

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный техни-  
ческий университет»**

*Кафедра мелиорации, землеустройства и кадастров*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
«ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В  
ОРОШЕНИИ ЗЕМЕЛЬ»**



***Махачкала 2019г***

УДК.631.28.

Лабораторный практикум «ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРОШЕНИИ ЗЕМЕЛЬ»/Учебное пособие. – Махачкала. Изд. ДГТУ, 2019г, с.84.

Лабораторный практикум составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины «Водосберегающие технологии в орошении земель» и на основе опыта проведения лабораторных работ на кафедре мелиорации, землеустройства и кадастров ДГТУ.

В нём кратко изложены теоретические основы физического моделирования, описание лабораторных установок и методика выполнения лабораторных работ, предусмотренной программой дисциплины.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 20.04.02- «Природообустройство и водопользование»

Составитель: доцент кафедры МЗ и К, к.т.н.,  
Зербалиев А.М

Рецензент: заведующий кафедрой землеустройства и кадастров ДГСХУ д.б.н., профессор Мусаев М.Р.

Печатается по решению Совета ДГТУ

## Введение

Согласно учебному плану направления подготовки 20.04.02– «Природообустройство и водопользование» предусмотрены лабораторные занятия по дисциплине «Водосберегающие технологии в орошении земель». Целью проведения лабораторных работ ставится ознакомление студентов с методами моделирования инженерно-мелиоративных задач, применяющихся в научных исследованиях, а также при обосновании технических мероприятий в области водохозяйственного строительства. Кроме того, лабораторные занятия способствуют творческому усвоению материала, так как в них присутствуют элементы исследований, требующие творческого мышления, прививают навыки научных экспериментальных исследований и повышают интерес к изучаемой дисциплине.

Лабораторный практикум охватывает весь объем часов, предусмотренной программой курса и включает наиболее важные разделы данной дисциплины. В них приводятся краткие теоретические сведения изучаемых вопросов по теме каждой лабораторной работы, принципы физического моделирования процессов, описание выполняемых работ, методы расчета и контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов.

Лабораторные работы предназначены для студентов направления подготовки 20.04.02-« Природообустройство и водопользование» очной и заочной формам обучения.

<b>Содержание</b>	<b>стр.</b>
Введение	... 3
1. Правила выполнения лабораторных работ	...5
2. Лабораторная работа №1 «Определение качества поливной воды»	..... 6
3. Лабораторная работа №2 «Исследование процесса впитывания воды почвой»	.... 15
4. Лабораторная работа №3 «Изучение и расчет параметров полива по бороздам».	..... 19
5. Лабораторная работа №4 «Исследование режимов работы водовыпусков поливного трубопровода ...	21
6. Лабораторная работа №5 «Изучение и исследование напорно-расходных характеристик капельниц»	...29
7. Лабораторная работа №6 «Определение фильтрационных потерь воды из каналов»	.....36
8. Лабораторная работа №7 «Определение качества полива дождеванием»	..... 48
10 . Лабораторная работа №8 «Исследование работы трубчатой оросительной сети при дождевании».	64
Литература	... ..... 85

## **1. Правила выполнения лабораторных работ**

1.1. Лабораторные работы выполняются строго по установленному кафедрой графику.

1.2. До начала работы студент должен ознакомиться с методикой проведения эксперимента и рекомендуемой литературой, законспектировать основные теоретические положения и методику выполнения лабораторной работы.

1.3. Студент допускается к выполнению работы при условии сдачи им необходимых для выполнения теоретических знаний. В противном случае он к нему готовится во время лабораторных занятий и отчитывается в конце его, получив допуск к выполнению работы.

1.4. Отработка студентами пропущенных занятий предусмотрена по графику во внеурочное время в часы консультаций до начала следующих лабораторных занятий.

1.5. Выполнение лабораторных работ на лабораторном оборудовании предусматривается по бригадам в количестве 3-4 человека.

1.6. Отчет по лабораторной работе составляется на стандартных листах (210x297мм) и включает титульный лист по установленной форме, тема и цель работы, исходные теоретические сведения, порядок проведения работы, результаты эксперимента, которые приводятся в

виде рекомендуемых таблиц, графиков и анализ полученных данных.

1.7. Отчет по лабораторной работе студент сдает в конце занятия. Работа считается выполненной, если получены достоверные результаты, отчет оформлен в соответствии с требованиями и студент показал необходимые знания по выполненной работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### **Тема: Определение качества поливной воды**

#### **Цель и задача работы**

Цель работы заключается в изучении метода определения качественного состава оросительной воды.

Задачей работы является определение химического состава оросительной воды и оценка ее пригодности для орошения.

**1. Теоретическая часть.** Использование для орошения вод поверхностных и подземных источников лимитируется общей минерализацией, содержанием взвешенных веществ, токсичных ионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{F}^-$  и др), пестицидов, наличием паразитологическими и эпидемиологическими показателями.

Минерализация – количество и состав растворенных в воде солей и химических элементов.

Допускается орошение любых почв водой с минерализацией до 0,5 г/л. Регулируя режим орошения можно избежать засоления при использовании поливной воды с минерализацией до 1 г/л. При минерализации свыше 1,5 г/л необходимо учитывать химический состав солей, свойств почвы и орошаемые культуры.

Содержание в поливной воде токсичных ионов не должно превышать для : хлора – 350-600 мг/л; сульфатов –

300-500 мг/л; бикарбонатов – 100-150 мг/л; бора – 2 мг/л; железо – 0,3 мг/л; кальция – 100-150 мг/л; магния – 20-40 мг/л. В качестве критерия пригодности воды для орошения используется ирригационный коэффициент (по Стеблеру), коэффициент ионного обмена. По соотношению  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  необходимо устанавливать возможность осолонцевания почвы. Последнее имеет место при соотношении

$$\frac{Na^+}{(Ca^{2+} + Mg^{2+})} \geq 4 \quad (1.1)$$

Общая жесткость оросительной воды не должна превышать 90-100 мг-экв./л.

Значение рН воды, подаваемой в систему, должно находиться в пределах 6-8.

Содержание растворенного кислорода в воде должно быть не менее 50% насыщения.

Допустимое содержание взвешенных веществ в воде с крупностью частиц 0,05-0,1мм – 150 мг/л.

Температура поливной воды должна быть близкой к оптимальной температуре развития растений. Не следует проводить полив при температуре воды ниже температуры почвы более чем в 1,5 раза. В период вегетации растений она должна быть не ниже +16°C.



## **2. Материальное обеспечение.**

Колба с водой (из КОРа).

Конические колбы емкостью 250мм (шт).

Воронка – 12мм с фильтром.

Пипетка (25, 50мм).

Конические колбы емкостью 250мм - 3шт.

Бюретки (25 мл) – 2 шт.

Реактивы: фенолфталеин, метилоранж, хромогон  
черный - индикаторы; 0,02 н  $H_2SO_4$ ; 0,02 н трилон В;  
0,02н  $AqNO_3$

## **3. Указания по порядку выполнения работы.**

Полный качественный анализ оросительной воды предусматривает определение следующих ионов:  $Cl^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  к общей минерализации.

3.1. Отфильтровать 400 мл воды через фильтр (белая лента) в сухую колбу, в фильтрате выполняют следующие определения:

3.1.1. Определение минерализации оросительной воды (по сухому остатку). Сухой остаток дает представление об общем содержании в воде растворимых органических и минеральных соединений. Для определения 50мл фильтрата помещают в высушенную и взвешенную фарфоровую чашку и выпаривают на водяной бане. По окончании выпаривания чашку с остатком охлаждают в

эксикаторе и взвешивают. Содержание водорастворимых веществ в воде выражают в граммах на литр, для чего массу уменьшают на 20% ,если взято на выпаривание 50мл фильтрата или на 40, если объем выпариваемого фильтрата 25мл.

Пример вычисления: 
$$M = \frac{X \cdot 1000}{50} = X \cdot 20, \quad (1.2)$$

где М- минерализация, г/л; X- сухой остаток, г.

3.1.2. Определение щелочности от растворимых карбонатов.

Щелочность от растворимых (нормальных) карбонатов или частная щелочность обусловлена присутствием в воде  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а также щелочных солей кремниевой кислоты. Растворимые карбонаты создают щелочную реакцию, вследствие чего фильтрат окрашивается в розовый цвет при добавлении фенолфталеина. Выполнив в пробирке качественную пробу и обнаружив присутствие карбонатов, приступают к количественному определению их титрованием. Для этого к 25-50 мл фильтрата, помещенных в коническую колбу, прибавляют 2-3 капли фенолфталеина, титруют 0,02 Н раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до обесцвечивания индикатора. Слабоокрашенные вытяжки титруют с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , т.е. колбочки с тем же объемом фильтрата, но без индикатора.

Нейтрализация  $\text{H}_2\text{CO}_3$  по фенолфталеину идет до бикарбоната, т.е. оттитровывается лишь наполовину. Образующиеся  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ионы подкисляют раствор, вследствие чего рН снижается, т.е. становится меньше 8.2 и фенолфталеин обесцвечивается. Поэтому общее количество карбонат-ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  равно удвоенному количеству кислоты, затраченной на титрование.

Пример вычисления:

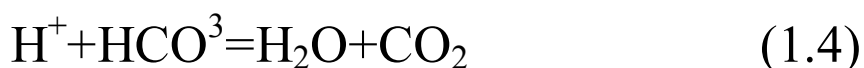
$$\text{Содержание } \text{CO}_3 = X \cdot 0.02 \cdot 20, \text{ мг-экв} \quad (1.3)$$

где  $X$ - количество  $0.02\text{N } \text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшее на титрование  $K=20$  при объеме фильтрата  $50$  мл.

При переводе  $\text{CO}_3^{2-}$  в гр., необходимо содержание  $\text{CO}_3^{2-}$  в мг-экв, умножить на  $0.030$ , т.к.  $0.030$ - граммовое значение мг-экв  $\text{CO}_3^{2-}$ .

### 3.1.3. Определение общей щелочности.

Общую щелочность, или щелочность от карбонат-ионов (гидрокарбонат-ионов) определяют путем титрования фильтратов в присутствии метилоранжевого до перехода желтой краски в оранжевую, т.е. до рН  $4.4$ . Ионы  $\text{HCO}_3$  взаимодействуют с водородом кислоты по схеме:



При титровании протекают реакции:



Общая щелочность является суммой бикарбонатов, присутствующих в воде. Количественное определение бикарбонатов проводят по окончании титрования растворимых карбонатов, а если они отсутствуют непосредственно после добавления фенолфталеина, для чего в тот же фильтр прибавляют 1-2 капли метилоранжевого и титрируют 0.02 N раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в присутствии свидетеля до изменения окраски из желтой в оранжевый. Содержание общей щелочности рассчитывают по суммарному количеству кислоты, затраченной на титрование по фенолфталеину и метиловому оранжевому. Если растворимых карбонатов нет, расчет ведут по количеству кислоты, затраченной на титрование по одному метиловому оранжевому.

#### Пример вычисления:

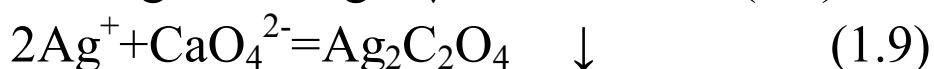
$$\text{Содержание } \text{HCO}_3^- = 0,02(x + Y) \cdot 20, \text{ мг-экв} \quad (1.7)$$

где X- количество мл 0.02 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшее на титрование; Y-то же на  $\text{HCO}_3^-$ .

Для перевода  $\text{HCO}_3^-$  в гр. надо содержание  $\text{HCO}_3^-$  в мг-экв. умножить на 0.061 (граммовое значение мг-экв  $\text{HCO}_3^-$ ).

3.1.4. Определение хлоридов проводят после предварительной качественной реакции на  $\text{Cl}^-$ , для чего содержи-

мое пробирки подкисляют 1-2 каплями  $\text{HNO}_3$  и добавляют несколько капель  $\text{AgNO}_3$ . Появление мути и осадка свидетельствует о наличии хлоридов. Определение хлоридов аргентометрическим методом основано на взаимодействии хлорид-ионов с ионами серебра в присутствии хроматов-ионов как индикатора:



Из раствора сначала выделяется белый осадок хлорида серебра, после осаждения всех хлоридов образуется красно-бурый осадок хромата серебра и раствор приобретает в точке эквивалентности красноватый оттенок.

Количественное распределение хлоридов в воде производят в колбочке после определения  $\text{HCO}_3^-$  для чего в фильтрат добавляют 1 мл. 10% раствора  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$  и титруют  $\text{Cl}^-$  0.02Н раствором  $\text{AgNO}_3$  до получения исчезающей красно-бурой окраски.

Пример вычисления:

$$\text{Содержание } \text{Cl}^- = X \cdot 0.02 \cdot 20, \text{ мг-экв} \quad (1.10)$$

где X- количество 0.02Н  $\text{AgNO}_3$ , пошедшее на титрование; 0.02- нормальность  $\text{AgNO}_3$ , К=20 при объеме фильтрата 50 мл.

Для перевода Cl в группу надо содержаемое Cl в мг-экв. умножить на 0.035.

### 3.1.5. Определение $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ .

Предварительно выполняются пробы на  $\text{Ca}^{2+}$ , для чего пробирку с 5 мл фильтрата нагревают до кипения, подкисляют несколькими каплями 10% раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , добавляют 3-4 капли 4% раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Появление белой мути или белого кристаллического осадка свидетельствует о присутствии  $\text{Ca}^{2+}$ , в этом случае определяют количество  $\text{Ca}^{2+}$ .

Комплексометрическое определение  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из одной пробы выполняется в две стадии. Комплексометрическое определение основано на способности комплексона извлекать  $\text{Ca}^{2+}$  из его растворимого окрашенного комплексного соединения с мурексидом, вследствие чего розовая окраска раствора изменяется в фиолетовую. Для количественного определения  $\text{Ca}^{2+}$  в плоскодонную коробочку помещают 25 мл (или 50) фильтрата, добавляют 5 мл 10% раствора  $\text{NaOH}$  или  $\text{KOH}$ , чтобы pH раствора был 12, 5. Вносят 25-30 мг смеси мурексида с  $\text{NaCl}$ , перемешивают и титруют со свидетелем 0,01н раствором комплексона III до фиолетовой окраски.

Для количественного определения  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в ту же коробочку, где определяется  $\text{Ca}^{2+}$  добавляют 1-2 мл 5% раствора гидроксилamina, 10 мл буферного раствора и pH 10, 25-30 мг хромогена черного, перемешивают и

титруют 0,01н и раствором комплексона III до перехода окраски в синюю. При титровании комплексон связывает присутствующие в растворе  $\text{Ca}^{2+}$  с образованием малодиссоциированного комплексона, затем комплексон взаимодействует с  $\text{Mg}^{2+}$ , и когда все будет оттитровано, окраска изменяется. Следовательно, количество затраченного на титрование комплексона соответствует содержанию  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  анализируемой пробе. Определение выполняется по разности, для чего из количества мл комплексона III, пошедшего на титрование  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (по хромогену надо вычесть количество комплексона III, пошедшее на титрование)  $\text{Ca}^{2+}$  (по мурексиду).

Если на титрование  $\text{Ca}^{2+}$  пошло  $x$  мл комплексона, а на титрование ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ) –  $y$ , то на содержание  $\text{Mg}^{2+}$  –  $(y-x)$  мл комплексона III.

Расчет содержания определяемых компонентов выполняют по формуле:

$$\text{Ca}^{2+} = x \cdot N \cdot 20 \text{ мг.-экв}, \quad (1.11)$$

где  $x$  – количество комплексона, пошедшее на титрование, мл;

$N$  – нормальность комплексона, равная 0,01.

Для перевода  $\text{Ca}^{2+}$  в г, надо содержание его в мг-экв. умножить на 0,02 (граммовое значение мг-экв  $\text{Ca}^{2+}$ ).

Содержание  $\text{Mg}^{2+}$  рассчитать по формуле:

$$Mq^{2+} = (y-x) \cdot 0,01 \cdot 20, \text{ мг-экв} \quad (1.12)$$

где  $y$  – количество комплексона, пошедшее на титрование,  $(Ca^{2+} + Mq^{2+})$ , мл;  $x$  – количество комплексона, пошедшее на титрование  $Ca^{2+}$ , мл.

Для перевода  $Mq^{2+}$  в г, надо содержание его в мг-экв умножить на 0,012 (граммовое значение мг-экв  $Mq^{2+}$ ).

