

Ж.Х. Ишанов

Рекомендации по внедрению в практику гидравлического расчета элементов системы капельного орошения



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2025

**Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия
Центральной Азии**

Научно-информационный центр МКВК

Ж.Х. Ишанов

**Рекомендации по внедрению в практику
гидравлического расчета элементов
системы капельного орошения**

Ташкент 2025

Данные рекомендации были подготовлены по результатам научных исследований “Внедрение в практику гидравлического расчета элементов системы капельного орошения”, выполненных в НИЦ МКВК

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Рекомендации по гидравлическим процессам в трубах систем капельного орошения.....	6
2. Рекомендации по анализу и результатам полевых исследований в трубах капельного орошения	11
3. Рекомендации по анализу полевых исследований в случае уклона ($i=0,0$) расхода воды и давления по длине трубы капельного орошения.....	15
4. Рекомендации по анализу полевых исследований в зависимости от уклона ($i=0,00497$), давления и расхода воды по длине трубы капельного орошения.....	19
5. Рекомендации по анализу состояния в трубах капельного орошения при внесении удобрительной смеси и без ее внесения	33
Общие рекомендации.....	35
Список использованной литературы.....	37

ВВЕДЕНИЕ

Широкомасштабное внедрение эффективных технологий орошения, обеспечивающих нормированную подачу воды на орошаемые посевные площади, являются одним из актуальных проблем сегодняшнего дня.

Ситуация с дефицитом воды в регионе с каждым годом становится всё более сложной. В результате глобального изменения климата, площадь ледников в Центральной Азии за последние 50-60 лет сократилась примерно на 30 %. По оценкам экспертов, при повышении температуры на 2 °С, объем ледников уменьшится на 50 %, при повышении на 4 °С – на 78 %.

Согласно расчетам, к 2050 году ожидается сокращение водных ресурсов в бассейне р. Сырдарья на 5%, в бассейне р. Амударья – до 15 %. В соответствии с прогнозом, это сокращение к 2030 году может достичь 7 млрд. м³, а к 2050 году – 15 млрд. м³¹.

В соответствии с рабочим планом, сотрудником Научно-аналитического отдела Регионального водного хозяйства НИЦ МКВК ведется работа по разработке рекомендаций «по внедрению в практику гидравлического расчёта элементов систем капельного орошения», направленная на определение оптимальной длины трубопроводов для капельного орошения.

В условиях изменения климата и дефицита воды важное значение имеет проведение научных исследований, направленных на эффективное использование имеющихся водных ресурсов в орошаемом земледелии и поэтапное внедрение капельного орошения, как одной из водосберегающих технологий, постепенно заменяющей традиционные методы орошения.

В этой связи, в Республике Узбекистан ведется работа по усовершенствованию законодательной и нормативно-правовой базы по внедрению водосберегающих технологий. В частности, Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему совершенствованию внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве» (№ ПП-144 от 01.03.2022 г.), Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему ускорению организации внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве» (№ ПП-4919 от 11.12.2020 г.), Постановление Президента Республики Узбекистан

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-6024 от 10.07.2020 г. «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы»

«О неотложных мерах по повышению эффективности использования водных ресурсов» (№ ПП-107 от 01.04.2023 г.).

Настоящие рекомендации направлены на разработку научно-обоснованного руководства, направленного на обеспечение исполнения Указов и Постановлений.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ В ТРУБАХ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Для определения давления в трубах системы капельного орошения были использованы цифровые манометры и пьезометры, адаптированные к данной оросительной системе. Материал магистрального трубопровода представляет собой недеформируемый полиэтилен, который может быть установлен как под землей, так и на поверхности. В то же время, для распределительных и оросительных труб в настоящее время чаще всего применяются деформируемые трубопроводы.

Несмотря на многочисленные исследования гидравлических процессов в трубопроводах капельного орошения, которые позволили достаточно изучить поведение системы, практических рекомендаций для их эффективного применения на практике все еще недостаточно.

Для достижения этой цели был проведен анализ проблем гидравлических процессов оросительных трубопроводов, обеспечивающих эффективную работу системы капельного орошения, проведены исследования по улучшению состояния и расходу по длине оросительного трубопровода, а также по тому, чтобы разница между начальной и конечной точкой давления не превышала 10 % критерия. Оросительные трубы в настоящее время широко используют деформированные трубы.

Части, относящиеся к составу системы капельного орошения и их задачи:

Отстойник. Сооружение, обеспечивающее безопасную работу насосного оборудования для улавливания и различных видов водорослей и наносов в составе сточных вод, а также сооружение системы капельного орошения, формирующее надежный запас воды.

Насосное оборудование. Устройство, работающее на электро-энергии, жидком топливе или другой альтернативной энергии, предназначенное для подачи воды из источника в необходимом количестве и создания необходимого давления для орошения сельскохозяйственных культур. В связи с тем, что процессы в системе капельного орошения связаны с напорным движением потока, требуется использование насосного оборудования в системе.

Система фильтрации. Система фильтрации – это устройство системы капельного орошения для очистки осадков в воде и подачи чистой воды в систему, во избежание засорения капельниц. В зависимости от качества воды обычно применяют гравийные фильтры и сетчатые, дисковые фильтры.

Магистральной трубопровод. Магистраль трубопровода подает воду в распределительный трубопровод сетей капельного орошения, связанных с основной системой управления. Магистраль по размещению трубопроводов делится на два типа: надземные и подземные.

Распределительный трубопровод. Распределительным трубопроводом являются подземные или надземные трубы, служащие для подачи и распределения воды из магистрального трубопровода в оросительные трубы или для распределения воды в междурядья.

Трубы капельного орошения. Трубы с капельницами, укладываемые между рядами культур, предназначены для подачи воды к корню растения в установленной норме.

Система капельного орошения играет важную роль не только в экономии значительного объема воды, но и в улучшении мелиоративного состояния земель, существенном повышении урожайности и улучшении качества сельскохозяйственных культур.

Технология капельного орошения представляет собой метод полива, позволяющий получать стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур в условиях дефицита водных ресурсов.

В настоящее время в республике широко внедряется технология капельного орошения, однако, во многих случаях установленные оросительные системы негативно влияют на равномерное развитие сельскохозяйственных культур из-за превышения оптимальной длины оросительных труб на местах. Несмотря на то, что проведены достаточные исследования по гидравлическим процессам в системе капельного орошения как без внесения, так и при внесении удобрительных смесей, соответствующие рекомендации остаются неприменяемыми на практике. При проектировании системы капельного орошения специалисты продолжают использовать формулу Дарси-Вейсбаха и таблицу Шевелева для гидравлических расчетов.

В системах капельного орошения широко применяются следующие виды капельниц: цилиндрической формы, на наружной стороне трубы, устанавливаемой со стороны трубы и др. Проанализировано изменение потока воды в оросительных трубах в зависимости от его длины. Анализ показал, что научные исследования в этом направлении проводились без учета влияния изменчивости потока воды, сформированного в

водосточных трубах, по его длине. Хотя в данных и приведены расчеты гидравлических параметров систем капельного орошения, применяемых на сельскохозяйственных культурах, однако, в анализе ученых приведены зависимости, а гидравлические свойства не оценены на достаточном уровне.

Во многих случаях [7] для расчета неравномерного распределения давления используется формула Williams-Hazen.

$$h_f = \frac{K \cdot l^{1,852} \cdot l}{C^{1,852} \cdot D^{1,167}} \quad (1)$$

где: K – эмпирический коэффициент $K = 0,0837$,

C – коэффициент Шези.

Для расчета давления Δh по длине оросительной трубы- l h_f при неравномерном движении Гиллепи предложил следующую формулу [15]:

$$h_f = \left[1 - \left(1 - \frac{l}{L} \right)^{2,852} \right] \cdot \Delta \cdot h \quad (2)$$

Потеря давления при устойчивом равномерном движении потока воды [15] можно определить по формуле (1.3)

$$h_f = \frac{Q_H^2}{K_H^2} \cdot L \quad (3)$$

где, Q_H – расход воды в начале оросительной сети, м³/с,

K_H – модуль расхода, м³/с.

Предложено определить потери давления в оросительных трубах [15] по следующей формуле.

$$h_{bnt} = K_1 \cdot K_2 \cdot N \cdot \frac{L_I v^{2-m} (n_i \cdot q_K)^m}{g \cdot D^{3+m}} \quad (4)$$

где, K_1 – коэффициент, учитывающий тип вытяжек и способ их подключения к оросительной трубе (в проводниковых вытяжках $K_1=1,0$; в узловых ($K_1=0,95$));

K_2 – коэффициент учета местного сопротивления при изменении расстояния между вытяжками [16] определяется по формуле.

$$K_2 = 1,06 - 0,02l_k \quad (5)$$

l_k – расстояние между капельницами, м,

ν – коэффициент кинематической вязкости воды $t^\circ = 20^\circ \text{C}$,

$\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,

n_i – количество вытяжек по длине исследуемой части трубопровода, шт,

q_k – расход капельниц, л/с,

N – коэффициент, учитывающий зависимость от длины оросительной трубы,

m – показатель, оказывающий длину оросительной трубы.

