

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации
им. В. Д. Журина (САНИИРИ)

Всесоюзное проектно-исследовательское и научно-
исследовательское объединение "Союзводпроект"

И Н С Т Р У К Ц И Я
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА

Ташкент 1981

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации
им. В.Д. Журина

Всесоюзное проектно-исследовательское и научно-
исследовательское объединение "Союзводпроект"

Утверждено

Министерством мелиорации и
водного хозяйства УзССР

"24" ноября 1981 г.

И Н С Т Р У К Ц И Я

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА

Ташкент 1981

Временная ведомственная инструкция по проектированию комбинированного дренажа подготовлена в САНИИРИ им. В.Д. Журина в соответствии с отраслевым планом создания и внедрения новой техники, утвержденным приказом ММиВХ СССР от 3.12.79 г. № 520. Инструкция составлена на основании обобщения проведенных исследований и отечественного опыта проектирования, строительства и эксплуатации систем комбинированного дренажа. В ней учтены замечания заинтересованных министерств и ведомств, научно-исследовательских и проектных институтов.

В окончательной редакции "Инструкции" принимали участие сотрудники САНИИРИ В.А.Духовный, Х.И.Якубов, В.Г.Насонов, П.Д.Умаров.

Временная ведомственная инструкция рассмотрена и утверждена научно-техническим Советом Минводхоза УзССР от 24.II.81 г. (протокол 460).

Инструкция вводится в действие с I.I.1982 г.

Министерство мелиорации и водного хо- зяйства УзССР (Минводхоз УзССР)	Ведомственные строительные нормы Инструкция по проектированию систем комбинированного дренажа	Минводхоз УзССР Впервые
--	---	-------------------------------

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая Инструкция составлена в развитие технических требований к проектированию дренажа на орошаемых землях, изложенных в "Инструкции по проектированию оросительных систем. Часть УШ. Дренаж на орошаемых землях" (ВСН-П-8-74) и регламентирует проектирование систем комбинированного дренажа на новых и реконструируемых оросительных системах.

1.2. Система комбинированного дренажа представляет собой комплекс сооружений, состоящих из горизонтальной отводящей сети (открытые или закрытые коллектора и дрены, а также глухие водоводы), усиленной самоизливающимися вертикальными скважинами, работающими под действием напора, как естественного, так и формирующегося вследствие инфильтрационного питания и подъема уровня грунтовых вод в междуренье выше горизонта воды и коллекторно-дренажной сети (КДС), к которой они подключены.

1.3. Систему комбинированного дренажа следует применять в литологических условиях, где покровная слабопроницаемая толща почвогрунтов мощностью больше глубины коллекторной дренажной сети подстилается более водопроницаемыми породами, насыщенными напорными и субнапорными подземными водами (приложение 1).

1.4. Инструкция является обязательной для проектных организаций системы Минводхоза СССР.

Отклонения от настоящей Инструкции, вызванные особенностями объекта, должны быть обоснованы специальными исследованиями и утверждены в установленном порядке.

Утверждена Министерством: Срок введения в
мелиорации и водного : действие 1 янва-
хозяйства УзССР, прото- : ря 1982г.
кол № 460 от 24 ноября :
1981г. :

Инструкция не распространяется на проектирование комбинированного дренажа в гумидной зоне, на промышленных площадках и в населенных пунктах городского типа.

При проектировании комбинированного дренажа наряду с данной Инструкцией следует руководствоваться "Инструкцией по строительству комбинированного дренажа", "Альбомов конструкций комбинированного дренажа", "Технологическими картами на строительство комбинированного дренажа", а также требованиями соответствующих государственных стандартов, строительных норм и правил.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА

Нагрузка на дренаж, оптимальная проектная глубина залегания грунтовых вод с прогнозом их динамики устанавливается на основе водно-солевых балансов и расчетов водно-солевого режима мелиорируемой территории, в соответствии с "Инструкцией по проектированию оросительных систем. Часть УШ. Дренаж на орошаемых землях" (ВСН-П-8-74).,

Параметры комбинированного дренажа должны рассчитываться на средневегетационную нагрузку эксплуатационного периода (приложение 2).

Выбор иного расчетного периода для определения нагрузки на дренаж должен обосновываться технико-экономическими расчетами из условия обеспечения наибольшего мелиоративного эффекта.

2.3. В зависимости от патологических условий конструкции вертикальных скважин-усилителей комбинированного дренажа проектируются:

из скважин, водоприемная часть которых представлена перфорированными трубами, защищенными песчано-гравийным фильтром. Применение такой конструкции обеспечивает существенное сокращение гидравлических сопротивлений в системе "скважина-пласт" и значительно повышает водозахватную способность усилителей;

из неармированных скважин, водоприемная часть которых представлена безтрубной полостью, заполненной песчано-гравийной смесью. Применение такой конструкции целесообразно в условиях неглубокого залегания покровного мелкозема и маломощных подстилающих водоносных слоев.

2.4. В условиях низкой проницаемости покровных мелкоземов, когда дренирующим действием КДС можно пренебречь, следует использовать глухие

водоводы, служащие лишь для транспортирования подземных вод, принимаемых самоизливающимися скважинами.

2.5. В зависимости от расположения по отношению к дренируемой территории и источникам водного питания комбинированный дренаж может быть;

- площадным, когда в дополнение к открытым коллекторам строят закрытые дрены со скважинами-усилителями, равномерно расположенными по площади;
- линейным, при котором скважины-усилители располагают по трассе открытых или закрытых коллекторов;
- локальным, когда дренирующие сооружения сосредотачивают в понижениях рельефа, что позволяет значительно разрядить или вообще исключить дренажную сеть на высоких отметках.