3.1.6. Определение  $SO_4^{2-}$ . Для определения  $SO_4^{2-}$  необходимо 50мл фильтра поместить в коническую колбочку, подкислить HCl по метиловому красному нагреть до кипения, после чего приливают при постоянном помешивании 10 мл нагретого до кипения 10% раствора  $BaCl_2$ , кипятят раствор в течении 5 мин, закрывают покровным стеклом и оставляют на 30 мин на водяной бане. Полученный осадок отфильтровывают через беззольный фильтр синяя лента, промывают горячей водой, подкисленной HCl. Фильтр помещают в фарфоровый тигель, прокаливают в муфели и выполняют расчет.

$$SO_4^{2-} = x \cdot 0,411 \cdot 20, \text{ мг-экв} \quad (1.13)$$

где  $x$  – вес  $BaSO_4$  в г; 0,411 – коэффициент пересчета веса  $BaSO_4$  на  $SO_4^{2-}$ ; 20 – коэффициент пересчета выпарившего филтратата на 1 л.

$$SO_4^{2-} \text{ мг-экв} = \frac{m - во SO_4^{2-} \text{ в гр} \cdot 1000}{48,03}, \quad (1.14)$$

где 48,03 – эквивалентный вес;

3.1.7. Определение  $Na^+$ .



Количественное содержание  $\text{Na}^+$  в мг-экв/л находят расчетным путем, для чего находят сумму всех ионов в мг-экв/л и из нее вычитывают сумму всех найденных аналитических катионов в мг-экв/л. Для перевода  $\text{Na}^+$  в гр. необходимо содержание  $\text{Na}^+$  в мг-экв умножить на 0,023 (граммовое значение мг-экв  $\text{Na}^+$ ). Проверка аналитической точности выполняется следующим образом: Сумма всех ионов в гр.должна отличаться от сухого остатка не более чем на 5%.

Задание: Выполнить определение качества оросительной воды.

1.Определить ирригационный коэффициент по Стеблеру. 2.Показатель величины ионного обмена по Антипову-Каратаеву. 3.Пользуясь классификацией оросительной воды, дать качественную оценку водоисточника.

#### **4. Контрольные вопросы.**

4.1. Что такое минерализация воды и как она определяется ? 4.2. Как определяется количественно  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ?

4.3. Привести классификацию оросительной воды по минерализации.

4.4. Что такое ирригационный коэффициент, как он рассчитывается?

4.5. Как оценивается пригодность воды для орошения?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ***Тема: Исследование процесса впитывания воды почвой***

**Цель работы.** Работа имеет целью исследовать динамику процесса поглощения воды почвой в зависимости от механического состава почв.

Задача состоит в том, чтобы ознакомиться с методикой выполнения работы, изучить необходимые теоретические сведения, выполнить эксперимент работы и ее расчетную часть.

**1. Теоретическая часть.** При применении поверхностных способов полива наблюдается увлажнительный процесс, определяющих поглощение и движение воды в почвогрунтах. Этот процесс увлажнения можно охарактеризовать 2-мя фазами:

1-я фаза впитывание, происходящее при неустановившемся режиме;

2-я фаза фильтрация, происходящая при установившемся режиме.

Впитывание – это последовательное заполнение свободных пор почв под действием сил тяжести и капиллярных сил, возникающих на границе смачивания.

Скорость впитывания измеряется в мм/мин или см/час и зависит от механического состава почвы, содержания гумуса, состава поглощенных оснований, структуры, сложения, влажности, уровня агротехники, температуры воды и других факторов.

Скорость впитывания сильно изменяется во времени, по мере заполнения пор водой она уменьшается.

Почвы по скорости впитывания делятся на 3 группы:

а) высокой водопроницаемости, имеющие скорость впитывания  $V > 0,15$  м за первый час впитывания;

б) средней водопроницаемости, имеющие скорость впитывания  $0,15 > V > 0,05$  м за первый час впитывания;

в) слабой водопроницаемости, имеющие скорость впитывания  $V \leq 0,05$  м за первый час впитывания.

Закономерность изменения скорости впитывания была установлена опытным путем А.Н. Костяковым:

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}, \quad (2.1)$$

или после логарифмирования

$$\lg K_t = \lg K_1 - \alpha \cdot \lg t, \quad (2.2)$$

где  $K_1$  – скорость впитывания в мм водного столба в конце первой минуты времени;

$K_t$  - средняя скорость впитывания в  $i$ -ю минуту времени;

$t$  – время от начала опыта, мин;

$\alpha$  - коэффициент затухания скорости впитывания, зависящий от водно-физических, химических свойств почвы, первоначальной влажности почв (для большинства почв колеблется от 0,25 до 0,80).

Вторая закономерность проявляется уже в стадии фильтрации.

Фильтрация – процесс передвижения воды в порах почвогрунта уже заполненных водой, который происходит под действием градиента напора. Фильтрация может быть вертикальной, когда просачивание поливной воды идет вниз, и горизонтальной, когда движение воды происходит по водопроницаемому ложу.

Кривая, построенная по зависимости, предложенной акад. Костяковым А.Н., показывает, что в начальный период происходит быстрое поглощение воды почвой, скважность которой еще не полностью заполнена водой, т.е. происходит процесс впитывания. По мере насыщения почвы водой скорость поглощения постепенно уменьшается и приближается к некоторой постоянной величине, соответствующей коэффициенту фильтрации данной почвы. С наступлением состояния

фильтрации происходит равномерное движение воды сверху вниз под действием силы тяжести.

Для построения кривой, характеризующей динамику поглощения воды почвой, необходимо знать  $K$  и  $\alpha$ , которые определяются по данным полевых и лабораторных наблюдений.

В лабораторных условиях опыт проводится на почвенных монолитах, взятых в поле с ненарушенной структурой. В результате проведения опыта и обработке данных определяется  $\alpha$  и  $K$ . Средняя скорость впитывания за первую единицу времени « $K_0$ », которая имеет следующую связь с « $K_1$ »:

$$K_0 = \frac{K_1}{1 - \alpha}, \quad (2.3)$$

Фильтрация жидкости в пористой среде может подчиняться ламинарному или турбулентному закону. Ламинарный закон фильтрации описан французским инженером Дарси и выдержан для гомогенных песков с размерами частиц 0,05...1,0мм. При увеличении диаметров зерен скорость фильтрации возрастает, параллельность струек нарушается, и ламинарное движение переходит в турбулентное.

Скорость, при которой определяется этот переход, называется критической.

Закон Дарси выражается уравнением:

$$K_{cp} = K \cdot J, \quad (2.4)$$

где  $K_{cp}$  – средняя скорость фильтрации;

$K$  – коэффициент фильтрации данного грунта;

$J$  – гидравлический градиент напора или пьезометрический уклон, равный:

$$J = \frac{\Delta h}{l}, \quad (2.5)$$

где  $\Delta h$  – напор воды;  $l$  – путь фильтрации; при  $J=1$ ,  $K_{cp}=K$ .

Закон Дарси можно записать так:

$$K_{cp} = \frac{W}{S \cdot t}; \quad K \cdot J = \frac{W}{S \cdot t}; \quad K \cdot J = \frac{Q}{S}; \quad (2.6)$$

где  $W$  – объем воды в  $\text{см}^3$ , поступающий за время  $t$ ;

$t$  – время от начала опыта, мин;

$S$  – площадь поперечного сечения монолита  $\text{см}^2$ ;

$Q$  – расход потока в  $\text{см}^3/\text{сек}$ . Откуда:

$$S_6 = 221,2 \text{ см}^2$$

$$\text{Окончательно: } K = \frac{Q}{S \cdot J}; \quad (2.7)$$

**2. Оборудование необходимое для проведения работы:** фильтрационная лабораторная установка-прибор Дарси; секундомер; линейка;

2.1. Описание фильтрационной лабораторной установки.

Почвенный монолит установлен на подставке с сетчатым дном и дренажной трубкой. Над монолитом за-

креплен наполненный водой бачок, из которого выведен пьезометр (1 см по шкале пьезометра соответствует 221,2 см<sup>3</sup> объема бачка).

В дно бачка впаяны металлические трубки, одна из которых воздушная, которая выведена выше уровня воды в бачке и предназначена для пуска воды на поверхность монолита, вторая трубка - пусковая или водяная. Она отпускается над поверхностью почвы на 1 см ниже воздушной и находится на расстоянии 2 см от поверхности монолита (Рис.2.1).

### **3. Указания по порядку выполнения работы.**

3.1. Перед началом работы поверхность монолита прикрывается листом бумаги. Затем открывается кран и пускается вода. Уровень воды на поверхности монолита быстро повышается, достигает нижней кромки воздушной трубки, и поступление воды из бачка автоматически прекращается.

3.2. После чего берется отсчет по мерной шкале и убирается лист бумаги, включается секундомер (время начала впитывания принимается равное нулю).

3.3. По мере впитывания уровень воды на поверхности монолита снижается и через воздушную трубку начинает поступать в бачок воздух. Это обусловит поступление нового объема воды на поверхность монолита.

Время поступления новой порции воды записывается по секундомеру, а общий объем по мерной шкале. Аналогичные циклы повторяются до 8-10 раз. Действующий напор поддерживается в течение всего опыта в пределе 2-3см.

3.4. По данным наблюдений, для каждого интервала времени, определяется средняя скорость поглощения воды почвой по следующей зависимости:

$$K_{cp} = \frac{W}{S \cdot t}; \text{ см/мин} \quad (2.8)$$

где  $W$  – объем воды в  $\text{см}^3$ , поступающий за время  $t$  час;  $S$  – площадь поперечного сечения монолита,  $\text{см}^2$ ;  $t$  – время от начала опыта, мин.

3.5. Затем определяется  $\lg K_{cp}$  и  $\lg t$ .

« $K_0$ » и  $\alpha$  определяется графически



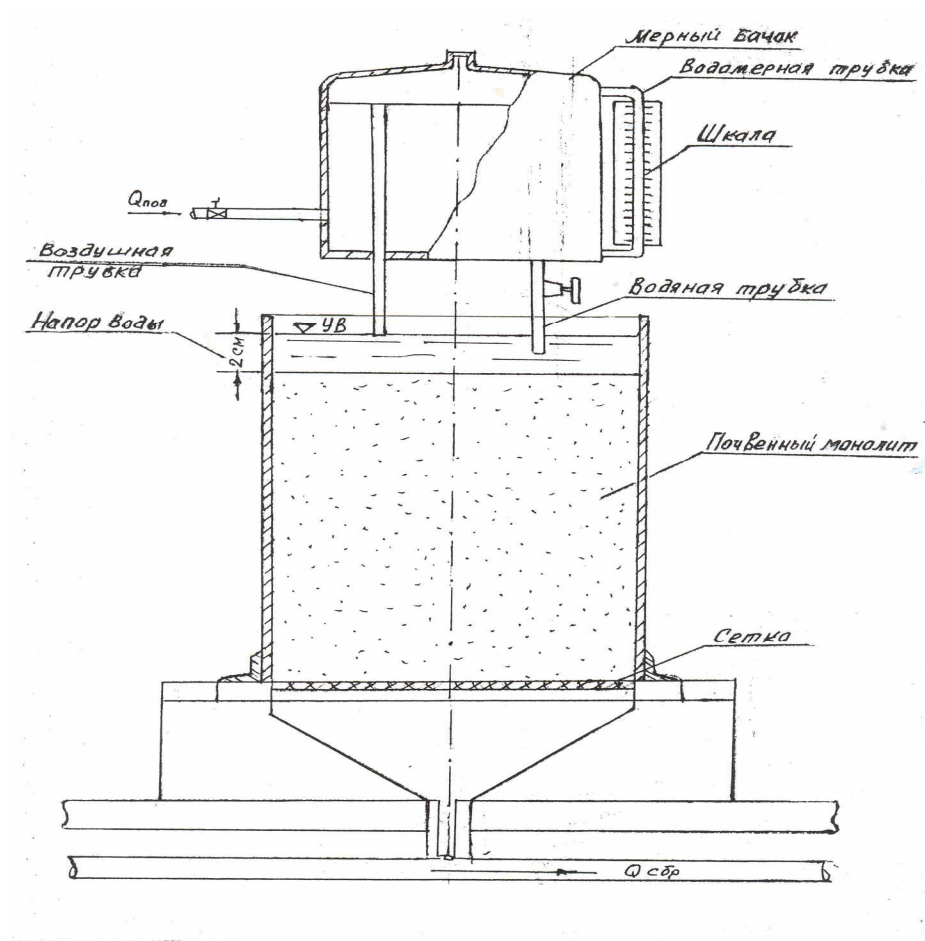
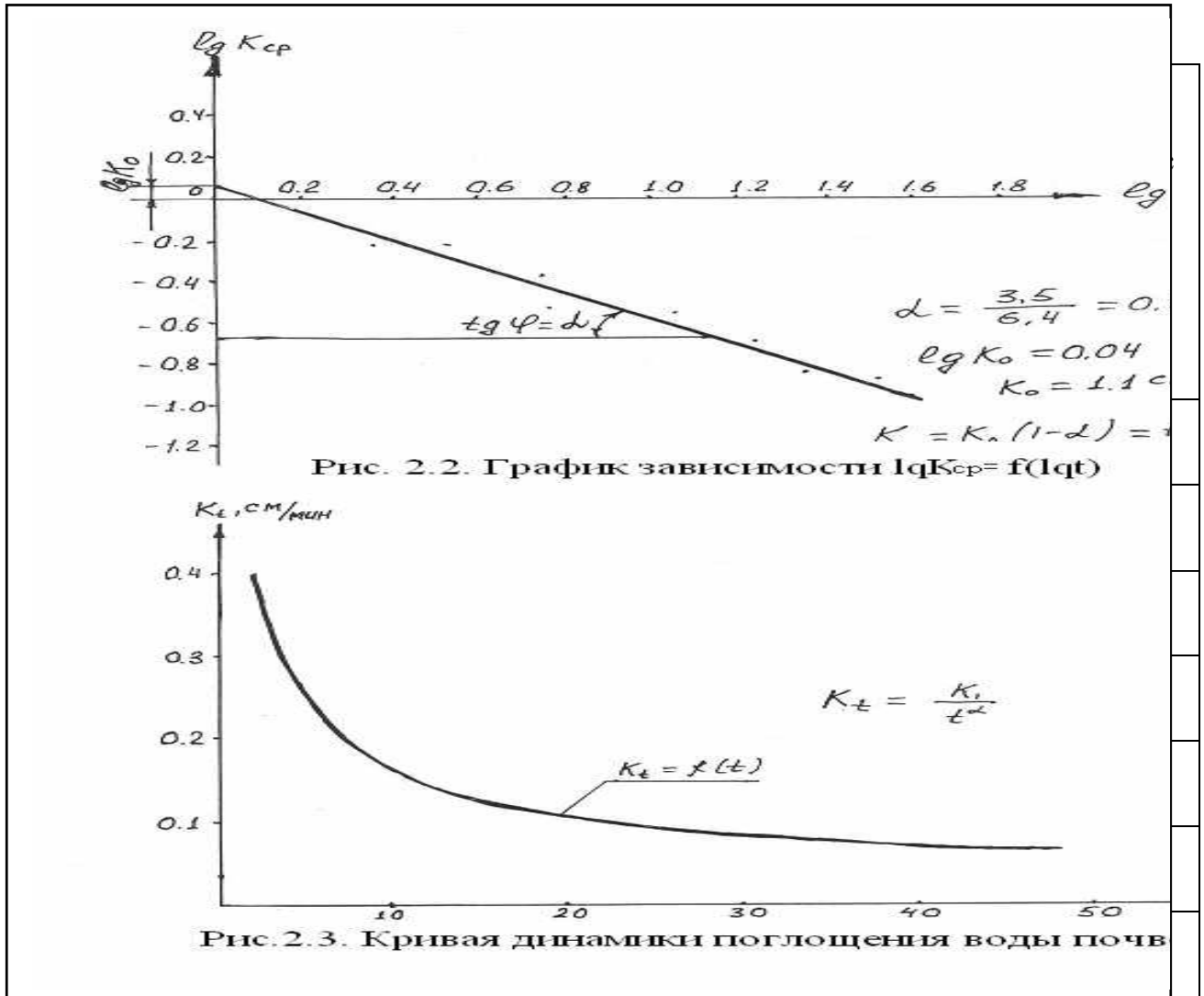


Рис.2.1- Схема лабораторной установки

3.6. По данным граф. 3 и 7 таблицы 1.1 строится график. По оси ординат откладывается  $lqK_{ср}$ , а по оси абсцисс  $lqt$  (масштабы логарифмов по оси абсцисс и ординат принимаются одинаковые). Через полученные точки проводится прямая линия (средневзвешенная). Прямая отсечет на оси ординат отрезок равным  $lqK_0$ . По  $lqK_0$  находится значение средней скорости за первую единицу времени « $K_0$ ». (Рис. 1.2)

Таблица 2.1- Расчет сводится в таблицу по следующей форме.

3.7. Тангенс угла наклона данной прямой к оси абсцисс соответствует величине показателя степени « $\alpha$ » (см. рис.1.2.)



3.8. Зная « $\alpha$ » и  $K_1 = K_0 \cdot (1 - \alpha)$ , задаваясь временем и пользуясь зависимостью (1), строим кривую  $K_t = f(t)$ , характеризующую динамику поглощения воды данной почвы (см.рис.1.3).