Для определения неравномерного распределения давления в оросительных трубах [9] предложено следующее выражение:

$$h_f = a(b - n) \frac{L_I \cdot \vartheta^{1,75}}{D^{1,25}} \quad (6)$$

где, a и b – постоянные безразмерные коэффициенты, величины, учитывающие влияние пропускных элементов на движение воды в трубопроводной сети,

n – число капельниц, шт,

L – длина трубы капельного орошения, м,

D – диаметр трубы, мм.

При определении коэффициента гидравлического сопротивления по длине оросительной трубы диаметром 16 мм используют [14]:

$$\lambda = \frac{2,017}{\text{Re}^{0,20}}, \quad (7)$$

На основе анализа изменения давления и расхода воды в оросительных трубах по длине, для определения расхода потока в капельницах [16], согласно гидравлики, было рекомендовано определение известного удельного расхода воды.

$$q_k = \mu \omega_k \sqrt{2g \cdot H} \quad (8)$$

где, μ – коэффициент расхода капельницы,

ω_k – продольный разрез капельниц, м²,

H – давление в исходной точке капельницы, м.

Основываясь на этой формуле и прикладных исследованиях, ниже рекомендуется выражение для определения расхода трубы капельного орошения.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ И РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ТРУБАХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Процесс определения давления и анализа полученных результатов с помощью пьезометра, приспособленного к системе капельного орошения, осуществляется следующим образом.

В хлопковом поле фермерского хозяйства установлено оборудование капельного орошения в виде четырех пьезометров через каждые 25 м с целью определения равномерного обеспечения давления воды по длине капельного оросителя 75 м.

При наблюдении за давлением воды в части гибкой оросительной трубы, на которой установлен четвертый пьезометр, было обнаружено влияние давления воды с противоположной стороны. При проведении исследований временным закрытием входа воды с противоположной стороны к участку трубы, где расположен четвертый пьезометр в гибкой оросительной трубе, исследование изменения потери давления по длине оросительной трубы проводилось следующим образом (рис. 1).

Первый пьезометр, установленный на расстоянии 0,20 м от перехода распределительной трубы к оросительной трубе, был принят в качестве контрольного пьезометра, по отношению к которому выявлены тенденции изменения потери давления в трубах капельного орошения. Для определения показателей давления воды в трубопроводе капельного орошения длиной 75 м замеры проводились по пьезометрам, установленным на 0,20, 25, 50 и 75 метрах трубопровода, согласно принятой выше методике.

На основе метода, принятого в рамках исследования, практические научные экспериментальные действия повторялись в 5 повторностях. Сравнение результатов полевых исследований по использованию противоположных и односторонних методов орошения сельскохозяйственных земель с целью регулирования неравномерного потока давления по длине труб капельного орошения показано на рис. 2.



Рисунок 1. Пьезометры, установленные для изучения гидравлического процесса в системе капельного орошения фермерского хозяйства.

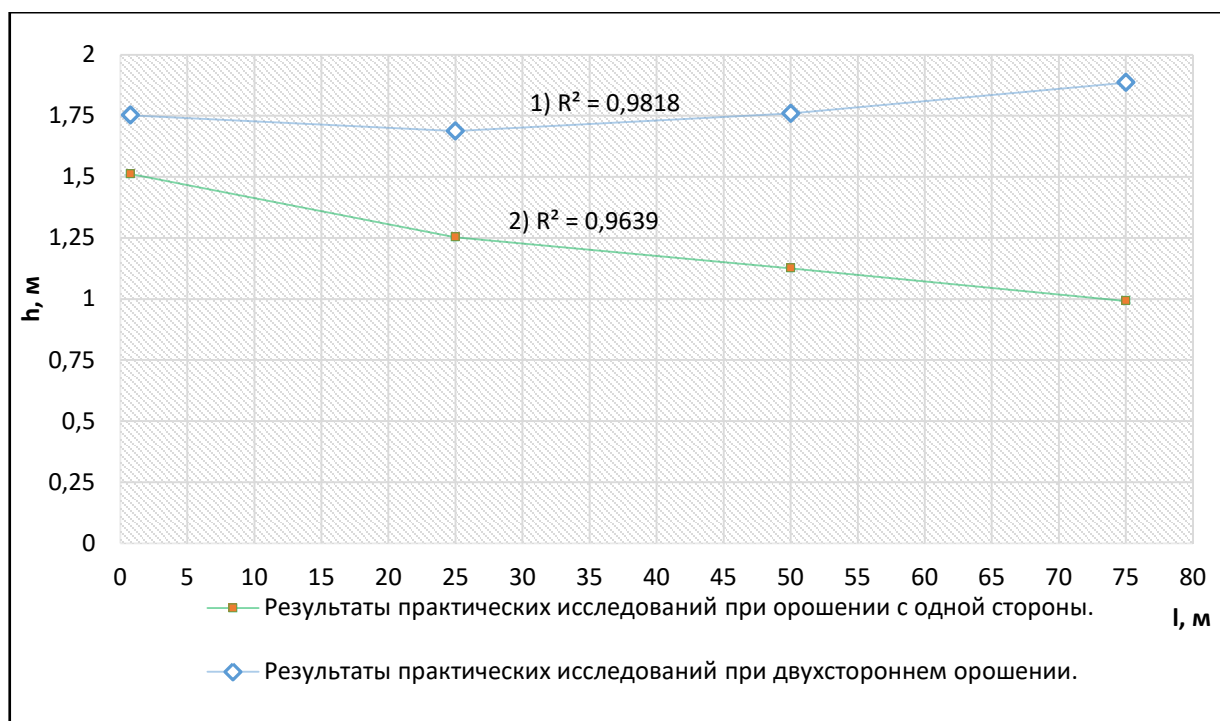


Рисунок 2. Изменение потери напора воды в системе капельного орошения по длине оросительной трубы

Линия зеленого цвета “результаты практических исследований при орошении с одной стороны” на рисунке 2 показывает потери давления воды в системе капельного орошения. В результате анализа изменения длины оросительной трубы установлено, что начальное давление оросительной трубы длиной 75 м составляет 1,51 м, а давление в ее концевой части составляет 0,95 м, таким образом, потери равны 0,52 м. Если представить эти результаты в % по длине оросительной трубы, то потери давления воды составили 34 %. Этот результат означает, что длина оросительной трубе соответствует критерию 10 % по ГОСТу.

Приведенное выше положение связано с тем, что давление воды в оросительных трубах не обеспечивается равномерно, поэтому сельскохозяйственные культуры не могут достичь высокой урожайности без обеспечения водой.

На основе практических исследований получено следующее выражение (9) для определения потерь давления по длине трубы:

$$h = -0,0068 \cdot l + 1,4764 \quad (9)$$

На рисунке 2 синей линией “результаты практических исследований при двухстороннем орошении” при встречном движении оросительной воды по трубам капельного орошения длиной 75 м потери движения давления оказались равной 0,15 м при начальном давлении 1,75 м. Если взять эти результаты в процентом расчете (%) по длине оросительной трубы, то неравномерное движение давления воды составило 3,71 %. Вышеописанная ситуация означает, что длина оросительной трубы соответствует критерию 10 % по ГОСТу.

Такое положение позволяет получать высокий урожай за счет обеспечения водой сельскохозяйственных культур за счет равномерного распределения воды в капельницах труб капельного орошения.

На основе анализа результатов практических исследований получено следующее выражение:

$$h = -5 \cdot e^{-8} l^2 + 0,004 \cdot l + 1,7508 \quad (10)$$

Выражения (9) и (10) позволяют рассчитать расход воды и потери давления по длине труб капельного орошения.

При двустороннем движении воды в трубе капельного орошения длиной 75 м начальное давление в ней составило 1,75 м. На участке длиной 25 м наблюдалось неравномерное распределение давления, и его

изменение составило 0,07 м. Потеря давления составило 3,71%, в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 9261 этот показатель составляет 10 %.

Когда в оросительной трубе образовалось двустороннее (противоположное) движение воды, потери давления были скомпенсированы. Исходя из этого, рекомендуется для компенсации потери давления воды по длине труб капельного орошения на равнинных сельскохозяйственных полях использовать широко применяемый в традиционном орошении метод двустороннего (противоположного) орошения.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СЛУЧАЕ УКЛОНА ($i=0,0$) РАСХОДА ВОДЫ И ДАВЛЕНИЯ ПО ДЛИНЕ ТРУБЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Полевые исследования проводились на ирригационных трубах с тремя различными капельницами на расстоянии между ними 30 см, 40 см и 50 см и диаметром 16 мм, помещенными внутри трубок капельного орошения.

Эксперимент по плоскому состоянию трубы капельного орошения на уровне земли в следующем: с целью гидравлического изучения неравномерного движения давления воды по длине оросительной трубы, был закреплен цифровой манометр на петле, установленной для закрепления 1-го манометра на 1,5 м, 2-го манометра на 50,0 м, 3-го манометра на 96,0 м и манометра на 150,0 м от исходной части гибкой оросительной трубы, был открыт крайник и записаны показания из цифрового манометра.

Вместе с давлением был определен расход воды в оросительной трубе и неравномерность распределения по длине с помощью мензурки от начальной точки расположения капельниц от 50 м, 100 м и 150 м.

