analysis of the use of drip irrigation, the specifics of its application and its advantages compared to other irrigation systems, and examines the design features of these systems, as well as their calculation, taking into account the plot area, pipeline lengths, irrigation rates for

various crops, and slopes.

To calculate drip irrigation systems based on the presented data, a special program has been developed that makes it possible to optimize the design between land plots and calculate the most advantageous layout option in all respects, listing all components and their quantities. In addition, a plan-scheme is provided showing the optimal placement of these components.

Thus, this program, the "Calculator for Calculating the Parameters of a Drip Irrigation Network," makes it possible to optimize the irrigation network, calculate the necessary parameters, the placement of irrigation blocks, and the number of pipelines, which will significantly reduce the time required for its design.

Ключевые слова: система капельного орошения, оптимизация параметров, гидравлический расчёт, проектирование, норма орошения, программа «Калькулятор расчета параметров сети капельного орошения»

Keywords: drip irrigation system, parameter optimization, hydraulic calculation, design, irrigation rate, "Calculator for Calculating the Parameters of a Drip Irrigation Network" program

Введение. Использование системы капельного орошения по сравнению с другими оросительными системами по результатам исследования позволили выявить следующие преимущества этого метода.

Эффективное и более экономичное использование воды за счет полива лишь участка земли, занятого корневой системой растений, в результате чего снижается общее количество потребляемой на орошение воды (во влажной зоне достаточно увлажнять только 20–25%, а в засушливой – 33% корнеобитаемого слоя почвы); минимальных потерь воды от испарения в связи с малой площадью увлажнения.

Лучшее воздействие на рост растений и, как следствие, увеличение урожайности, что объясняется улучшением условий развития и роста корневой системы благодаря эффективной аэрации почвы, подаче необходимого количества питательных веществ в виде растворенных в воде

удобрений и постоянному поддержанию влажности почвы в необходимых пределах. Последнее обстоятельство весьма важно, поскольку урожай находится в прямой зависимости от водного потенциала почвы. В ряде случаев капельное орошение способствует не только повышению урожайности, но и увеличению размеров плодов, то есть повышению их сортности. Более равномерное созревание позволяет сократить продолжительность и повысить эффективность проведения уборки урожая; сокращением до разумного минимума размеров каждого орошаемого участка почвы, в результате чего предотвращается появление и развитие многих вредных насекомых, болезней и плесени, а также повышается эффективность опрыскивания, снижением засоленности почвы за счет постоянного поддержания ее высокого влагосодержания, что предотвращает опасную для растений концентрацию солей, снижением развития сорной растительности между рядами растений, так как увлажнение междурядий минимально [5].

Агрономические преимущества в связи с тем, что значительная часть поверхности почвы остается сухой - орошение не мешает проведению таких смежных работ, как культивация, опрыскивание, сбор и транспортировка урожая, сокращается расход удобрений.

Происходит сокращение эксплуатационных расходов за счет снижения рабочего давления до 0,35–1,4 кгс/см² (0,035–0,14 МПа), а также экономия затрат труда за счет полной автоматизации системы капельного орошения.

Материалы и методы. Эффективность капельного метода орошения по сравнению с другими способами полива зависит от конкретных условий и оценивается отдельными специалистами и фирмами-производителями оборудования капельных систем по-разному [4].

В табл. 1 приведены результаты производственных опытов, проведенных в США и Австралии при орошении капельным методом с использованием оборудования фирмы "Дриплекс" (Австралия).

Наряду с отмеченными положительными сторонами, методу капельного орошения присущи и отдельные недостатки, особенно необходимость

использования максимально чистой воды во избежание засорения отверстий капельниц. Разработано много конструкций капельниц, но лишь немного наиболее совершенных моделей в какой-то мере решают вопрос незасоряемости. Забивание капельниц происходит несмотря на тщательную фильтрацию поступающей воды и осуществление специальных мер по борьбе с водорослями и коллоидными частицами, осаждающимися на стенках водовыпусков.

Стоимость систем капельного орошения достаточно высока. Поэтому их применение экономически оправдано только при орошении высокодоходных культур.