Данные для построения кривой  $K_t=f(t)$  приводятся в таблице 1.2.

Таблица 1.2- Данные для построения кривой  $K_t=f(t)$

Время от начала впитывания (мин), t	$t^\alpha$	Скорость впитывания в момент времени, $K_t$
1	2	3

#### 4. Контрольные вопросы

- 4.1. Какому закону подчиняется скорость поглощения воды почвой?
- 4.2. Что характеризует коэффициент  $\alpha$ ?
- 4.3. Как определить  $-K_{cp}$ ?
- 4.4. Как определить  $K_0$  и в каких пределах колеблется для разных почв ?
- 4.5. Что такое инфильтрация ?
- 4.6. Какие факторы влияют на инфильтрацию?
- 4.7. Что такое коэффициент фильтрации-  $K_\phi$  ?.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**Тема:** *Изучение и расчет параметров полива по бороздам.*

**Цель:** Изучение техники полива по бороздам, исследование закономерности изменения скорости впитывания и слоя впитывающейся воды в почву во времени при бороздном поливе.

**Задача:** Определить основные параметры техники полива по бороздам.

**1. Теоретическая часть.** Поливные борозды представляют собой систему параллельных канавок в земляном русле, предназначенную для перевода водного тока в почвенную влагу с целью увлажнения расчетного слоя почвы – зоны распространения основной корневой системы сельскохозяйственных культур.

При поливе по бороздам вода движется и одновременно впитывается почвой и при достижении струей конца борозды должна впитываться расчетная поливная норма.

К параметрам техники полива по бороздам относятся: длина поливной борозды ( $l_b$ ); расход борозды ( $q_b$ ); глубина воды в борозде ( $d_b$ ); поливная норма ( $D_{ir}$ ); время добегания струи ( $t_b$ ); продольный уклон ( $i_b$ ); ско-

рость впитывания ( $K_0$ ) и коэффициент затухания скорости впитывания ( $\alpha$ ).

Длина борозды зависит от уклона борозды, проницаемости почвы и величины расхода и может быть в пределах 50...500 м.

Расход борозды принимается таким, чтобы не было размыва, поэтому скорость воды в борозде не более 0,1÷0,2 м/с. Расход поливной борозды находится в пределах 0,05÷2,0 л/с.

Расстояние между поливными бороздами зависит от свойств почвы и характера возделывания культур. На легких почвах это расстояние принимается 0,4÷0,6 м, на тяжелых – 0,9÷1,1 м, а на средних – 0,6÷0,8 м.

Глубина поливной борозды на больших уклонах уменьшается, скорость возрастает, на малых уклонах - наоборот.

**2. Описание установки.** Площадной фильтрационный лоток, заполненный мелкозернистым песком, имеет размеры: длина-3м, ширина – 2,5м, высота – 0,5м.

Подача воды осуществляется от трубопровода, оборудованного расходомером воды и краном регулирования. Нарезка борозд различной глубины осуществляется самими студентами перед проведением эксперимента.

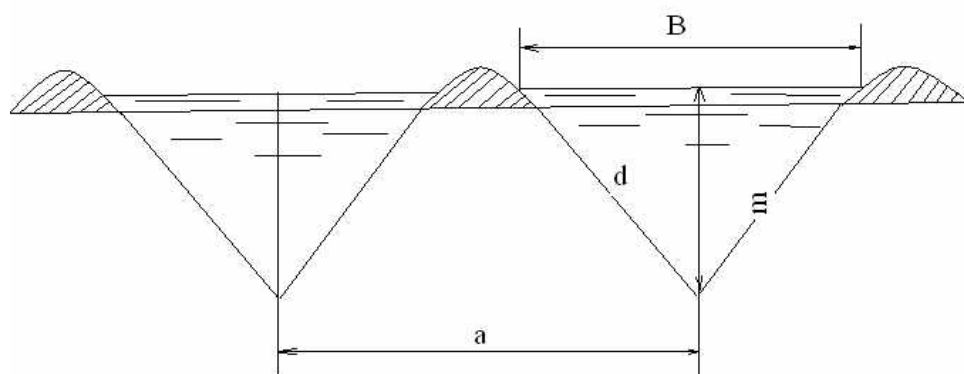


Рис.3.1- Поливная борозда:

$a$  – расстояние между бороздами;  $B$  – ширина борозды по урезу воды;  $d$  – глубина воды в борозде;  $m$  – заложение откосов.

### **1.3.Экспериментальная часть**

#### 3.1. Порядок выполнения работы.

3.1.1. Для проведения опыта нарезать отрезок борозды с заданной глубиной ( $h_y=10,15 ;20\text{см}$ ).

3.1.2. Открыть кран подачи воды в борозду и установить расчетный расход на протяжении опыта.

3.1.3. В момент поступления воды в борозду включить секундомер для определения времени добега струи по створам, ранее установленным по длине борозды через каждые 0,5м. ( $l_1, l_2, l_3, l_4$ )

3.1.4. Взять отсчет времени добега струи по створам ( $t_1, t_2, t_3, t_4...$ ), одновременно производя замеры глубин по отрезкам длины борозды. Результаты замеров заносят в таблицу 3.1.

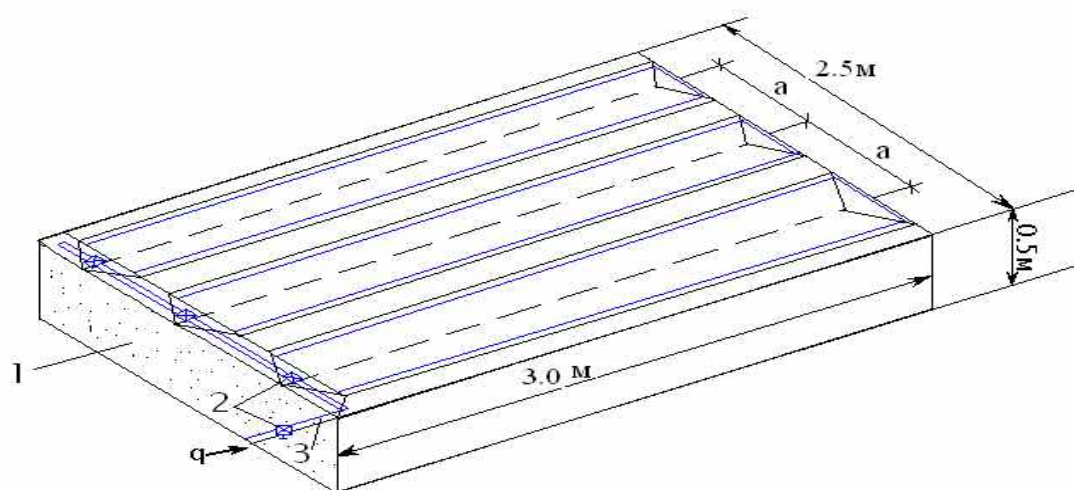


Рис. 3.2- Площадной фильтрационный лоток:

1 –фильтрационный лоток; 2 – краны подачи воды; 3 – по-  
ливной трубопровод.

Таблица 3.1-Изменение параметров во времени по дли-  
не борозды

Длина борозды	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5 м
Параметры	м	м	м	м	
Расход, q(л/с)					
Продолжительность, t(с)					
Глубина воды, h(см)					
Скорость, V(м/с)					

### 3.2. Расчетная часть.

3.2.1. Определяется средняя скорость воды в борозде:

$$V_{cp} = \frac{l}{t}, \text{ м/с} \quad (3.1)$$

3.2.2. По данным длин (отрезков ( $l_6$ ) и продолжительности подачи воды в борозду ( $t_6$ ) (см. табл. 3.1) построить график зависимости  $l_6 = f(t_6)$ . (Рис.3.3.)

3.2.3. По графику определить мгновенную скорость ( $V_{\text{мгн.}}$ ) по расчетным створам. Для чего в точках пересечения горизонтальных линий (в створах) с кривой провести касательные и определить мгновенную скорость ( $V_{\text{мгн.}}$ ), образованной касательной и осью абсцисс, представляющей собой  $V_{\text{мгн.}}$  в данном створе :

$$(V_1 = \frac{l_1}{t_1}; V_2 = \frac{l_2}{t_2}; V_3 = \frac{l_3}{t_3}; V_4 = \frac{l_4}{t_4}).$$

3.2.4. Сравнивают фактические скорости ( $V_{\text{ср}}$ ) со скоростями, полученными из графика ( $V_{\text{мгн.}}$ ), затем определяют погрешности между опытными значениями скоростей.

3.2.5. Определяют зависимость скорости впитывания воды ( $V_{\text{вп.}}$ ) в борозде от времени (по расчетным створам), используя одночленную степенную формулу акад. А. Костякова:

$$V = V_1 \cdot t^\alpha, \quad (3.2)$$

где  $V_1$ - скорость впитывания воды в конце первой единицы времени;

$\alpha$  - показатель степени, характеризующий затухание скорости впитывания во времени и зависящий от



водопроницаемости (для песчаной загрузки лотка принята  $\alpha = 0,25$ ).

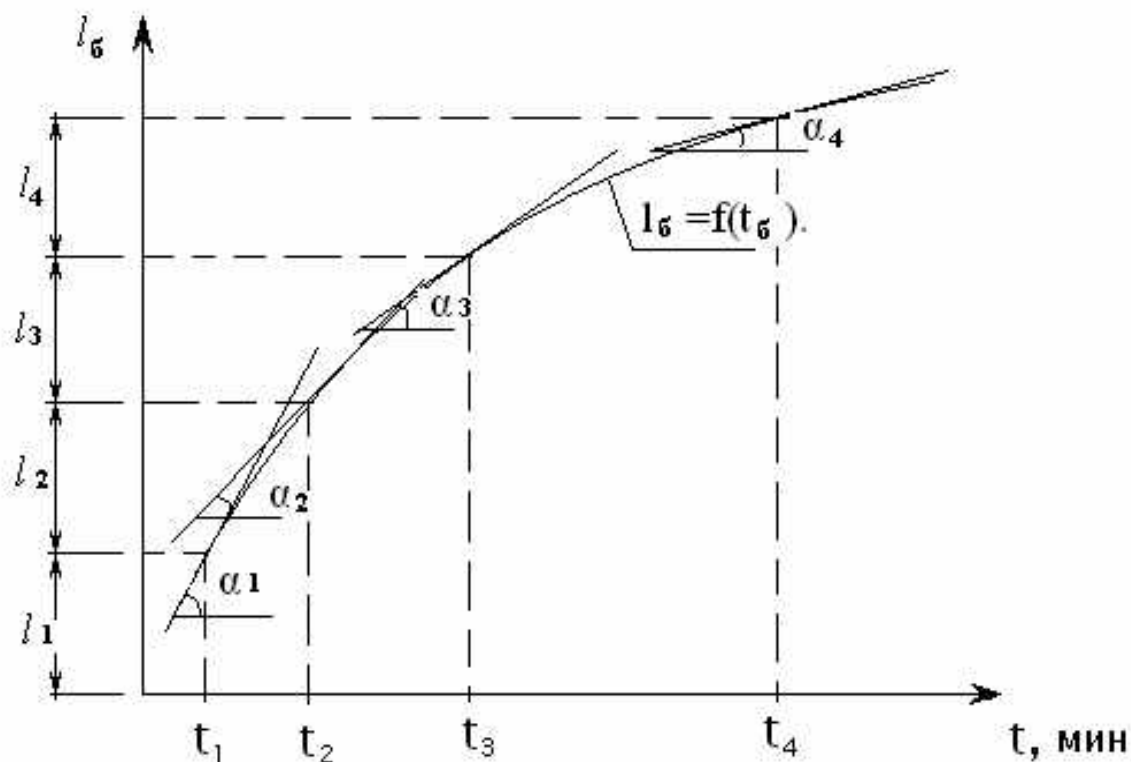


Рис. 3.3-График зависимости  $l_g = f(t_g)$ .

$$V = V_0 \cdot (1 - \alpha), \quad (3.3)$$

где  $V_0$  — средняя скорость впитывания за единицу времени (принять значение, полученное по формуле 3.1).

3.2.6 Рассчитывают слой воды ( $h$ ), впитавшейся в почву, равный интегралу функции, выражающийся формулой:

$$h = \frac{V_1 \cdot t^{1-\alpha}}{1-\alpha} \quad (3.4)$$

3.2.7 По данным значений  $h$  строят эпюру увлажнения почвы по длине борозды

3.2.8 Определяют равномерность увлажнения борозды по коэффициенту равномерности увлажнения ( $K_p$ )

$$K_p = \frac{h_k}{h_n}, \quad (3.5)$$

где:  $h_k$  и  $h_n$  (по рис. 3.4) слои впитавшейся воды, соответственно в конце и начале борозды.

3.2.9. Живое сечение борозды по створам.

$$\omega = m \cdot h^2, \quad (3.6)$$

где  $m$  – коэффициент заложения откосов ( $m=1$ ).

3.2.10. По средним скоростям течения воды в расчетных створах ( $V_{cp}$ ) и площади живого сечения определить расход воды в борозде:

$$q_b = \omega \cdot V_{cp}, \quad (3.7)$$

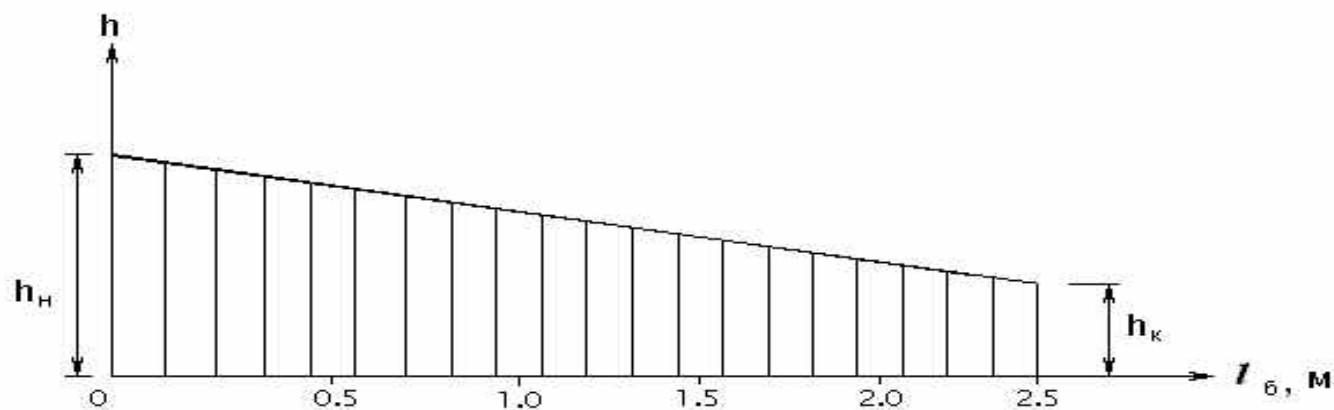


Рис. 3.4-Эпюра увлажнения почвы по длине поливной борозды

3.2.11. Зная расход воды ( $q_6$ ) и продолжительность подачи ( $t_6$ ), определяют объемы воды в борозде:

- средний по длине:  $W_c = \omega_{cp} \cdot l$ ,  
(3.8)

- поступивший в борозду:  $W_n = q_6 \cdot t_6$ ,  
(3.9)

- впитавшийся в борозду:  $W_{en} = W_n - W_c$   
(3.10)

3.2.12. Вычисляют поливную норму ( $D$ ) при  $t=12$  час,  $l=200$  м,  $a=0,5$  м по следующей формуле:

$$D = \frac{q \cdot t \cdot 10000}{l \cdot a} \text{ м}^3/\text{га} . \quad (3.11)$$

### 3. Контрольные вопросы:

3.1. Назовите параметры техники полива по бороздам?

3.2. Как определяется скорость впитывания воды в почву? 3.3. Как определить слой впитывающейся воды в почву?

3.4. Как рассчитать равномерность увлажнения по длине борозды?

3.5. Как рассчитать расход, поступающий в борозду?

3.6. Как рассчитать поливную норму при поливе?

3.7. Что показывает эпюра увлажнения по длине борозды?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### Тема: *Изучение элементов регулирующей оросительной сети*

**Цель работы:** применения теоретических знаний в проектировании регулирующей оросительной сети для поверхностных поливов самотечного орошения.

Задачей ставится приобретение навыков проектирования регулирующей оросительной сети при различных рельефных условиях местности на поливном участке.

**1. Теоретическая часть.** При проектировании орошаемых участков вводится обособленная единица, так называемый поливной участок. Поливной участок представляет собой площадь, в пределах которой совершается полный цикл всех агротехнических мероприятий и поливов, предназначенных для возделывания данной культуры. В пределах поливного участка проектируется только регулирующая оросительная сеть.