Сравнение средних показателей расхода воды и давления в капельной оросительной трубе диаметром 16 мм с интервалом между капельницами 50 см и длиной 150 м, а также анализ полевых исследований в зависимости от давления и расхода по длине трубопровода выглядят следующим образом:

Средние показатели расхода и давления воды в оросительной трубе в обобщенном состоянии, распределение по длине оросительной трубы проанализированы на графике (рисунок 3).

Линия 1 на этом графике представляет собой линию, отражающую распределение расхода воды по длине в трубе 150 м. При расходе воды в начальной точке 3,18 л/с расход воды в конечной точке составил 1,95 л/с, этот показатель составил 38,68 % в процентном расчёте соотношения.

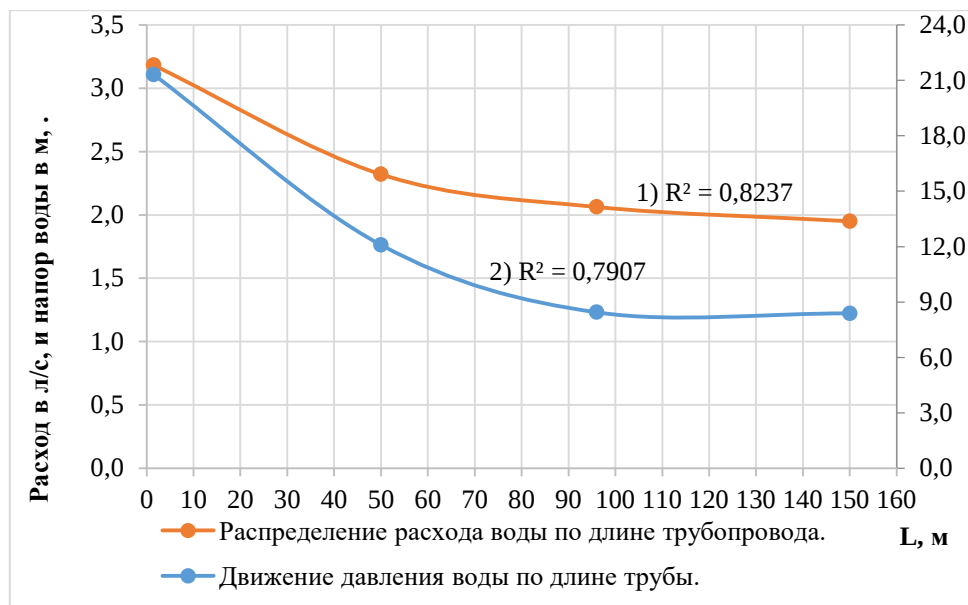


Рисунок 3. Изменение расхода и давления воды на длине 150 м в горизонтальном положении с диаметром капельного оросителя 16 мм и промежутком капельниц 50 см

На основе анализа результатов практических исследований, линия 1 на рисунке 3, было получено выражение (11).

$$q = -0,008 * l + 2,9718 \quad (11)$$

Линия 2 графика представляет собой линию, отражающую распределение давления воды по длине трубы 150 м, при этом показатель давления в начальной точке составляет 21,3152 м, а показатель манометра, установленного в конечной точке, составляет 8,3851 м.

В результате анализа полевых исследований установлено, что неравномерность перемещения давления по длине в трубе составляет 12,9301 м воды. Этот показатель в процентном соотношении составил по расчету 60,66 %.

Исходя из вышеизложенной ситуации, в результате потери водопотребления и давления по длине оросительного трубопровода сельскохозяйственные культуры отстают в развитии и оказывают серьезное негативное влияние на урожайность.

На основе практического анализа по длине трубы, представленной на линии 2 на рисунке 3, движение напора воды было получено следующим образом (12) в соотношении:

$$h = -0,0853 \cdot l + 18,902 \quad (12)$$

Выражение (11) позволяет рассчитать неравномерное распределение расхода потока воды по длине трубы капельного орошения 150 м, а выражение (12) дает возможность вычислить потери давления.

Распределение давления обобщенной по длине трубы капельного орошения с диаметром 16 мм, расстоянием между капельницами 50 см и длиной 70,0 м, на основе средних показателей расхода и давления воды, полученных в 5 повторностях, представлено на графике (рисунок 4).

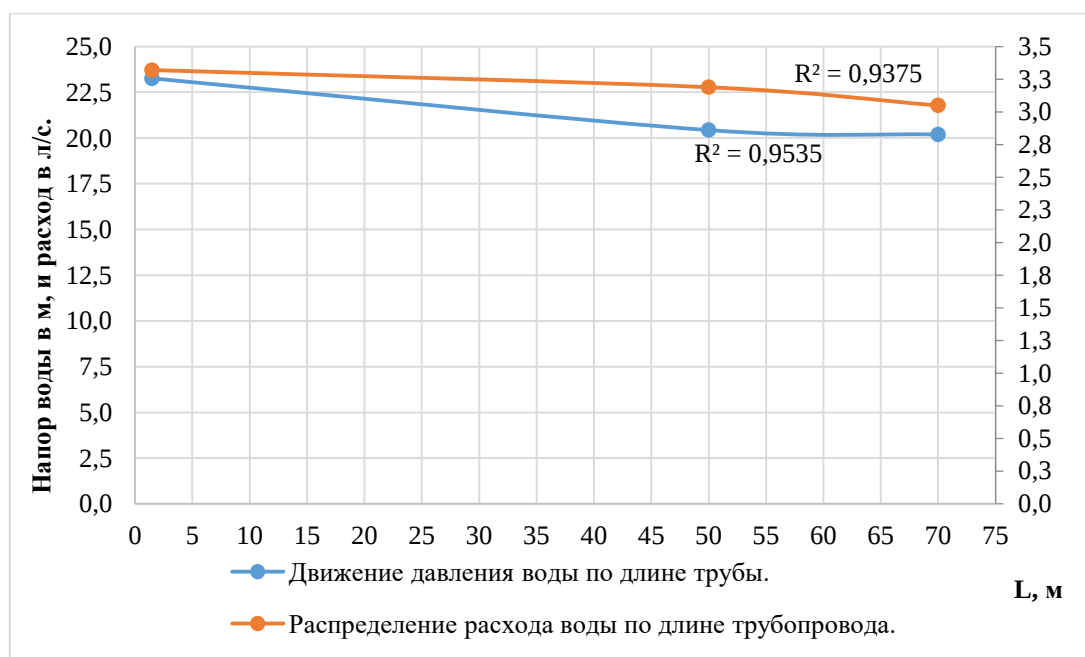


Рисунок 4. Изменение расхода и давления воды на длине 70 м в горизонтальном положении с диаметром капельного оросителя 16 мм и промежутком капельниц 50 см

Линия 1 данного графика является линией, отражающей распределение расхода воды в трубе по длине **70,0 м**, показатель расхода воды в начальной точке составляет **3,32 л/с**, а показатель расхода воды в конечной точке составляет **3,05 л/с** (рисунок 4).

Этот показатель составил **8,14%** в процентах при длине оросительной трубы **70,0 м**. Из этого видно, что расход воды по длине оросительной трубы обеспечивается равномерно и соответствует вышеуказанным требованиям ГОСТ.

На основе анализа линия 1 рисунка 4 было получено выражение (13) по результатам практических исследований.

$$q = -0,0037 \cdot l + 3,3367 \quad (13)$$

Линия 2 на графике представляет собой кривую, отражающую распределение давления воды в трубе по длине **70** м, при этом показатель давления воды в начальной точке составляет **23,2597** м водяного столба, а показания манометра, установленного в конечной точке, составляют **20,1911** м водяного столба. По результатам полевых исследований установлено, что потери давления воды в трубе капельного орошения длиной **70** м составляют **3,0686** м водяного столба.

Этот показатель составляет **13,19** % в процентном соотношении, а потеря давления воды на **3,19** % выше, чем вышеуказанное требование ГОСТа.

На основе практического анализа выражение распределения давления (14) по длине трубы, соответствующее линии 2 на рисунке 4, было получено следующим образом:

$$h = -0,0931 \cdot l + 23,398 \quad (14)$$

Выражение (13) позволяет рассчитать неравномерное распределение расхода воды по длине капельных оросительных труб 150 м, а выражение (14) позволяет рассчитать потерю давления.

При длине оросительной трубы 150 м неравномерное распределение расхода воды составило 38,68 %, а при длине оросительной трубы 70 м потери давления составила 8,14 %. Потеря давления воды по длине трубы 150 м составила 60,66 %, а при 70 м этот показатель составил 13,19 %.

Исходя из вышеприведенного анализа и результатов, рекомендуется устанавливать длину капельной оросительной трубы цилиндрической формы «**Agro drip**» в пределах от 65 м до 70 м при уклоне земли $i=0,0$.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УКЛОНА ($i=0,00497$), ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА ВОДЫ ПО ДЛИНЕ ТРУБЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Сравнение обобщенных средних показателей давления и расхода воды, полученных на 5 повторностях длиной 150 м с диаметром трубы капельного орошения 16 мм и расстоянием между капельницами 50 см, а также распределение давления и расхода по длине трубы проанализированы на графике, представленном на рисунке 5.