2.6. Выбор схемы размещения и конструкции комбинированного дренажа должен выполняться на основе анализа конкретных природно-хозяйственных условий, проектных проработок и сравнения технико-экономических показателей разрабатываемых вариантов (приложение 3).

2.7. При проектировании комбинированного дренажа устройство скважин-усилителей должно предусматриваться преимущественно на внутрихозяйственной КДС. Строительство скважин-усилителей на межхозяйственных коллекторах требует специального обоснования.

2.8. На закрытых системах комбинированного дренажа диаметры дренажных и коллекторных труб должны подбираться по участкам с учетом расчетных расходов всей системы комбинированного дренажа {горизонтального и скважин усилителей}, устанавливаемых по модулю дренажного стока с обслуживаемой площади, и определяться гидравлическим расчетом в соответствии с "Инструкцией по проектированию оросительных систем, часть УШ. Дренаж на орошаемых землях". ВСН-ИИ-8-74.

2.9. При проектировании комбинированного дренажа скважины-усилители следует располагать по возможности близко к КДС на расстоянии 1,5-2,0 м от закрытых дрен, коллекторов, трубопроводов и откосов открытой сети.

2.10. Конструкция скважин-усилителя определяется литологическим строением пластов, составом и проницаемостью первого от поверхности водоносного слоя, где размещается их водоприемная часть, а также организационно-хозяйственными условиями (глубина горизонтальной сети, необходимое понижение уровня грунтовых вод и т.д.). Расчет водоприемной части скважин-усилителей из

перфорированных труб, защищенных песчано-гравийным фильтром, изложен в приложении (4).

2.11. Сопряжение скважин-усилителей с отводящей сетью может быть трех типов (приложение 5):

- с подключением к смотровому колодцу;
- с подключением усилителя к дренажной трубе закрытой дрены или водовода;
- с подключением усилителя к открытому коллектору.

2.12. Подключение скважин-усилителей любого типа должно обеспечивать возможность контроля за исправностью скважин а при их приемке и эксплуатации, а также обладать эксплуатационной надежностью и ремонтпригодностью. Для этого следует предусматривать:

подключение водоотводящей трубы к смотровым колодцам выше горизонта воды или верха дренажной трубы не менее чем на 0,6-0,8 ее диаметра;

выведение оголовка усилителей на поверхность земли, что обеспечивает возможность проведения профилактических прокачек без вскрытия обратной засыпки. При этом размещение- и конструкция оголовка не должны препятствовать проведению сельско-хозяйственных работ;

подключение к закрытой дрене "сверху", что обеспечивает работу усилителя до полного заилиения дрены и предупреждает возможность заилиения его горизонтальной водоотводящей трубы при промывке дренажа. Подключение к закрытым коллекторам (дренам) с большими уклонами, а также к глухим водоводам, возможность заилиения которых исключена, может выполняться «сбоку»

устройство "карманов" при подключении к коллектору, что исключает возможность повреждения горизонтальной водоотводящей трубы при механизированной очистке открытой КДС.

2.14. Конструктивные элементы "карманов" устанавливаются из проектируемой технологии эксплуатационных работ по очистке открытых коллекторов и физико-технических свойств грунтов в соответствии со СНи П-52-74.

2.14. Эксплуатационную очистку скважин с выведенным оголовком следует проводить с помощью специального патрубка, наружный диаметр которого чуть меньше внутреннего диаметра водоподъемной трубы. Патрубок при опускании перекрывает отверстие водоотводящей трубы и обеспечивает отвод воды на поверхность земли.

2.15. Подключение скважин-усилителей к открытой КДС следует выполнять на уровне нормального расчетного горизонта воды в коллекторе.

2.16. Работы по подключению скважин-усилителей могут проводиться при низком или высоком стоянии уровня грунтовых вод. В последнем случае, а также при превышении напора воды в скважине над отметкой подключения необходимо предусматривать водоотлив с помощью переносной насосной установки.

2.17. Условия подключения самоизливающихся скважин-усилителей требуют непрерывности и высокой оперативности при производстве работ. Поэтому при проектировании подключения следует предусмотреть применение стандартных или специально изготовленных соединительных фасонных частей (вставок, тройников с раструбными отводами и др.), что позволит значительно сократить трудозатраты и упростить процесс сопряжения водоподъемной трубы с горизонтальной водоотводящей сетью.

Принципы выявления перспективных районов применения комбинированного дренажа

Перспективные районы применения комбинированного дренажа выявляются на основе геоморфолого-гидрогеологических и картографических материалов в масштабе 1:200000, применяемых при районировании вертикального дренажа. Оценку условий применения комбинированного дренажа предлагается выполнять в соответствии с классификацией САНИИРИ (табл.1), основанной на взаимообусловленных показателях, объединенных в три основные группы: гидрогеологическую, почвенно-мелиоративную, строительно-эксплуатационную.

Рекомендуемая многофакторная классификация условий применения комбинированного дренажа разработана для трех категорий: весьма благоприятных, благоприятных и удовлетворительных. Построение ее на основе коррелятивных зависимостей между группами показателей позволяет при оценке условий применения по одному показателю произвольно удовлетворять требования установленной категории по другим группам показателей.

В некоторых более сложных ситуациях, когда возможно несовпадение показателей первой группы с показателями второй или третьей, необходимы переход в более благоприятную категорию или дополнительные исследования и технико-экономические расчеты по применению другого вида дренажа с позиции этого фактора.

Выявление перспективных районов применения комбинированного дренажа, исключающего необходимость в электроэнергии, насосно-силовом оборудовании, а также в дорогостоящих специально отсортированных фильтрах и металлических каркасах, по приведенной методике позволит обеспечить снижение затрат на строительство и эксплуатацию дренажа (табл.2).

