

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В МАГИСТРАЛЬНЫХ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ И ОРОСИТЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Аннотация. В статье исследовано равномерное распределение воды по длине трубопроводов для обеспечения эффективности системы капельного орошения. Проанализирован гидравлический процесс воды в магистральных, распределительных и капельной трубах. Гидравлические процессы в трубах зависят от их диаметра, длины, расхода воды, давления, а также от уклона земли. Через этот гидравлический процесс были выявлены существующие проблемы распределения воды в трубах системы капельного орошения. Были получены выражения для выбора оптимальной длины труб в системе капельного орошения. На основе результатов экспериментальных исследований с моделировано гидравлическое движение воды в трубах. Для распределения расхода воды и давления в магистральных, распределительных и ирригационных трубах был разработан математический модель, основанный на 10%-ном критерии распределения. Этот процесс моделирования способствует оптимизации распределения воды и повышению эффективности системы капельного орошения.

Ключевые слова: Капельное, гидравлический, давление, трубопровод, магистраль, расход, распределение, сопротивление, эффективность, технология, моделирование

Ишанов Ж. Х. PhD МОДСХМК
Илмий-ахборот марказининг мутахасиси.

ТОМЧИЛАТИБ СУҒОРИШДА МАГИСТРАЛ, ТАРҚАТУВЧИ ВА СУҒОРИШ ҚУВУРЛАРИДАГИ СУВ ҲАРАКАТИНИНГ ГИДРАВЛИК ҲИСОБИ

Аннотация. Мақолада томчилатиб суғориш тизимининг самарадорлигини таъминлаш учун қувурларнинг узунлиги бўйича сув тақсимланиши тенг миқдорда таъминланиши ўрганилди. Суғориш тизимининг магистрал, тарқатувчи ва суғориш қувурлардаги сувнинг гидравлик жараёни таҳлил қилинди. Қувурларидаги гидравлик жараёнлар уларнинг диаметри, узунлиги, сув сарфи ва босимиға ҳамда ернинг нишаблиги, боғлиқ. Ушбу гидравлик жарён орқали томчилатиб суғориш қувурларида сув тақсимланишининг мавжуд муаммолари аниқланди. Томчилатиб суғориш қувурлардаги гидравлик жараён орқали унинг мақбул узунлигини танлаш ифодалар олинди. Амалий тадқиқотлардан олинган натижаларға асосланиб, қувурлардаги сувнинг гидравлик ҳаракати моделлаштирилди. Магистрал, тарқатувчи ва суғориш қувурларидаги сув сарфи ва босимининг 10%лик мезон асосида тарқалиши учун математик модел ишлаб чиқилди. Бу моделлаштириш жараёни сувни тақсимлашни оптималлаштиришга ёрдам беради ва томчилатиб суғориш тизимининг самарадорлигини оширишга олиб келади.

Калит сўзлари: Томчилатиб, гидравлик, босим, қувур, магистрал, сарф, тақсимлаш, қаршилиқ, самара, технология, моделлаштириш.

**HYDRAULIC CALCULATION OF WATER FLOW IN MAIN, DISTRIBUTION,
AND IRRIGATION PIPELINES IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS**

Abstract. The article investigates the equal distribution of water along the length of pipes to ensure the efficiency of the drip irrigation system. The hydraulic process of water in the main, distribution, and irrigation pipes of the system was analyzed. The hydraulic processes in the pipes depend on their diameter, length, water flow, pressure, and the slope of the land. Through this hydraulic process, the existing problems of water distribution in the drip irrigation pipes were identified. Expressions for selecting the optimal length of the pipes in the drip irrigation system were derived through the hydraulic process. Based on the results of practical research, the hydraulic movement of water in the pipes was modeled. A mathematical model was developed for the distribution of water flow and pressure in the main, distribution, and irrigation pipes based on a 10% criterion. This modeling process helps optimize water distribution and leads to an increase in the efficiency of the drip irrigation system.

Keywords: Drip, hydraulic, pressure, pipeline, main, flow, distribution, resistance, efficiency, technology, modeling.

Введение: Ситуация с нехваткой воды в мире усугубляется с каждым годом. Причиной этого можно назвать множество факторов, в том числе изменение климата и нерациональное использование водных ресурсов. Для смягчения этой ситуации с дефицитом воды в развитых странах широко внедряются водосберегающие технологии орошения, в том числе и в Узбекистане. В частности, одним из приоритетных направлений Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы определено эффективное использование имеющихся водных источников на основе водосберегающих технологий орошения.