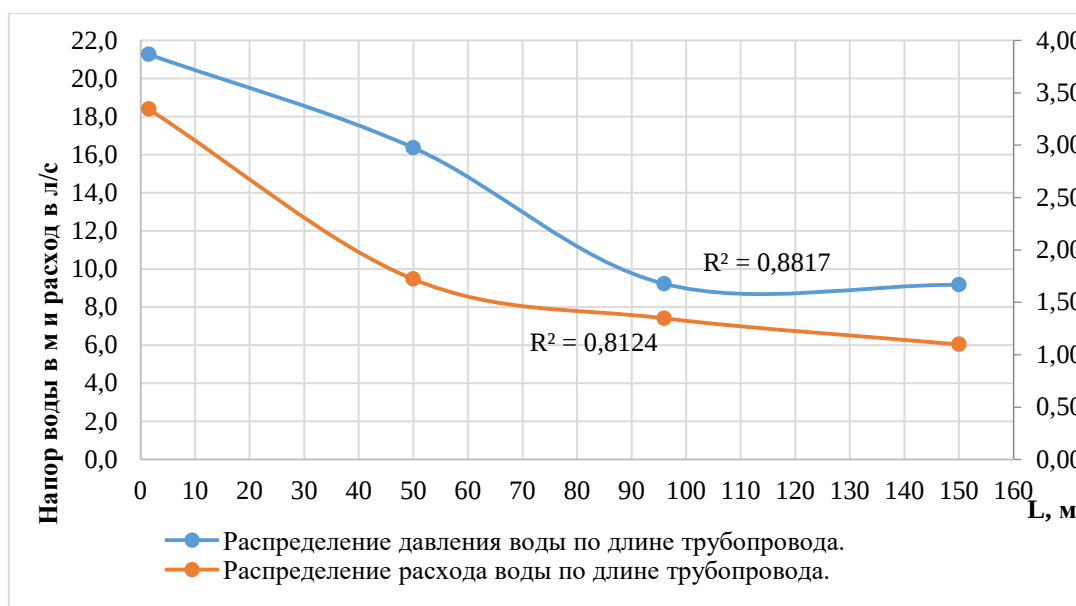


Рисунок 5. Изменение расхода и давления воды на длине 1 м в горизонтальном положении с диаметром капельного оросителя 16 мм и промежутком капельниц 50 см, ($i=0,00497$)

Цветная линия 1 данного графика представляет собой кривую, отражающую распределение давления воды в трубе на протяжении 150 м, при этом показание манометра в начальной точке составляет 21,2668 м водяного столба, а в конечной точке 9,1752 м водяного столба. В результате анализа полевых исследований установлено, что потери давления воды по длине трубы составляют 12,0916 м водяного столба. Это составляет 56,85 % в процентном соотношении, что указывает на потерю давления воды в трубопроводе системы капельного орошения.

На основе анализа линии 1 рисунка 5, отражающей результаты практических исследований, было получено выражение (15).

$$h = - 0,0873 * l + 20.5 \quad (15)$$

Линия 2 на графике представляет собой кривую, отражающую распределение расхода воды в трубопроводе капельного орошения на протяжении 150 м. При этом показатель расхода воды в начальной точке составляет 3,34 л/с, а в конечной точке снижается до 1,09 л/с. Установлено неравномерное распределение расхода воды по длине, составляющее 2,25 л/с. Этот показатель составляет 67,36% в процентном соотношении, что свидетельствует о неравномерном распределении расхода воды в трубах капельного орошения.

На основе анализа линии 2 рисунка 5, отражающей результаты практических исследований, было получено выражение (16).

$$q = -0,0143 \cdot l + 2,9445 \quad (16)$$

Выражение (15) позволяет рассчитать неравномерное распределение напора воды по длине 150 м капельных оросительных труб, а выражение (16) позволяет рассчитать неравномерное движение расхода воды.

Распределение давления по общей длине оросительной трубы, представленное на графике (рисунок 6), отражает средние показатели давления и расхода воды, полученные в 5 повторностях для гибкой оросительной трубы диаметром 16 мм с расстоянием между капельницами 50 см и длиной 70 м.

Линия 1 данного графика представляет собой кривую, отображающую распределение давления воды в трубе на протяжении 70 м, при этом показатель давления в начальной точке составляет 23,0542 м водяного столба, а в конечной точке - 20,2584 м водяного столба. В результате анализа полевых исследований было установлено, что неравномерное изменение давления по длине трубопровода составляет 2,7958 м водяного столба. Данный показатель составил **12,12 %** в процентном соотношении, и было установлено, что выявленное значение не соответствует вышеуказанным требованиям ГОСТ для труб капельного орошения.

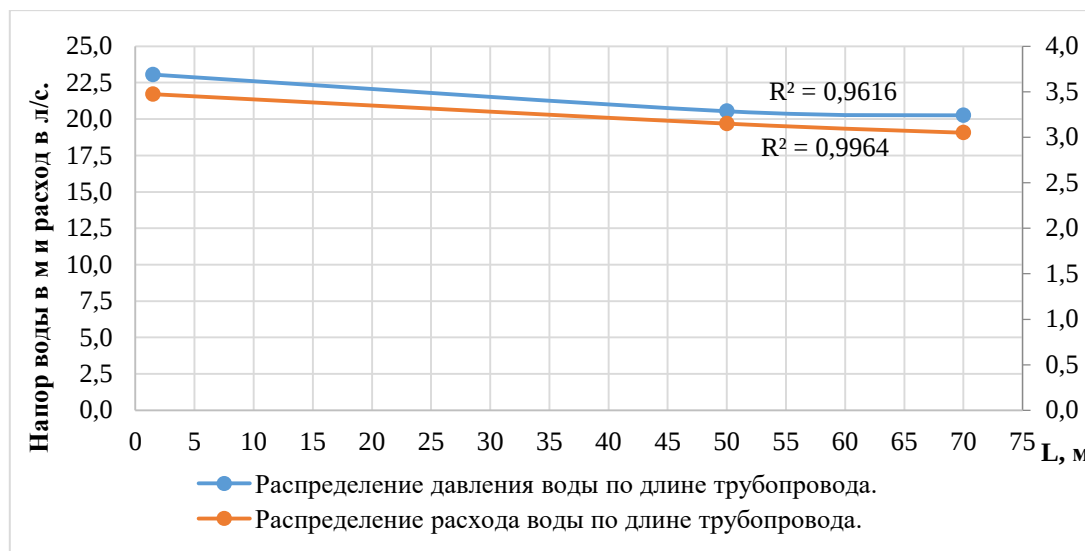


Рисунок 6. График изменения давления и расхода воды в трубе капельного орошения длиной 70 м, диаметром 16 мм, с расстоянием между капельницами 50 см и уклоном ($i=0,00497$)

На основе практического и теоретического анализа для расчета распределения давления воды по длине трубы было получено выражение (17), представленное на рисунке 6 линией 1:

$$h = -0,0429 \cdot l + 23,02 \quad (17)$$

Линия 2 на графике представляет собой кривую, отражающую распределение расхода воды в труба на протяжении 70 м. При этом показатель расхода воды в начальной точке составил 3,47 л/с, а в конечной точке - 3,05 л/с. Данное снижение в процентном выражении составило 12,10%.

На основе анализа линии 2 рисунка 6, отражающей результаты практических исследований, было получено выражение (18).

$$q = -0,0063 \cdot l + 3,4787 \quad (18)$$

Выражение (17) позволяет рассчитать неравномерное движение напора воды по длине труб капельного орошения в 70 м, а выражение (18) – неравномерное распределение расхода.

Трубы с уклоном ($i=0,00497$) при длине оросительной 150 м, расстоянием между капельницами 50 см и диаметром 16 мм потеря напора воды составила 56,85 %, а при длине оросительной трубы 70 м 12,12 %. В

результате полевых исследований установлено, что неравномерное распределение расхода воды по длине трубы капельного орошения протяженностью 150 м составляет 67,36 %, а при длине 70 м этот показатель составляет 12,10 %.

Исходя из вышеизложенного, при диаметре капельной оросительной трубы цилиндрической формы «Agro drip» 16 мм, расстоянии между капельницами 50 см, уклоне ($i=0,00497$) оптимальная длина оросительной трубы **рекомендуется 65÷70 м**.

Средние показатели расхода и давления воды, полученные в 5 повторностях при длине гибкой оросительной трубы 150 м, расстоянии между капельницами 40 см, диаметре 16 мм и уклоне ($i=0,00497$), проанализированы на графике распределения расхода и давления воды по длине обобщенной оросительной трубы (рис. 7).

