

626.862.4
М-54

40468

ВНИИГиМ



**МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ
И НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВОДОПРИЕМНОЙ СПОСОБНОСТИ
ДРЕНАЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**



Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова

**МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ
И НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВОДОПРИЕМНОЙ СПОСОБНОСТИ
ДРЕНАЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Москва 1988

Настоящая методика разработана ВНИИГим (к.т.н. Кирейчева Л.В., к.т.н. Терешкина Е.Е.), при участии САНИИРИ (к.т.н. Батурин Г.Е., к.т.н. Горшков Н.И.), Средазгипроводхлопка (к.т.н. Серебренников Ф.В.), ЮжНИИГима (к.т.н. Васильченко В.А., Бредихин Н.Н.), Укргипроводхоза (к.т.н. Чирва Ю.А., Тимохин В.М.), раздел 4 подготовлен к.г.-м.н. Манукьяном Д.М., общее редактирование осуществлено к.т.н. Кирейчевой Л.В.

Цель — обеспечение единой методической основы исследований по разработке новых перспективных конструкций закрытого дренажа и оценке их водоприемной способности в лабораторных и натуральных условиях.

В настоящую методику включен раздел по проведению лабораторных исследований защитно-фильтрующих материалов.

Методика предназначена для отраслевых научно-исследовательских институтов и специалистов-мелиораторов, занимающихся вопросами повышения эффективности систем закрытого горизонтального дренажа.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Введение	5
I. Исследования защитно-фильтрующих свойств материалов, применяемых в качестве фильтра для дренажа	6
2. Лабораторные испытания дренажных конструкций	II
3. Натурные исследования водоприемной способности закрытого дренажа	19
3.1. Уточнение природных характеристик опытно-производственного участка и определение его представительности	19
3.2. Состав и периодичность наблюдений на опытно-производственном участке	21
3.3. Порядок обработки материалов натурных наблюдений и расчет количественных показателей водоприемной способности дренажных конструкций	23
3.4. Оценка водоприемной способности дрены	26
3.5. Оценка фактической дренирующей способности систем закрытого горизонтального дренажа	28
4. Рациональный метод определения фильтрационного сопротивления горизонтальной дрены	31
Приложение I. Форма журналов лабораторных исследований на фильтрационных приборах	35
Приложение 2. Форма журнала лабораторных исследований на лотках	36
Приложение 3. Журнал полевых наблюдений за работой дренажа	37
Приложение 4. Бланк исходных данных к программе для ЭВМ ЕС-1033 "Определение количественных показателей водоприемной способности дренажной конструкции по данным натурных замеров в придренной зоне"	38
Литература	40

ВВЕДЕНИЕ

XXVI съезд КПСС конкретизировал задачи дальнейшей реализации Продовольственной программы на основе мелиорации земель. Особое внимание уделено повышению эффективности мелиоративных систем, составной частью которых является дренаж. Проведенные исследования по оценке работоспособности закрытого горизонтального дренажа показали необходимость дальнейшего повышения его эффективности, что может быть достигнуто благодаря применению более совершенных конструкций дрен, обладающих повышенной водоприемной способностью.

При совершенствовании и разработке новых конструкций закрытого горизонтального дренажа следует ориентироваться на:

- преимущественное применение комплексно-механизированного способа строительства дренажа с использованием дреноукладочных машин;
- использование дренажных труб из прогрессивных материалов, в том числе цельнотянутых пластмассовых;
- применение рулонных искусственных защитно-фильтрующих материалов (ЗФМ), производимых из отходов местной промышленности;
- увеличение водоприемной способности дрен за счет использования дополнительных обсыпок из местных зернистых материалов, в том числе отходов строительной, сельскохозяйственной, химической и другой продукции.

В настоящее время на юге Украины и в Узбекистане накоплен определенный опыт применения в качестве фильтров закрытого горизонтального дренажа ЗФМ из минеральных и синтетических волокон, однако, для устройства фильтров подбирались рулонные ЗФМ из материалов, изготавливаемых для других целей, без учета требований, предъявляемых к дренажным фильтрам. Специально для нужд отрасли мелиорации и водного хозяйства рулонные ЗФМ производятся в крайне ограниченных количествах и ассортименте. В этой связи перед отраслевой наукой стоит задача разработать требования к рулонным ЗФМ из минеральных и синтетических волокон, основанные на научном представлении о процессах суффозии и кольматации фильтров.

Применение разработанных с учетом вышеизложенных требований конструкций позволит повысить индустриализацию строительства закрытого горизонтального дренажа, надежность его в эксплуатации, соответственно сократить капитальные вложения и текущие издержки. При оценке эффективности новых конструкций закрытого горизонтального дренажа предлагается использовать настоящие методические рекомендации.

І. ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАЩИТНО-ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ФИЛЬТРА ДЛЯ ДРЕНАЖА

Так как в настоящее время отсутствуют достаточно надежные расчетные методы, то подбор материалов для фильтров закрытого дренажа осуществляется экспериментально.

Оценку пригодности того или иного фильтрового материала для применения в конструкции водоприемной части дрен следует начинать с проверки обеспечения им фильтрационной устойчивости различных категорий дренируемых грунтов на контакте с ЗФМ, при фильтрационных условиях, отвечающих максимальным нагрузкам на дренаж.

Лабораторные исследования дренажных фильтров должны проводиться в фильтрационных приборах с обеспечением многофакторного эксперимента.

Одновременно определяется соответствие дренажного фильтра грунтовым условиям: фильтрационная устойчивость грунтов, наличие или отсутствие в грунте на контакте с дренажными фильтрами следующих процессов:

- а) фильтрационных деформаций грунта (кольматация, суффозия и отслаивание);
- б) структурных деформаций грунта.

Исследование дренажных фильтров проводится на фильтрационных установках, с грунтом нарушенного и ненарушенного сложения.

Общий вид фильтрационной установки приведен на рис.І.

Фильтрационный прибор (рис.2) представляет собой герметично закрытый контейнер, состоящий из 2-х блоков. При объединении блоков между собой их поверхности совпадают и образуют сплошную колонку с отстойником.

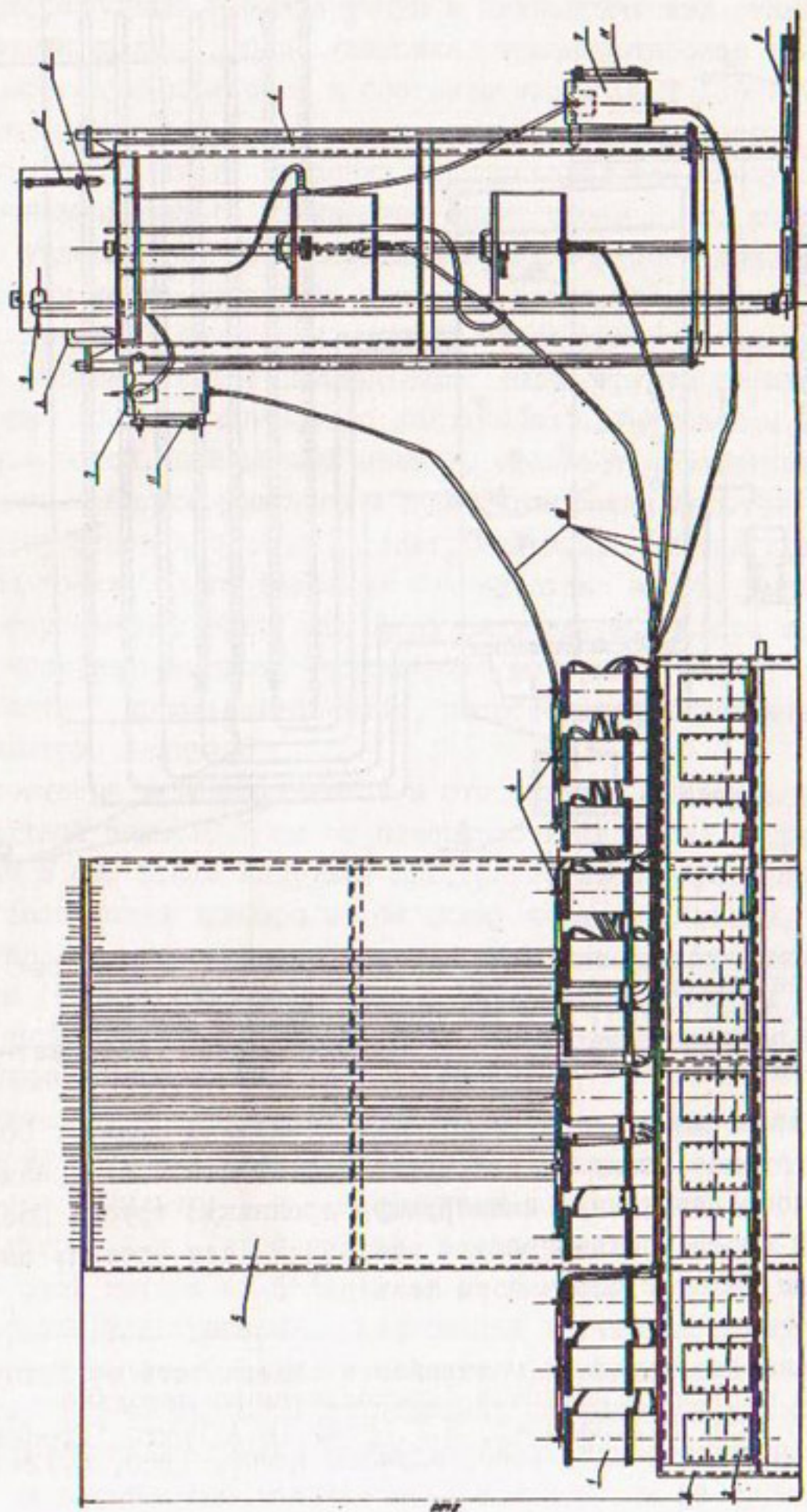


Рис. I. Схема фильтровой установки: I - фильтровальная колонка, 2 - мерная емкость, 3 - стол для фильтровальных приборов, 4 - установка для обеспечения требуемого напора в фильтровальных приборах, 5 - шит для пьезометра, 6 - напорный бак, 7 - регулятор уровня, 8 - система подключения к водопроводу, 9 - аварийный сброс воды, 10 - система распределения воды, II - пьезометры контроля уровня воды в системе распределения