При анализе гидравлических процессов особое место занимает формирование и изменение гидравлических сопротивлений в процессе движения воды в оросительной системе. Под их влиянием капельницы доставляют растениям необходимое количество влаги, а также питательные элементы. В республике формируется 15-20% воды, остальная часть воды приходится на трансграничные реки, их доля составляет около 80-85%. Трансграничными реками являются Амударья и Сырдарья.

Материалы и методы: В мировом орошаемом земледелии применяются различные методы и технологии капельного орошения, эффективное использование которых требует формирования сложных технологических процессов. В частности, капельницы, являющиеся основным элементом системы, играют важную роль в эффективной работе израильской технологии капельного орошения. Однако эти капельницы изготавливаются на основе сложных технологий и требуют больших экономических затрат. С целью поиска экономически обоснованных путей решения данной проблемы в Республике Узбекистан применяются оптимальные капельницы для экономичного орошаемого земледелия. Однако система орошения, сформированная с помощью этих капельниц, не дает такого же эффекта, как израильские капельницы. Это, в

свою очередь, является серьезным препятствием для широкомасштабного внедрения системы капельного орошения в орошаемой земледелии в странах Центральной Азии[2].

Существующее положение оказывает серьезное негативное влияние на эффективную и надежную работу элементов системы капельного орошения (трубопроводов, транспортирующих воду под давлением на посевные площади). В обеспечении эффективной работы устройств и элементов системы капельного орошения, разрабатываемых и внедряемых в практику в Узбекистане и зарубежных странах, особо важное значение имеют оросительные трубы, в частности изготовленные из полиэтиленовых материалов, а также научно обоснованный анализ гидравлических процессов в системе[2].

На основе результатов исследования представляем модели, рассчитывающие уменьшение расхода воды и давления при капельном орошении. Для расчета расхода воды в точках, расположенных на различных расстояниях друг от друга по длине, используем следующую формулу[1].

$$Q = (Q_{tr} + Q_{pwd}) - \frac{x}{L} \cdot Q_{pwd}$$

Учитывая расход потока воды, подаваемой насосом в магистральном трубопроводе, применяется следующая формула.

$$Q = Q_0 - (Q_{tr} + Q_{pwd}) - \frac{x}{L} \cdot Q_{pwd}$$

выведем модель расчета характеристики потока h для падения давления вдоль трубопровода при движении воды на расстоянии Δx .

$$\frac{dh}{dx} = \frac{1}{K^2} \cdot Q^2 \quad (1)$$

$$\frac{dh}{dx} = \frac{1}{K^2} (Q_0 - (Q_{tr} + Q_{pwd}) - \frac{x}{L} \cdot Q_{pwd})^2 \quad (2)$$

С помощью вышеуказанной 2-ой формулы можно оценить изменение потока и давления в каждой части трубы. Функция $f(x)$ используется для определения распределения давления и потока по длине системы капельного орошения и имеет следующий вид.

$$f(x) \frac{1}{K^2} (Q_0 - (Q_{tr} + Q_{pwd}) - \frac{x}{L} \cdot Q_{pwd})^2$$

где: Q - расход воды в начальной точке, л/с;

Q_{tr} - расход воды, проходящий по трубе, л/с;

Q_{pwd} - расход воды, распределяемый по трубопроводам в пути, л/с;

Q_0 - начальный расход воды в магистральном трубопроводе, л/с;

x - расстояние подачи к каждому распределительному трубопроводу, м;

L - длина трубы, м;

K - значение, рассчитывающее расход воды по гидравлическому уклону.

$$Q_{tr} = Q - Q_{pwd}$$

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$$

$$S = 0,785 d^2$$

$$K = C \cdot S \sqrt{R}$$

$$\frac{h_i - h_{i-1}}{\Delta x} = f_i$$

$$h_i = \Delta x_i \cdot f_i + h_{i-1}, i=1, \dots, n$$

$$P_{i,j} = P_{i,j-1} - h_i \cdot i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$$

где h_i - характеристика потока по гидравлическому уклону, $P_{i,j}$ - давление.