К поверхности поливного участка предъявляются следующие основные требования:

- отклонение отдельных точек рельефа от проектной отметки не должно превышать  $\pm 5\text{см}$ ;
- уклон в направлении полива должен быть в пределах  $0,0005-0.003$ ;

- в пределах участка должны отсутствовать реперы, линии электропередач и т.д., мешающие механизированной обработке.

Из условий механизации сельскохозяйственных работ минимальный размер стороны поливного участка должен быть не менее 400м, а её площадь не менее 40га.

Конфигурация поливного участка должна быть квадратной, прямоугольной с соотношением сторон 1:1, 1:2, но не более 1:3.

Регулирующая оросительная сеть состоит из оросителей (временных), выводных поливных борозд и полос, нарезаемых перед проведением поливов. На поливном участке может проектироваться по продольной и поперечной схемам. Продольная схема принимается при уклоне ( $i$ ) местности менее 0,003. Оросители нарезаются вдоль уклона поверхности, перпендикулярно к ним нарезаются выводные борозды (рис 4.1).

При наличии значительного уклона местности ( $i \geq 0.003$ ) оросители нарезают по поперечной схеме, т.е. почти вдоль горизонталей, направление полива сохраняется вдоль уклона местности (рис.4.2).

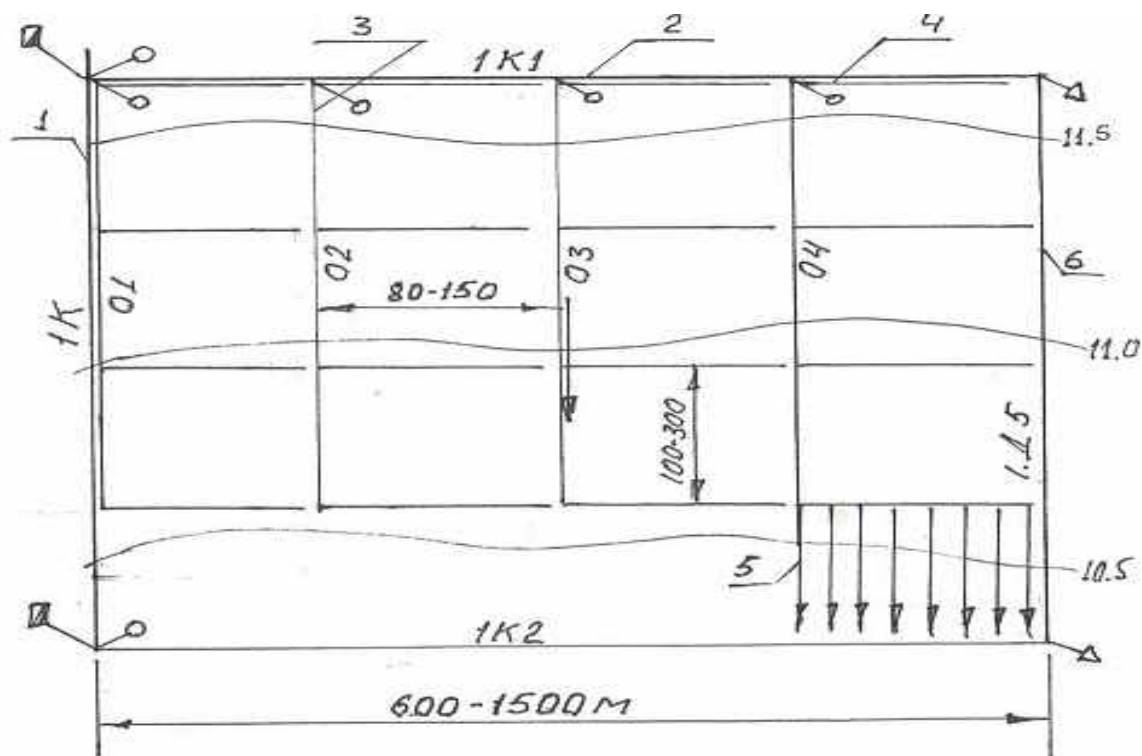


Рис.4.1- Продольная схема расположения регулирующей оросительной сети: 1- хозяйственный канал; 2- участковый канал; 3- ороситель; 4-выводная борозда; 5 – поливная борозда; 6 - сбросной канал.

**2. Описание установки.** Установка представлена металлическим площадным грунтовым лотком размерами 2,0 х 1.5 х 0,2м.

В качестве модельного грунта принимается однородный песок с коэффициентом фильтрации  $K_M=30$  м/сут. С помощью домкратов (7), оборудованных с двух сторон лотка, можно придать поверхности различные уклоны (Рис.4.3)

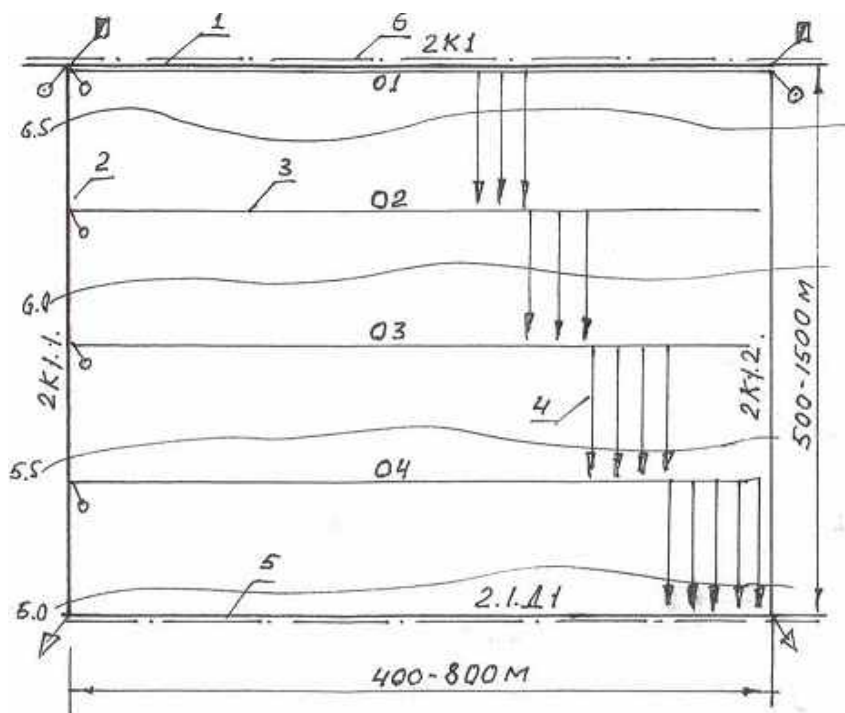


Рис.4.2-Поперечная схема расположения регулирующей оросительной сети

1-внутрихозяйственный канал; 2- участковый канал; 3- ороситель; 4- поливная борозда; 5 - сбросной канал; 6- дорога.

Вода в лоток подается из напорного бака (3), в который поступает из водопровода, с помощью регулируемого крана (8). Подача воды из бака в ороситель (поливной трубопровод) (10) осуществляется краном (9), сброс воды после поливов проводится через сбросной коллектор (11) с нижней стороны лотка (1) в мерный бачок (2). На площадном лотке можно продемонстрировать различные схемы поливов при раз-

личных уклонах и варианты планового размещения регулирующей оросительной сети.

### **3 Экспериментальная часть.**

Порядок выполнения работы.

- 3.1. Спланировать поверхность фильтрационного лотка специальным для этого приспособлением (планировщик) и установить заданный уклон с помощью домкратов.
- 3.2. Пользуясь лопаточками треугольной и трапециевидальной сечений, имитирующие рабочие органы КОН-2,3; КОН-2,8, нарезают продольную или поперечную схемы регулирующей оросительной сети.
- 3.3. Открытием крана (3) осуществить пуск воды в ороситель и последовательно в поливную сеть, демонстрируя очередность подачи воды в регулирующей оросительной сети.
- 3.4. Согласно данным преподавателя ( $l_6 ; i$ ) в масштабе (формат А4) представить принятую схему регулирующей оросительной сети на поливном участке с учетом всех требования проектирования.



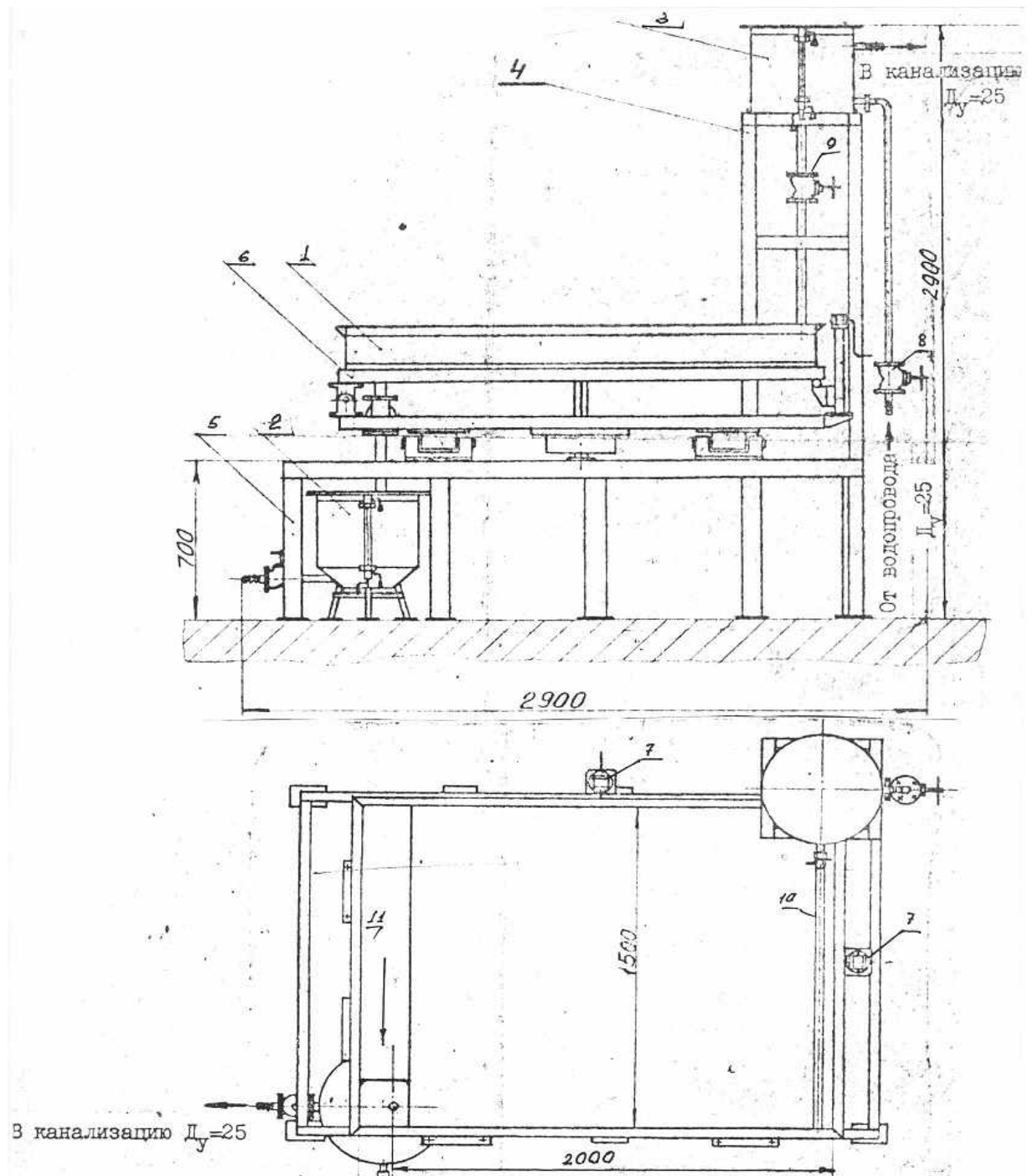


Рис. 4.3-Установка для демонстрации схем планового расположения регулирующей оросительной сети: 1- демонстрационный лоток; 2 – мерный бак; 3 – напорный бак; 4- каркас; 5 – станина; 6-шарнирная рама; 7-домкрат; 8-краны водоподачи; 10-ороситель; 11 - коллектор.

#### **4. Контрольные вопросы:**

4.1. Что такое поливной участок, и какие требования к нему предъявляют?

4.2. Что такое регулирующая оросительная сеть и требования предъявляемые к ней?

4.3. Каков порядок нарезки регулирующей оросительной сети.

4.4. Назовите элементы регулирующей оросительной сети.

4.5. Какие основные схемы расположения регулирующей оросительной сети на поливном участке?

4.6. Основные условия выбора схемы регулирующей оросительной сети.

4.7. Основные рекомендуемые параметры взаимного расположения регулирующей оросительной сети при продольной схеме поливов.

4.8. Основные рекомендуемые параметры взаимного расположения регулирующей оросительной сети при поперечной схеме поливов.

4.9. Основные направления совершенствования элементов регулирующей оросительной сети.

## Лабораторная работа №5

### Тема: *Определение фильтрационных потерь воды из канала.*

**Цель:** Изучить процесс фильтрации воды на модели канала и определить величину потерь воды из канала в земляном русле и через противофильтрационный экран.

**1. Теоретическая часть.** Для прогнозирования просадок и обоснования мероприятий по их предупреждению необходимо изучить вопрос о величине фильтрационных потерь и ширине зоны влияния фильтрации из канала.

В этой связи задачей в работе ставятся:

1. Изучить процесс фильтрации воды из канала во времени.
2. Определить ширину зоны влияния фильтрации из канала в земляном русле и с экраном.

Исходные размеры поперечного сечения трапецеидального канала: ширина по дну  $b=6$  м, глубина воды  $h=1,5$  м, заложение откосов  $m=1,5$ . Глубина до водоупора составляет 20 м, коэффициент фильтрации грунта на участке  $K=1,5$  м/сут.

Для обеспечения гидродинамического подобия проводим расчет масштабов моделирования. Геометрические масштабы подобия определяются линейными размерами натурального объекта и модели. Для проведения опытов подготовлен имеющийся в лаборатории грунтовой лоток длиной 1,5м, высотой 0,5м, шириной 0,18м. При максимальной глубине водоупора 20 м удобно мощность слоя песка в лотке принять 0,2м, тогда вертикальный линейный масштаб равен:

$$\alpha_b = \frac{20}{0,2} = 100 \quad (5.1)$$

Горизонтальный линейный масштаб принимаем, равным вертикальному:  $\alpha_b = \alpha_l = 100$

Коэффициент фильтрации песка на модели составляет 30 м/сут, поэтому масштаб для коэффициента фильтрации получаем:

$$\alpha_k = \frac{K}{K_M} = \frac{1,5}{30} = 0,05 \quad (5.2)$$

Масштабы для расходов и времени являются зависимыми и определяются из критериев подобия, обеспечивающих подобие процессов в натуре и на модели:

$$\alpha_q = \alpha_k \cdot \alpha_l \cdot \alpha_b = 0,05 \cdot 100 \cdot 100 = 500 ;$$

$$\alpha_t = \frac{\alpha_b}{\alpha_k} = \frac{100}{0,05} = 2000 \quad (5.3)$$

Масштаб времени обеспечивает следующую длительность процессов на модели (м) и в натуре (Н):  $t_m=1$  мин,  $t_n=33$  час=1.4 сут и  $t_m=10$  мин,  $t_n=14$  сут, что является удобным для учебного занятия, т.к. в 20-30 суток в натуре достаточно для достижения условий установившейся фильтрации воды из канала.

По полученным масштабам определяем параметры модели: размеры канала на модели  $b_m=6$  см,  $h_m=1,5$  см, заложение откосов  $m_m=1,5$ , глубина водоупора от уровня воды в канале  $T_m=20$  см.

**2. Описание модели.** Грунтовый лоток длиной 1,5 м, высотой 0,5 м, шириной 0,18 м наполнен однородным песком с коэффициентом фильтрации  $K_m=30$  м/сут при слое 40 см.

На модели дана (на рис. 5.1.) вода в лоток поступает из водопровода (1) через кран. Постоянный уровень воды в канале поддерживается с помощью сбросной трубки (2), установленной на высоте 15 см от дна канала. Процесс фильтрации воды из канала можно пронаблюдать через стеклянную (прозрачную) стенку лотка и по положению уровней воды в пьезометрах (10 шт), установленные через 10 см на лицевой стороне лотка.