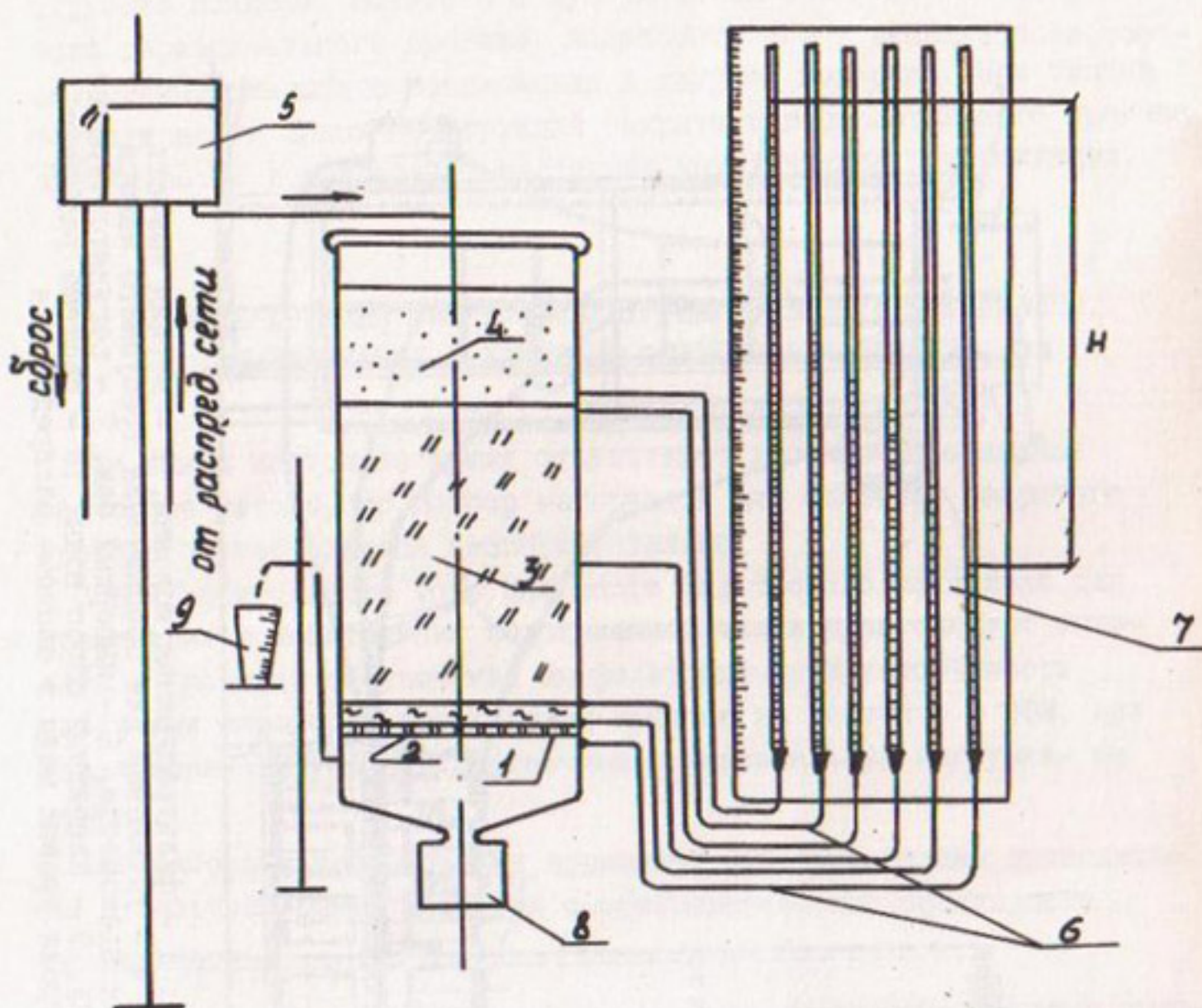


Рис.2. Схема проведения опыта на фильтрационном приборе:
 1 – перфорированная пластинка; 2 – материал фильтра;
 3 – исследуемый грунт; 4 – песчано-гравийная пригрузка;
 5 – бачок-регулятор напора; 6 – пьезометры; 7 – пьезомет-
 рический щит; 8 – отстойник; 9 – мерный сосуд

В первом блоке помещается испытуемый дренажный фильтр. Образец фильтра в виде квадрата или круга соответствующего размера укладывается на пластинку, имитирующую дренажную трубу. Последняя в нижней части блока образует отстойник для частиц, выносимых грунтовым потоком через поры фильтра^{х)}.

^{х)} Деформация фильтрующего материала в зависимости от бытового действующего на фильтр давления определяется по методике Пивовара Н.Г. (см. Н.Г.Пивовар, Н.Г.Бугай, В.А.Рычко "Дренаж с волокнистыми фильтрами", Киев, Наукова Думка, 1980, с.12-23).

Во втором блоке помещается монолит из грунта ненарушенного или нарушенного сложения. Грунт ненарушенного сложения отбирается пробоотборником или вручную в цилиндрический стакан на уровне заложения дрены. Отбор, упаковка, транспортировка и хранение образцов осуществляется в соответствии с ГОСТ 13587-77. Монолиты грунта отбираются в 2-х - 3-х - кратной повторяемости.

Грунт нарушенного сложения подготавливается следующим образом: на дренажный фильтр отсыпается грунт слоем 2 см, который капиллярно увлажняется до максимальной влагоемкости водой, поступающей снизу через отстойник прибора. После увлажнения первого слоя грунта отсыпается второй, также увлажняется и по той же схеме отсыпается все последующие слои грунта до нужной высоты образца (без механического уплотнения). Для защиты грунта от размыва водой, подаваемой сверху, отсыпается защитный слой из крупного отсортированного и промытого песка высотой 1 см. Для предотвращения пристенной фильтрации воды стенки прибора смазываются тонким слоем вазелина технического или др. смазками.

Одновременно с загрузкой фильтрационного прибора производится монтаж пьезометров, подключение которых к стенду следует осуществлять с помощью двойников, способствующих устранению из пьезометров воздуха.

Пьезометры устанавливаются в отстойнике, фильтровом материале, контактной зоне (0,5 см от поверхности фильтра) и грунте через каждые 5 см. После загрузки прибора грунтом производится подпитка и заполнение прибора водой снизу через отстойник, а также регулировка пьезометров. Затем производится переключение водоподдачи (подача сверху) и прибор включается в работу. Осуществляется фильтрация воды сверху вниз, через систему грунт-фильтр при постоянном напоре.

Физическая модель условно разбивается на зоны и на границе каждой зоны устанавливается пьезометр: 1-я зона - отстойник; 2-я зона - фильтр; 3-я - контактный слой грунта высотой 0,5-2 см от фильтра; 4-я - слой грунта, расположенный в 5 см от фильтра; 5-я - слой грунта от 5 до 10 см от фильтра.

Процессы фильтрационных деформаций изучаются в первой, второй и третьей зонах, т.е. в отстойнике, фильтре и контактном слое грунта, а в четвертой и пятой зонах наблюдаются изменения водопроницаемости в зависимости от времени и режима фильтрации. Опыт проводится без дополнительной пригрузки на грунт, что позволяет моделировать условия в приконтактной зоне.

В ходе опыта следует ежедневно замерять величину пьезометрического напора, объем и температуру фильтра. Опытные данные необходимо записывать в специальный журнал; форма записи в журнале представлена в приложении I.

Опыт рекомендуется проводить при градиентах, равных от I до 5+7, и продолжать до стабилизации режима фильтрации на каждой ступени градиента напора. После окончания опыта приборы разбираются и срезается слой грунта высотой 0,5 см на контакте с фильтром (из 3-ей зоны), для определения гранулометрического и микроагрегатного состава и активной пористости.

Наличие процессов колюматации, суффозии и отслаивания устанавливается контролем по изменению гранулометрического, микроагрегатного составов грунтов и его активной пористости после фильтрации, а также присутствием суффозионных частиц в отстойниках приборов. Степень колюматации фильтра устанавливается обследованием его под микроскопом. Размеры суффозионных частиц, прошедших через поры фильтра в отстойник прибора, определяются замером с помощью микрометра, установленного на микроскопе.

Основные структурные показатели испытываемых грунтов и характеристики водно-физических свойств грунта определяются по существующим стандартным методикам:

- плотность пикнометрическим методом, ГОСТ 5180-84;
- гранулометрический и микроагрегатные составы, ГОСТ 12536-79;
- границы текучести и раскатывания, ГОСТ 5180-84;
- состав активных пор по их крупности на вакуумкапилляриметре (методика Астапова С.В., конструкция Шаповаловой О.В.);
- расход стока объемным способом, с точностью до $\pm 0,5$ мл;
- напор, с точностью $\pm 0,1$ см;
- температура фильтрата градусником, с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

Результаты лабораторных испытаний фильтров обрабатываются следующим образом:

расчетом определяются:

- расход $Q = \frac{W}{T}$, где W - объем профильтровавшейся воды в мл, за время T , с;
- скорость фильтрации $v = \frac{Q}{\omega}$, где ω - площадь водоприемной поверхности фильтра, см^2 ;
- градиент напора $J = \frac{\Delta h}{\ell}$, где Δh - потеря напора, ℓ - путь фильтрации или высота образца;
- коэффициент фильтрации грунта $\kappa = \frac{v}{J}$.

На график, в котором по оси ординат откладывается расход фильтрата, а по оси абсцисс время, наносятся значения расхода, приведенного к $t^0 = 10^0 \text{C}$. Этот график характеризует динамику расхода фильтрата и позволяет качественно установить процессы изменения фильтрационных характеристик грунта.

Результаты исследований процессов суффозии и кольятации характеризуются состоянием фильтрата (по мутности), сравнительными показателями гранулометрического и микроагрегатного составов грунтов контактной зоны (0,5 см) от фильтра; размерами суффозионных частиц, прошедших через поры фильтров; наличием частиц в порах фильтра.