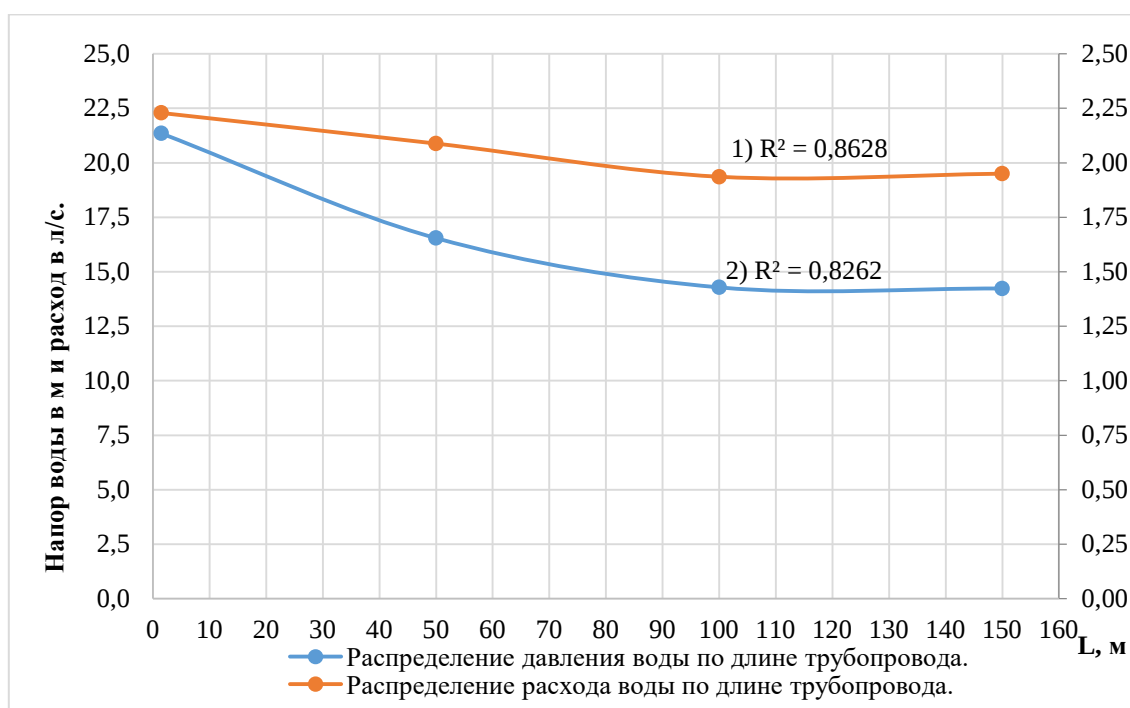


Рисунок 7. График изменения расхода и давления воды в трубе капельного орошения длиной 150 м, диаметром 16 мм, с интервалом между капельницами 40 см и уклоном ($i=0,00497$)

Линия 1 данного графика представляет собой кривую, отражающую распределение расхода воды в трубе по длине 150 м, при этом показатель расхода в начальной точке составляет 2,23 л/с, а в конечной точке 1,95 л/с. Неравномерность распределения расхода по длине трубы составила 0,28 л/с.

Данный показатель в процентном выражении составил 12,55 %. Согласно требованиям ГОСТ, исследование должно проводиться на основе 10%-ного критерия.

На основе практического анализа получено выражение (19) распределения давления для длины трубы, представленное линией 1 на рисунке 7:

$$q = -0,002 \cdot l + 2,2007 \quad (19)$$

Линия 2 на графике представляет собой кривую, отражающую распределение давления воды в трубе по длине 150 м. При этом показатель давления в начальной точке составляет 21,3454 м водяного столба, а показание манометра, установленного в конечной точке, составляет 14,2321 м водяного столба. В результате анализа полевых исследований было установлено, что неравномерное движение давления по длине трубы составляет 7,1133 м воды, и этот показатель составил 33,32 % в процентном отношении.

По этой причине исследование было продолжено так, чтобы он соответствовал 10%-ным требованиям ГОСТ.

На основе практического анализа получено выражение (20) для распределения давления по длине трубы, представленное линией 2 на рисунке 7:

$$h = -0,0475 \cdot l + 20,179 \quad (20)$$

Выражение (19) позволяет рассчитать неравномерное распределение расхода воды по длине труб капельного орошения в 150 м, а выражение (20) позволяет рассчитать неравномерное движение напора воды.

Распределение давления по длине обобщенной оросительной трубы (рисунок 8) проанализировано на графике при следующих параметрах: длина гибкой оросительной трубы 120 м, расстояние между капельницами 40 см, диаметр 16 мм, уклон ($i=0,00497$). Анализ основан на средних показателях расхода воды и давления, полученных в 5 повторностях по всей длине оросительной трубы.

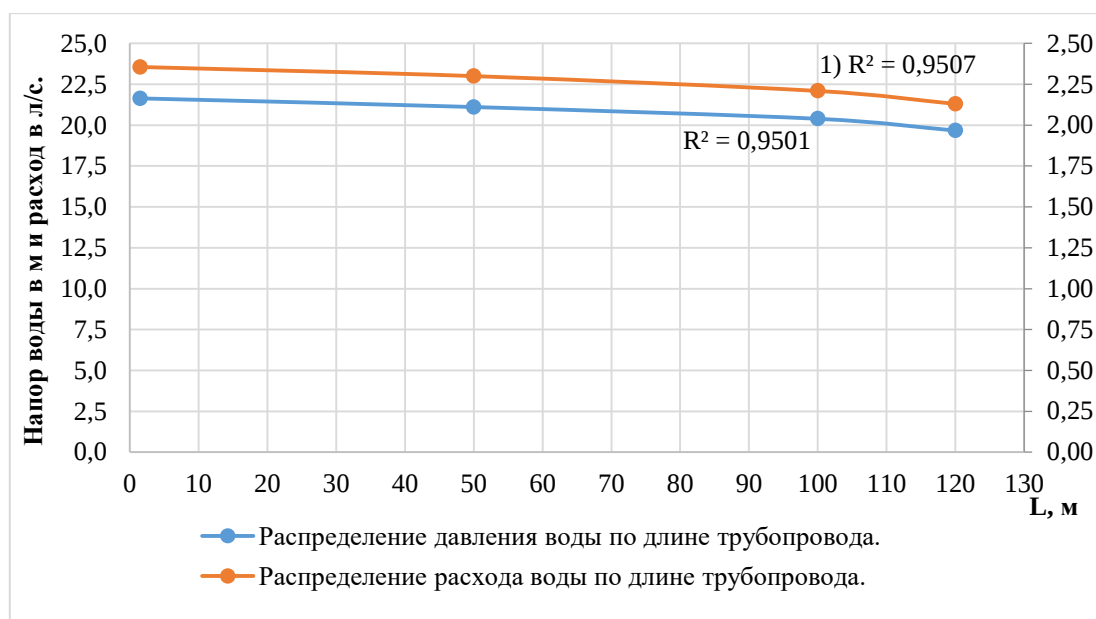


Рисунок 8. График изменения расхода и давления воды в трубе капельного орошения длиной 120 м, диаметром 16 мм, с расстоянием между капельницами 40 см и уклоном ($i=0,00497$)

Линия 1 данного графика отражает распределение расхода воды в трубе по длине **120 м**, при этом показатель расхода в начальной точке составляет **2,36 л/с**, а в конечной точке **2,13 л/с**. Было установлено, что неравномерность распределения расхода воды по длине трубы капельного орошения составила **0,23 л/с**, что в процентном выражении соответствует **9,74%**.

Исходя из вышеизложенного, расход воды по длине оросительной трубы **120 м** соответствует критерию **10 %** ГОСТа, что приводит к равномерному развитию сельскохозяйственных культур.

На основе практического анализа получено выражение (21) распределения расхода воды линии 1 длины трубопровода (рисунок 8):

$$q = -0,0018 \cdot l + 2,3726 \quad (21)$$

Вторая цветная линия на графике отображает распределение давления воды в трубе на протяжении 120 м, при этом показатель давления в начальной точке составляет **21,6368 м** водяного столба, а показание манометра, установленного в конечной точке, **19,6698 м** водяного столба. В результате анализа полевых исследований установлено, что потеря давления воды по длине трубы составляет **4,9670 м** водяного столба. Этот показатель в процентном отношении составил **9,10 %**.

На основе практического анализа распределение давления по длине трубы было определено по выражению (22), соответствующему линии 1 на рисунке 8:

$$h = -0,0157 \cdot l + 21,768 \quad (22)$$

Выражение (21) позволяет рассчитать неравномерное движение расхода воды по длине труб капельного орошения в 120 м, а выражение (22) – давления воды в них.

При уклоне оросительной трубы ($i=0,00497$), длине 150 м и расстоянии между капельницами 40 см неравномерность распределения расхода воды составила 12,55 %, а при длине оросительной трубы 120 м – 9,74 %. Результаты исследований показали, что потеря давления воды по длине составляет 33,32 % при длине трубы 150 м, а при длине трубы 120 м этот показатель составляет 9,10 %.

Исходя из вышеизложенного, целесообразно установить оптимальную длину оросительной трубы капельного орошения фирмы «**Netafim**» в 120 м (на пологом склоне) при диаметре трубы 16 мм и расстоянии между капельницами 40 см.

В результате исследования была определена оптимальная длина вышеуказанной трубы, составляющая 120 м. Данная капельная оросительная труба, произведенная фирмой «**Netafim**» была внедрена на хлопковых полях фермерского хозяйства «Абу Шерфарход», расположенного в Акдарьинском районе Самаркандской области. При изучении оросительной трубы длиной **120,0** м, диаметром 16 мм и интервалом между капельницами **40,0** см было установлено, что при указанных параметрах неравномерность распределения расхода воды по длине трубы составляет **7,6** %, а неравномерность распределения давления воды **10,0** %. Эти результаты были получены в ходе исследований.

Согласно результатам, полученным в результате полевых исследований, диаметр трубы для капельного орошения фирмы «**Netafim**», внедренной в хозяйстве, составляет 16 мм. Рекомендуются установить длину оросительной трубы при расстоянии между капельницами 40 см – 120 м (на пологом склоне).

Результаты исследований представлены на рисунке 9 в виде графика, а данные, полученные с помощью цифрового манометра из оросительных труб, показаны на рисунке 10.