Таблица 1. Результаты производственных опытов

Показатели	Сельскохозяйственные культуры					
	Хлопчатник	Картофель	Томаты	Огурцы	Виноград	Апельсины
Оросительная норма, м³/га, при методах орошения						
Капельном	6100	4875	5190	4875	4875	5482
Поверхностном	15423	10368	11592	10368	11604	11604
Дождевании	10368	8234	8852	8234	9155	9750
Экономия воды при капельном орошении, %, по сравнению:						
с поверхностным орошением	60	53	55	53	53	52
с дождеванием	41	41	41	41	41	41
Урожай, ц/га, при методе орошения						
Капельном	17,7	43,1	121,0	532	199	473
поверхностном	14,5	300	474	253	166	396
дождеванием	15,0	325	511	246	170	412
Увеличение урожая при капельном орошении, %, по сравнению						
с поверхностным орошением	21	43	155	110	20	19
с дождеванием	18	33	137	116	17	15
Затраты труда, чел.-ч/га, при методах орошения						
капельном	4	4	4	4	2	2
поверхностном	49	37	44	37	30	30
дождеванием	12	11	11	11	7	7

Определенные затруднения при эксплуатации систем капельного полива вызывают также повреждения грызунами пластмассовых трубопроводов.

Серьезное внимание следует уделять размещению посевов на следующий год после применения капельного орошения в связи с тем, что при поливе минерализованными водами на границе зоны увлажнения вблизи поверхности почвы аккумулируются соли. Поэтому нужно избегать высева семян в засоленные участки между рядами.

Хотя все сетевые ирригационные системы в общем подобны, проектирование системы капельного орошения требует большей точности, чем система орошения затоплением или дождеванием. Проведение расчета необходимо как для обеспечения подачи растению требуемого количества воды, так и для полного и наиболее экономичного использования материалов.

На расход воды капельницами влияет несколько факторов, а именно: давление, создаваемое насосом, изменение уклона местности на пути от насоса до капельницы, а также потери по длине трубопровода и в соединениях. При тщательном подборе магистральных трубопроводов, распределителей, оросителей, капельниц и соединений можно добиться точного соответствия фактических расходов капельниц расчетным.

Первоочередной задачей при расчете оросителей является определение оптимального размера труб и числа водовыпусков на каждое растение, необходимых для данных норм водопотребления и требуемого коэффициента равномерности увлажнения.

При проектировании учитывают два фактора – максимальное водопотребление растениями и конструкцию оросительной системы. Поскольку при капельном поливе стоки обычно незначительны, инфильтрация почв, как правило, не учитывается.

Максимальные нормы водопотребления растениями зависят от типа орошаемой культуры и климата. Обычно растения потребляют максимальное количество воды лишь в течение короткого времени (например, в период появления завязи плодов садовых культур) [6; 7].

Американские специалисты А. Терри и А. Хиллер рекомендуют определять расчетный расход для садовых насаждений по формуле:

$$R = 0{,}623\ E \cdot A \cdot P, \quad (1)$$

где: R — расчетный расход воды на 1 дерево, л/сутки;

E — максимальная норма водопотребления при дождевании или поверхностном способе полива, мм/сутки;

A — площадь насаждения (величина междурядья, умноженная на расстояние между растениями в ряду), м²;

P — коэффициент покрытия (часть площади насаждения, занятая растительностью).

Приведенное выше уравнение основано на данных суточного расхода. Если требуются более частые поливы, то максимальная норма водопотребления (E) принимается равной суточной норме, умноженной на продолжительность межполивного периода (в днях).

Потребный расход водовыпуска на одно дерево (Q, л/ч) рассчитывается по формуле:

$$Q = R / (T \cdot N), \quad (2)$$

где:

T — время орошения, ч/сутки;

N — число капельниц на одно дерево, шт.

Требуемое рабочее давление (H, кгс/см² (1 кгс/см² = 0,1 МПа)) для капельницы вычисляется из уравнения:

$$H = \left(\frac{R}{KTN}\right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (3)$$

где: K — расход воды капельницей, л/ч, при давлении 0,0703 кгс/см² (0,00703 МПа);

α — показатель степени, характеризующий крутизну характеристики капельницы (уклон кривой расхода).