По результатам лабораторных испытаний отбираются материалы, пригодные для использования в качестве фильтра горизонтального дренажа и обеспечивающие основные требования, предъявляемые к фильтрам: незаиляемость дренажных линий и некольятируемость фильтров. При этом определяются их основные параметры: толщина 3 см, его коэффициент фильтрации и активная пористость.

Отобранные материалы используются для разработки конструкций дрена, лабораторные исследования которых приведены ниже.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Проведение лабораторных испытаний конструкции дрена необходимо для определения ее водоприемной способности и дополнительного фильтрационного сопротивления, вызванного несовершенством конструкции.

Общее фильтрационное сопротивление, которое преодолевает поток грунтовых вод при движении от внешних границ области питания до полости, несовершенной по степени и характеру вскрытия пласта дрена, можно представить суммой отдельных фильтрационных сопротивлений, отражающих те или иные особенности фильтрационного потока. Такая возможность вытекает из общих положений метода фильтрационных сопротивлений, применяемого в современной практике проектирования дренажных сооружений. Согласно основным принципам данного метода, детально изложенного в [2], фильтрационный поток на некотором расстоянии от дрена определяется только расходом, поступающим в дрена, независимо от того, является ли она совер-

шенной или нет. Разница в структуре потоков к совершенной и несовершенной дрене имеет место в непосредственной близости от дрены и обуславливает соответствующие потери напора.

Как известно, закрытая горизонтальная дрена обладает двумя видами несовершенства, снижающими ее водоприемную способность: недостаточностью размера (диаметра); несовершенством конструкций по сравнению с полостью такого же размера.

Эти виды несовершенства не учитывают потери напора за счет контактных переформирований на границе фильтра с грунтом естественного сложения и обратной засыпки, а также на границе дренируемого грунта естественного сложения и обратной засыпки, зависящих от технологии производства работ и гидрогеологических условий на объекте строительства дренажа.

В настоящее время нет теоретических решений, позволяющих вычислять значения дополнительных фильтрационных сопротивлений с учетом контактных переформирований, и поэтому они определяются экспериментально.

Первый вид несовершенства можно оценить расчетным путем по формуле В.В.Ведерникова [5, с.200-204, 3, с.130].

$$d_{кр} = \left(0,17 + 0,255 \frac{W}{\kappa} \right) \frac{BW}{\kappa}, \quad (2.1)$$

где $d_{кр}$ — критический диаметр дрены, м;

W — величина инфильтрационного питания, м/сут;

B — расстояние между дренами, м.

Второй вид несовершенства количественно можно оценить только по результатам обработки лабораторного и полевого экспериментов.

Для проведения лабораторных исследований применяются 3 вида фильтрационных лотков:

1. Секторные лотки, моделирующие 1/4 часть дрены (рис.3).

На лотках производится определение водоприемной способности дрены, имеющей преимущественно круговую конфигурацию. Размеры лотка могут быть произвольные.

2. Лотки с круговым питанием, моделирующие приток к одиночной дрене (рис.4).

3. Прямоугольные лотки, моделирующие конструкцию дрены целиком (рис.5).

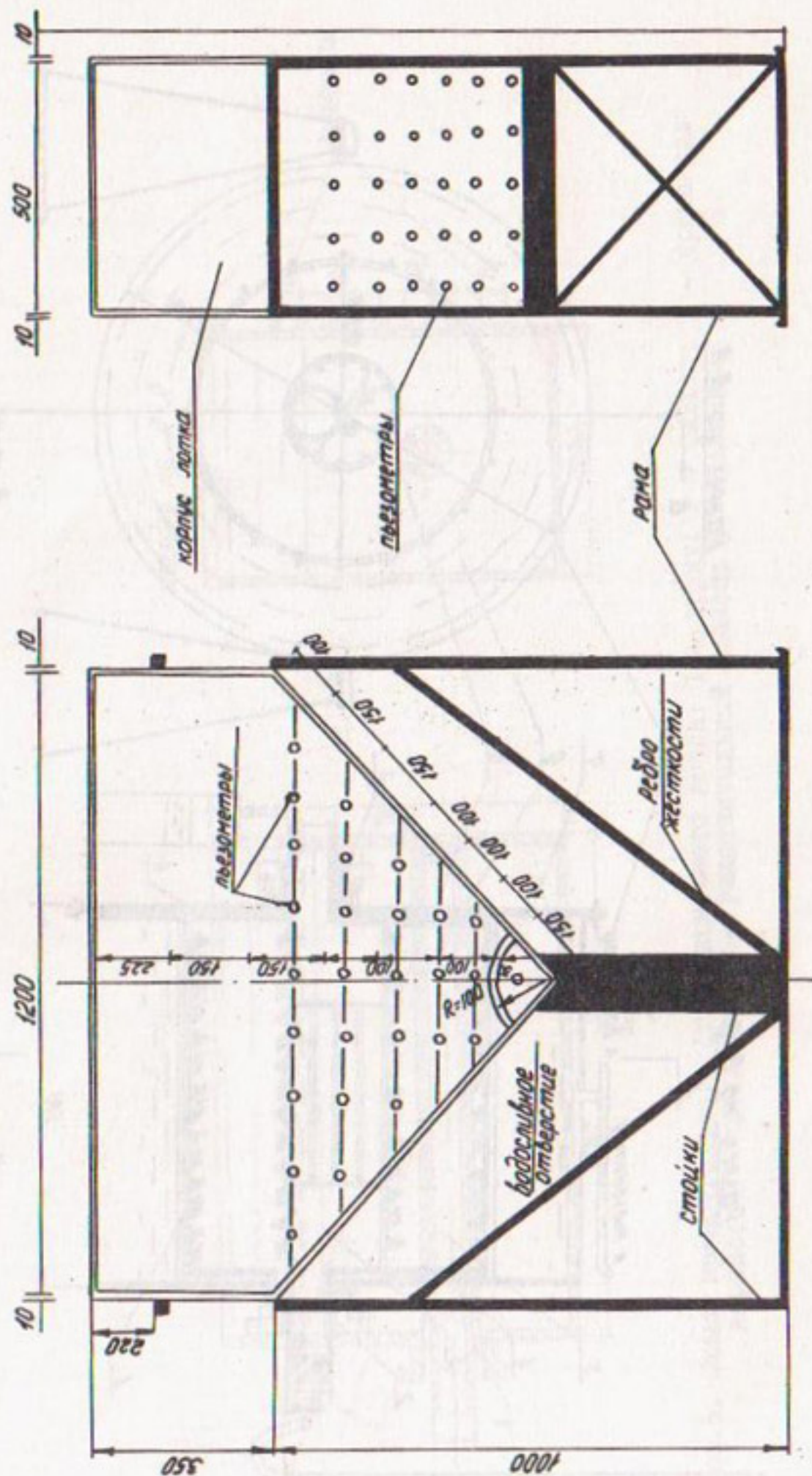


Рис.3. Схема секторного фильтрационного прибора

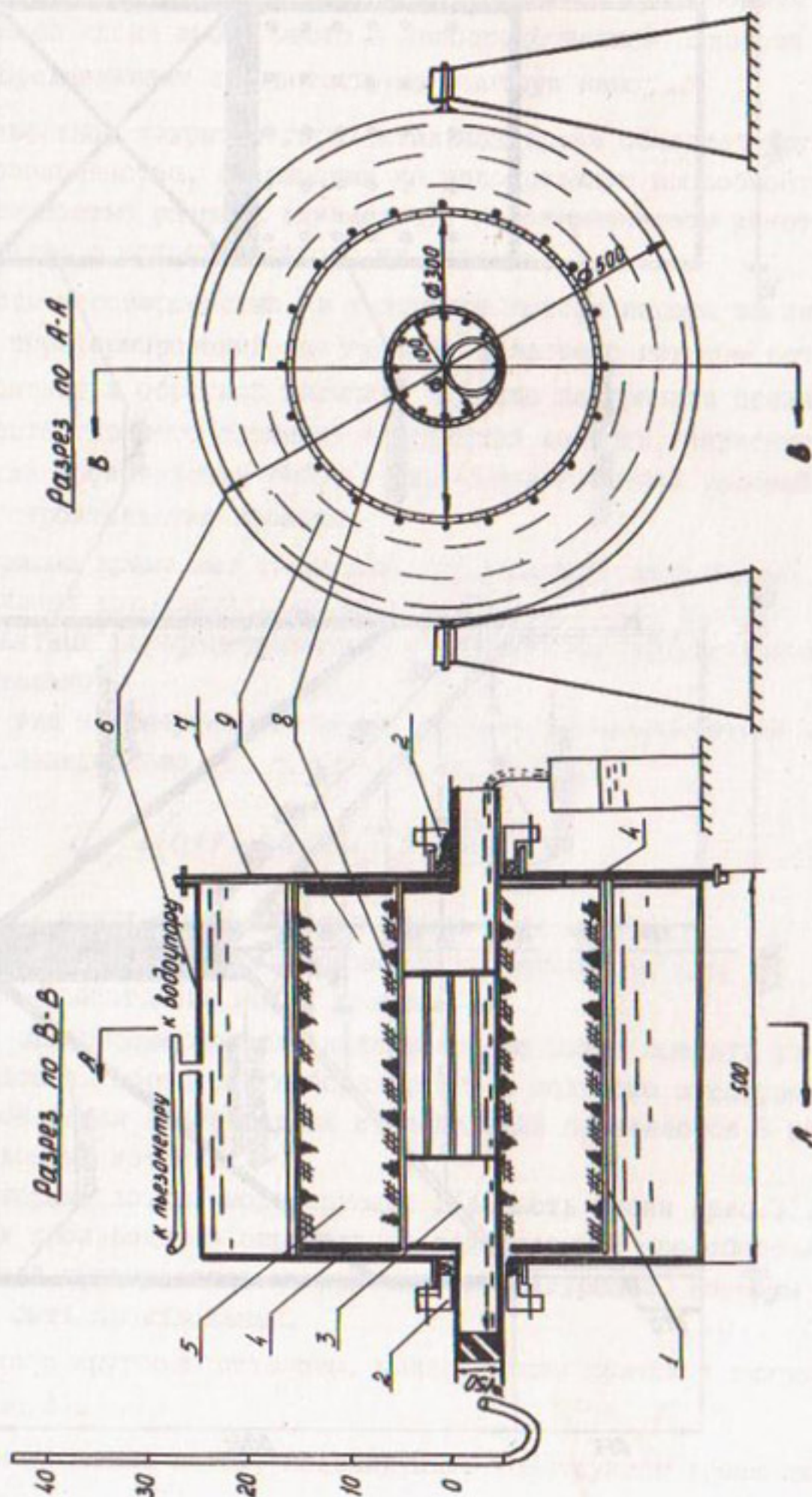


Рис. 4. Схема конструкции радиального фильтрационного прибора: 1 - каркас решетчатый металлический; 2 - сальник; 3 - дренажная труба или решетчатый каркас; 4 - вкладыши центрующие; 5 - слой грунта; 6 - корпус прибора; 7 - крышка; 8 - фильтр; 9 - слой воды