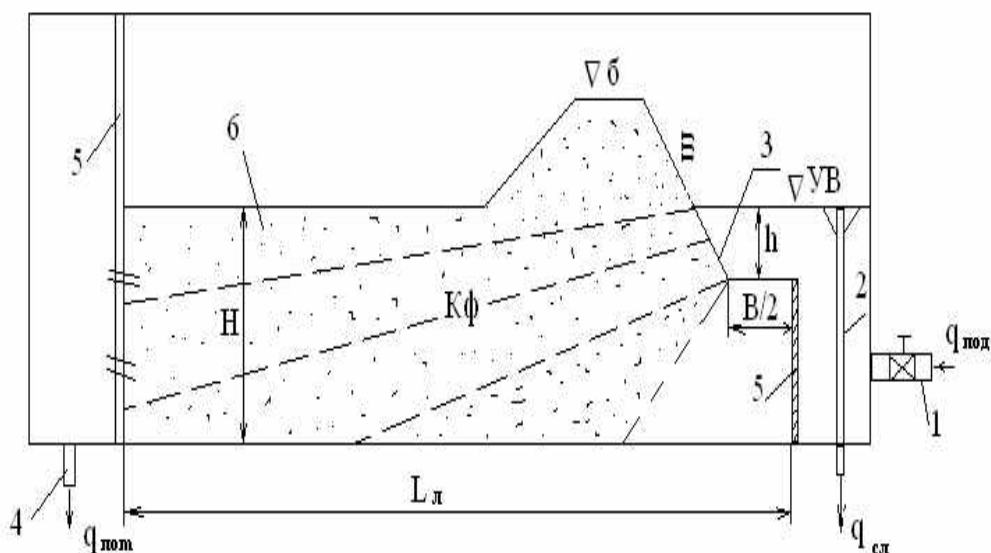


Рис.5.1- Схема опытной модели:

1 – водопровод с краном для подачи воды; 2- водосливная трубка; 3- сечение канала; 4 – сброс фильтрационных вод; 5 – металлические стенки; 6 – грунтовый лоток.

**3. Экспериментальная часть.** К началу проведения лабораторной работы на лотке выполняется сечения канала согласно рис. 5.1.

3.1. Порядок выполнения.

3.1.1. Открывают кран подачи воды (1) и заполняют водой сечение канала (на модели представлена половина сечения) до отметки уровня воды, соответствующей уровню сброса на трубке и включают секундомер для отсчета времени.

3.1.2. Периодически, с интервалом 0,5 мин, производят замеры фильтрационных расходов воды из сбросной

трубки (4) объемным способом не менее 3-х раз. Данные замеров заносятся в таблицу 5.1.

3.1.3. Одновременно с замерами расходов мелом на стенке лотка отмечают положение промачивания грунта водой.

3.1.4. Результаты замеров для каждого опыта записываются в таблицу 5.1, где указывается:

$t_m$ , мин. текущее время от начала опыта,  $t_m=0,1,3,5,7,10$ ;

$\Delta t$ , мин – интервал замера расхода воды объемным способом;

$W_{\text{под}}$ ,  $\text{см}^3$  – объем поданной воды за время  $\Delta t$ ;

$W_{\text{сбр}}$ ,  $\text{см}^3$  – объем сброса воды за время  $\Delta t$ ;

$\Delta W = W_{\text{под}} - W_{\text{сбр}}$  – объем фильтрационных потерь из канала за время  $\Delta t$ , причем при изменении  $W_{\text{под}}$  за время опыта объемы подачи определяется интерполированием между начальным и конечным значениями:

$$q_{\phi}^m = \frac{\Delta W}{\Delta t}, \text{см}^3/\text{мин} \quad (5.4)$$

$\Delta W$  – объем фильтрационных потерь воды из канала;

$\Delta t$  – интервал замера расходов воды;

$q_{\phi}^m$  - фильтрационный расход потери воды в момент времени  $t_m$  от начала опыта.

В конце опытов зарисовывается на схеме линии положения промачивания, изображенные на стенке лотка.

3.1.5. По рисункам развития процесса фильтрации во времени измеряется ширина зоны влияния фильтрации из канала.

3.1.6. Результаты лабораторных замеров пересчитываются на натурные условия с помощью масштабов подобия и с учетом перевода единиц измерения:

$$L_n = \frac{\alpha_l \cdot L_m}{100}, \text{м} \quad (5.5)$$

$$t = \frac{\alpha_t \cdot L_m}{24 \cdot 60}, \text{сут} \quad (5.6)$$

В формулах замеры на модели подставляются в см. и мин. При пересчете расхода потерь на фильтрацию следует учесть ширину грунтового лотка 18 см, что в натуре соответствует 18 м, масштаб  $\alpha_q$  принимаем по пункту 1.

$$q_\phi = \frac{\alpha_q \cdot Q_\phi^M \cdot 24,60}{18 \cdot 10^6}, \text{м}^2/\text{сут.п.м.} \quad (5.7)$$

3.1.7. Противофильтрационная эффективность «одежд» определяется по зависимости:

$$N = \left(1 - \frac{q_{\phi 1}}{q_{\phi 2}}\right) * 100\%, \quad (5.8)$$

где  $q_{\phi 1}$  — потери воды на фильтрацию из облицованного канала;



$q_{\phi 2}$  - потери воды на фильтрацию из канала в земляном русле.

При известных значениях  $q_{\phi 2}$  и  $N$ , фильтрационные потери из облицованного канала можно определить из формулы:  $q_{\phi 1} = q_{\phi 2} * (1 - N/100)$  (5.9)

Рекомендуются принимать следующие значения  $N$ : для бетонных и железобетонных облицовок =85-95%; для асфальтовых = 80-90%; для глинистых экранов = 60-80%; при калымотации и уплотнении грунтов =50-70%.

3.1.8. По результатам вычислений необходимо делать вывод об эффективности применения противофильтрационного экрана.

#### **4. Контрольные вопросы:**

4.1. Какова необходимость определения фильтрационных потерь воды из канала?

4.2. Методы борьбы с фильтрационными потерями воды из каналов.

4.3. Значение применения масштабов подобия при моделировании.

4.4. Расчеты основных масштабов подобия и их смысл.

4.5. Определение фильтрационных потерь воды с применением масштаба подобия.

4.6. Противофильтрационная эффективность применения экранов и их нормативы.



Таблица 5.1- Данные результатов вычислений

№№ опытов	№№ замеров	Интервал времени замера, сек. $\Delta t$	Объем воды, (опыт) $W_{\text{под}}$	Расход на фильтрацию, $q_{\text{ф}}^{\text{м}}$	Расход натуральный, $Q_{\text{нат}}$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1.в земля ном русле	1					$q = \frac{W}{t}$
	2					
	3					
	4					
2.с экра ном	1					
	2					
	3					
	4					

#### **4. Контрольные вопросы:**

- 4.1. Какова необходимость определения фильтрационных потерь воды из канала?
- 4.2. Методы борьбы с фильтрационными потерями воды из каналов.
- 4.3. Значение применения масштабов подобия при моделировании.
- 4.4. Расчеты основных масштабов подобия и их смысл.
- 4.5. Определение фильтрационных потерь воды с применением масштаба подобия.
- 4.6. Противофильтрационная эффективность применения экранов и их нормативы.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**

**Тема:** *Исследование режимов работы водовыпусков поливного трубопровода.*

**Цель:** установить расходы воды водовыпуска поливного трубопровода в зависимости от изменения напоров и угла поворота микрозатвора.

Задачей лабораторной работы ставится приобщение студентов к научным исследованиям в разработке новых конструкций и технологий поливов при поверхностном самотечном орошении и их испытаний для воз-

возможного применения в оросительных мелиорациях склоновых земель.

### **1. Теоретическая часть.**

Для условий предгорной и горной зон, где широкое применение имеет поверхностное самотечное орошение, наиболее эффективным является механизированный способ распределения воды при помощи поливного трубопровода с регулируемым водовыпуском. Водовыпуски обеспечивают на поливном трубопроводе нормированное распределение воды между отдельными бороздами в пределах от 0,02 до 1 л/с и позволяют провести поливы без проявления сбросов воды и предотвращают водную эрозию почвы. На больших уклонах участка орошения выбор экологически допустимой поливной техники занимает основное место в разработке способов и техники полива орошаемых земель.

Согласно проведенным исследованиям экологически допустимые размеры поливной струи для больших уклонов склоновых земель ( $i \geq 0,02$ ) являются 0,02...0,6 л/с. При существующей технике и технологии поливов склоновых земель регулирование такими малыми струйками при незначительных напорах (0,5...2 м) очень трудно или невозможно.

Поэтому в исследованиях различных авторов рассматриваются применение новых конструкций водо-

спусков на поливных трубопроводах, отличающихся от существующих и, позволяющих решать поставленные выше задачи.

В лабораторных исследованиях водовыпуска на поливном трубопроводе необходимо решать следующие задачи:

- определить расход воды водовыпуска в зависимости от напора и угла поворота микрозатвора  $Q=f(\varphi^0; H)$ ;
- построить тарировочную кривую связи напоров  $H_{ман}=f(H_{п})$ ;
- определить выходные скорости течения воды из водовыпуска ( $V = f(\varphi; H)$ );
- определить коэффициент расхода водовыпуска  $\mu=f(\varphi; Q)$ ;

Зная площадь сечения водовыпуска можно определить выходные скорости потока из водовыпуска и по опытным значениям расхода воды можно определить коэффициент расхода водовыпуска из формулы:

$$Q = \mu \cdot \omega_{отв} \sqrt{2g \cdot H} \quad . \quad (6.1)$$

В лаборатории исследованиям подвергается конструкция водовыпуска с микрозатвором, установленным на поливном трубопроводе для регулирования размерами поливной струи в борозду.

**2. Описание лабораторной установки.** Лабораторная установка (рис. 6.1.) состоит из поливного трубопровода (1)  $D=180$  мм, длиной 2,5м, снабженного четырьмя водовыпусками (2) (см. рис. 6.2.) через 0,5м каждый, которые имеют микрозатворы (3) для регулирования размерами поливной струи, соединенные между собой металлической планкой, позволяющей дистанционно управлять водовыпусками с помощью механического рычага (5). По оси поливного трубопровода напротив водовыпусков, с помощью штуцеров подсоединены пьезометры (6), а на входе воды в трубопровод установлены водомер (7) и манометр давления (8). Слив воды осуществляется в сбросной лоток (9). Установка смонтирована на кронштейнах (10) для возможного вертикального смещения конца трубопровода с целью создания различных уклонов поливному трубопроводу. Это обеспечивает учёт реальных условий рельефа местности.

### **3. Экспериментально-исследовательская часть .**

**Порядок выполнения.** При исследованиях одного водовыпуска на поливном трубопроводе три остальные закрываются, а при парном исследовании – средние два закрываются, чтобы обеспечить расстояние между крайними водовыпусками, равным 1,5м, т.е. межбороздного расстояния для полива виноградников (садов)

3.1. Открывают вентиль (14) и обеспечивают подачу воды в поливной трубопровод. При этом величина напора должна быть менее 2-х метров. По пьезометрам (6) и манометру (8) контролируют величину напора и последовательно устанавливают ее на 0,5, 1,0 и 1,5м.

3.2. По градуированной шкале щитка рычага управления устанавливают угол поворота микрозатвора ( $\varphi=5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ) затем проводят замеры по определению расходов воды (объемным способом) не менее трех раз для определенного угла поворота ( $\varphi$ ) и напора (Н).

3.3. Полученные экспериментальные данные расходов водовыпуска заносят в таблицу 6.1. и по ним строится кривая связи  $Q=f(\varphi; H)$  (рис.6.3.)

3.4. На размер поливной струи влияет коэффициент расхода водовыпуска ( $\mu$ ), зависящий от возникающих сопротивлений, т.е. от величины угла открытия микрозатвора ( $\varphi$ ) и напора (Н).

Таблица 6.1- Опытные данные расходов водовыпуска

Напор Н, (м)	Данные расходов (Q, л/с) воды от угла ( $\varphi$ )		
	$\varphi=5^\circ$	$\varphi=15^\circ$	$\varphi=30^\circ$
0.5			
1.0			
1.5			



**Лабораторная установка поливного трубопровода с дистанционным управлением**

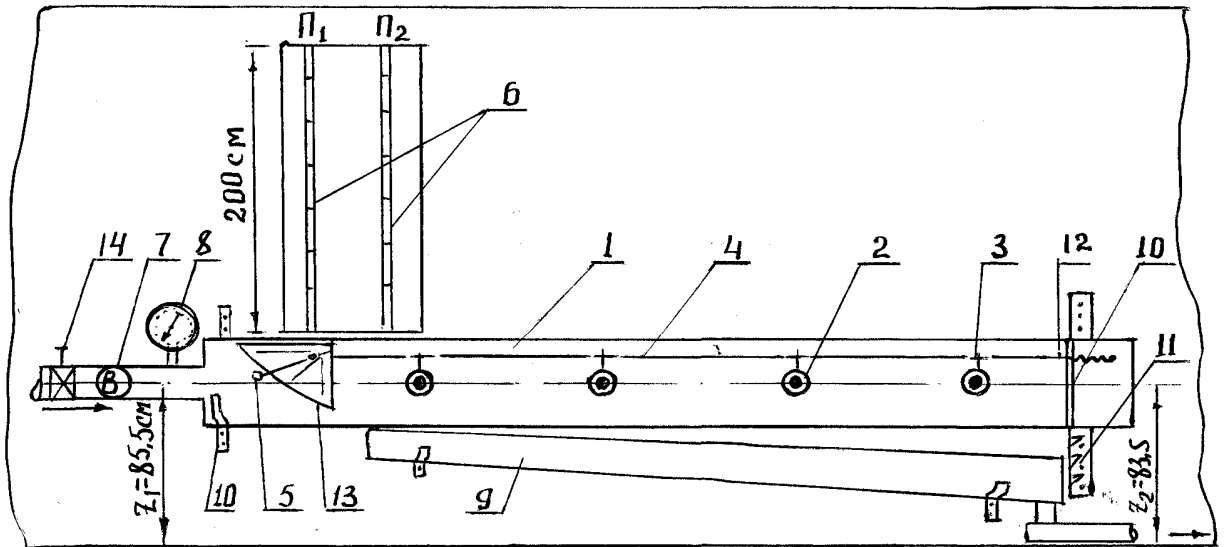


Рис.6.1.

1- поливной трубопровод; 2- регулируемые водовыпуски с микрозатворами; 3- микрозатворы на водовыпусках; 4 – металлическая планка соединения микрозатворов; 5 – механический рычаг дистанционного управления микрозатворами; 6 – пьезометры; 7 – водомер; 8 – манометр; 9 – сливной лоток; 10 – кронштейны крепления трубопровода; 11 – металлическая планка с зацепами; 12 – пружина возврата; 13 – щит с градуированной шкалой рычагоуправления; 14 – вентиль регулирования подачи воды.

3.5. Для установления влияния  $\mu$  на величину расхода  $Q$ , используя опытные значения (табл. 6.1.), определяем  $\mu$  из формулы 6.1 для разных углов открытия  $\phi$ .

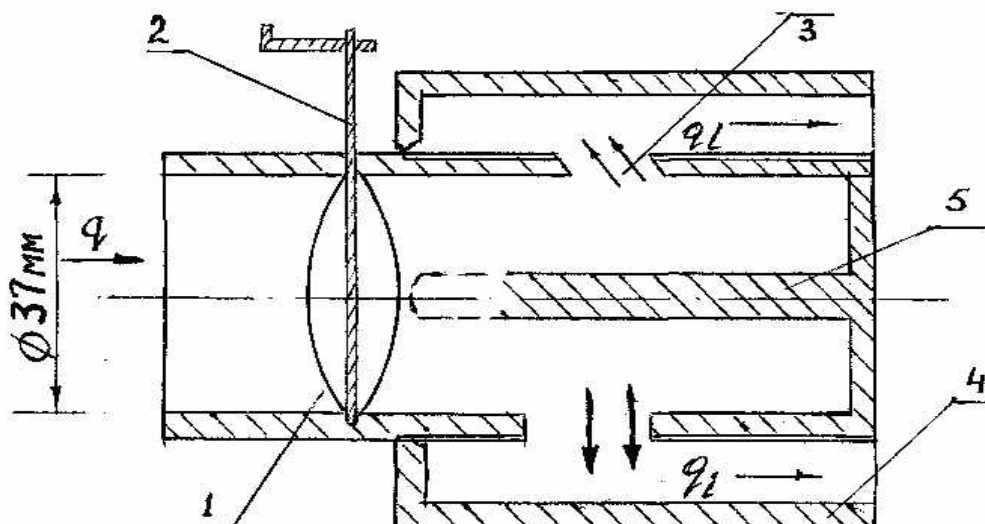


Рис. 6.2 - Конструкция водовыпуска:

*1-поворотный клапан микрозатвора; 2 – ось вращения микрозатвора; 3 – выходные отверстия водовыпуска; 4 – корпус гашения напора; 5 – ограничитель поворота клапана.*

Таблица 5.2- Результаты вычислений коэффициентов расхода

Напор Н, (м)	Значения коэффициентов расхода $\mu$		
	$\varphi=5^\circ$	$\varphi=15^\circ$	$\varphi=30^\circ$
0.5			
1.0			
1.5			

По данным таблицы 6.2. строят кривые связи  $\mu = f(\varphi; H)$ , по которым наглядны характер и диапазон влияния этих факторов на величину коэффициента расхода ( $\mu$ ) (см.рис. 6.5).