Величины K и α даются в каталогах фирм, изготовляющих соответствующие капельницы, или могут быть определены в результате лабораторных измерений.

Полученная величина давления H должна быть в пределах среднего

рабочего давления для принятого типа капельницы. В случае необходимости давление может быть снижено за счет увеличения числа водовыпусков на одно дерево, что положительно сказывается на равномерности распределения влаги в прикорневой зоне.

Оросительные трубопроводы рассчитываются по падению давления, величина которого ограничивается ±10% среднего рабочего давления в капельницах, либо по расходному коэффициенту (соотношение минимального и максимального расходов капельниц), превышающему 0,83. Выполнение этих условий позволяет получить коэффициент равномерности не ниже 95%.

Расчет начинают с вычисления падения давления для расхода в конце оросителя и ведут в направлении его соединения с распределительным трубопроводом.

Потери давления в трубах на трение рассчитываются по формуле Хазена-Вильямса:

$$H = 151 \frac{L \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times d^{4,871}}, \quad (4)$$

где: H — потери давления в трубах, кгс/см² (0,1 МПа);

C — коэффициент шероховатости;

L — длина труб, см;

d — внутренний диаметр, см;

Q — расход оросителя, л/с.

Для гладких прямых виниловых или поливинилхлоридных труб коэффициент C равен 150, для полиэтиленового трубопровода C = 140. Конструкция водовыпуска может сильно влиять на коэффициент шероховатости труб. Размещение капельниц на линии непосредственно в разрезе труб вызывает значительные потери давления из-за ограничения проходного сечения труб корпусом капельницы. Значение этих потерь обычно дают фирмы-изготовители.

А. Терри и А. Хиллер приводят уравнение, позволяющее определить

длину поливного трубопровода, соответствующую определенным показателям равенства расходов отдельных капельниц:

$$\frac{(L \cdot F)}{H_f} = 0{,}22 \cdot d^{4{,}871} \cdot \left(\frac{(\bar{q} \cdot N)}{(60 \cdot C)}\right)^{-1{,}852}$$

$$L = 0{,}00762 \cdot d^{1{,}708} \cdot F^{-0{,}351} \cdot H_f \cdot \left(\frac{(C \cdot S)}{q}\right)^{0{,}65}, \qquad (5)$$

где: L — длина трубопровода, м;

d — внутренний диаметр трубы, мм;

C — коэффициент шероховатости в формуле Хазена-Вильямса;

F — коэффициент понижения, учитывающий разделение потока и трение в капельнице (F = 0,28–0,36);

$\bar{q}$ — средний расход капельницы, л/ч;

S — расстояние между капельницами, м;

N — число капельниц на трубопроводе;

H_f — потери давления, кН/м².

Величины и расход капельницы могут быть определены экспериментально или на основе данных фирм-изготовителей.

Системы капельного орошения — низконапорные, и поэтому при их проектировании разница уровней становится важным расчетным параметром.

Естественная величина уклона участка в направлении оросителя используется для расчета потерь или увеличения давления при разнице уровней.

Результаты. Для расчета систем капельного орошения по выше представленным данным нами разработана специальная программа «Калькулятор расчета параметров сети капельного орошения», позволяющая оптимизировать проект между участками земли и рассчитывать самый выгодный по всем параметрам вариант разводки с перечислением всех компонентов, их количества [1; 2]. Кроме того, выдается план-схема, показывающая оптимальное расположение этих компонентов. Окно программы представлена на рисунке 1.