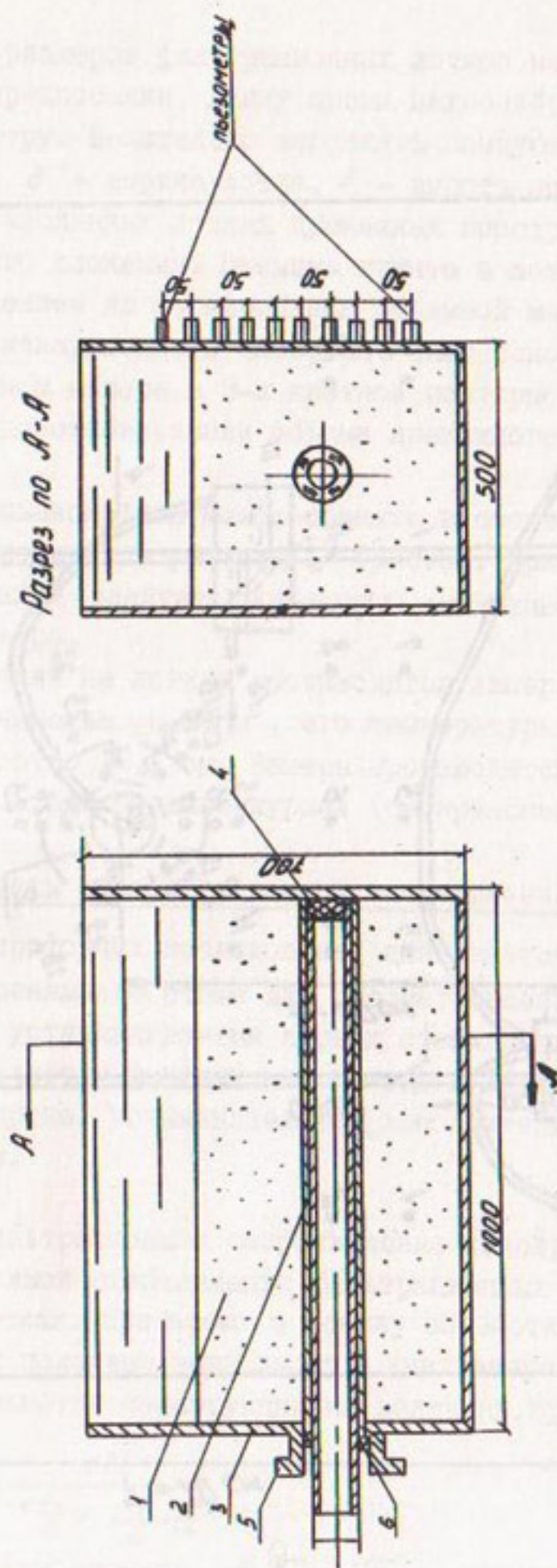
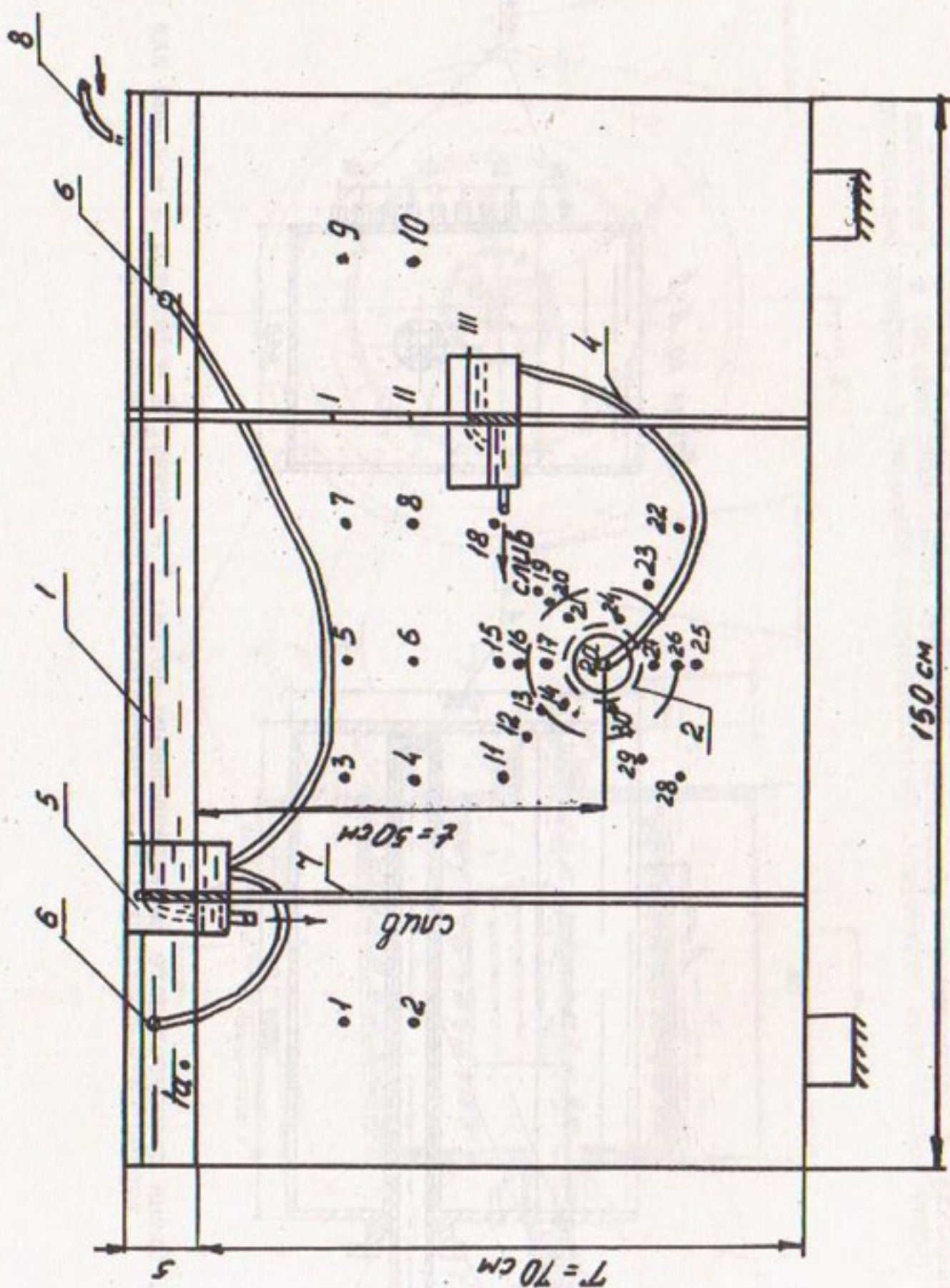


Рис.5. Схема прямоугольного фильтрационного лотка: 1 - грунт; 2 - фильтр; 3 - дрена или каркас; 4 - прокладка; 5 - уплотнительный фланец; 6 - сальник



При определении размеров фильтрационных лотков необходимо учитывать следующие предпосылки. Длину дрены целесообразно моделировать равной 1 метру. Желательно выполнять следующее соотношение $\frac{e}{2h} = 1$, где e - ширина лотка, h - высота лотка.

Во всех вышеперечисленных лотках дренажная конструкция работает в грунте нарушенного сложения. Отсыпка грунта в лоток производится с послойным уплотнением до формирования объемной массы, примерно равной для грунта ненарушенного сложения. Опыт рекомендуется проводить при постоянном напоре в 3-х кратной повторности (для каждой конструкции), до стабилизации объема дренажного стока (но не менее 30 сут.).

Схему установки пьезометров можно принять в соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [1] (рис.6). При сложных конфигурациях конструкции следует производить установку пьезометров по контуру фильтра.

В процессе испытаний на лотках производятся замеры объема дренажного стока с точностью $\pm 0,5 \text{ см}^3$, его температуры, напора по пьезометрам с точностью $\pm 0,1 \text{ см}$. Замеры производятся ежедневно и записываются в соответствующий журнал (см. приложение 2).

Результаты обработки данных исследований на лотках

В результате лабораторных исследований выполняется построение графика динамики дренажного стока для рассматриваемой конструкции дрены, из которого устанавливается период стабилизации процесса фильтрации и определяется фактический приток к дрене. Зная фактический приток к дрене, устанавливается дополнительное фильтрационное сопротивление.

Дополнительное фильтрационное сопротивление конструкции дрен определяется при полной стабилизации фильтрационных процессов в фильтрационных лотках. При этом в основу обработки экспериментальных данных положена зависимость, учитывающая в общем виде влияние несовершенства конструкции на величину притока к дрене:

$$Q = \frac{\kappa H}{\phi_0 + \frac{1}{\alpha} a} \quad (2.2)$$

При круговом контуре питания $\alpha = 2\pi$, при полукруговом $\alpha = \pi$; при секторном $\alpha = \frac{\pi}{2}$,

- где Q — удельный приток к дрене, $\text{м}^2/\text{сут}$;
 H — общий действующий напор в пределах рассматриваемой области фильтрации, м ;
 Φ_0 — фильтрационное сопротивление рассматриваемой области фильтрации при допущении, что вместо реальной конструкции имеется полость в грунте с абсолютно проницаемыми стенками;
 a — дополнительное фильтрационное сопротивление, учитывающее несовершенство реальной конструкции по сравнению с полостью того же размера;
 α — коэффициент, учитывающий, через какую часть водопримного контура происходит поступление воды;
 K — коэффициент фильтрации дренируемого грунта, $\text{м}/\text{сут}$.