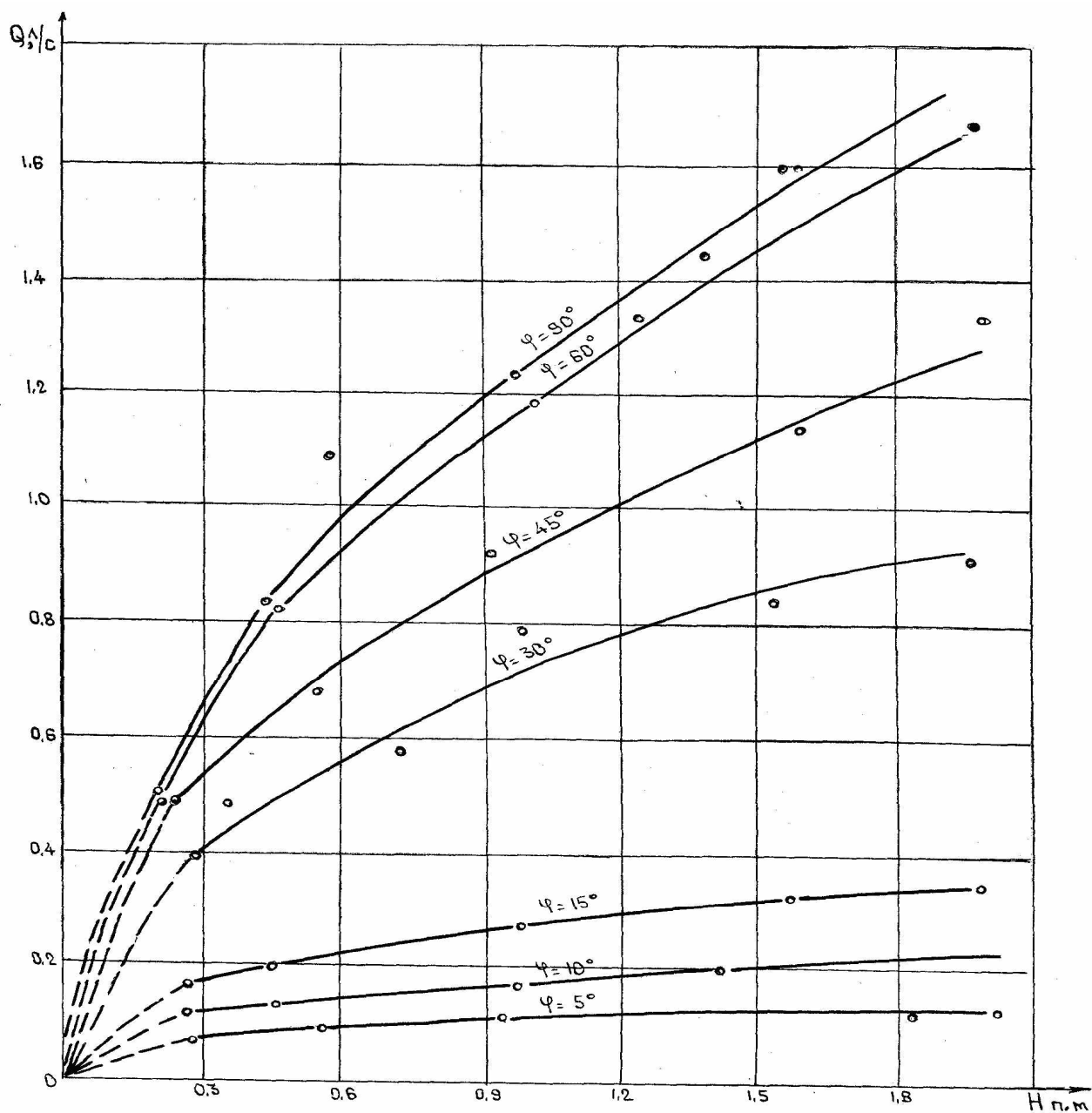


Рис.6.3- Кривые связи расходов воды водовыпуска ( $Q$ ) от угла поворота ( $\varphi$ ) и напора ( $H_{\text{п}}$ )

3.6. Для определения величины выходной скорости водовыпуска и ее влияния на размывающую способность потока в головной части поливной борозды необходимо построить график связи  $V=f(Q)$  при разных углах открытия микрозатвора (рис.6.4).

По допустимым скоростям из графика можно определить экологически допустимый размер поливной струи. Скорости определяют из зависимости:  $V = \frac{Q}{\omega}$ . Из рисунка 6.4. заметим, что выходные скорости находятся в прямой зависимости от расхода воды. При малых расходах и углах открытия ( $5^\circ$ ,  $15^\circ$ ) скорости находятся в пределах допустимых величин (0,07 – 0,3).

3.7. Построенная тарировочная линия связи  $H_{\Pi} = f(H_{\text{мон}})$ , где совпадают средние их показания, подтверждает, что показания манометра вполне достоверны и можно с достаточной точностью по нему измерить действующий напор на водовыпусках (рис.6.6). Зная напоры на водовыпусках из кривых связей  $Q = f(H)$ , можно прогнозировать оптимальные расходы воды в борозду через водовыпуски.

3.8. При групповой работе водовыпусков (для опыта принято два) к показанию манометра, соответствующему напору первого водовыпуска, требуется приплюсовать превышение  $\Delta h$ , учитывающее уклон местности. Так можно определить действующий напор второго водовыпуска. (рис.6.7.)  $H_n = h + \Delta h$ , где  $\Delta h = i \cdot l$ ,  $h = H_1$ . Результаты замеров и вычислений сводится в таблицу 6.3.

3.10. На основании полученных данных студент делает выводы по экспериментальным результатам и сравни-

вает их с имеющимися литературными аналогами по механизированному орошению склоновых земель.

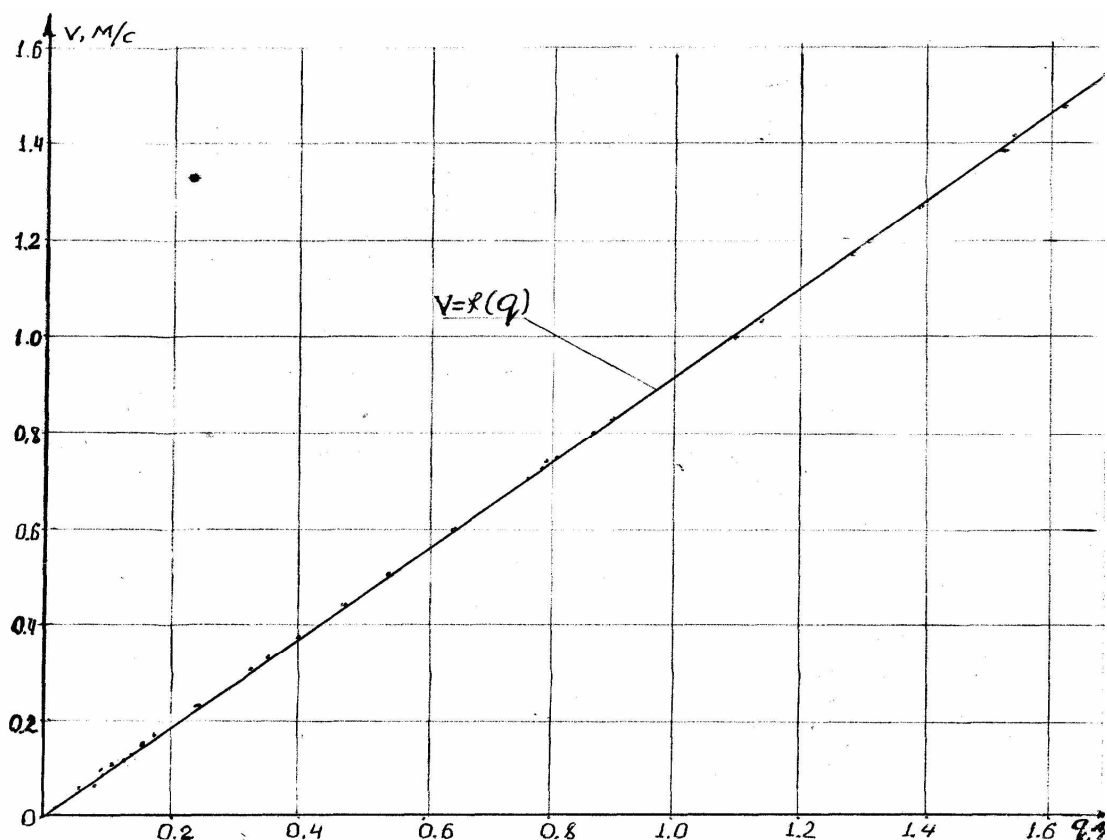


Рис. 6.4- График зависимости  $V=f(Q)$

3.9. Имея превышение для различных уклонов можно прогнозировать для каждого водовыпуска напор по манометру и соответствующий расход воды из графика  $Q=f(H)$ .

Таблица 6.3-Значения расходов водовыпусков в зависимости от напоров

Уклон вдоль трубо- про- вода,  i	Угол откры- тия микро- затвора, $\varphi^\circ$	Напор, м		Пода- ча, л/с, Q	Расходы, л/с	
		1-й водо- вы- пуск, H <sub>1</sub>	2-й водо- вы- пуск, H <sub>2</sub>		1-го водо- выпус- ка, q <sub>1</sub>	2-го водо- выпус- ка, q <sub>2</sub>
0,1	$\varphi=5^\circ$					
	$\varphi=15^\circ$					
	$\varphi=30^\circ$					

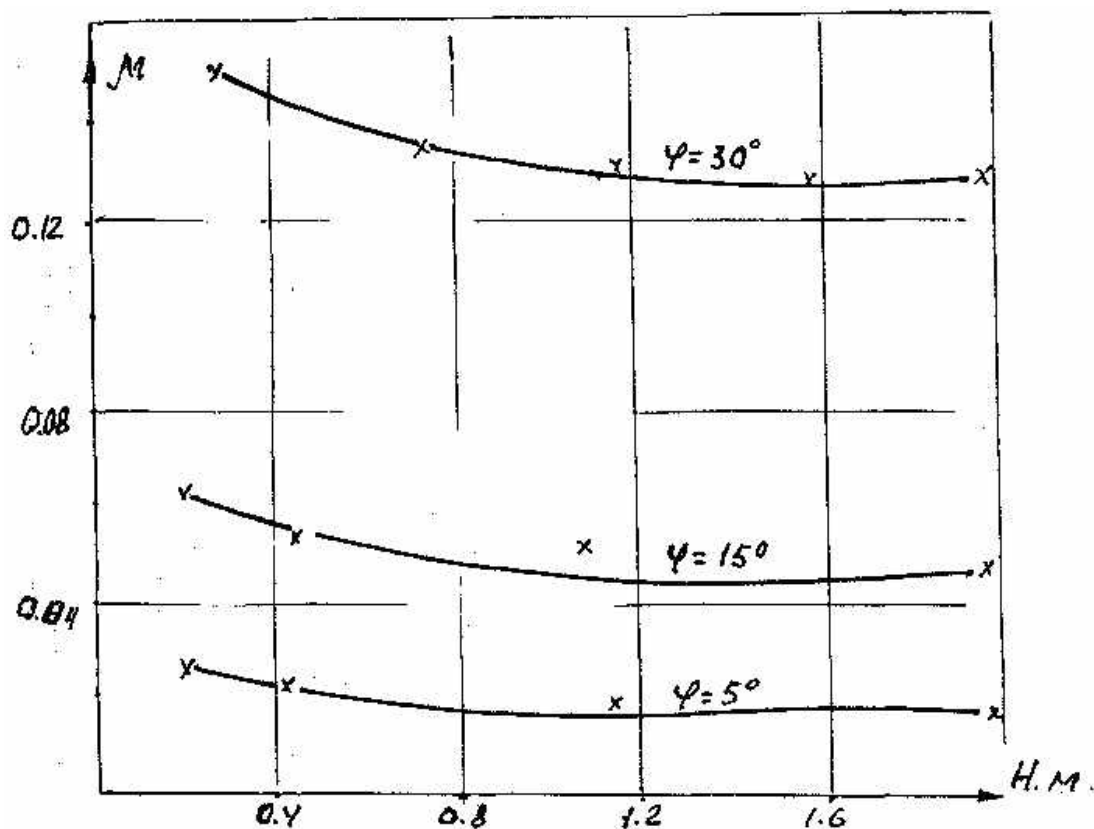


Рис. 6.5-Кривые связи  $\mu = f(\varphi; H_M)$ .

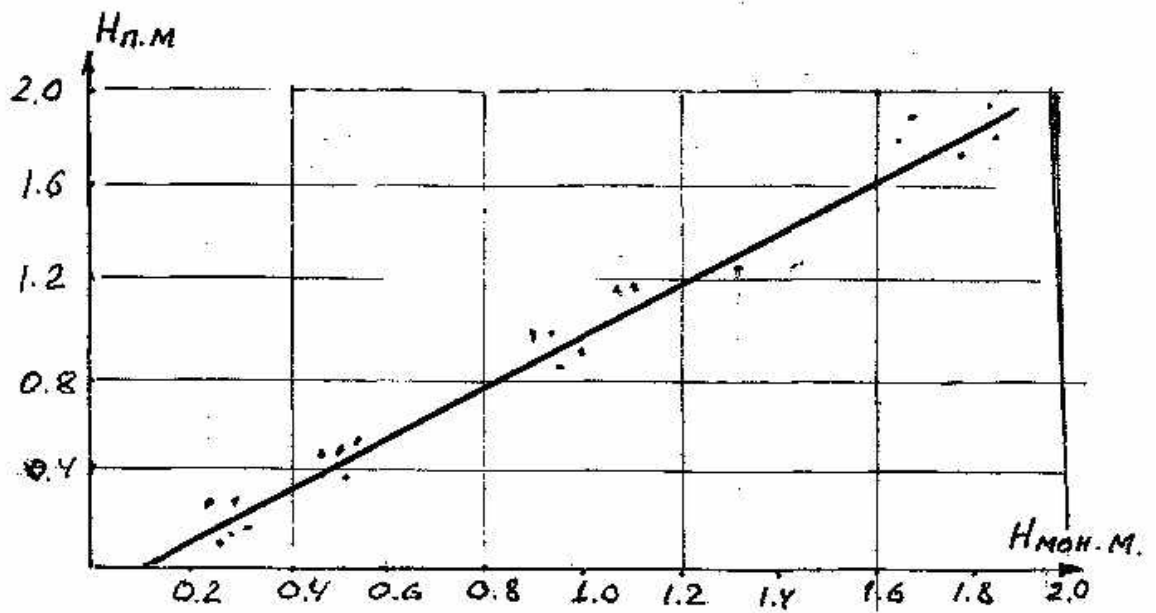


Рис. 6.6-Тарировочная линия связи  $H_{п} = f(H_{м})$

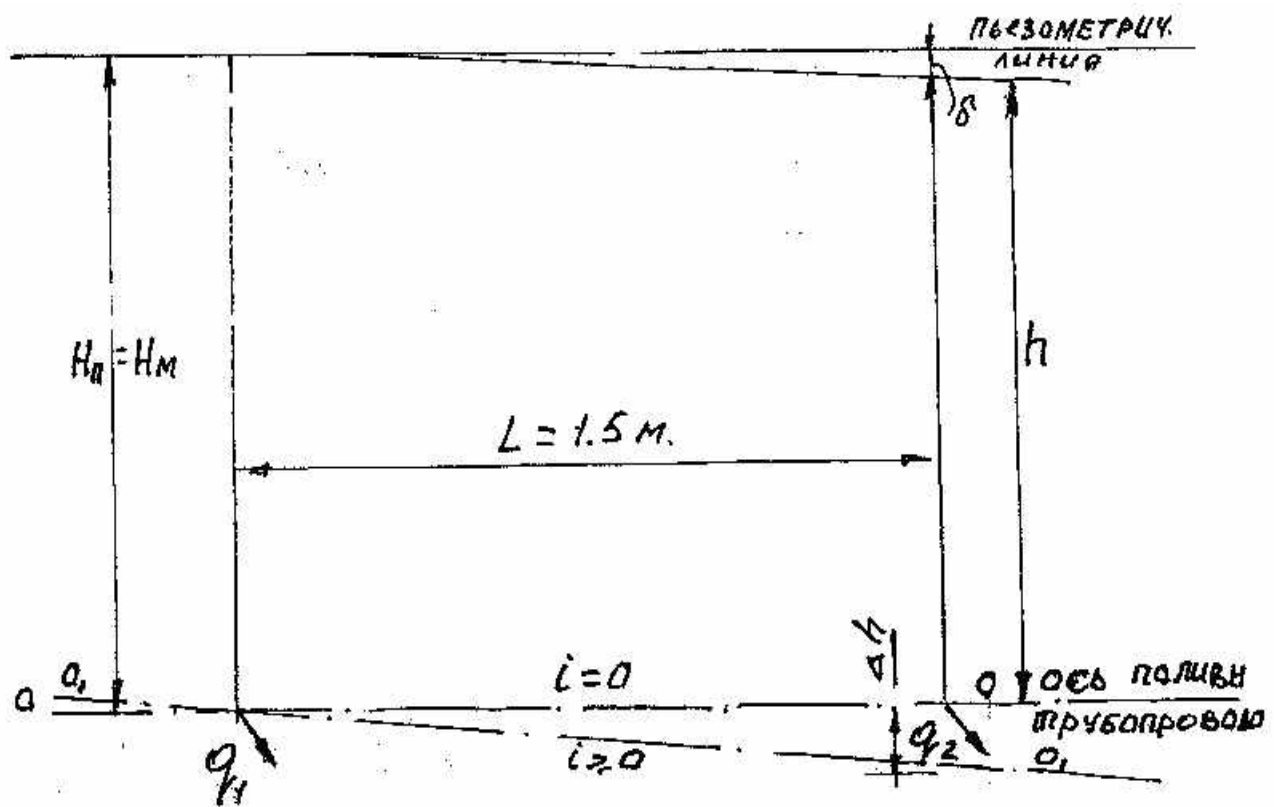


Рис.6.7-Схема определения напора на водовыпуске.