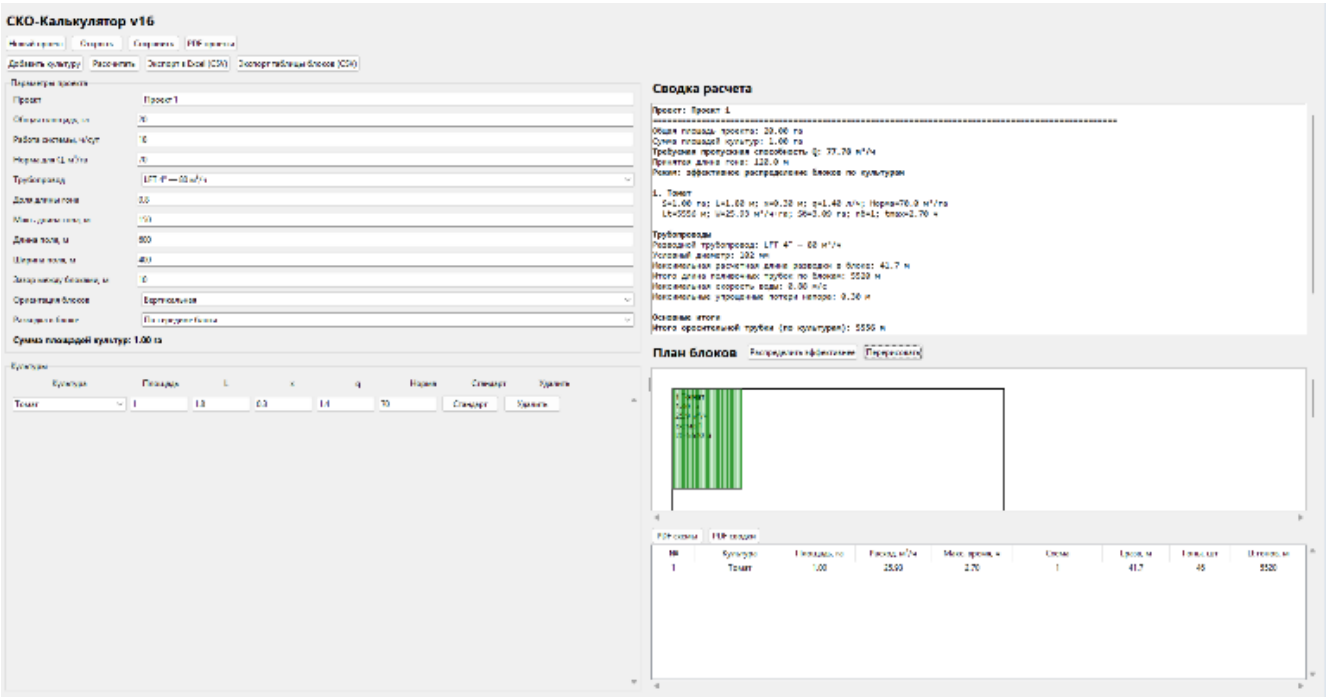


Рисунок 1 – Общий вид программы для расчета системы капельного орошения

Окно делится на несколько частей, с левой стороны пользователь может задать необходимые параметры, указать площадь поля, его параметры, выбрать необходимые культуры и конкретизировать на какой площади поля они будут посажены, а также выбрать ориентацию поливочных блоков (рис. 2).

После нажатия клавиши «рассчитать» с правой стороны появляется сводка расчёта, на которой можно увидеть рассчитанную максимальную длину разводки в блоке, длину поливных трубопроводов, количество блоков, максимальный расход воды одного блока, общее суммарное максимальное время полива (рис. 3) [3].

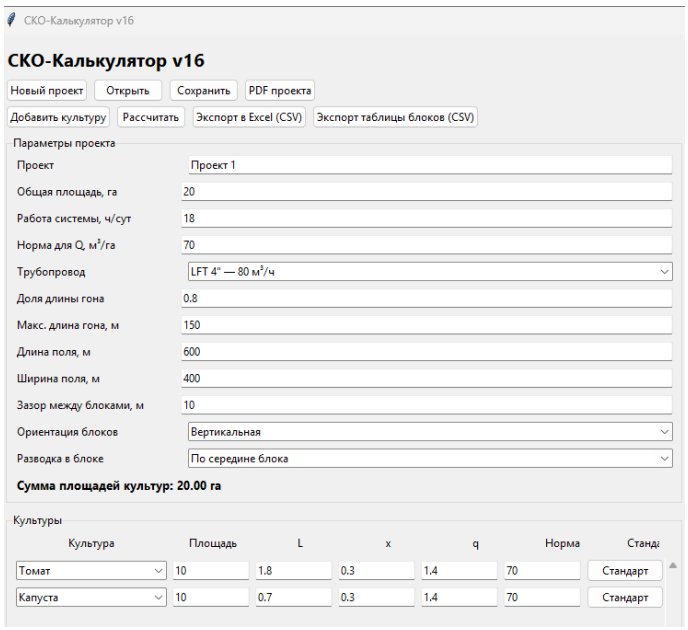


Рисунок 2 – Окно внесения данных для расчета системы капельного орошения

Ниже программа размещает план-схему блоков, на которых указано расположение оросительной сети, количество и длина магистральных, участковых, распределительных и поливных трубопроводов (рис. 4).