Таблица 1

Условия применения комбинированного дренажа

Группа	Показатели	Весьма благоприятные	Благоприятные	Удовлетворительные
Гидрогеологическая	Геотифльтрационные строение	Двухслойная схема, покровные слабопроницаемые грунты, подстилаемые хорошопроницаемыми отложениями	Двухслойная и многослойные схемы. Покровные грунты подстилаются как однородными грунтами, так и переслаивающимися отложениями	многослойная схема. Покровные грунты подстилаются переслаивающимися отложениями
	Мощность покровного мелкозема	4-10 м	10-15 м	15-20 м
	Строение покровного мелкозема	Переслаивание супесей, легких суглинков с тяжелыми суглинками и глинами ниже дна заложения горизонтального дренажа.	Средние, тяжелые суглинки с линзами и прослоями супесей	Средние, тяжелые суглинки с прослоями глин
	Подстилающий слой	Хорошопроницаемый пласт из гравийно-песчаных, галечниковых отложений, проводимость не менее 500м ² /сут	Хорошопроницаемый пласт из средне и тонкозернистых переслаивающихся песков, переслаивающийся пески, супеси, суглинки, проводимость 100-500м ² /сут	Переслаивающийся супеси, суглинки, пески с редкими прослоями глины проводимость 10-100 м ² /сут
	Соотношение коэффициентов фильтрации покровного мелкозема и подстилающих отложений	0,1	0,1	0,1-0,3
	Наличие напорности	Подземные воды напорные с интенсивностью питания не менее 1500 м ³ /га	Подземные воды напорные и субнапорные с интенсивностью питания не менее 1000 м ³ /га	Подземные воды субнапорные с интенсивностью питания не менее 500 м ³ /га
Почвенно-мелиоративная	Характер распределения солей в покровном мелкоземе	Поверхностный, соли сосредоточены в верхнем метровом слое	В зоне аэрации, резко ниже зеркала грунтовых вод.	На всю мощность покровного мелкозема.
	Тип засоления	Сульфатный	Хлоридно-сульфатный	Сульфатно-хлоридный, хлоридный
	Степень засоления, в %. По плотному остатку	До 1,5	1,5-3,0	Более 3
	По Иону хлора	До 0,2	0,2-0,7	Более 0,7
	Коэффициент солеотдачи по Волобуеву	0,75-1,02	1,02-1,5	1,5-2,0

	Коэффициент водоотдачи	0.1 и более	0,08-0,1	Менее 0,08
Строительно-эксплуатационная	Глубина залегания грунтовых вод	Ниже уровня заложения коллекторной сети	Ниже уровня укладки дренажной сети	Выше уровня укладки дрены
	Характеристика покровных мелкоземов	Хорошо устойчивые грунты	Слабые менее устойчивые грунты	Оплывающие неустойчивые грунты
	Характеристика подстилающих водоносных грунтов по условиям создания фильтровой защиты.	Крупнообломочные гравийно-галечниковые отложение, исключаящие необходимость устройства фильтровых обсыпок или упрощение требования к их подбору	Крупно-, средне-, и мелкозернистые гравийно-песчаные отложения, требующие устройства фильтровых обсыпок рекомендуемых параметров.	Тонкозернистые плывунные отложения требующие специального подбора фильтрового материала
	Наличие защитных фильтровых материалов	Местных песчано-гравийных смесей	Привозных песчано-гравийных смесей	Привозных естественно или искусственно создаваемых фильтровых материалов

Таблица 2

Сравнительная эффективность различных типов дренажа, рассчитанная для создания одинаковой дренажной территории

Показатели	Ед.	Тип дренажа			
		открытый	закрытый	вертикальный	комбинированный
Коэффициент земельного использования (КЗИ)	%	87-90	95-96	98-99	96-97
Увеличение орошаемой площади за счет повышения КЗИ	%	-	7-8	10-12	8-9
Диапазон регулирования уровня грунтовых вод	м	1,5-2,0	2,0-2,4	2,0-5,0	2,0-2,5
Продолжительность малоративного периода	лет	15-20	5-8	3-4	4-6
Ускорение темпов рассоления почвогрунтов за счет создания оптимального малоративного режима (увеличения свободной емкости почвогрунтов)	раз	1,0	1-25-1,3	1,5-2,0	1,5-2,0
Экономия воды за счет создания лучшего малоративного режима ускорения темпа рассоления	%	-	15-25	25-40	25-30
Экономия оросительной воды за счет ликвидации поверхностного сброса	%	-	10	15-20	10-15
Затраты на:					
строительство	руб/га	100	450-500	100-150	170-200
эксплуатацию	"	15-20	15-20	20-50	10-15

*) За счет обеспечения стабильной глубины дренажа, предотвращения поверхностного сброса и увеличения скорости снижения грунтовых вод

Приложение 2

Расчет комбинированного дренажа

Комбинированный дренаж высоко эффективен в гидрогеологических условиях, которые могут быть сведены к следующим расчетным схемам:

1. Двухслойная толща (рис. 1а).

2. Двухпластовая система:

а) фильтр скважины-усилителя расположен в верхнем водоносном горизонте (рис. 1б);

б) фильтр скважины-усилителя расположен в нижнем пласте (рис. 1в).

Междреннее расстояние (В) систематического комбинированного дренажа для указанных расчетных схем определяется по формуле

$$B = 4 \left[\sqrt{\frac{k_{hg} + I_d H_d}{2W}} - k_{hg} \right] \quad (1)$$

$$k_{hg} = \frac{k_{hg} \cdot k_c}{k_{hg} + k_c} \quad (2)$$

где

k_{hg} — сопротивление на гидродинамическое несовершенство комбинированного дренажа;

k_{hg} — сопротивление на гидродинамическое несовершенство горизонтального дренажа;

k_c — сопротивление на гидродинамическое несовершенство линии скважин-усилителей.