Расчетные формулы для определения Φ_0 , приведены в приложении. В случае сложной конфигурации конструкции, укладываемой в прямоугольные лотки, которую трудно привести к круговому контуру, теоретический приток к дрене и Φ_0 , определяются с помощью аналогового моделирования на бумажных моделях ЭГДА по рекомендациям, изложенным в работе [4].

Знаменатель формулы (2.2) можно рассматривать как фактическое сопротивление Φ области фильтрации при работе реальной конструкции, которое подсчитывается, используя экспериментально определенные значения Q , H , K по зависимостям

$$\Phi = \frac{KH}{Q}. \quad (2.3)$$

Количественные значения дополнительного фильтрационного сопротивления " a " и коэффициента, учитывающего его при расчетах междренних расстояний " δ ", на который умножается фактический диаметр дрены, находятся следующим образом:

$$a = \alpha (\Phi - \Phi_0), \quad (2.4)$$

$$\delta = e^{-\alpha (\Phi - \Phi_0)}. \quad (2.5)$$

Коэффициент фильтрации дренируемого грунта находится графоаналитическим путем по показаниям пьезометра. Так как в лотке используется насыпной грунт, в котором возможно неравномерное уплотнение, то следует определять расчетное значение коэффициента фильтрации через его математическое ожидание по следующей формуле:

$$K_{\varphi.расч} = \frac{\bar{K}_{\varphi}^2}{1 + \left(\frac{\sigma}{K_{\varphi}}\right)^2} \quad (2.6)$$

$K_{\varphi.расч}$ – среднестатистическое значение коэффициента фильтрации, м/сут;

σ – среднеквадратичное отклонение значений K_{φ} , м/сут;

$\bar{K}_{\varphi}$ – математическое ожидание K_{φ} , м/сут.

Для секторных фильтрационных лотков коэффициент фильтрации грунта (K_{φ}) в лотке можно определить по следующей формуле:

$$K_{\varphi} = \frac{Q \ln \frac{R}{R_1}}{\frac{\pi}{2} \Delta h}, \quad (2.7)$$

где Q – фильтрационный расход;

R – радиус выделенного фрагмента грунта;

R_1 – радиус выделенного фрагмента грунта на границе с конструкцией дрены;

Δh – действующий в выделенном фрагменте напор.

3. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОПРИЕМНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Для оценки работоспособности дренажных конструкций в полевых условиях выбираются группы дренажных систем с одинаковыми типами конструкций дрены, построенные по единой технологии на представительном в организационно-хозяйственном и природном отношении участке.

3.1. Уточнение природных характеристик опытно-производственного участка и определение его представительности

Представительность опытного или опытно-производственного участка устанавливается по основным природным, техническим и организационно-хозяйственным показателям следующим образом. Экспертно выбираются показатели природных, технических и организационно-хозяйственных условий, влияющие на водоприемную способность дренажа.

Из природных показателей следует учитывать:

- морфогенетический тип рельефа;
- геофильтрационная схема;
- литологический состав дренируемых грунтов;
- коэффициент фильтрации грунта, в котором уложена дрена;
- гранулометрический и микроагрегатный состав грунта придренной области;
- коэффициент разнотерности;
- число пластичности.

К техническим показателям относятся:

- глубина заложения дренажа;
- тип конструкции дрена;
- междреннее расстояние.

Организационно-хозяйственные показатели:

- способ и техника полива;
- вид с/х культуры.

Все вышеприведенные показатели на выбранной гидромелиоративной системе должны быть среднестатистическими.

На каждой представительной системе выбирают компактную группу дрен (3-5 дрен), работающих без подпора в устьях, которую оборудуют специальной режимной сетью.

На опытно-производственном участке необходимо провести дополнительные более детальные исследования по изучению свойств почвогрунтов придренной области. В этой связи уточняется профиль литологического строения зоны аэрации (3-4 метровой толщи). Для этой цели на участке по створам учетных дрен отрываются шурфы для отбора образцов почвогрунтов и выполнения следующих видов анализов:

- гранулометрического состава;
- микроагрегатного состава;
- объемной массы;
- плотности;
- засоления;
- числа пластичности.

Кроме того, из каждой литологической разности отбираются монолиты грунта для определения:

- дифференциальной пористости (размеры образцов 5х5х5 см);
- коэффициента фильтрации (размеры монолитов не менее 10х10х20 см).

В шурфе производится налив воды по методике Нестерова для определения коэффициента фильтрации.

По результатам вышеописанных исследований для каждого дренажного участка составляется следующая табл. I.

Т а б л и ц а I

Литологическая разность	Мощность горизонта, м	Коэффициент фильтрации ^х , м/сут	Плотность (уд.вес), г/см ³	Пористость, %	
				общая	активная ^{хх}

х — расчетное значение коэффициента фильтрации определяется по формуле (2.6).

хх — рекомендуемая.

Дополнительно определяются значения коэффициента фильтрации в придренной области двух зон: зоны засыпки дрены и зоны ненарушенной структуры, путем экспресс-налива (откачки воды в пьезометр в соответствии с методикой, представленной в работе [4, с.187-188].

3.2. Состав и периодичность наблюдений на опытно-производственном участке

Для детальных исследований водоприемной способности новых конструкций дрен из группы дрен с идентичным исполнением водоприемной части (3-5 дрен), выбирается учетная дрена, которая оборудуется специальной наблюдательной сетью, размещение и состав которой показаны на рис.7.

На дрене, протяженностью 400 м и более, необходимо устраивать не менее 3-х створов наблюдательной сети. В плане размещение первого створа производится не ближе, чем в 50 м от закрытого коллектора и не ближе, чем в 100 м от открытого коллектора.

Наблюдательные скважины выполняются из полиэтиленовых или металлических труб диаметром 25 мм, глубиной 3,5 м, с перфорацией в диапазоне от 1 до 3,3 м, которая защищается ЗФМ. Оголовок скважины оборудуется крышкой и обсаживается отрезком асбестоцементной трубы длиной 0,5 м. Пьезометры выполняются из металлических труб диаметром 25 мм, с выполнением перфорации на участке 5-10 см на заданной глубине.

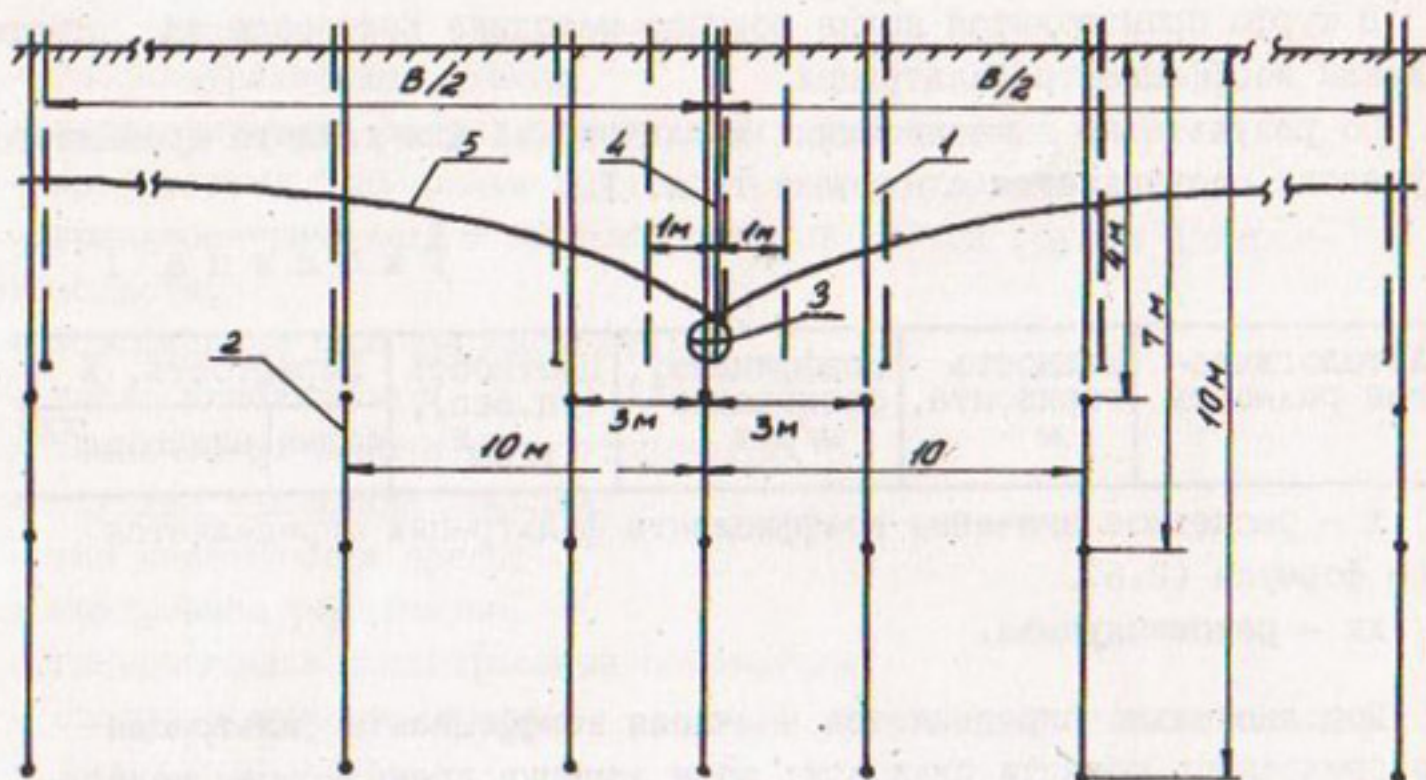


Рис. 7. Схема оборудования опытной дрена: 1 - наблюдательная скважина; 2 - куст пьезометра; 3 - дрена; 4 - пьезометр, вводимый в полость дрена; 5 - депрессионные кривые

Местоположение наблюдательных створов должно быть отмечено постоянными вешками, а устья всех скважин и пьезометров иметь высотную привязку.

Режимные наблюдения за уровнями грунтовых вод, напорами и расходами дрена проводятся по стандартным общепринятым методикам и имеющимся приборам. Точность измерения уровня грунтовых вод, пьезометрического напора должна составлять $\pm 0,5$ см, точность замеров дренажного стока до 3%. Замеры дренажного стока производятся объемным способом или с помощью водомерных устройств, которыми оборудуются устья дрена.