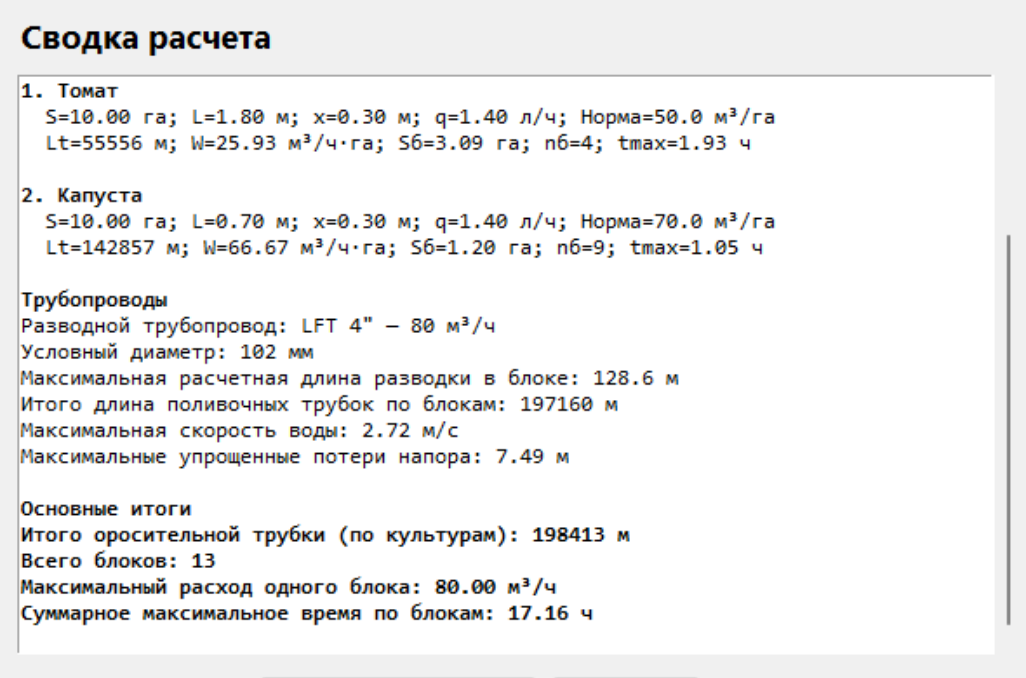


Рисунок 3 – Сводный расчет капельной оросительной сети.