При низкой проницаемости покровного мелкозема и большой его мощности ($k_{hg} \gg k_c$) горизонтальный дренаж заменяется глухим водоводом.

При высокой проницаемости покровного мелкозема ($k_{hg} < 0,1 k_c$) устройству комбинированного дренажа нецелесообразно.

Для двухслойной схемы (рис. 1а)

$$k_{hg} = 0,75 \frac{I_d}{K_d} \frac{B}{L} \frac{B}{L} \frac{B}{L} \quad \text{или} \quad \frac{K_d}{K_s} \geq 10 \quad (3)$$

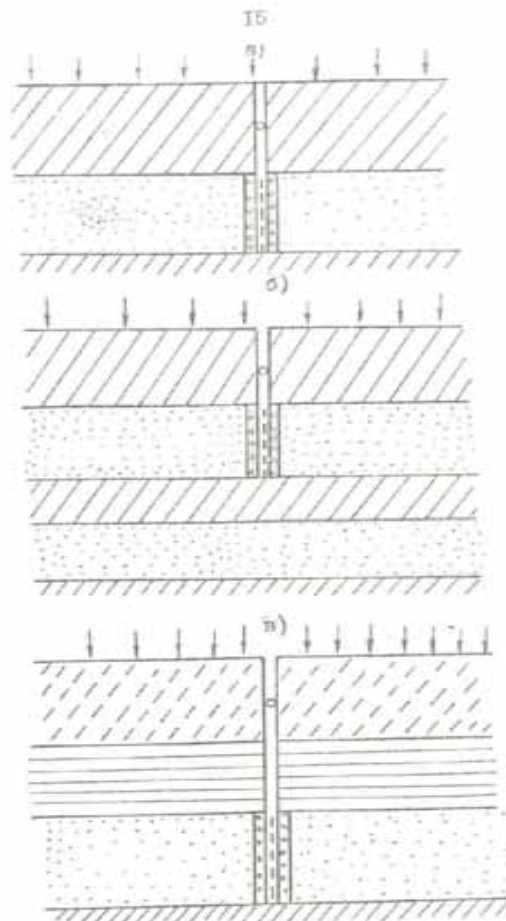


Рис. I Типовые расчетные схемы:

- а - двухслойной толжи с фильтром в нижнем слое;
 б - двухслойной системы с фильтром в верхнем слое;
 в - то же, в нижнем слое.

$$k_c = 6(f_c + a \cdot \sigma \cdot \lg \frac{f_c}{k_c}) \quad (4)$$

где

f_c - коэффициент сопротивления на несовершенство скважин-усилителей по стенкам вскрытия пласта;

для двухслойной системы и расположения скважин-усилителей в верхнем пласте (рис. 1б)

$$k_{xq} = \frac{1}{2} \left(2T_1 k_{xq} + \frac{T_2}{T_{\delta 0}} \right) \quad (5)$$

k_{xq} - рассчитывается по (2),

k_c - по (4),

k_{nq} - по (3),

$$\delta_0 = \sqrt{\frac{K_p \cdot T}{m_p \cdot T_1 \cdot T_2}}; \quad T = T_1 + T_2$$

Уровень грунтовых вод (h) рассчитывается по зависимости

$$H_0 - h = \frac{W}{K_b} \cdot m_b$$

$$m_b^2 - m_b - \Delta h \quad (6)$$

Для случая двухслойной системы и расположения скважин-усилителей в нижнем водоносном горизонте (рис. 1в) расчет межфренных расстояний проводится по формуле А.Я. Олейника

$$B = 4 \left\{ \left[\left(\frac{M}{N} \right)^2 \frac{T_2}{\delta_0} \left(\frac{1}{2\delta_0 T_1} + \frac{k_{nq} - k_c}{N} \right) + \frac{h \cdot T}{2W} \right] \frac{k_c}{N} - \frac{M}{N} \right\} \quad (7)$$

где

$$M = k_{nq} T_1 (1 + 2\delta_0 k_c) + T_2 k_c (1 + 2\delta_0 k_{nq}); \quad (8)$$

$$N = T + 2\delta_0 (k_{nq} T_2 + k_c \cdot T_1); \quad (9)$$

целось

k_{nq} и k_c - соответственно гидравлические сопротив-

ления на несовершенство горизонтальной дрены и линии усилителей.

$$h_{\text{из}} = m \cdot 0,75 \lg \frac{m}{\pi d_s}$$

$h_{\text{из}}$ — определяется по зависимости (4).

Нами приняты следующие условные обозначения:

- H_a — превышение напора над глубиной заложения дренажа в первом водоносном горизонте;
- T_1 — водопроводимость верхнего водоносного горизонта;
- T_2 — водопроводимость нижнего водоносного горизонта;
- Δh — норма осушения;
- W — инфильтрационное питание;
- m_a — мощность покровного слоя;
- m_p — мощность разделяющего слоя;
- K_{pa}, K_p — коэффициенты фильтрации соответственно покровного и разделяющего слоев;
- T_m — водопроводимость подстилающего слоя в двухслойной толще;
- K_m — коэффициент фильтрации подстилающего слоя в двухслойной толще;
- b — шаг между усилителями;
- d_s — диаметр скважины.

Несовершенство скважины f_s рассчитывается следующим путем. В соответствии с существующими представлениями фильтрационное сопротивление на несовершенство по степени и характеру вскрытия может быть представлено в виде суммы составляющих:

$$f_s = \varepsilon_{s1} + \varepsilon_{s2} + \varepsilon_{s3} + \varepsilon_{s4} \quad (10)$$

где ε_{s1} — сопротивление, обусловленное степенью вскрытия пласта скважиной-усилителем;

ε_{s2} — сопротивление, обусловленное песчано-гравийной обсыпкой и изменением проницаемости призабойной зоны;

ε_{s3} — сопротивление, обусловленное скважностью фильтра;

ε_{s4} — сопротивление, обусловленное потерями напора в фильтре и трубе.