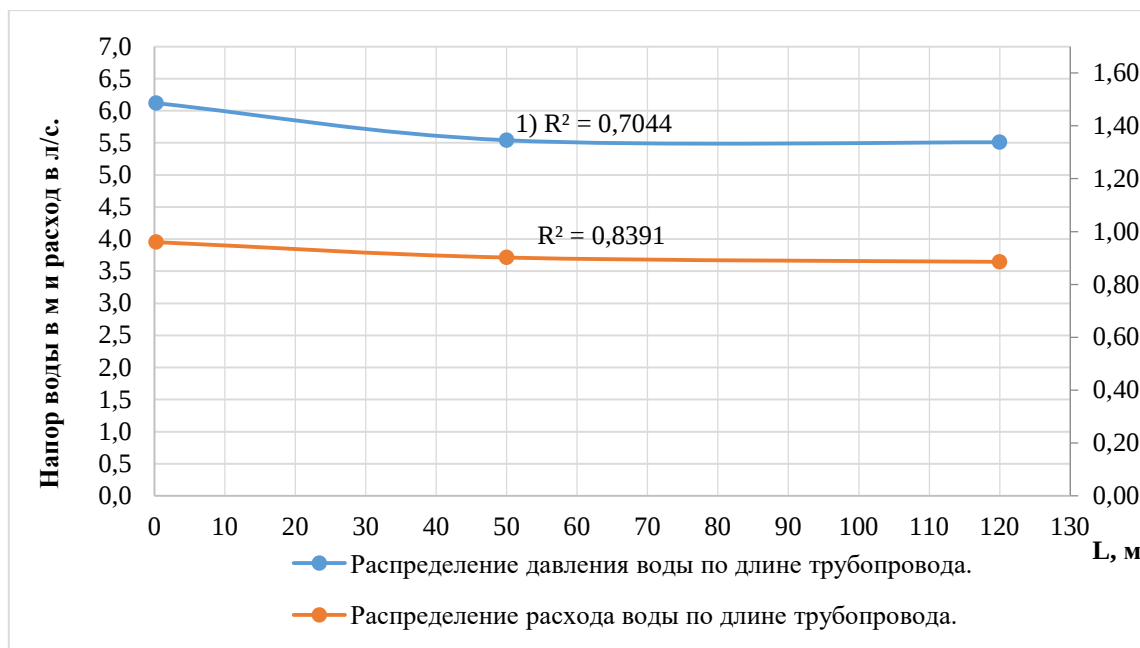


Рисунок 9. График изменения расхода и давления воды в трубе капельного орошения длиной 120 м, диаметром 16 мм, с интервалом между капельницами 40 см

На основе практического анализа длины трубы на основе анализа линия 1 рисунка 9 выражено распределение давления (23):

$$h = -0,0048 \cdot l + 5.9942 \quad (23)$$

На основе практического анализа было получено выражение (24) для распределения расхода воды по длине трубопровода, представленное как линия 1 на рисунке 9:

$$q = -0,0006 \cdot l + 0.9531 \quad (24)$$

Выражение (23) позволяет рассчитать потерю напора воды на протяжении 120 м труб капельного орошения, а выражение (24) неравномерность распределения расхода воды.



Рисунок 10. Результат, полученный в ходе практических исследований

На вышеупомянутой посевной площади фермерского хозяйства были проведены полевые исследования на участке хлопчатника с установленной системой капельного орошения фирмы «**Netafim**».

Параметры системы: длина оросительной трубы 100,0 м, диаметр 16 мм, расстояние между капельницами 40 см (с обратным уклоном). Результаты исследований представлены на рисунке 11.

Линия 1 данного графика представляет собой линию, отражающую распределение расхода воды в трубе по длине 100 м, при этом расход в начальной точке составил 0,65 л/с, а в конечной точке – 0,60 л/с. Было установлено, что неравномерность распределения расхода по длине трубы капельного орошения составила 0,05 л/с, что в процентном выражении равно 7,69 %. Неравномерное распределение расхода по длине трубы капельного орошения составило 0,05 л/с, этот показатель составил 7,69 %.

Исходя из вышеизложенного, расход воды по длине оросительной трубы в 100 м соответствует 10 %-ному критерию ГОСТа, что создает основу для равномерного развития сельскохозяйственных культур.

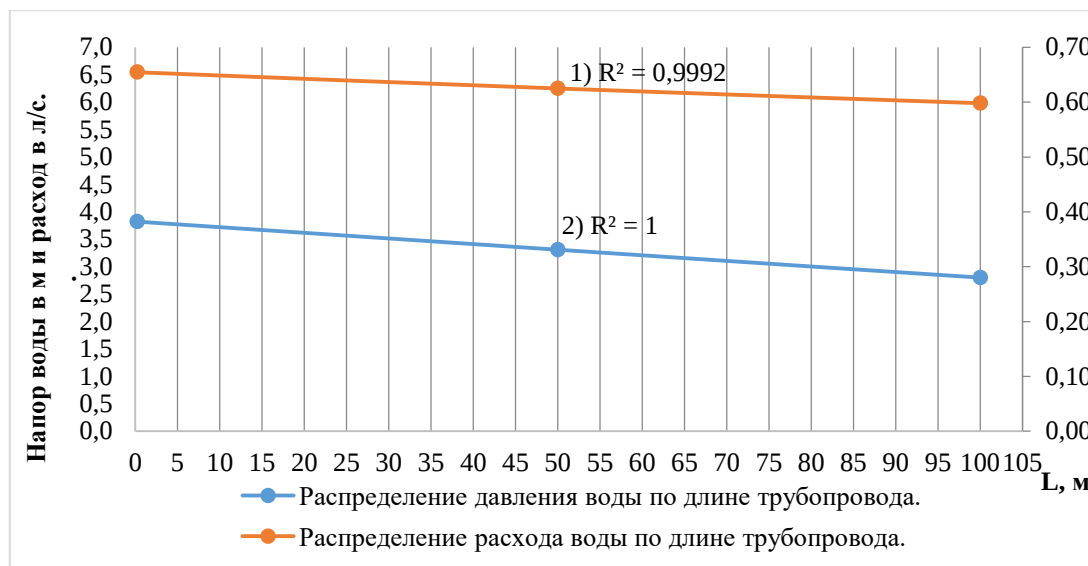


Рисунок 11. График изменения расхода и давления воды для трубы капельного орошения длиной 100 м, диаметром 16 мм, с интервалом между капельницами 40 см

На основе практического анализа для расчета распределения расхода воды по длине трубопровода было получено выражение (25), соответствующее линии 1 на рисунке 11:

$$q = -0,0006 \cdot l + 0,6542 \quad (25)$$

Вторая цветная линия на графике представляет собой кривую, отражающую распределение давления воды в трубе на протяжении 100 м. При этом показатель давления в начальной точке составляет 3,8211 м водяного столба, а показание манометра, установленного в конечной точке, составило 2,8008 м водяного столба. В результате анализа полевых исследований было установлено, что неравномерное движение давления по длине трубы составляет 1.0203 м водяного столба.

Данный показатель составляет 26,70 % в процентном выражении, и вышеприведенный анализ отражает ситуацию, при которой давление воды по длине трубы капельного орошения фирмы «Netafim» не соответствует 10-процентному критерию.

На основе практического анализа для расчета распределения давления по длине трубы, соответствующего линии 1 на рисунке 11, было получено выражение (26):

$$h = -0,0102 \cdot l + 3,8227 \quad (26)$$

Выражение (25) позволяет рассчитать неравномерное распределение расхода воды по длине труб капельного орошения в 100 м, а выражение (26) позволяет рассчитать потери напора воды.

При длине трубы капельного орошения 100 м, диаметре 16 мм и расстоянии между капельницами 40 см расход воды по ее длине соответствует критерию 10%, однако неравномерное распределение напора воды составляет 26,7% и не соответствует вышеуказанному критерию. Результаты полевых исследований были теоретически проанализированы. Исходя из данного анализа, предлагается установить оптимальную длину трубопровода капельного орошения фирмы **“Netafim”** в **100 м** (при обратном уклоне) в случае сокращения длины распределительного трубопровода или увеличения количества гидрантов.

Средние показатели расхода и давления воды, полученные в 5 повторностях для трубы капельного орошения длиной 150 м, диаметром 16 мм, с расстоянием между капельницами 30 см и уклоном ($i=0,000497$), проанализированы в обобщенном виде на графике (рисунок 12).