Замеры уровня грунтовых вод, пьезометрического напора и расхода дрена производятся одновременно в пределах одного опытного участка, в период вегетации - каждые 1...3 суток, а в невегетационный - один раз в 5...10 суток. Результаты замеров заносятся в соответствующие графы журнала наблюдений (см. приложение 3).

Выборочно во вневегетационный период осуществляется контроль за состоянием водоприемной части дрена и грунта обратной засыпки. Для этого производится вскрытие учетных дрена. Шурф выполняется глубиной на 0,5 м ниже дна дрена. При вскрытии дрена определяется степень заиливания полости дренажной трубы, визуально оценивается

состояние дренажных труб и фильтра, отбираются образцы фильтра для установления степени его кольматации, а также монолиты грунта материка и обратной засыпки для уточнения коэффициента фильтрации грунта в лабораторных условиях.

3.3. Порядок обработки материалов натурных наблюдений и расчет количественных показателей водоприемной способности дренажных конструкций

Исходными данными для определения водоприемной способности дрены служат результаты полевых исследований: координаты точек замеров (x_i, y_i) и напоры в этих точках (h_i) , через i обозначен номер точки замера.

Следует отметить, что начало координат находится на поверхности земли над осью дрены, причем ось ox расположена вдоль поверхности земли, а ось oy направлена вертикально вниз и проходит через ось дрены.

По этим данным определяются коэффициенты уравнения:

$$h = a \ln(x^2 + y^2) + bx + c, \quad (3.1)$$

которое отражает асимметричный характер фильтрации в придренной зоне.

С этой целью при известных (x_i, y_i, h_i) решается методом наименьших квадратов система уравнений:

$$\begin{aligned} a \sum_{i=1}^n (\ln(x_i^2 + y_i^2)) + b \sum_{i=1}^n x_i \ln(x_i^2 + y_i^2) + c \sum_{i=1}^n \ln(x_i^2 + y_i^2) &= \sum_{i=1}^n h_i \ln(x_i^2 + y_i^2) \\ a \sum_{i=1}^n x_i \ln(x_i^2 + y_i^2) + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n h_i x_i \\ a \sum_{i=1}^n \ln(x_i^2 + y_i^2) + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + cn &= \sum_{i=1}^n h_i, \end{aligned} \quad (3.2)$$

где n — общее количество точек замеров.

Далее, отдельно для левой и правой кривой депрессии, уточняются значения напоров в ближайшей и наиболее отдаленной точках по формуле (3.1), причем

$$h_z = a \ln(x_{\min}^2 + y_{\min}^2) + bx_{\min} + c \quad (3.3)$$

$$h_n = a \ln(x_{\max}^2 + y_{\max}^2) + bx_{\max} + c.$$

Для каждой пары точек x_{min}, y_{min} и x_{max}, y_{max} находят значения радиусов по отношению к уровню воды в дрене по формулам:

$$r = \sqrt{x_{max}^2 + h_z^2}, \quad (3.4)$$

$$R = \sqrt{x_{max}^2 + h_R^2},$$

где r — радиус дрены, м;

R — радиус выделенного вокруг дрены фрагмента, м.

При известных значениях r, h_z и R, h_R с помощью уравнения кривой депрессии

$$R = \frac{2}{\pi} \left\{ \left(h_z + \frac{\pi}{2} r + \frac{2}{\pi} \frac{Q}{K} \right) \exp \left[\frac{\pi}{2} \frac{K}{Q} (h_R - h_z) \right] - \frac{2}{\pi} \frac{Q}{K} - h_R \right\} \quad (3.5)$$

находятся значения приведенного расхода Q/K , притекающего в дрину слева и справа, а затем их сумму $(Q/K)_{фак}$ — общий фактический приток в дрину.

Следующий этап расчетов заключается в определении значения теоретического приведенного притока к закрытой дрине $(Q/K)_{теор}$.

Расчеты выполняются по следующим формулам, при этом приток слева и справа находится отдельно [3, с. 147-152].

1) кривые депрессии примыкают к дрине приблизительно на уровне ее оси

$$Q/K = \frac{\pi h_R}{\ln \left[\frac{R + \frac{2}{\pi^2} Q/K + \frac{2}{\pi} h_R + 0,5 r g}{1,5 r g + \frac{2}{\pi^2} Q/K} \right]} \quad (3.6)$$

2) кривые депрессии смыкаются в верхней точке дрены, нависания нет

$$Q/K = \frac{\pi h_R}{\ln \left[\frac{R + \frac{2}{\pi^2} Q/K + \frac{2}{\pi} h_R + r g}{2 r g + \frac{2}{\pi^2} Q/K} \right]} \quad (3.7)$$

3) над верхом дрены имеет место нависание (h_H)

$$Q/K = \frac{\pi h_R}{\ln \left[\frac{R + \frac{2}{\pi^2} Q/K + \frac{2}{\pi} h_R + h_H}{2 r g + 2 h_H + \frac{2}{\pi^2} Q/K} \sqrt{\frac{2 h_H + 1}{r g}} \right]} \quad (3.8)$$

В этих формулах h_R и R берутся соответственно по формулам (3.3) и (3.4), значение h_n по данным замеров, а радиус дрены, если последняя имеет прямоугольное поперечное сечение, вычисляется по следующим зависимостям:

1) дрена работает без нависания

$$r_d = 0,5 \mu (b_1 + 0,5 b_2) ; \quad (3.9)$$

2) дрена работает с нависанием

$$r_d = 0,5 \mu (b_1 + b_2), \quad (3.10)$$

где μ определяется по формуле И.С.Пашковского

$$\mu = 1 + 0,26 \sqrt{\frac{2b_1 b_2}{4b_1^2 + b_2^2}}. \quad (3.11)$$

В формулах (3.9)...(3.11) через b_1 обозначена высота смоченного участка фильтра дрены, через b_2 — ширина фильтра.

Общий теоретический приток воды в дрена $(Q/\kappa)_{теор}$ находится как среднеарифметическое значение притоков слева и справа, найденных по одной из формул (3.6)...(3.8).

Зная значения $(Q/\kappa)_{факт}$ и $(Q/\kappa)_{теор}$, находим далее величины фактических и теоретических сопротивлений

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \frac{h_R}{(Q/\kappa)_{факт}} \\ \varphi_0 &= \frac{h_R}{(Q/\kappa)_{теор}} \end{aligned} \right\} \quad (3.12)$$

Затем вычисляются дополнительное сопротивление на несовершенство конструкций по формуле (2.3) и коэффициент относительного уменьшения расчетного диаметра дрены δ по формуле (2.4).

Найденные значения коэффициента δ следует использовать в расчетных формулах при вычислении междренних расстояний путем умножения на этот коэффициент расчетного диаметра дрены.

Дополнительное сопротивление на несовершенство конструкции, при расчете междренних расстояний, можно выразить через соответствующие дополнительные фильтрационные сопротивления $\Delta \chi_{нд}$, которые следует добавлять к вычисленным значениям $\chi_{нд}$ — расчетной длине зоны резкой деформации фильтрационного потока вблизи дрены, характеризующей дополнительное сопротивление на несовершенство дрены по степени вскрытия пласта.

Если систематический дренаж расположен в однородном пласте, то дополнительное сопротивление, учитывающее несовершенство дренажной конструкции, находится по формуле:

$$\Delta Z_{нд} = -0,73 m_d \lg \delta, \quad (3.13)$$

где m_d — расстояние от водоупора до расчетного уровня воды в дрене.

В случае размещения систематического дренажа в двухслойном пласте $\Delta Z_{нд}$ находится по одной из формул:

1) при $K_n/K_v > 10$

$$\Delta Z_{нд} = -0,73 \frac{T_n}{K_v} \lg \delta \quad (3.14)$$

2) при $1 < K_n/K_v < 10$

$$\Delta Z_{нд} = -0,73 \left(m_v + \frac{K_n}{K_v} m_n \right) \lg \delta. \quad (3.15)$$

Зависимость (3.13) используется также в расчетах дренажа по формулам В.М.Шестакова, в случае размещения дрен в двухслойном безнапорном пласте, разделенным слабопроницаемым слоем, а зависимости (3.14) и (3.15) применяются при наличии многослойных пластов.

Для использования вышеуказанных зависимостей в ОНИ института "Средазгипроводхлопок" имеется программа для ЭВМ ЕС-1033. Бланк исходных данных приводится в приложении 4.

3.4. Оценка водоприемной способности дрены

Водоприемная способность дрены — способность дрены принимать воду из дренируемого грунта в заданных условиях фильтрации, которая зависит от величины возникающих при работе дренажа фильтрационных сопротивлений, определяемых диаметром дренажных труб, степенью и формой их перфорации, типом дренажного фильтра, характеристиками дренируемых грунтов, процессами коагуляции фильтра и граничными условиями фильтрации.

Удельный приток к дрене определяется по зависимости [2, с. 103].

$$q_d = \frac{T_h}{\frac{B}{4} + \phi}, \quad (3.16)$$

где T – проводимость водоносной толщи, $\text{м}^2/\text{сут}$;
 h – напор в междренье, м;
 B – междреннее расстояние;
 φ – общее фильтрационное сопротивление.

Общее фильтрационное сопротивление при движении фильтрационного потока от внешней границы области питания до внутренней полости трубы – есть сумма сопротивлений по степени и характеру вскрытия пласта ($\varphi = \varphi_0 + \varphi_k$),
 где φ_0 – сопротивление на несовершенство горизонтального дренажа за счет деформаций линий тока при входе фильтрационного потока в дренаж;

φ_k – дополнительное фильтрационное сопротивление за счет несовершенства конструкции дрены.

Пивоваром Н.Г. определено дополнительное сопротивление следующим образом:

$$\varphi_k = \varphi_\varphi + \varphi_{вк} + \varphi_T, \quad \text{где} \quad (3.17)$$

φ_φ – дополнительное сопротивление за счет потерь напора в фильтре;

$\varphi_{вк}$ – сопротивление, учитывающее нарушение линейного закона фильтрации в фильтре;

φ_T – сопротивление, вызванное истечением воды в полость трубы через водоприемные отверстия.