Фильтрационное сопротивление ε_{s1} для однородного пласта с инфильтрацией кровлей и подошвой (рис. 2) рекомендуется находить по следующим зависимостям (В.И. Пестякова, 1973, 1978): для случая применения скважины к кровле (подошве) пласта

$$\varepsilon_{s1} = \frac{1}{25\pi} \frac{1-\mu}{E} \left(\ln \frac{L}{r_0} - \varepsilon \right); L = \frac{b}{m} \quad (11)$$

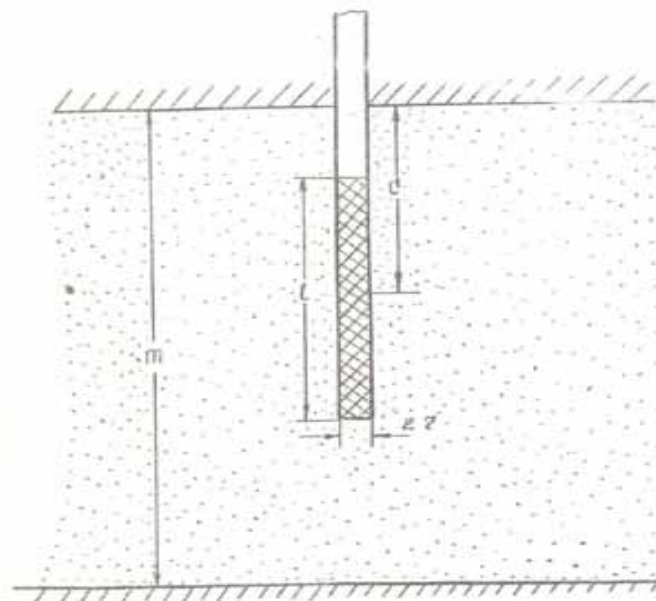


Рис. 2 Схема к определению несовершенства по степени вскрытия пласта скважиной-усилителем

Величина δ находится из табл. I.

Таблица I

$\bar{b}$	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
δ	-0,39	-0,22	-0,08	-0,13	0,32	0,65	1,0

Для скважины, не проницающей к кровле (подонку) пласта,

$$\varepsilon_{\text{св}} = 2 \frac{1-b}{b} \ln \frac{a_2 b}{a_1 c} + 2 \ln \frac{1}{b} + \Delta \varepsilon_{\text{с}} \quad (11a)$$

Величина $\Delta \varepsilon_{\text{с}}$ находится из табл. 2

Таблица 2

$\bar{c} = \frac{c}{a}$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
$\Delta \varepsilon_{\text{с}}$	2,33	1,07	0,49	0,17	-0,01	-0,19	-0,22

Условные обозначения видны из рис. 2.

$$\varepsilon_{\text{св}} = 0,366 \frac{\delta}{p \eta d_{\text{с}}} \frac{K}{K_0} \quad (12)$$

где

p - скважность фильтра;
 η - коэффициент скатия струи;
 δ - толщина стенок фильтра;
 $d_{\text{с}}$ - диаметр скважины.

$$\varepsilon_{\text{св}} = 0,366 \left(\frac{K}{K_0} - 1 \right) \lg \frac{r_{\text{св}}}{r_0} \quad (13)$$

где K_0 - коэффициент фильтрации призабойной зоны;
 K - коэффициент фильтрации каптируемого пласта.

$$\varepsilon_{\text{св}} = Q \Gamma \left(\frac{B \bar{a}_0 \bar{b}}{\bar{a}^2 q d_{\text{с}}} + \frac{B \bar{a}_r \bar{b}}{\bar{a}^2 q d_{\text{с}}} \right) \quad (14)$$

где $\bar{b}$ - длина фильтра;
 $\bar{a}_r$ - длина глухой части трубы;
 $\bar{a}_0$ - устанавливаются в соответствии с приложением 3.

На межтренные расстояния комбинированного дренажа существенное влияние оказывает шаг между усилителями. Поэтому выбор оптимального шага - важный этап определения межтренных расстояний.

Оптимальный шаг между усилителями можно установить по следующей зависимости:

$$C_{\text{св}} = 10^4 \left[\frac{C_r b - C_y}{B \cdot \delta} \right] \quad (15)$$

где

$C_{\text{св}}, C_r, C_y$ - капиталоёмкости на строительство соответственно комбинированного дренажа, его горизонтального элемента и скважин-усилителей, руб.;

b - шаг размещения скважин-усилителей.

Обозначив $\frac{C_r}{C_y}$ через $\bar{C}$, после преобразований перейдем к экономическому способу определения оптимального размещения скважин-усилителей:

$$\bar{C} = \frac{\sqrt{(0,366 \alpha \bar{b} \lg \frac{\bar{b}}{\bar{a}})^2 + \delta (\alpha + 0,366 \delta \lg \frac{\delta}{\bar{a}})^2}}{\alpha^2 (0,366 \bar{b}^2 \lg \frac{\bar{b}}{\bar{a}} + 0,099 \delta^2)} - \frac{1}{\delta} \quad (16)$$

Определение оптимальных расстояний между скважинами-усилителями в силу transcendентности уравнения (16) производится подбором.

Оценку правильности выбора межтренных расстояний при комбинированном дренаже следует проводить по данным расчета неустановившегося режима грунтовых вод, определяемого неравномерностью инфильтрационного питания во времени и пространстве.