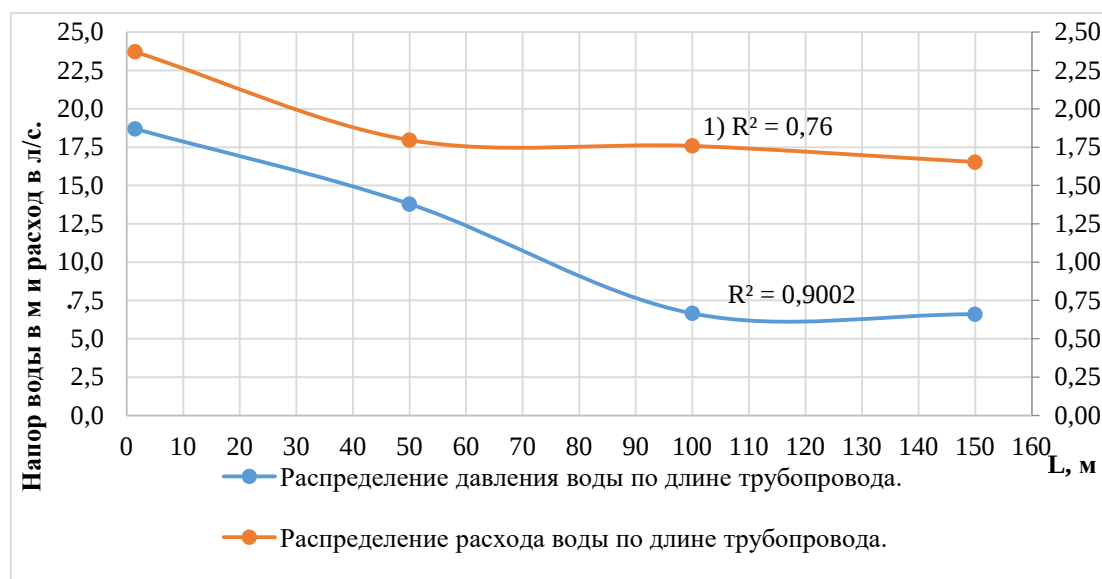


Рисунок 12. График изменения давления и расхода воды на протяжении 150 м капельной оросительной трубы диаметром 16 мм с интервалом между капельницами 30 см

Линия 1 данного графика представляет собой кривую, отображающую распределение расхода воды по длине капельного оросительного трубопровода в 150 м, при этом показатель расхода в начальной точке

составляет 2,37 л/с, а в конечной точке 1,65 л/с. В результате анализа полевых исследований было установлено, что неравномерное распределение расхода воды по длине трубы составляет 0,72 л/с. Данный показатель составил 30,4 %, что указывает на несоответствие распределения воды критерию 10 % по ГОСТу.

На основе научного анализа 1-й линии на рисунке 13 было получено выражение распределения расхода воды по длине оросительной трубы (27):

$$q = -0,0044 \cdot l + 2,2271 \quad (27)$$

Цветная линия 2 на графике представляет собой кривую, отображающую распределение давления воды в трубе на протяжении 150 м. При этом показатель давления в начальной точке составляет 18,6937 м водяного столба, а показания манометра, установленного в конечной точке, 6,6021 м водяного столба. В результате анализа полевых исследований было установлено, что неравномерное распределение давления по длине трубопровода составляет 12,0961 м водяного столба. Данный показатель составил 64,71% в процентном соотношении.

На основе практического анализа получено выражение для расчета распределения давления линия 1 на рисунке 120 по длине трубы (28):

$$h = -0,0875 \cdot l + 18,033 \quad (28)$$

Выражение (27) позволяет рассчитать неравномерное распределение расхода воды по длине труб капельного орошения протяженностью 150 м, а выражение (28) дает возможность рассчитать потери напора воды.

Учитывая вышеизложенное, полевые исследования проводились до достижения результатов исследования 10%-ного критерия.

Один из таких экспериментов – анализ среднего показателя расхода и давления воды, полученного в 5 повторностях полевых исследований на оросительной трубе капельного орошения длиной 80 м, диаметром 16 мм, с интервалом между капельницами 30 см, представлен в виде обобщенного графика (рисунок 13).

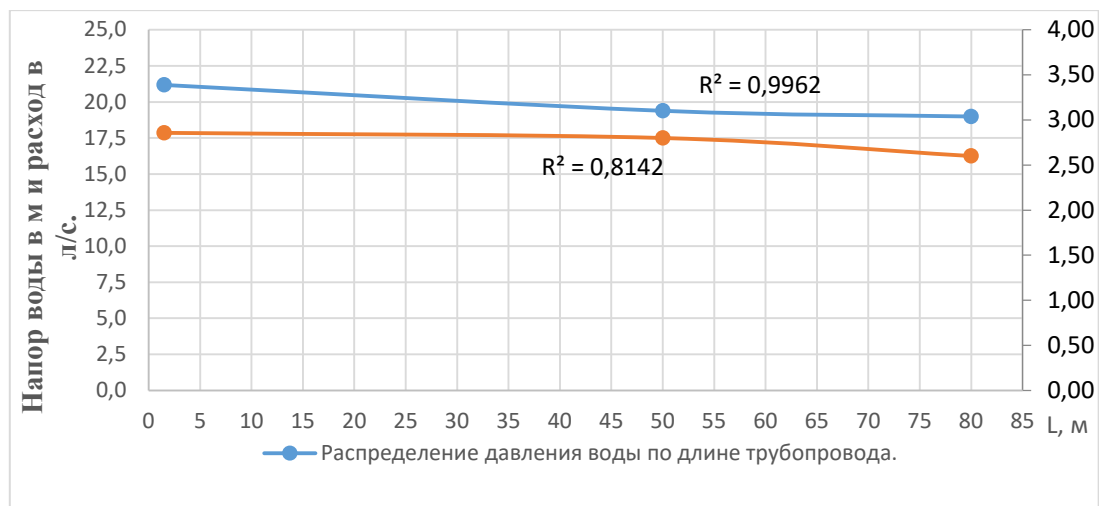


Рисунок 13. График изменения расхода и давления воды в трубе капельного орошения диаметром 16 мм, с расстоянием между капельницами 30 см при длине 80 м

Линия 1 на графике представляет собой кривую, отражающую распределение давления воды по длине капельной оросительной трубы 80 м, при этом показатель давления в начальной точке составляет 21,1802 м водяного столба, а показания манометра, установленного в конечной точке, составляют 18,9913 м водяного столба. В результате анализа полевых исследований было установлено, что неравномерное изменение давления по длине трубы составляет 2,1889 м водяного столба, и этот показатель составил 10,33% в процентном выражении.

На основе практического анализа по длине трубы получено выражение (29), соответствующее линии 2 на рисунке 14, которое вычисляет неравномерное распределение напора воды:

$$h = -0,0288 \cdot l + 21,113 \quad (29)$$

Линия 2 графика представляет собой кривую, отражающую распределение расхода воды по длине капельной оросительной трубы в 80 м. При этом показатель расхода воды в начальной точке составляет 2,86 л/с, а в конечной точке **2,60 л/с**.

Линия 2 данного графика представляет собой кривую, отображающую распределение расхода воды по длине капельной оросительной трубы **80 м**, при этом показатель расхода воды в начальной точке составил **2,86 л/с**, а в конечной точке – **2,60 л/с**. Данный показатель составил **9,09 %** в процентном выражении, что соответствует критерию распределения расхода воды в оросительном трубопроводе в **10 %**.

На основе практического анализа для расчета распределения давления по длине трубы, представленного линией 1 на рисунке 13, было получено выражение (30):

$$q = -0,0031 \cdot l + 2,8872 \quad (30)$$

Выражение (29) позволяет рассчитать потерю напора воды на протяжении 150 м труб капельного орошения, а выражение (30) даёт возможность вычислить неравномерность распределения расхода воды.

При уклоне оросительной трубы ($i=0,00497$) длиной 150 м и расстоянии между капельницами 30 см неравномерность распределения расхода воды составила 30,8%, а при длине оросительной трубы 80 м 9,09%. В результате исследований установлено, что при длине оросительной трубы 150 м неравномерность распределения напора воды составляет 33,32%, а при длине 80 м этот показатель равен 10,33%. Исходя из данного анализа, **рекомендуется** установить оптимальную длину оросительной трубы капельного орошения ООО «Маруф Имкон» в 80 м при диаметре трубы 16 мм и интервале между капельницами 30 см.

В результате полевых исследований во всех полученных формулах q - расход воды, л/с; h - напор воды, м и м вод. ст.; l - длина трубы, м.

Примечание: Данный 10 % критерий получен на основе требований ГОСТ ИСО 9261-2004.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ СОСТОЯНИЯ В ТРУБАХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ И БЕЗ ЕЕ ВНЕСЕНИЯ

При капельном орошении удобрение из удобрительного бака перемешивалось и направлялось в магистральный трубопровод. В ходе исследования удобрительного раствора в оросительном трубопроводе был взят образец из крана, предназначенного для выпуска воды из удобрительного бака. С помощью ареометра была измерена плотность, и установлено, что её значение равно $1,021 \text{ кг/м}^3$.

С помощью ареометра была определена плотность образцов воды, взятых из оросительной трубы, без примеси удобрений и с их примесью. График сравнения полученных результатов представлен на рисунке 15.