В настоящей работе мы будем учитывать дополнительное фильтрационное сопротивление на конструкцию дрены без подробной его дифференциации:

$$\varphi_k = \varphi - \varphi_0. \quad (3.18)$$

φ_0 зависит от фильтрационного строения водоносной толщи и определяется в соответствии с ВСН 33.2.2.03–86 "Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования".

К показателям учета несовершенства водоприемной способности конструкции дрены относятся:

γ – коэффициент несовершенства дрены

$$\gamma = \frac{Q_\varphi}{Q_0}. \quad (3.19)$$

Q_φ, Q_0 – фактический и теоретический приток воды к дрене, $\text{м}^3/\text{сут}$;

– отношение теоретического общего фильтрационного сопротивления к фактическому

$$\gamma = \frac{\phi}{\phi_0} = \frac{\phi_0}{\phi_0 + \phi_k} \quad (3.20)$$

Конструкции дрена, близкие к идеальным, должны иметь коэффициенты γ , ν , δ , близкие к единице, а дополнительное фильтрационное сопротивление должно стремиться к нулю.

После установления величины показателей учета несовершенства конструкции дрена, необходимо определить диаметр дрена заданной конструкции

$$d_{\text{конст}} = d \cdot \delta, \quad (3.21)$$

где δ – коэффициент относительного уменьшения диаметра, определяется по зависимости (2.5).

В случае сложного контура конструкции дрена, выполняется моделирование конструкции на бумажных моделях ЭГДА и определение ее расчетного диаметра.

3.5. Оценка фактической дренирующей способности систем закрытого горизонтального дренажа

Так как существующие способы расчета дренажа основаны на использовании метода фильтрационных сопротивлений, то количественная оценка соответствия фактических параметров дренажа проектным ограничивается типовым случаем $B/2 > 2m$, где B – междреннее расстояние, m – мощность водоносной толщи.

Чтобы выполнить указанную количественную оценку, необходимо иметь данные натурных замеров (УГВ, устьевой расход, глубина заложения дренажа или, точнее, расстояние от поверхности земли до уровня воды в дренажном сооружении (h_g)). На выбранной дрене или системе параллельно заложенных дрена устраиваются створы наблюдательных скважин, с целью получения исходной информации.

Учитывая неравномерность и неодновременность распределения поливной воды по площади, обслуживаемой дрена, рекомендуется створы наблюдательных скважин устраивать не реже, чем через 100 м. В каждом створе, в привязке к одной дрене не должно быть менее семи скважин, одна из которых устраивается непосредственно на дрене для замера уровня воды в дренажной линии. Обязательно

размещение скважин в центральной части междренья. Для скважин, находящихся на одинаковом расстоянии от оси дрены, данные натурных замеров осредняются. Затем находится суммарная проводимость водоносной толщи T по формуле

$$T = \frac{Q}{2} \frac{x_2 - x_1}{h_2 - h_1} \left(1 - \frac{x_2 + x_1}{2L} \right). \quad (3.22)$$

Здесь: Q — двусторонний приток на 1 м длины дрены, м²/сут;

x_1, x_2 — расстояния от оси дрены до точек замеров, м;

h_1, h_2 — превышение УГВ над уровнем воды в дрене соответственно на расстояниях x_1 и x_2 ;

L — половина междренного расстояния (см. рисунок 8).

Суммарная проводимость вычисляется отдельно для левой и правой кривых депрессий, а результаты затем осредняются.

Далее на основе общеизвестной формулы, описывающей приток воды на 1 м длины дрены, находится $L_{нд}$ — суммарное сопротивление рассматриваемой области фильтрации

$$L_{нд} = \frac{4Th - QL}{4Q}, \quad (3.23)$$

где $L = B/2$, T , вычислено ранее по формуле (3.23);

h — действующий напор при $x=L$, причем h и Q определены по данным натурных замеров.

Для следующего этапа расчетов необходимо знать проектные значения нагрузки на дренаж ε и действующего напора H_p . Затем вычисляется соответствующее проектным значениям ε и H_p расчетное расстояние между дренами

$$B_p = 4 \left(\sqrt{L_{нд}^2 + \frac{TH_p}{2\varepsilon}} - L_{нд} \right). \quad (3.24)$$

Следует отметить, что в формуле (3.25) используются найденные по данным натурных замеров значения $L_{нд}$ и T .

Сравнивая найденное значение B_p с фактическим, можно оценить степень их отклонения друг от друга. Одновременно сравнивается фактическая и проектная глубина заложения дрен.

Наибольший интерес представляет возможное отклонение расчетного значения B_p от фактического, так как значения B_p найдены по уточненным геофильтрационным характеристикам дренируемой толщи T и $L_{нд}$.

Следующим этапом расчетов является количественная оценка мощности дренажной системы, для чего используется такой удельный показатель, как интенсивность дренирования ($\mathcal{D}_0$).

Значение $\mathcal{D}_0$ по фактическим данным находится по формуле (3.25)

$$\mathcal{D}_0 = \frac{10000Q}{B(h_d - y)} \quad (3.25)$$

По расчетным данным — по формуле (3.26)

$$\mathcal{D}_0 = \frac{10000}{B_p} \frac{T}{L_{нд} + 0,125B_p} \quad (3.26)$$

где y — глубина до УТВ в середине между дренами.

Если отклонения в расчетных значениях $\mathcal{D}_0$ составят менее 10%, то разницу между фактическими и проектными значениями параметров дренажа можно признать несущественной, что обычно и принимается в инженерных расчетах. В противном случае следует провести дополнительные наблюдения водобалансового характера и установить значения водно-физических характеристик почвогрунтов зоны аэрации с тем, чтобы на основании прогнозов водно-солевого режима произвести корректировку режима орошения, или оценить возможное изменение содержания токсичных солей в активном слое почвы на фоне сложившегося режима орошения.

Пример. По данным натурных замеров установлено, что $Q = 0,15 \text{ м}^2/\text{сут}$, $h_d = 2,90 \text{ м}$, $y = 2,24 \text{ м}$, $B = 300 \text{ м}$, при $x_1 = 25 \text{ м}$, $x_2 = 100 \text{ м}$ для левой кривой депрессии $h_1 = 0,37 \text{ м}$, $h_2 = 0,58 \text{ м}$, напор на междренья $h_{лев} = 0,61 \text{ м}$, для правой кривой депрессии $h_1 = 0,44 \text{ м}$, $h_2 = 0,67 \text{ м}$, напор на междренья $h_{пр} = 0,71 \text{ м}$. Общий приток на 1 м дрена $Q = 0,15 \text{ м}^2/\text{сут}$ разделяем на приток слева и справа:

$$Q_{лев} = \frac{Q h_{лев}}{h_{лев} + h_{пр}} = \frac{0,15 \cdot 0,61}{1,32} = 0,0693 \text{ м}^2/\text{сут},$$

$$Q_{пр} = \frac{Q h_{пр}}{h_{лев} + h_{пр}} = \frac{0,15 \cdot 0,71}{1,32} = 0,0807 \text{ м}^2/\text{сут}.$$

По формуле (3.23) определяем суммарную проводимость: $T_{лев} = 14,4 \text{ м}^2/\text{сут}$, $T_{пр} = 15,36 \text{ м}^2/\text{сут}$, $T_{ср} = 14,9 \text{ м}^2/\text{сут}$. По формуле (3.23) находим суммарное сопротивление области фильтрации $L_{нд} = 28,06 \text{ м}$. Для принятых в проекте значений $H_p = 0,85 \text{ м}$ и $\varepsilon = 0,0016 \text{ м/сут}$ по формуле (3.25) вычисляем междреннее расстояние $B_p = 202,5 \text{ м}$.

По формуле (3.25) определяем фактическую интенсивность дренирования

$$D_{0(\text{факт})} = \frac{10^4 \cdot 0,15}{300(2,90 - 2,24)} = 7,6 \text{ м}^2/\text{сут.}$$

По формуле (3.26) определяем требуемую для данных условий интенсивность дренирования, зная уточненные фильтрационные характеристики дренируемой толщи:

$$D_{0(\text{тр})} = \frac{10^4 \cdot 14,9}{202,5(28,06 + 0,125 \cdot 202,5)} = 13,8 \text{ м}^2/\text{сут.}$$

Сравнивая полученные результаты, приходим к выводу, что имеет место явное несоответствие между требуемой и фактической водоотводящей способностью дренажа.

4. РАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДРЕНЫ

Рациональный метод определения фильтрационного сопротивления горизонтальной дрены может быть предложен на основе метода интегральных преобразований.

Граничное условие на горизонтальной дрене в наиболее общем виде следующее:

$$\left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{1}{\Delta L} [H(-x, t) - H(0, t)]. \quad (4.1)$$

Используя метод интегральных преобразований, когда вместо реальной величины напора $H(x, t)$ вводится некоторая функция $\bar{H}(x, \rho)$, связанные между собой следующим образом:

$$\bar{H}(x, \rho) = \rho \int_0^{\infty} H(x, t) e^{-\rho t} dt, \quad (4.2)$$

где ρ — параметр преобразования.

Тогда (1) переписывается в виде:

$$\frac{\partial \bar{H}}{\partial x} = \frac{1}{\Phi_K} [\bar{H}(x, \rho) - \bar{H}(0, \rho)]. \quad (4.3)$$

Решением уравнения (4.3) может быть получено:

$$\phi_k = \sqrt{a/\rho} \left[\frac{\bar{H}(0, \rho)}{\bar{H}(x, \rho)} \exp\left(-\frac{x}{\sqrt{a/\rho}}\right) - 1 \right]. \quad (4.4)$$

Параметр преобразования "Р" представляет величину, обратную времени, т.е. $\rho = \frac{1}{t_0}$, тогда (4.4) переписывается:

$$\phi_k = \sqrt{a t_0} \left[\frac{\bar{H}(0, \rho)}{\bar{H}(x, \rho)} \exp\left(-\frac{x}{\sqrt{a t_0}}\right) - 1 \right]. \quad (4.5)$$

Предварительно определим величину коэффициента уровнепроводности "а" по двум наблюдательным скважинам, расположенным на расстояниях x_1 и x_2 в створе к горизонтальной дрене по формуле:

$$a = \frac{1}{t_0} \left[\frac{x_2 - x_1}{\ln \frac{\bar{H}(x_1, t_0)}{\bar{H}(x_2, t_0)}} \right]^2. \quad (4.6)$$

Значения $\bar{H}(x, \rho)$ могут быть вычислены по данным фактических замеров изменения уровня $H(x, t)$, с помощью формул механической квадратуры:

$$\bar{H}(x, \rho) = \sum_{k=0}^n A_k H(x, t_k), \quad (4.7)$$

где $H(x, t_k)$ — значения действительного уровня подземных вод в момент времени t_k .