Величина инфильтрационного питания аппроксимируется по характеристикам периодом ступенчатым графиком: $W = W_0$ при $t < t_1$; $W = W_1$ при $t_1 < t < t_2$; $W = W_2$ при $t_2 < t < t_3$ и т.д. Расчет неустановившегося режима грунтовых вод выполняется по следующей зависимости:

$$H = \frac{W_0 h^2}{l} \left[f(t) - \frac{W_1 W_0}{W_0} f(t-t_1) + \frac{W_1 W_1}{W_0} f(t-t_2) \right] \quad (17)$$

Для двухслойной расчетной схемы (рис. 1а)

$$f(t-t_1) = 0.5 + 4 \frac{h_{\text{кз}}}{B} - \frac{A(1+\varepsilon\gamma^2)}{\gamma} \cdot \exp\left[-\frac{\gamma^2 \tau}{(1+\varepsilon\gamma^2)}\right], \quad (18)$$

где $\varepsilon = \frac{4m_0 I}{K_0 B^2}$; $\gamma = \frac{\alpha(t-t_1)}{B^2}$ при $\alpha t > 0.25 B^2$

Величины γ и A определяются по табл. 3.

При $\frac{B}{h_{\text{кз}}} \leq 0.2$ $\gamma = \frac{\sqrt{B}}{h_{\text{кз}}}$

Таблица 3

$B/h_{\text{кз}}$	0	0.2	0.5	1	2	5	10	20	∞
A	1	1.03	1.12	1.12	1.18	1.24	1.26	1.27	1.27
γ	0	0.433	0.653	0.86	1.08	1.31	1.43	1.50	1.57

Для двухпластовой расчетной схемы с расположением усилителей в верхнем слое

$$f(t-t_1) = 0.5 + 4 \frac{h_{\text{кз}}}{B} + \frac{1}{l} \left[f(\delta) - 0.5 \right] - \frac{A(1+\varepsilon\gamma^2)}{\gamma} \cdot \exp\left(-\frac{\gamma^2 \tau}{1+\varepsilon\gamma^2}\right) \quad (19)$$

$$\gamma = \frac{l n 2.61 A}{0.5 - \frac{4 h_{\text{кз}}}{B} + \frac{1}{l} [f(\delta) - 0.5]}; \quad f(\delta) = \frac{ch \delta - 1}{\delta sh \delta}; \quad \bar{\delta} = \frac{B}{2} \delta_0; \quad \alpha = \alpha_1 \quad (20)$$

При $\bar{\delta} > 3$ $f(\delta) = \frac{1}{\delta}$

Для двухпластовой системы, когда фильтр усилителя находится в нижнем пласте, расчет нестационарного режима можно выполнять по приближенной методике А.Я. Глейзика, согласно которой превышение уровня в верхнем слое $h(t)$ находится по формуле

$$h_1(t) = h_1 + (h_{\text{ст}} - h_1) e^{-\lambda t}, \quad (21)$$

здесь

h_1 - уровень в условиях установившейся фильтрации;

$h_{\text{ст}}$ - уровень в начальный момент времени.

Параметр λ находится по зависимости

$$\lambda = \frac{\alpha + \beta}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)^2 + \delta_1 \delta_2} \quad (22)$$

где $\alpha = \frac{\pi^2}{B^2} \varepsilon_1 \alpha_1 \delta_1$; $\beta = \frac{\pi^2}{B^2} \varepsilon_2 \alpha_2 \delta_2$

Параметры ε_1 и ε_2 , учитывающие влияние несовершенства горизонтальной дрены $h_{\text{кз}}$ и линии усилителей $h_{\text{с}}$, находятся по табл. 4.

Таблица 4

$B/h_{\text{кз}} (h_{\text{с}})$	100	50	10	5	3	1	0.5	0.3	0.1
$\varepsilon_{1,2}$	0.99	0.98	0.91	0.84	0.76	0.55	0.42	0.33	0.20

При расчете динамики уровня грунтовых вод может оказаться, что при принятых параметрах комбинированного дренажа предельное положение уровня грунтовых вод не соответствует требованиям корневой системы растений. В этом случае расчет междренних расстояний по зависимости (1) повторяется с последующей проверкой на условия допустимого подъема грунтовых вод по зависимостям нестационарного режима грунтовых вод.

Приложение 3

Технико-экономическое обоснование выбора
схемы размещения комбинированного дренажа

При технико-экономическом обосновании выбора схемы размещения комбинированного дренажа необходимо руководствоваться "Инструкцией по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство" (СН 42.3-71) Госстроя СССР и "Инструкцией по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обустройство пастбищ" Минвопхоза СССР (1972 г.).

Сравнительная оценка и выбор оптимального варианта комбинированного дренажа могут производиться по методу приведенных затрат при различных расстояниях скважин, коллекторов и дрена, обеспечивающих равную малорасчетную эффективность.

Оптимизация по методу приведенных затрат проводится по формуле

$$E = \Sigma + nK \text{ — мин.} \quad (1)$$

где

- E — приведенные затраты сравниваемых вариантов, руб;
- Σ — эксплуатационные затраты, руб;
- K — капитальные вложения, руб;
- n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($n = 0,15$).