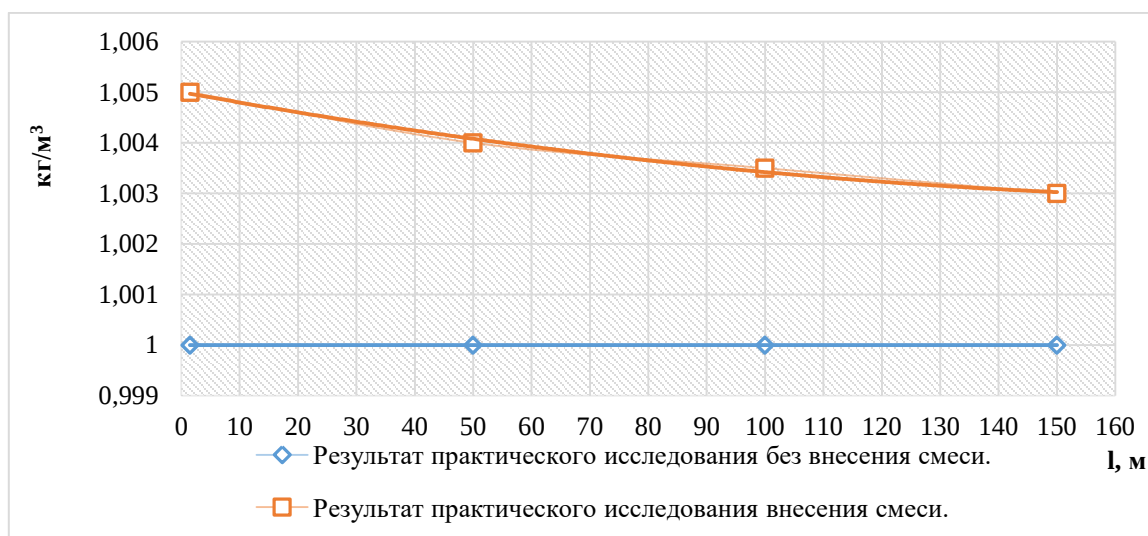


Рисунок 15. Изменение плотности воды без добавления удобрений и с добавлением удобрений по длине оросительной трубы

При добавлении в систему капельного орошения хорошо растворимой в воде удобрительной смеси белой селитры (мочевины карбамида) плотность удобрения в баке составила $1,021 \text{ кг/м}^3$. При длине магистрального трубопровода 86 м и распределительного трубопровода, ведущего к оросительной трубе, 52,30 м были проведены измерения

плотности смеси в оросительной трубе на расстоянии 47 м от точки водозабора. В результате полевых исследований установлено, что плотность воды с удобрениями при капельном орошении составляет: в начальной части трубопровода $1,005 \text{ кг/м}^3$, на расстоянии 50 м – $1,004 \text{ кг/м}^3$, на расстоянии 100 м – $1,0035 \text{ кг/м}^3$, а на расстоянии 150 м – $1,003 \text{ кг/м}^3$.

В результате практических исследований изменение плотности смеси удобрений на расстоянии 150 м в трубопроводе капельного орошения составило $0,002 \text{ кг/м}^3$. В результате анализа исследований установлено, что неравномерность распределения удобрительной смеси по длине оросительной трубы составляет до 0,2 % в процентном выражении. Однако в ГОСТе не были обнаружены данные о процентном соотношении неравномерного распределения удобрительных смесей по длине трубопровода.

Вышеприведенный анализ показал, что в баке для удобрений системы капельного орошения целесообразно использовать в растворенном виде смесь удобрений, состоящую из хорошо растворимой в воде селитры белого цвета (мочевины карбамида).

Результаты практических и теоретических исследований показали, что при движении смеси удобрений, подаваемых по трубам системы капельного орошения, в магистральных, распределительных и оросительных трубах наблюдается неравномерное распределение. В результате неравномерного распределения удобрительной смеси сельскохозяйственные культуры могут получать неравномерное количество питательных веществ.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

После проведенных исследований по гидравлическому расчету элементов системы капельного орошения были предложены следующие рекомендации.

- Рекомендуется установить максимальную длину капельной оросительной трубы в **80 м** с плоскими жесткими капельницами, устраиваемыми внутрь трубы производства **ООО «Маруф Имкон»** при расстоянии между капельницами **30 см** и диаметре труб **16 мм**.

- Рекомендуется установить максимальную длину капельной оросительной трубы компании **«Netafim»** в **120 м** (при ровном уклоне местности). Труба имеет диаметр **16 мм** с расстоянием между капельницами **40 см** и оснащена встроенными жесткими плоскими капельницами.

- Рекомендуется устанавливать максимальную длину капельной оросительной трубы в **100 м** (при обратном уклоне и длине распределительной оросительной трубы **70 м**) для труб компании **«Netafim»** диаметром **16 мм** с жесткими плоскими капельницами, встроенными внутрь, и расстоянием между капельницами **40 см**.

- Рекомендуется установить максимальную длину капельной оросительной трубы **65÷70 м** с жесткими плоскими капельницами, устраиваемыми внутрь цилиндрической трубы фирмы **«Agro drip»** диаметром **16 мм**, при расстоянии между капельницами **50 см**.

- Рекомендуется установить в системе капельного орошения автоматическое устройство для перемешивания удобрений, внесенных в приспособление для внесения удобрений.

- В **ГОСТ ИСО 9261-2004** установлено, что при капельном орошении разница между давлением в начале оросительной трубы, потерей давления воды в конце трубы и расходом воды из капельницы не должна превышать **10 %**, **рекомендуется пользоваться капельным орошением на в основе данного документа.**

- На основе проведенных практических и теоретических исследований **рекомендуется для каждой производственной фирмы и компании проводить отдельные полевые исследования и определить оптимальную длину всех труб капельного орошения.**

- В целях расхода воды и падения давления в трубах капельного орошения с внесением удобрения и без неё, на участках с ровным уклоном **рекомендуется использовать методы встречного орошения.**

Список использованной литературы

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 10.07.2020 г. № УП-6024 “Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы”

2. Постановление Президента Республики Узбекистан от 11.12.2020 г. № ПП-4919 “О мерах по дальнейшему ускорению организации внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве”

3. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 23.02.2021 г. № 95 “О мерах по возмещению части затрат сельскохозяйственных производителей на внедрение водосберегающих технологий”

4. Постановление Президента Республики Узбекистан от 01.03.2022 г. № ПП-144 “О мерах по дальнейшему совершенствованию внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве”

5. Постановление Президента Республики Узбекистан от 01.04.2023 г. № ПП-107 “О неотложных мерах по повышению эффективности использования водных ресурсов”

6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Мирзиёев Ш.М. раислигида 16 сентябрь куни сув хўжалигида тежамкор технологияларни жорий этиш ва давлат хусусий шериклик лойиҳаларни амалга ошириш чоратадбирлари тўғрисида. Янги Ўзбекистон газетаси № 178 (178), 2020 й, 17 сентябрь.

7. Chamba, D., Zubelzu, S., & Juana, L. (2019). Determining hydraulic characteristics in laterals and drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 226, 105791. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105791>

8. Абдураимова Д, Отахонов М, Қорахонов Ш., Жалилов С. Томчилатиб суғориш тизимининг гидравлик ҳисоби// «AGRO ILM» журнали, Тошкент, 2022 й, 1-сон [79], 2022.

9. Бараев Ф.А., Шукуриллаев Х.И. «Гидромелиорация тизимларидан фойдаланиш» фанидан маърузалар тўплами, Тошкент, 1998 йил.

10. Ишанов Х.Х. Пахта хомашёсини етиштиришда томчилатиб суғориш технологиясини жорий қилишнинг дасталабки натижалари ва

унинг ривожлантириш бўйича долзарб вазифалар тўғрисида. Ирригация ва мелиорация журналы №3 (17). Тошкент, 2019.

11. Ишанов Ж.Х. Томчилатиб суғориш тизими қувуридаги беҳуда босим сарфини ўлчов асосида тажрибалар натижалари international conference on developments in education science sand HUMANITIES International scientific online conference 4nd part, 85-88 pages Part 4, September 2, 2022 yil.

12. Ишанов Ж.Х. Томчилатиб суғориш технологияси муаммолар ва уларнинг таҳлили. ТИҚХММИ нинг Қарши ирригация ва агротехнологиялар институти, 72-77 бетлар, 2022 yil, 11-12 mart.

13. Новиков А. Е., Ламскова М И. Гидравлический расчет лент системы капельного орошения. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный аграрный университет», 2004 г., с. 29-33.

14. Микитюк А. В., Кажаров В. М, Шугай П. Ю. Гидравлический расчет поливного полиэтиленового трубопровода системы капельного орошения (cyberleninka.ru). Кубанский государственный аграрный университет, 2004 г.

15. Оросительные системы правила проектирования. ТКП 453.041782009 Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск 2010, 70 с.

16. Степанов П.М., Овчаренко И.Х., Скобельцин Ю.А. Справочник по гидравлике для мелиораторов (1984) / с. 208.

17. Шевел В Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – 5е изд. перераб. и доп. – М: Стройиздат, 1984. – 117 с

18. Ishanov J.X. Tomchilatib sug‘orish tizimida hovuz tindirgichining samarali ishlatish usullari Oriental Renaissance: (1) № 7 avgust Innovative educational, natural and social sciences. 206-209 betlar, Toshkent 2021.

19. Ishanov J. X., Jo‘rayev B., Tomchilatib sug‘orish texnologiyasi rivojlanish davri muhokamasi. Oriental Renaissance: (1) № 9 oktyabr Innovative educational, natural and social sciences. 86-90 betlar.

20. Ж.Х. Ишанов, Э.Ж. Махмудов, Х.Х. Ишанов, У.А. Садиев “Томчилатиб суғориш тизими элементларини ҳисоблашнинг гидравлик усулларини такомиллаштириш”. Монография – Т.: «Voriz-nashriyot» нашриёти, 2024. 142 бет.

Верстка: Беглов И.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11А

sic.icwc-aral.uz