Используя вышеприведенные формулы (1) и (2), выведем расчетную формулу характеристики потока по гидравлическому уклону.

$$h_i = \frac{1}{K^2} Q_0^2 \left(Q - Q_{tr} - \frac{\Delta x_i}{L_i} Q_{pwd} \right)^2$$

Если, $i = 1, j=1, h_1 = \Delta x_1 \cdot f_1 + h_0$,

Учитывая неравномерное распределение давления между цифровыми манометрами, используя магистральное давление P_0 и характеристику потока, запишем формулу расчета давления по длине магистрального трубопровода капельного орошения следующим образом.

$$\begin{aligned} P_i &= P_{i-1} h_i \\ P_1 &= P_0 - h_i \end{aligned} \quad (3)$$

Результат. На основе исследования, если длина магистральной трубопроводной сети принимается равной 90 метрам, для определения значения выведем следующую формулу.

$$h_i = \frac{L \cdot 0,0639}{90}, h_1 = L \cdot z, z = \frac{0,0639}{90} = 0,00071$$

Расход воды, поступающей из магистрального трубопровода в каждый распределительный трубопровод, определяется по формуле $Q_{pwd} = \frac{L_i(Q_0 - Q_s)}{90}$.

где: Q_{pwd} - расход воды, перешедшей из магистрального трубопровода в распределительный, л/с.

В системе капельного орошения движение воды под давлением из основного трубопровода по вышеуказанным моделям снижается и переходит в распределительный трубопровод. Снижение давления указывает на уменьшение количества воды в трубе.

Уменьшенный расход и давление воды из магистральных и распределительных трубопроводов поступают в оросительный трубопровод, а вода для полива сельскохозяйственных культур распределяется по трубопроводу с помощью капельниц, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. При распределении воды из

капельниц, расположенных на одинаковом расстоянии, неправильно выбранная оптимальная длина трубопровода приводит к неравномерному распределению оросительной воды. Для решения этой проблемы необходимо определить оптимальную длину оросительных труб и применить метод сокращения труб данной длины.

На основе формулы $Q = ql$, учитывая течение воды по длине трубы, выведем модель расчета расхода воды в капельницах, расположенных на одинаковом расстоянии вдоль трубы.

$$Q = ql \quad (4)$$

где: l - длина оросительной трубы, м; q - расход воды из капельницы оросительной трубы, л/с. расход воды из капельницы в оросительной трубе, л/с.

По результатам исследования, расход воды составил от 2,21 до 2,5 л/ч. Соответственно, для одной водовыпускной трубки-капельницы принимаем $q=2,25 \cdot \text{л/ч}$.

Капельная оросительная труба с одинаковым расстоянием между капельницами, с учётом расхода воды из капельниц, имеет следующую формулу:

$$q_s = q\Delta xi \quad (5)$$

где q_s -расход каждой капельницы, Δ -расстояние между капельницами, i - уклон трубы.

Используя формулы (4) и (5), выведем формулу для расчёта расхода воды в каждой капельнице.

$$\begin{aligned} Q_{n,j} &= Q_0 - q_s \\ Q_{n,j} &= ql_j - q\Delta xi \end{aligned} \quad (6)$$

Используя формулу (6), модель расчёта расхода воды для капельниц, расположенных на определённом расстоянии, выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} Q_{1,2} &= Q_1 - q\Delta xi \\ Q_{1,3} &= Q_{1,2} - (Q_{1,1} - Q_{1,2}) \\ Q_{1,3} &= Q_{n,j-1} - (Q_{n,j-2} - Q_{n,j-1}) \quad j = 1, \dots, N, n = 1, M \end{aligned} \quad (7)$$

где Q_1 — расход воды в магистральной трубе, N — количество капельниц, через которые проходит расход воды в трубе, M — количество труб, выбранных для капельного орошения.

На основе приведённых моделей выводим модель для определения длины трубы.

$$\begin{aligned} l_{1,1} &= \frac{Q_{1,1}}{q} \\ l_{n,j} &= \frac{Q_{n,j}}{q} \end{aligned}$$

Согласно исследовательским процессам, если расход воды $Q_{n,j}$ достигает 10% от основного потока воды $Q_{1,1}$, то длина трубы $l_{n,j}$ продолжает быть выбрана до достижения этого значения. В противном случае длина трубы сокращается, поскольку в противном

случае не удастся обеспечить равномерное распределение расхода воды в последней части трубы.

$$l_{n,j} = \begin{cases} \frac{Q_{n,j}}{q}, & 0.9 \cdot Q_{1,1} > Q_{n,j} \end{cases}$$

Таким образом, используя вышеуказанные модели, записываем модели капельного орошения следующим образом.