Так, при сравнительной оценке площадного и линейного комбинированного дренажа (рис. I) первоначальные капиталовложения в пересчете на 1 га составят:

$$\text{для площадной схемы} \quad K_1 = \frac{10^4}{L} \left(\frac{L \cdot C_2}{B} + \frac{C_3}{\delta} + C_4 \right) \quad (2)$$

$$\text{для линейной схемы} \quad K_2 = \frac{10^4}{B} \left(C_5 + \frac{C_6}{\delta} \right); \quad (3)$$

где

- L — расстояние между дренами, м;
- B — расстояние между коллекторами, м;
- δ — расстояние между скважинами-усилителями, м;
- C_4 — удельная стоимость 1 м коллектора, руб;

(II)



(I)

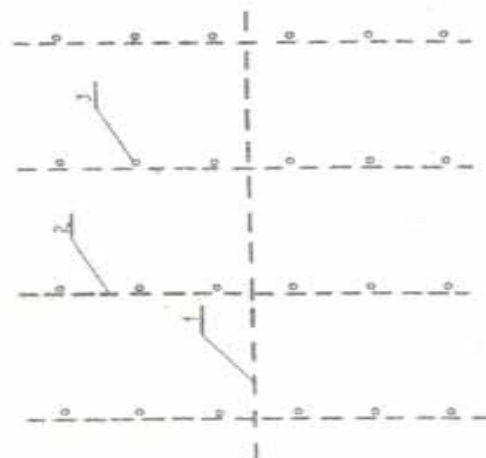


Рис. I Площадная (I) и линейная (II) схемы размещения комбинированного дренажа

C_y, C_y^* — стоимость сваян-усилителей при площадной и линейной схемах, руб;
 C_g — удельная стоимость 1 м закрытого горизонтального дренажа, руб.

Эксплуатационные затраты, соответственно, составят:

$$Z_1 = K_1 \alpha + \frac{10^4}{L} \left(\frac{L Z_k}{B} + \frac{Z_y}{6} + Z_g \right) \quad (4)$$

$$Z_2 = K_2 \alpha + \frac{10^4}{L} \left(Z_k + \frac{Z_y^*}{6} \right), \quad (5)$$

где

α — норма амортизационных отчислений (для закрытого дренажа 0,019, для коллекторов — 0,044);

Z_k, Z_g — соответственно текущие затраты на 1 м коллекторной и дренажной сети, руб;

— соответственно текущие затраты на один усилитель при площадной и линейной схемах, руб.

Приведенные затраты для обоих вариантов, соответственно, составят:

$$E = \frac{10^4}{L} \left[\left(\frac{L C_k}{B} + \frac{C_y}{6} + C_g \right) (n + \alpha) + \frac{L Z_k}{B} + \frac{Z_y}{6} + Z_g \right] \quad (6)$$

$$E = \frac{10^4}{B} \left[\left(C_k + \frac{C_y^*}{6} \right) (n + \alpha) + Z_k + \frac{Z_y^*}{6} \right] \quad (7)$$

Необходимо отметить, что если удельные стоимости строительства коллекторов и обеих схем близки между собой, то, как показывает опыт строительства усилительной, их удельные капиталовложения при линейной схеме значительно меньше.

Кроме того, при строительстве усилителей по линейной схеме сооружаются и наиболее полно используется весь комплекс машин и механизмов, создаются исключительные условия для производительности труда, в то время как при работе по площадной схеме возникает огромное количество различных организационных препятствий. Эти помехи связаны с необходимостью работать по посевам или по площадям, подготавливаемым

к ним, с затруднениями при устройстве колодцев подключения усилителей к закрытым горизонтальным дренам, которые часто бывают завалены или подтоплены, и, наконец, со сложностью подъезда подвоза труб, материалов и т.д.

По указанной методике проводилась оптимизация приведенных затрат для основных геофильтрационных схем зоны внедрения комбинированного дренажа в Каршинской степи (рис. 2). Расчеты, выполненные для следующих параметров: диаметр скважин $d_c = 0,5$ м, действующий диаметр коллектора $d_g = 0,9-1,1$ м, напор $H = 2,3$ м (при норме осушения 2,2 м и глубине до уровня воды в коллекторе — 4,5 м), интенсивность питания $W = 0,0016$ м/сут, показали, что линейная схема по приведенным затратам намного эффективнее площадной.

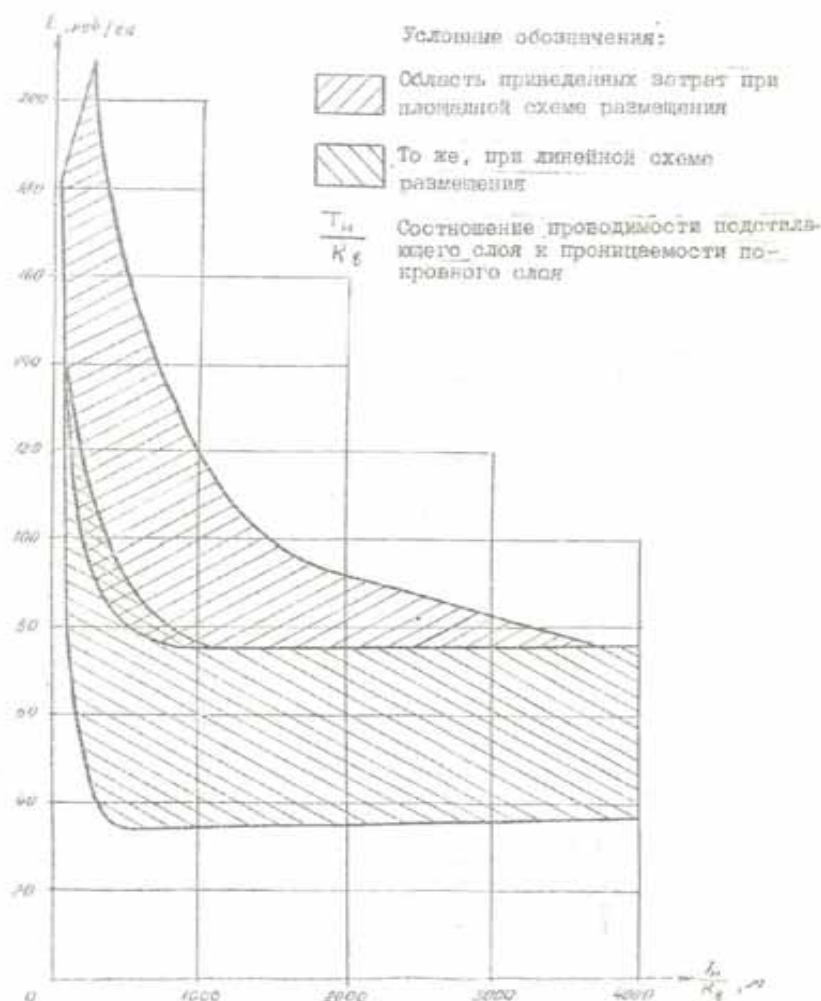


Рис. 2 Показатели приведенных затрат при площадной и линейной схемах размещения комбинированного дренажа