## **4. Контрольные вопросы**

- 4.1. Назначение и условия применения поливных трубопроводов.
- 4.2. Основные конструктивные особенности поливных трубопроводов.
- 4.3. Основные элементы и особенности конструкции водовыпуска.
- 4.4. Формулы определения расхода, скорости и напора водовыпуска.
- 4.5. Принцип работы на поливном трубопроводе.
- 4.6. Влияние уклона на величину расхода водовыпуска.
- 4.7. Влияние коэффициента расхода ( $\mu$ ) на размер поливной струи.
- 4.8. Основной принцип установления допустимых размеров поливной струи.
- 4.9. Влияние угла поворота микрозатвора на величину расхода.
- 4.10. Принцип установки величины расхода по напору.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7**

***Тема: Изучение и исследование напорно-расходных характеристик капельниц.***

**Цель:** Изучение конструкции, принципа работы капельниц, определение их расходов для малых напоров



и ознакомление с методикой гидравлического расчета поливных трубопроводов капельного орошения.

**1. Теоретическая часть.** Капельное орошение - способ подачи оросительной воды малыми расходами непосредственно в корнеобитаемую зону растений через капельницы (микропроводовыпуски).

Основными конструктивными элементами, определяющими параметры систем капельного орошения, являются капельницы.

Учитывая водно-физические свойства почв (водопроницаемость), водоподача существующих капельниц находится в пределах 1,0-16,0 л/ч. Каждая капельница конструктивно выполнена так, чтобы обеспечить её работу с определенной подачей. На легких хорошо проницаемых почвах принимают капельницы с максимальной водоподачей, на тяжелых – с минимальной. Участки со значительными уклонами, более – 0,05, следует поливать капельницами с водоподачей не более 8 л/ч и наоборот, на ровных участках – с максимально -допустимой водоподачей по 16 л/ч.

Для систем непрерывного капельного орошения, при заданной длине поливного трубопровода с капельницами, расчет сводится к определению потерь напора, расчетных расходов трубопровода, а также диаметра их, обеспечивающего равномерную раздачу воды с до-

пустимым отклонением расходов отдельных капельниц.

Гидравлический расчет поливного трубопровода сводится к подбору такого диаметра, который обеспечивает нормальный гидравлический режим и условие:

$$\frac{h \cdot 100}{H_r} \leq 5\% .$$

Гидравлический расчет поливного трубопровода можно производить по следующей последовательности:

1. Определяют расход воды в голове поливного трубопровода по формуле :

$$Q_{n.e} = \sum q_k \text{ или } Q_{n.e} = n \cdot q_k, \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.1)$$

2. Скорость движения воды в трубопроводе при нормальном стандартном диаметре  $d_{\min}=12$  ( $d_{\text{ст}}=12; 14; 16; 18; 20$  мм).

$$V = \frac{4 \cdot Q_{n.m}}{\pi \cdot d_c^2}, \quad (7.2)$$

3. Число Рейнольдса, выраженное через диаметр трубопровода, при фактической скорости  $V_0$  и  $\nu=0,000001 \text{ м}^2/\text{с}$

$$R_{ed} = \frac{V_0 \cdot d_c}{\nu} \quad (7.3)$$

4. Коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода

$$\lambda = \frac{1,362}{R_{ed}^{0,3484}}, \quad (7.4)$$

5. Потери напора в трубопроводе при вычисленных и принятых параметрах  $Q$ ,  $l$ ,  $\lambda$ ,  $d_c$  находим по зависимости:

$$h_c = \frac{\lambda \cdot l \cdot 8,0 \cdot Q^2}{q \cdot \pi^2 \cdot d^5}, \text{ м} \quad (7.5)$$

6. При выполнении условия  $\frac{h_i \cdot 100}{H_r} \leq 5\%$  принимается ближайший стандартный диаметр в большую сторону, и производят расчет во втором или третьем приближении до получения не более 5% расхождения потери напора в поливном трубопроводе.

Потери напора в поливном трубопроводе с капельницами можно определить и по эмпирической формуле ВНИИМ и ТП:

$$h_c = K_1 \cdot K_2 \cdot N \frac{l \cdot \nu^{2-m} \cdot (n_i \cdot q_k)^2}{q \cdot d^{3+m}}, \text{ м} \quad (7.6)$$

где  $\nu$  - коэффициент кинематической вязкости,  $\text{м}^2/\text{с}$  ( $\nu=1 \cdot 10^{-6}$ );

$n_i$  - число капельниц (шт);

$q_k$  - расход одной капельницы, л/ч;

$d$  – внутренний диаметр поливного трубопровода, м;  
 $l$  – длина поливного трубопровода от конца до рассматриваемого сечения, м ( $l = 24$ );

$N$  – коэффициент, зависящий от длины поливного трубопровода ( $2,73 \cdot 10^{-5}$ );

$m$  – показатель степени, зависящий от длины поливного трубопровода ( $m = 1,024$ );

$K_1$  – коэффициент, учитывающий тип капельниц и способ подключения их к поливному трубопроводу ( $K_1 = 0,95$ );

$K_2$  – коэффициент, учитывающий изменение местных сопротивлений при изменении расстояния между капельницами ( $K_2 = 1,06 - 0,02 \cdot l_k$ );

$l_k$  – расстояние между капельницами, м.

Теоретически расход воды через капельницу можно определить по формуле:

$$q_k = \mu \cdot S_0 \sqrt{2g \cdot H_n}, \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (7.7)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода капельницы (0,05-0,95);

$S_0$  – площадь выходного сечения капельницы,  $\text{м}^2$ ;

$H_n$  – напор, при котором происходит истечение, м;

В опытах  $H_n$  определяем по пьезометрам для каждой капельницы.

Для капельницы «Молдавия-1» расход можно подсчитать по формуле:

$$q_k = 0,028 \cdot H_T + 3,11, \text{л} \quad (7.8)$$

где  $H_T$  – напор в поливном трубопроводе, м.

Экспериментально расходы воды капельниц определяем объемным способом по формуле:

$$q_k = \frac{W}{t}, \text{м}^3 \quad (7.9)$$

Диаметр поливного трубопровода принимается постоянным во всей длине и определяется по формуле:

$$d_n = 0,66 \cdot Q_n^{0,442}, \text{м} \quad (7.10)$$

где  $Q_n$  – расход поливного трубопровода, зависящий от количества капельниц ( $Q_n = \sum q_k$ )

**2. Описание установки.** Установка капельного орошения состоит из капельниц (1), на поливном трубопроводе (2), вентиля (3) для регулирования подаваемого расхода воды и напора, пьезометров (4) для каждой капельницы, определяющих напор в капельнице и потери по длине трубопровода, водосливного сосуда (6), водомера (7) и манометра (8) (рис. 7.1).

Капельницы установлены через каждые 3,5 м по длине поливного трубопровода диаметром 14 мм. Типы

капельниц и их технические характеристики даны в таблице 7.1.

Подготовка установки осуществляется открытием вентиля подачи воды в поливной трубопровод до установления постоянных расходов капельниц. Подготавливают емкости объемов воды (мерные сосуды) и секундомеры.

**3. Экспериментальная часть.** Установив постоянный расход капельниц по длине поливного трубопровода, путем регулирования (вручную) подаваемой воды, производим измерение расходов каждой капельницы не менее трех раз в течение 30 мин каждой и заносим результаты измерений расходов и напоров (по пьезометрам) в табл. 7.2.

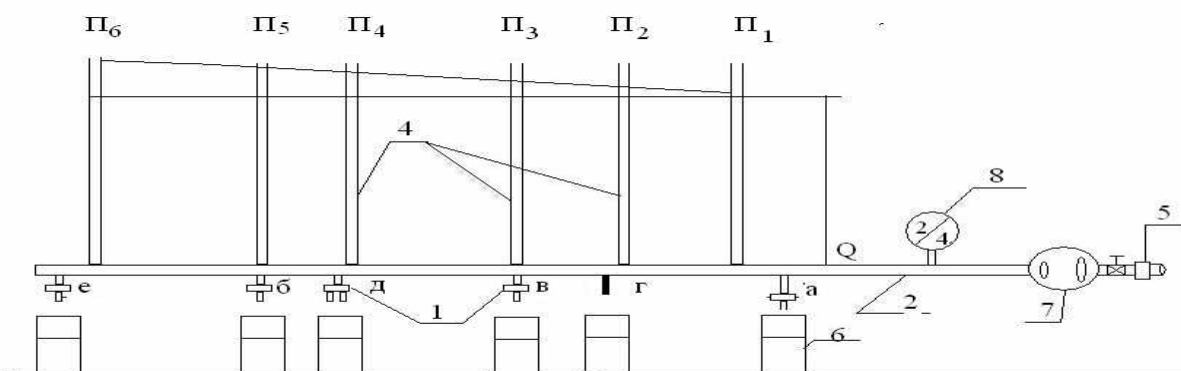


Рис. 7.1. Схема установки капельного орошения.

*1- Капельницы: а - КСС-2 (НИМИ), б - «Украина- 1», в - «Молдавия», г - Микротрубка, д - «Диамонд», е – «Триклон», 2– поливной трубопровод, 3 –вентиль подачи воды, 4 – пьезометры, 5 – водо проводная труба, 6 –посуда для определения объема воды, 7- водомер, 8 –манометр.*

Опыты повторяют не менее трех раз для каждой капельницы, изменив каждый раз действующий напор в поливном трубопроводе.

По результатам трех опытов определяют средние расходы (опытные)  $q_1, q_2, q_3$  и соответствующие им показания пьезометров. По полученным данным строят напорно-расходные характеристики  $q=f(H)$  на миллиметровой бумаге и сопоставляют их с теоретическими данными.

В конце делают выводы о проведенных исследованиях напорно-расходных характеристик и расчетов трубопроводов для малых напоров.

### **3.Порядок выполнения работы.**

1.Изучить конструкцию. Принцип работы капельниц для типов приведенных в таблице 6.1.

2.Ознакомиться с установкой капельного орошения и включить ее для работы.

3. Установить визуальным регулированием расходы капельниц и соответствующие положения уровней в пьезометрах ( $H_1, H_2, H_3, H_4$ ).

4.Определить теоретические значения расходов воды капельниц и потери напора  $H_m$  по формулам (7, 8, 5 или 6).

5.Определить объемным способом расходы капельниц три раза в трехкратной их повторности, изменив дейст-

вующий напор на поливном трубопроводе не менее 3-х раз (для  $H_1, H_2, H_3, H_4$ ). 6. Данные расчетов занести в табл. 7.2. 7. Сравнить теоретические значения расходов и потерь напора с опытными, определить погрешности измерений. 8. Построить кривые связи  $q_k = f(H)$  для одной капельницы по теоретическим и опытным данным. 9. Определить диаметры по предлагаемой методике расчета и по экспериментальным данным по формуле (10). 10. По результатам исследований сделать выводы.

#### **4. Контрольные вопросы.**

- 4.1. Какие типы капельниц применяют на системах капельного орошения?
- 4.2. Основные элементы систем капельного орошения.
- 4.3. Какой основной принцип работы капельниц на системах капельного орошения?
- 4.4. Основные преимущества и недостатки типов капельниц.
- 4.5. Основные напорно-расходные характеристики капельниц.
- 4.6. Основные конструктивные особенности существующих типов капельниц.
- 4.7. Каковы направления совершенствования конструкции капельниц?
- 4.8. Сущность гидравлического расчета поливных трубопроводов систем капельного орошения.
- 4.9. Методы регулирования напорно-расходных характеристик на системах капельного орошения



Таблица 7.1-Техническая характеристика капельниц

Капельница	Тип	Допустимая крупность твер- дых частиц в воде, мм	Площадь полива м <sup>2</sup>	Диапазон давления КПа	Расход, л/ч
1	2	3	4	5	6
«Молдавия -1»	Непрерывного дейст- вия, саморегулирующая	До 0,2	До 6	100...200	4.8
«Молдавия -2»	Непрерывного дейст- вия, самоочищающаяся	До 0,2	До 6	100...240	3.4...5.7
«Молдавия -3»	Непрерывного дейст- вия,	До 0,2	До 6	До 300	4...16
«Таврия - 1»	Непрерывного дейст- вия, поплавками	До 0,1	До 2.5	40...80	0.8...1.0
«Украина - 1»	Непрерывного дейст- вия, самоочищающаяся	До 1.0	До 6	100...240	3.4...5.67
К-316	Мембранная прямоточ- ная	До 0,25	До 5.9	200...350	10
К-314	Мембранная	До 0,25	До 5.9	200...300	6...12
К-350	Мембранная,	До 0,25	До 5.9	100...400	7.0

Продолжение таблицы 7.1.

1	2	3	4	5	6
	Саморегулирующая	До 0,25	До 5.9	100...300	5+0.5 на 1 водо- выпуск
«Узгипро- водхоз»	Поплавковая	До 0.8	До 6	20...270	4, 6, 8, 10
«Ала-Тау»	с вихревой камерой	До 1.5	До 8.0	15...700	2.5...6.5
ЗЗ-АВ-КТ-2	Непрерывно го действия,	До 1.5	До 8.0	До 300	4...16
«Коломна-1»	Гидропневмоаккумуля- торный (режим работы циклический импульсный)	До 1.0	До 10.0	150...300	0.5...5

Таблица 7.2-Результаты опытных значений.

№№ опытов	№№измер.	Типы капельниц																	
		Молдавия -1						Украина -1						Насадка с винтом					
		W	t	Q <sub>к</sub>	Q <sub>сп</sub>	H <sub>оп</sub>	H <sub>г</sub>	W	t	Q <sub>к</sub>	Q <sub>сп</sub>	H <sub>оп</sub>	H <sub>г</sub>	W	t	Q <sub>к</sub>	Q <sub>сп</sub>	H <sub>оп</sub>	H <sub>г</sub>
1	1																		
	2																		
	3																		

№№ оп ытов	№№ измер.	Типы капельниц												примеча- ние			
		«Триклон»						Микротрубка с винтом									
		W	t	Q <sub>к</sub>	Q <sub>сп</sub>	H <sub>оп</sub>	H <sub>г</sub>	W	t	Q <sub>к</sub>	Q <sub>сп</sub>	H <sub>оп</sub>	H <sub>г</sub>				
2	1																
	2																
	3																

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

**Тема:** *Исследование работы трубчатой оросительной сети при дождевании*

**Цель и задача работы:** изучение и закрепление теоретических знаний проектирования и расчета трубчатой оросительной сети на действующей модели с задачей определить её основные параметры при различных технологических схемах дождевания.

### **1. Теоретическая часть.**

Трубчатая (закрытая) оросительная сеть представляет собой систему трубопроводов, сооружений и арматуры на ней. Вода в трубах движется под давлением напора, который создается за счет уклона местности (самонапорный) или насосами. Трубчатая оросительная сеть состоит из магистрального, распределительного и участковых трубопроводов. Последние трубопроводы подают воду в поливные к дождевальным (аппаратам) устройствам.

Для трубчатой оросительной сети применяются напорные асбестоцементные, железобетонные и пластмассовые трубы. Применение стальных и чугунных трубопроводов рекомендуются в редких случаях (в зависимости от действующего напора - более 1,2МПа).

Участковые трубопроводы проектируют параллельно друг другу с расстоянием не менее 500м. Это обеспечивает эффективное применение различных дождевальных устройств.

Трубчатая оросительная сеть проектируется, как правило, по тупиковой схеме. Наиболее характерны две схемы: 1) участковые (полевые) трубопроводы расположены по одну сторону от распределительного трубопровода - в направлении максимального уклона местности; 2) участковые трубопроводы расположены по обе стороны от распределительного трубопровода, которые проходят по наибольшему уклону местности.