$$h_1 = \frac{1}{K^2} Q_0^2 \cdot (Q - Q_{tr} - \frac{\Delta x_i}{L_i} \cdot Q_{pvd})^2$$

$$P_i = P_{i-1} - h_i$$

$$P_1 = P_0 - h_1$$

$$Q_{n,j} = Q_{n,j-1} - (Q_{n,j-2} - Q_{n,j-1}) \quad j = 1, \dots, N, n = 1, \dots, M$$

$$l_{n,j} = \begin{cases} \frac{Q_{n,j}}{q}, & 0.9 \cdot Q_{1,1} > Q_{n,j} \end{cases}$$

Обсуждение. В этой модели создана возможность управления расходом воды и давлением в системе капельного орошения. Контроль давления воды в трубах с разным диаметром, обеспечение поступления воды в капельное орошение согласно установленной норме и контроль расхода воды из капельниц, расположенных на одинаковом расстоянии, позволяют определить оптимальную длину последовательных труб. С помощью этой модели выбор длины труб для капельного орошения даёт свои результаты. Цель модели найти оптимальную длину труб, при которой расход воды и давление на выходе из трубы распределяются равномерно с погрешностью в 10% [10].

Вывод. Эффективная работа систем капельного орошения требует обеспечения равномерного распределения давления и потока через трубы. Для этой цели разработка новых гидравлических моделей и эмпирических формул поможет повысить эффективность системы в практике. Также необходимо оптимизировать технологические параметры для улучшения работы оросительных труб длиной 100 м и более.

Гидравлические расчёты системы капельного орошения помогают инженерам и фермерам улучшить её эффективность. Через гидравлическое моделирование можно выявить изменения давления в системе и создать возможности для дальнейшего совершенствования работы её элементов. Это, в свою очередь, имеет важное значение для сбережения воды и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников.

1. А.Е.Новиков, М.И.Ламскова В.А.Моторин, В.В.Некрасова Гидравлический расчет лент системы капельного орошения Мелиорация и рекультивация, экология 2' 2014.
2. Ишанов Ж.Х., Петров А., Қутлимуродов Ж. Томчилатиб суғориш тизими, магистрал қувурнинг гидравлик ҳисоби //Agro Im журнали. №5 „Б 79-80 2022.
3. Махмудов. Э.Ж. Ишанов Ж.Х Қўп фазали суюқликлар модели асосида томчилатиб суғоришдаги гидравлик жараёнлар таҳлили //О‘zbekiston qishloq va suv хо‘jaligi” №1, Б 56-58 2023.
4. Ishanov J.Kh., Makhmudov E. J. Hydraulic processes in irrigation flexible pipes of drip irrigation system and results of practical studies Science and innovation international scientific journal volume 2 issue 5 may 2023 uif-2022: 8.2 issn: 2181-3337 scientists.uz <https://doi.org/10.5281/zenodo.7927701WWW.gazeta.uz/uz/2023/07/>
5. Г.Ю.Шейникин, В.А. Сурин, Е.Н. Горбунова Оросительная сеть с закрытыми трубопроводами Москва 1965. – 152 с.
6. Ишанов Ж.Х. Томчилатиб суғориш тизими қувуридаги беҳуда босим сарфини ўлчов асосида тажрибалар натижалари international conference on developments in education sciencesand HUMANITIES International scientific-online conference 4nd part, 85-88 pp Part 4 September 2 <https://doi.org/10.5281/zenodo.7129006>
7. Махмудов Э.Ж. Ишанов Ж.Х. Томчилатиб суғориш тизимидаги гидравлик жараёнлари. Муаммолар ва ечимлари international conference on developments in education sciencesand HUMANITIES International scientific-online conference 4nd part, 89-92 pp Part 4 September 2 <https://doi.org/10.5281/zenodo.7129006>
8. Ishanov J.Kh. Determination of hydraulically acceptable length of drip irrigation pipe Science and innovation international scientific journal volume 2 issue 5 may 2023 uif-2022: 8.2 issn: 2181-3337 scientists.uz <https://doi.org/10.5281/zenodo.7954133>
9. Ишанов Ж.Х., PhD Гидравлический расчет неустановившегося движения воды в трубах системы капельного орошения Экономика и социум №5(120)-2 2024
10. Ж.Х. Ишанов Рекомендации по внедрению в практику гидравлического расчета элементов системы капельного орошения Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия Центральной Азии Научно-информационный центр МКВК Ташкент 2025 ст 165.
11. Межгосударственный стандарт ГОСТ ИСО 9261-Оборудования сельскохозяйственное оросительное трубопроводы для полива технические требования и методы испытаний Москва Российский институт стандартизации 2006.