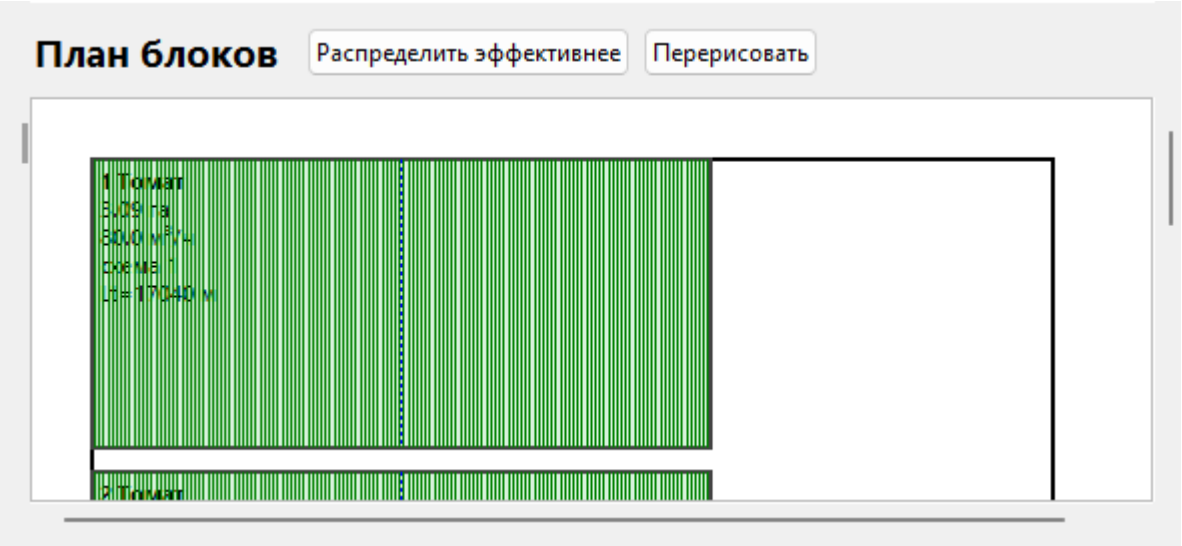


Рисунок 4 – План размещения поливных блоков.

Также ниже дается конкретное количество и длина трубопроводов для каждого блока, для дальнейшей планировки оросительной сети. Синяя линия обозначает распределительный трубопровод и поливные гоны.

В нижнем окне программы приводится таблица с указанием номеров поливных блоков, культур, площади, длины поливного трубопровода и других параметры представленных на рисунке 5.

PDF схемы PDF сводки

№	Культура	Площадь	Расход, м³	Макс. время	Схема	Lразв, м	Гоны, ι	Lt гоно
1	Томат	3.09	80.00	1.93	1	128.6	142	17040
2	Томат	3.09	80.00	1.93	2	128.6	142	17040
3	Томат	3.09	80.00	1.93	3	128.6	142	17040
4	Томат	0.74	19.26	1.93	4	31.0	34	4080
5	Капуста	1.20	80.00	1.05	5	50.0	142	17040
6	Капуста	1.20	80.00	1.05	6	50.0	142	17040
7	Капуста	1.20	80.00	1.05	7	50.0	142	17040
8	Капуста	1.20	80.00	1.05	8	50.0	142	17040
9	Капуста	1.20	80.00	1.05	9	50.0	142	17040
10	Капуста	1.20	80.00	1.05	10	50.0	142	17040

Рисунок 5 – Параметры оросительных блоков.

Также имеется возможность выгрузить необходимые данные.

Вывод. Таким образом данная программа «Калькулятор расчета параметров сети капельного орошения» позволяет оптимизировать

оросительную сеть, рассчитать необходимые параметры, размещение поливных блоков и количество трубопроводов, что позволит значительно сократить время на ее проектирование.

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026684845 Российская Федерация. Калькулятор расчета параметров сети капельного орошения: заявл. 04.08.2026 : опубл. 18.08.2026 / А. О. Антипов, С. С. Турапин, А. В. Грушин, И. В. Малько ; заявитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ И СЕЛЬХОЗВОДОСНАБЖЕНИЯ "РАДУГА". – EDN SSKNIP.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025692234 Российская Федерация. Программный комплекс расчета параметров капельного орошения Калькулятор капельного орошения : заявл. 07.11.2025 : опубл. 19.11.2025 / А. О. Антипов, С. С. Турапин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга". – EDN PNVNWG.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026663722 Российская Федерация. Моделирование выдачи поливной нормы с учётом инфильтрации воды в почву : заявл. 27.04.2026 : опубл. 08.05.2026 / А. О. Антипов, И. В. Малько, С. С. Турапин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга». – EDN EMITDI.

4. Грушин, А. В. Повышение эффективности применения поливных трубопроводов капельного орошения / А. В. Грушин, А. В. Коломеец // Мелиорация и водное хозяйство. – 2025. – № 3. – С. 37-41. – DOI 10.32962/0235-2524-2025-3-37-41. – EDN EFBRKG.

5. Перспективные направления совершенствования техники и технологий капельного орошения / А. В. Грушин, С. А. Гжибовский, А. В. Коломеец, И. В. Малько // Вестник мелиоративной науки. – 2026. – № 2. – С. 93-107. – EDN UYPPZE.