Расчетами устанавливаются расходы воды в трубопроводах, диаметры их, скорости течения воды, потери напора по длине трубопровода и потери напора на преодоление местных сопротивлений.

Исходными данными для расчета являются: расход дождевальных устройств (аппарата, насадок), длина трубопровода, количество дождевальных устройств на поливном трубопроводе, материал изготовления труб.

Расчетный расход оросительной сети определяется в соответствии с графиком водоподдачи на севооборотный участок.

Расходы полевых распределительных трубопроводов в пределах каждого (севооборотного) участка принимаются, равные сумме расходов всех одновременно работающих на каждом трубопроводе дождевальных устройств (аппаратов):

$$Q_{n.m.}^{nt} = Q_{д.у.} \cdot n, \text{ л/с} \quad (8.1)$$

$$Q_{n.m.}^{bt} = \frac{Q_{n.m.}^{nt}}{E}, \text{ л/с} \quad (8.2)$$

где  $Q_{n.m.}^{nt}$  и  $Q_{n.m.}^{bt}$  - расчетные расходы, соответственно, нетто и брутто полевого трубопровода, л/с;

$Q_{д.у.}$  - расход воды дождевального устройства (аппарата), л/с (принимается из технико-эксплуатационных характеристик ДА);

$n$  – число дождевальных устройств (аппаратов, насадок) на поливном трубопроводе, шт;

$E$  - коэффициент полезного действия трубопровода=0,98.

Расчетный расход распределительного трубопровода будет равен:

$$Q_{p.m.}^{nt} = \sum Q_{nm}^{nt}, \text{ л/с} \quad (8.3)$$

$$Q_{p.m.}^{bt} = \frac{Q_{p.m.}^{nt}}{E}, \text{ л/с} \quad (8.4)$$

где  $Q_{p.m.}^{nt}$  и  $Q_{p.m.}^{bt}$  - расчетные расходы, соответственно, нетто и брутто в голове распределительного трубопровода;

$\sum Q_{nm}^{nt}$  - суммарный расход нетто поливных трубопроводов, получающих воду от распределительного трубопровода.

Расчетный расход насосной станции определяется по зависимости:

$$Q_{н.с.}^{nt} = Q_{д.у.} \cdot N, \text{ л/с} \quad (8.5)$$

$$Q_{н.с.}^{bt} = \frac{Q_{н.с.}^{nt}}{E}, \text{ л/с} \quad (8.6)$$

где  $N$  – число дождевальных устройств на участке орошения.

Установление расчетных расходов трубчатой сети следует начинать с самого удаленного от головы системы поливного трубопровода и двигаться в направлении насосной станции (источника орошения). По расчетной трассе трубчатой оросительной сети определяются экономичные диаметры для каждого участка (трубопровода) в зависимости от величины расхода воды.

$$d_s = A \sqrt{Q_m^{64}}, \text{ м} \quad (8.7)$$

где  $A$  – принимается в зависимости от материала труб и мощности Н.С. ( $A \approx 0,96$ );

$Q_m^{br}$  - максимальный расчетный расход трубопровода (brutto), м<sup>3</sup>/с.

Полученный диаметр трубопровода округляется до стандартных размеров.

Зная расход трубопровода и его стандартный диаметр, определяется фактическая скорость движения воды.

$$V_{cp} = \frac{4 \cdot Q^{br}}{\pi \cdot d_c^2}, \text{ м/с} \quad (8.8)$$

Средняя скорость движения воды должна быть больше критической в отношении заилиения. Критическая скорость, обеспечивающая незаиляемость трубопровода, определяется по формуле:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{0,16 \cdot W^{0,25} \cdot q \cdot \rho}{\lambda}}, \text{ м/с} \quad (8.9)$$

где  $W$  – средневзвешенная гидравлическая крупность наносов, мм/с;

$\rho$  – мутность оросительной воды, т/м<sup>3</sup> ( $\rho=0,0003$  т/м<sup>3</sup>);

$q$  – ускорение свободного падения тела, м/с<sup>2</sup> ( $W=2,9 \dots 8,0$ );

$\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода (ориентировочно можно принять  $0,03 \dots 0,015$ ).

Если фактическая скорость движения воды в трубопроводе будет менее критической, то следует диаметр трубопровода определить, исходя из величины критической скорости, увеличив ее на 10%.

Потери напора по длине на отдельных участках трубопровода определяют по

формуле:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V_c^2}{2g}, \text{ м} \quad (8.10)$$

Полные потери напора складываются из потерь напора по длине и местных, величина которых принимается  $\leq 10\%$  от потерь по длине.

$$H_n = \sum h_l + h_m, \text{ м} \quad (8.11)$$

Расчеты по определению всех гидравлических параметров трубчатой сети по двум вариантам рекомендуется свести в таблицу 8.1.

Требуемый напор насоса ( $H_c$ ) определяем по зависимости:

$$H_c = \pm \Delta h + \sum h_l + \sum h_m + h_r, \text{ м} \quad (8.12)$$

где  $H_c$  – требуемый напор насоса, м;  $\Delta h$  – разность между минимальной и максимальной отметкой ( $\Delta h=-1,2$  м);

$h_r$  – свободный напор на гидранте (стояке), принимается по технической характеристике принятого дождевального устройства.



## 2. Описание действующей модели трубчатой оросительной сети.

Модель (рис.8.1) представляет собой 10кратно уменьшенная стационарная трубчатая (закрытая) оросительная сеть, состоящая из параллельно уложенных на земле полевых трубопроводов (1), с насаженными дефлекторными насадками или аппаратами (2). На каждом поливном трубопроводе 2-3 шт. дождевальных насадок или аппаратов (среднеструйные, в зависимости от рассматриваемого технологического варианта их размещения на сети). Для рассмотрения различных технологических схем работы дождевальных аппаратов (насадок) на трубчатой оросительной сети предусмотрены задвижки, позволяющих их открытие или закрытие. Таким образом, можно регулировать количеством одновременно действующих дождевальных аппаратов (насадок) и расходом оросительной сети.

Подача воды осуществляется через вентиль (6) на магистральном трубопроводе (МТ), а распределительным трубопроводом (5) подключаются полевые (3). Насосом (8) создается напор в сети. Характеристика его напора и расхода измеряются манометром (9) и расходомером (10).

Расстояние между полевыми трубопроводами составляет 9-10м, диаметры их 15-25мм, а распределительного и магистрального трубопроводов 35мм. Все необходимые размеры даны на схеме трубчатой оросительной сети орошаемого участка (см. рис. 8.1).

Подготовка действующей модели трубчатой оросительной сети к работе.

Работу выполняют на действующей модели по следующим ниже приведенным технологическим схемам:

1-я, последовательная работа полевых трубопроводов с тремя дефлекторными насадками на них;

2-я, одновременная работа всех 4-х полевых трубопроводов с двумя дефлекторными насадками на каждом;

3-я, попарная одновременная работа 2-х смежных полевых трубопроводов с 3-мя дефлекторными насадками;

4-я, поочередная, одиночная работа полевых трубопроводов со среднеструйным дождевальным аппаратом «Роса-1»;

5-я, одновременная работа крайних полевых трубопроводов с дождевальным аппаратом «Роса-1»;

6-я, одиночная работа ДА «ДКШ-64» на среднем полевым трубопроводе 1.Кр.3;

7-я, одновременная работа крайних полевых трубопроводов с ДА «ДКШ-64».



В работе для сравнения необходимо рассматривать две возможные технологические схемы из первых 3-х с дефлекторными насадками или две другие из следующих 4-х со среднеструйными аппаратами типа «Роса» и «ДКШ-64».

После выбора возможных двух технологических схем работы действующей модели трубчатой сети устанавливают аппарат или насадку на позиции так, чтобы остальные аппараты, насадки или полевые трубопроводы были заглушены или закрыты с помощью крана в смотровых и распределительных колодцах. Завершив, подготовку модели трубчатой оросительной сети по одной из выбранных технологических схем, подают воду в магистральный трубопровод при закрытом вентиле (6), подающую воду в трубчатую сеть на орошаемом участке и проверяют готовность к работе насоса и других приборов (манометра и расходомера).

Аналогично повторяют последовательность подготовки модели для второй сравниваемой технологической схемы после завершения работы по первой.

### **3. Экспериментальная часть**

#### *3.1. Порядок выполнения работы.*

1. Выбрать две различные для сравнения технологические схемы работы ДУ с напорно-расходными их характеристиками и представить расчетную схему трубчатой сети в масштабе 1:100 (рис.8.1), с нанесением возможной площади орошения из смежных точек работы дождевальных аппаратов (насадок).
2. По выбранным технологическим схемам работы трубчатой оросительной сети произвести гидравлические расчеты по выше приведенной методической последовательности. Результаты расчетов свести в таблицу 8.1.
3. По результатам теоретических расчетов ( $Q$ ,  $H$ ,  $N$ ,  $B$  и  $l$ ) предварительно определяют оптимальную технологическую схему из двух рассмотренных.
4. Экспериментальные измерения основных гидравлических параметров по 1-й технологической схеме производят подачей воды вентилем (6) в действующую модель трубчатой оросительной сети.
5. Для создания определенного напора (давления) в сети включают насос (8). Подача воды и напор в сети регулируется вентилем (6).
6. В течение 5-10 минут наблюдают за работой дождевальных аппаратов (ДА) или насадок и определяют радиус действия их с помощью мерной ленты (рулетка), непосредственно на опытном участке.
7. Определяют площадь полива с учетом радиуса перекрытий и расстояния между поливными трубопроводами ( $l=b=1,42 \cdot R$ ). Определяют фактический коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент использования земли.
8. Опытные замеры площади орошения и технология (окончательной) полива наносят на рис.8.1, сравнивают с теоретическими результатами и сводят в табл. 8.2.

9. На основании полученных результатов таблицы 8.2 студент делает выводы по выбору оптимальной технологической схемы и оценке теоретических и экспериментальных результатов с учетом всех основных параметров проектирования трубчатой оросительной сети.

Лабораторная работа выполняется в течение двух занятий: первые два часа теоретические расчеты и эксперименты, следующие два часа обработка результатов исследований, оформление и защита отчетов

Таблица 8.2-Теоретические и экспериментальные результаты.

Варианты тех. схем	Напор, м			Расход, л/с			Мощность, кВт		
	теор	опыт	%	теор	опыт	%	теор	опыт	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-я									
2-я									

Продолжение таблицы 8.2

Расст. между пол.труб			Площадь орошения, м <sup>2</sup>			КЗИ		
теор.	опыт	%	теор.	опыт	%	теор.	опыт	%
11	12	13	14	15	16	17	18	19

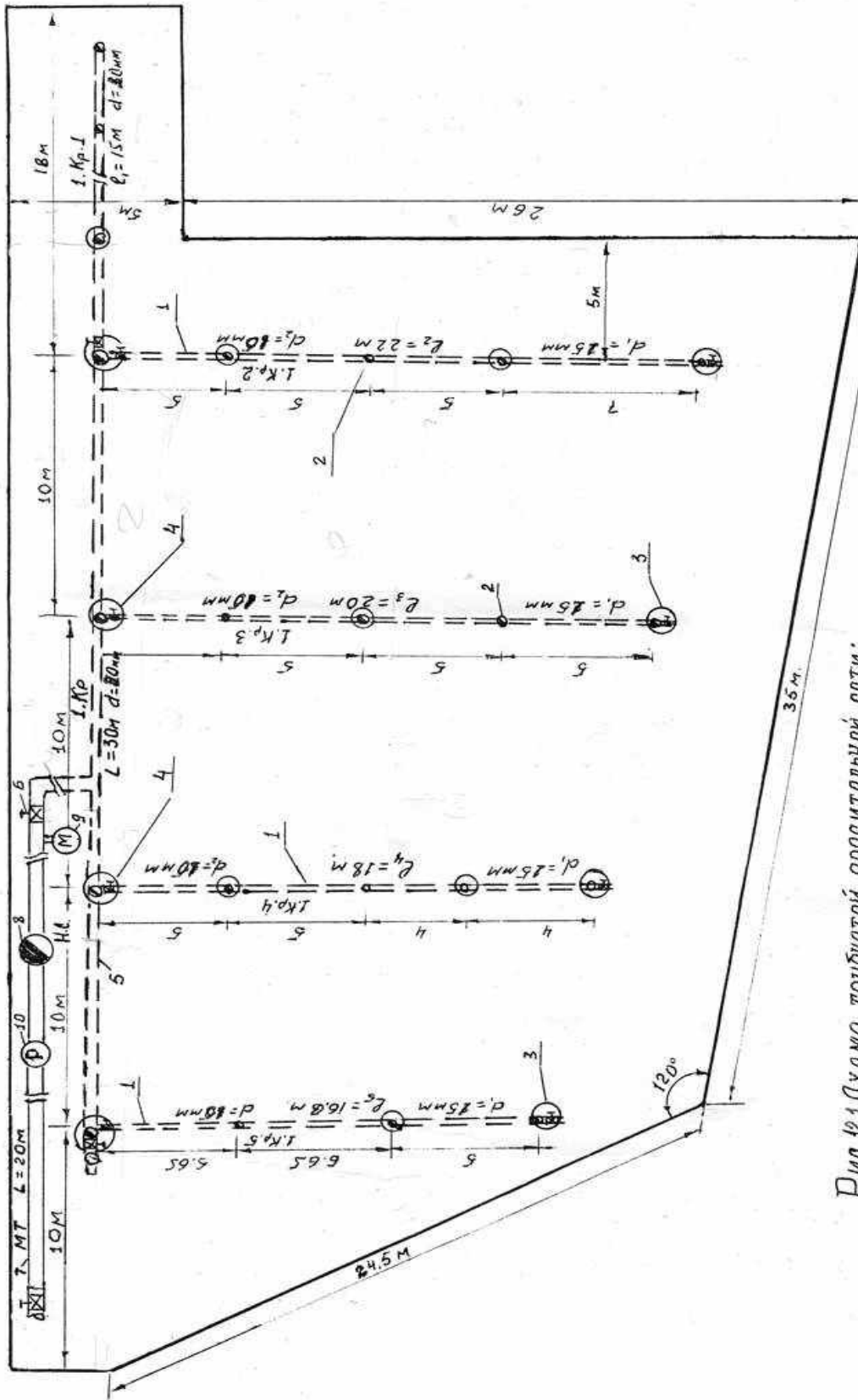


Рис. 12.1. Схема трубчатой оросительной сети:  
 1 - полевые трубопроводы, 2 - впадные насадки (аппараты), 3, 4 - смотровые и распределительные колодцы, 5, 7 - распределительный и магистральный трубопроводы, 6 - вентиль (задвижка), 8 - манометр, 9 - расходомер, 10 - расходомер.

Таблица 8.2-Теоретические и экспериментальные результаты.

Вариан- ты тех. схем	Напор, м			Расход, л/с			Мощность, кВт		
	теор	опыт	%	теор	опыт	%	теор	опыт	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-я									
2-я									

Продолжение таблицы 8.2

Расст. между пол.труб			Площадь орошения, м <sup>2</sup>			КЗИ		
теор.	опыт	%	теор.	опыт	%	теор.	опыт	%
11	12	13	14	15	16	17	18	19

#### **4. Контрольные вопросы**

- 4.1. Определение трубчатой оросительной сети.
- 4.2. Условия применения трубчатой оросительной сети в зависимости от природно-хозяйственных факторов.
- 4.3. Основные элементы трубчатой оросительной сети и их характеристика.
- 4.4. Основные характеристики среднеструйных аппаратов.
- 4.5. Основные характеристики дефлекторной насадки.
- 4.6. Типы и конструкции короткоструйных насадок.
- 4.7. Технологические схемы работ ДА и их особенности.
- 4.8. Основные параметры, определяемые гидравлическими расчетами и основные формулы.
- 4.9. Как определяются потери напора по длине и полный напор в трубчатой оросительной сети?
- 4.10. Что такое свободный напор на гидранте?
- 4.11. Как определяется подача воды насосом?
- 4.12. Как определяется мощность насосной станции?
- 4.13. Как определяется КЗИ орошаемого участка?

## ***Литература***

1. Марков Е.С. и др. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. – М.: Колос, 1981.
2. Аверьянов С.Ф. и др. Физическое и математическое моделирование в мелиорации. Научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1973.
3. Сурикова Т.И., Голованов А.И., Новиков О.С., Никольский Ю.Н. Лабораторный практикум по сельскохозяйственным гидротехническим мелиорациям. Учебное пособие. – М.: изд. МГМИ, 1985, с.129
4. Зербалиев А.М. Лабораторный практикум по дисциплине: Мелиорация земель. Учебное пособие. – Махачкала.: изд. ДГТУ, 2009, с.160.