При расчетах $\bar{H}(x, \rho)$ сначала выбирается величина $t_0 = 1/\rho$ из условия, что

$$t_0 \leq \frac{1}{6} t_{max}, \quad (4.8)$$

где t_{max} соответствует промежутку времени, для которого наблюдаются уровни $(H(x, t))$.

Максимальный промежуток времени выбирается на отрезке монотонного изменения уровня грунтовых вод в одном направлении. t_{max} желательно разбить на 5–6 равных отрезков времени, для которых имеется значение УГВ по двум и более наблюдательным скважинам. Размещение наблюдательных скважин выполняется в соответствии с рекомендациями раздела 3, рис. 7.

Выбрав величину t_0 , далее с помощью таблицы 4.1, находим по табличным значениям $\bar{t}_k$ расчетные моменты времени t_k по формуле $t_k = t_0 \cdot \bar{t}_k$.

Т а б л и ц а 4.1

K	0	I	2	3	4	5	6
$\bar{t}_K = t_K/t_0$	0	0,335	1,13	2,4	4,17	6,49	9,43
A_K	0,091	0,403	0,332	0,138	0,0316	0,004	$2,6 \cdot 10^{-4}$

Далее, для вычисленных моментов времени t_K , с графика режима УГВ снимаем величины $H(x, t_K)$ и при соответствующих из таблицы № 4.1. значений A_K рассчитываем изображение $\bar{H}(x, \rho)$ по формуле (4.7).

Пример расчета. Требуется определить фильтрационное сопротивление к горизонтальной дрене, уложенной на глубину 2,8 м.

Имеется створ скважин, расположенных над дреной, в 12,5 м от дрены и в 50 м от дрены. Результаты наблюдений за УГВ по скважинам приведены в табл. 4.2.

Результаты расчета. По данным режимных наблюдений $t_{max} = 21$ сут. По формуле (4.8) определяем $t_0 = \frac{t_{max}}{7} = 3,0$ сут. С учетом таблицы 4.1 выполняем расчет значений t_K табл. 4.3. Затем по формуле (4.7) с учетом таблицы 4.1, выполняется расчет по каждой скважине.

Т а б л и ц а 4.2

t	$t_0 = 0$	$t_1 = 3$	$t_2 = 6$	$t_3 = 9$	$t_4 = 12$	$t_5 = 15$	$t_6 = 18$	$t_7 = 21$
H_0 , см	224	228	232	245	262	280	280	280
H_I	042	044	048	61	108	160	162	159
H_2	019	020	020	039	079	123	126	155

Т а б л и ц а 4.3

K	0	I	2	3	4	5	6
t_K	0	$0,335 \times 3 = 1,005$	3,39	7,2	12,51	19,47	28,29

$$H_0 = 0,403 \cdot 228 + 0,332 \cdot 232 + 0,138 \cdot 245 + 0,0316 \cdot 262 + 0,004 \cdot 280 = 212,1172 \text{ м}$$

$$H_I = 0,403 \cdot 44 + 0,332 \cdot 48 + 0,138 \cdot 61 + 0,0316 \cdot 108 + 0,004 \cdot 160 = 46,1388 \text{ м}$$

$$H_2 = 0,403 \cdot 20 + 0,332 \cdot 20 + 0,138 \cdot 39 + 0,0316 \cdot 79 + 0,004 \cdot 123 = 22,7384 \text{ м}$$

Далее по формуле (4.6) находим коэффициент уровнепроводности "а"

$$a = \frac{1}{3} \left[\frac{25-12,5}{\ln \frac{46 \cdot 1388}{22,7384}} \right]^2 = \frac{1}{3} \cdot 17,665348^2 = 104,02 \text{ м}^2/\text{сут.}$$

Затем по формуле (4.5) определяем величину фильтрационного сопротивления к дрене по скважинам 0 и 1

$$\begin{aligned} \Phi_k &= \sqrt{104,02 \times 3} \left[\frac{212,1172}{46,1388} \cdot \exp\left(-\frac{12,5}{104,02 \times 3}\right) - 1 \right] = \\ &= 17,665 [4,59737 \cdot 0,49066 - 1] = 22,18 \text{ м,} \end{aligned}$$

по скважинам 0 и 2

$$\Phi_k = \sqrt{104,02 \times 3} \left[\frac{212,117}{22,74} \exp\left(-\frac{25}{\sqrt{104,02 \cdot 3}} - 1\right) \right] = 22,35 \text{ м.}$$

Среднее фактическое фильтрационное сопротивление составляет:

$$\Phi_{\text{ср}} = \frac{22,18 + 22,35}{2} = 22,26 \text{ м.}$$

Общее фильтрационное сопротивление определяется по формуле:

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_{\text{ср}}$$

Φ_0 зависит от фильтрационного строения водоносной толщи и определяется в соответствии с ВСН 33-2.2.03-86 и по формулам (3.13-3.15). Для рассматриваемого примера имеем однородное фильтрационное строение с водоупором, на глубине 50 м. Коэффициент фильтрации дренируемой толщи составляет 0,3 м/сут. Фильтрационное сопротивление определяется по формуле:

$$\Phi_0 = m \cdot 0,73 \lg \frac{mg}{\pi z} = (50 - 3,5) \lg \frac{46,5}{3,14 \cdot 0,15} = 91,73 \text{ м.}$$

Общее сопротивление

$$\Phi = 91,73 + 22,26 = 113,99 \text{ м.}$$

По формуле (3.20):

$$\gamma = \frac{\Phi_0}{\Phi_0 + \Phi_k} = \frac{91,73}{113,99} = 0,8.$$

Конструкция дрены работает удовлетворительно.

Приложение I

Форма

журналов лабораторных исследований на фильтрационных приборах

№№ прибо- ров	Дата замера	Время замера, т		Фильтрат		№№ пье- зо- мет- ров	Напор, мм	
		начало	конец	темпе- ратура	объем		общий	пьезомет- рический

Выполнил _____
Проверил _____

Приложение 2

Форма журнала лабораторных исследований на лотках

Дата замера	Время замера		Интервал времени, сек	Объем стока, мл	Градиент напора	Номер пробы	Т воды	Приме- чание
	начало	конец						

Дата замера	Время замера	Номера пьезо- метров	Напор по пьезометрам	Примечание
----------------	-----------------	----------------------------	-------------------------	------------

Выполнил _____
Проверил _____

Приложение 3

Журнал полевых наблюдений за работой дренажа

Республика _____
 Область _____
 Район _____
 Хозяйство _____
 Наименование опытно-производственного участка _____
 Ответственный исполнитель (Ф.И.О.) _____
 Адрес ответственного исполнителя _____
 Дата начала наблюдений _____
 Дата окончания наблюдений _____

Дата замера	№ пьезо- метров и скважин	Замер уровня	№ дрен	Объем дренаж- ного стока, литр	Интервал времени, сек.	Температура дренажного стока, °С
----------------	---------------------------------	-----------------	--------	--	------------------------------	--

Выполнил _____
 Проверил _____

Таблица I

Обозн. в прог.	Наименование	Ед. изм.	Расчет. велич.
1	3	4	5
1	Общее количество за- меров		
2	Признак фильтра (пря- моугольный -0, круг- лый -1)		
3	Признак нависания (есть -1, нет - 0)		
4	Признак величины диа- метра дрены ($d \leq d_{кр} - 0, d > d_{кр} - 1$)		
5	Номер расчетной схемы		

Таблиця 2

1	2	3	4	5
1	НД	Величина напора для построения эквипотенциали	м	
2	ГД	Глубина заложения дрен	м	
3	НК	Высота нависания	м	
4	ДД	Высота воды в дрене относительно ее центра	м	
5	Т	Суммарная проводимость водоносной толщи	м ² /сут	
6	КТР	Коеф. фильтрации грунта придренной зоны	м ² /сут	

[illegible]

Т а б л и ц а 4

Обозн. в прог.	Наименование	Ед. изм.	Расч. велич.
I	2	3	4
AI	Максимальное значение на- пора слева	м	
BI	Абсцисса максимального зна- чения напора слева		
A2	Минимальное значение напора слева		
B2	Абсцисса минимального зна- чения напора слева		
AI	Максимальное значение напо- ра справа		
BI	Абсцисса максимального зна- чения напора справа		
AI	Минимальное значение напора справа		
BI	Абсцисса минимального зна- чения напора справа		

Т а б л и ц а 5

I	2	3
г BI, B2	Размеры фильтра, м	

Л и т е р а т у р а

1. Пивовар Н.Г., Бугай Н.Г., Рычко В.А "Дренаж с волокнистыми фильтрами". - Киев, "Наукова Думка", 1980.
2. Шестаков В.М. "Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа", - изд. МГУ, 1965.
3. Духовный В.А., Баклушин М.Б., Томин Е.Д., Серебренников Ф.В. "Горизонтальный дренаж орошаемых земель", - М., "Колос", 1979
4. Шестаков В.М. и др. "Практикум по динамике подземных вод", М., - МГУ, 1975.
5. Ведерников В.В. "Теория фильтрации и ее применение в области ирригации и дренажа", - М., Госстройиздат, 1939.

Редактор Н.Володина
Технический редактор В.Крякова
Корректор В.Кутилкина

Подп.к печ.26.04.88. Л-64596. Формат 60х84/16. Бумага тип. №2.
Печать офсетная. Объем 2,5 усл.печ.л. Тираж 500.
Заказ 229. Цена 30 коп.

127550, Москва, Б.Академическая, 44, ВНИИГиМ им.А.Н.Костякова
Ротапринт ВНИИГиМ,141800,Дмитров, Моск.обл., 2-я Левонабережная,12