6. Грушин, А. В. Верификация гидравлического расчета при строительстве систем капельного орошения / А. В. Грушин, А. В. Коломеец // Наука и мир. – 2025. – № 6. – С. 31-35. – EDN ZUUKZR.

7. Ольгаренко, Г. В. Капельное орошение картофеля / Г. В. Ольгаренко, В. И. Булгаков, А. В. Грушин // Мелиоративные технологии и техника орошения : Сборник научных трудов по результатам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 55-летию образования ВНИИ «Радуга», поселок Радужный, 01 октября 2021 года / Ответственный редактор Г.В. Ольгаренко. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2022. – С. 70-78. – EDN CTJTEO.

References

1. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2026684845 Rossijskaya Federaciya. Kal`kulyator rascheta parametrov seti kapel`nogo orosheniya: zayavl. 04.08.2026 : opubl. 18.08.2026 / A. O. Antipov, S. S. Turapin, A. V. Grushin, I. V. Mal`ko ; zayavitel` FEDERALЬNOE GOSUDARSTVENNOE BYuDZhETNOE NAUChNOE UChREZhDENIE VSEROSSIJSKIJ NAUChNO-ISSLEDOVATELЬSKIJ INSTITUT SISTEM OROShENIYa I SELЬXOZVODOSNABZhENIYa RADUGA. – EDN SSKNIP.

2. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2025692234 Rossijskaya Federaciya. Programmny`j kompleks rascheta parametrov kapel`nogo orosheniya Kal`kulyator kapel`nogo orosheniya : zayavl. 07.11.2025 : opubl. 19.11.2025 / A. O. Antipov, S. S. Turapin ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel`skij institut sistem orosheniya i sel`xozvodosnabzheniya Raduga. – EDN PNVNWG.

3. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2026663722 Rossijskaya Federaciya. Modelirovanie vy`dachi polivnoj normy` s uchyotom infil`tracii vody` v pochvu : zayavl. 27.04.2026 : opubl. 08.05.2026 / A. O. Antipov, I. V. Mal`ko, S. S. Turapin ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie «Vserossijskij nauchno-issledovatel`skij institut sistem orosheniya i sel`xozvodosnabzheniya «Raduga». – EDN EMITDI.

4. Grushin, A. V. Povy`shenie e`ffektivnosti primeneniya polivny`x truboprovodov kapel`nogo orosheniya / A. V. Grushin, A. V. Kolomeecz // Melioraciya i vodnoe xozyajstvo. – 2025. – № 3. – S. 37-41. – DOI 10.32962/0235-2524-2025-3-37-41. – EDN EFBRKG.

5. Perspektivny`e napravleniya sovershenstvovaniya texniki i texnologij kapel`nogo orosheniya / A. V. Grushin, S. A. Gzhibovskij, A. V. Kolomeecz, I. V. Mal`ko // Vestnik meliorativnoj nauki. – 2026. – № 2. – S. 93-107. – EDN UYPPZE.

6. Grushin, A. V. Verifikaciya gidravlicheskogo rascheta pri stroitel`stve sistem kapel`nogo orosheniya / A. V. Grushin, A. V. Kolomeecz // Nauka i mir. – 2025. – № 6. – S. 31-35. – EDN ZUUKZR.

7. Ol`garenko, G. V. Kapel`noe oroshenie kartofelya / G. V. Ol`garenko, V. I. Bulgakov, A. V. Grushin // Meliorativny`e texnologii i texnika orosheniya : Sbornik nauchny`x trudov po rezul`tatam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhennoj 55-letiyu nachala realizacii shirokomasshtabnoj programmy` melioracii zemel` i 55-letiyu obrazovaniya VNII «Raduga», poselok Raduzhny`j, 01 oktyabrya 2021 goda / Otvetstvenny`j redaktor G.V. Ol`garenko. – Moskva: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost`yu Rusajns, 2022. – S. 70-78. – EDN CTJTEO.

© Рязанцев А.И., Малько И.В., Антипов А.О., Грушин А.В., Евсеев Е.Ю., 2026.

International agricultural journal, 2026, № 5, 110-125.