Расчет водоприимной части скважин-усилителей

Водоприимная часть скважин-усилителей — наиболее ответственный элемент, определяющий работоспособность и надежность систем комбинированного дренажа в целом.

Выбор конструкции водоприимной части должен определяться необходимостью максимального сокращения гидравлических сопротивлений в системе скважина-пласт, поскольку для усилителей, обычно работающих в самонизывающемся режиме и при малых понижениях, даже незначительное сокращение потерь напора обеспечит ощутимую прибавку в дебите.

Таким требованиям отвечает конструкция водоприимной части с песчано-гравийным фильтром, так как устройство обсыпки вокруг фильтрового колпаса, с одной стороны, увеличивает водоприимную поверхность, а с другой — понижает входные скорости и снижает гидравлические потери.

Общий порядок расчета основных конструктивных элементов водоприимной части скважин-усилителей предлагается в виде блок-схемы (рис. 1).

Основной расчетной характеристикой, определяющей литологически строение пластов, их составом и проницаемостью, а также хозяйственными условиями (включая глубину горизонтальной дренажной сети и необходимого понижения уровня грунтовых вод) является дебит самонизывающейся скважины.

Дебит проектируемой оптимальной конструкции скважин-усилителей с минимальными гидравлическими сопротивлениями должен назначаться на основе представлений об удельном расходе по зависимости

$$Q/\Delta S = T \quad \text{или} \quad Q = \Delta TS, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где

T — проводимость водоносной толщи, $\text{м}^2/\text{сут}$;
 S — понижение, м;
 Δ — коэффициент, изменяющийся от 1 до 1,5.

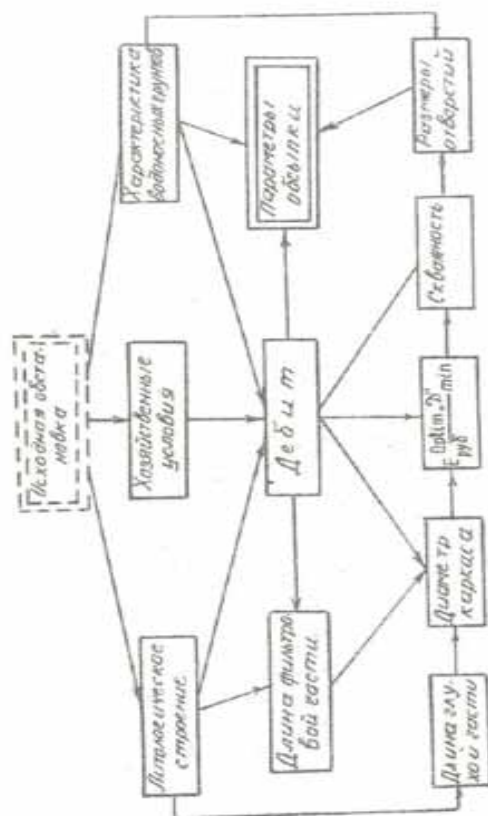


Рис. 1 Блок-схема подбора конструктивных элементов водоприемной части высокооборотных скважин-усилителей

Длина фильтровой части скважин-усилителей при известном дебите назначается в зависимости от литологического строения и принимается равной мощности водоносного пласта при его высоте до 10 м. В условиях большой мощности водоносного пласта дальнейшее увеличение длины фильтра нецелесообразно, так как при сохраняющихся действующих напорах дебит усилителя существенно не увеличивается. При большой длине водоприемной части усилителя существенно возрастают потери напора на перенос объема жидкости внутри фильтра вследствие преодоления сил внутреннего трения и прохождения потока через стенку фильтра. Как показывают наблюдения, при большой длине фильтра действие этих потерь приводит к увеличению неравномерности нагрузки по длине фильтра (рис. 2). При увеличении длины фильтра нижняя часть практически не участвует в заборе воды и весь приток формируется в верхней части фильтра. В общем случае гидравлические потери на трение в глухой трубе и в фильтре определяются по зависимости

$$h_{r(\phi)} = \frac{8Q^2 L_{r(\phi)}}{g \pi^3 D^5} \cdot \lambda_{r(\phi)}, \quad (2)$$

где

- Q — расход усилителя, $\text{м}^3/\text{с}$;
- $L_{r(\phi)}$ — длина соответственно глухой или фильтровой части водоподъемной трубы, м;
- D — диаметр водоподъемной трубы, м;
- $\lambda_{r(\phi)}$ — коэффициент сопротивления соответственно для глухой или фильтровой части водоподъемной трубы (табл. I).

здесь

$$\lambda_{\phi} = \lambda_r \cdot \eta_{\phi},$$

η_{ϕ} — суммарный коэффициент, учитывающий влияние прироста скорости потока вдоль фильтра (табл. I).

Диаметр фильтрового кармана определяется из условия пропускания проектного дебита с наименьшими потерями, соответствующими минимуму капитальных затрат.

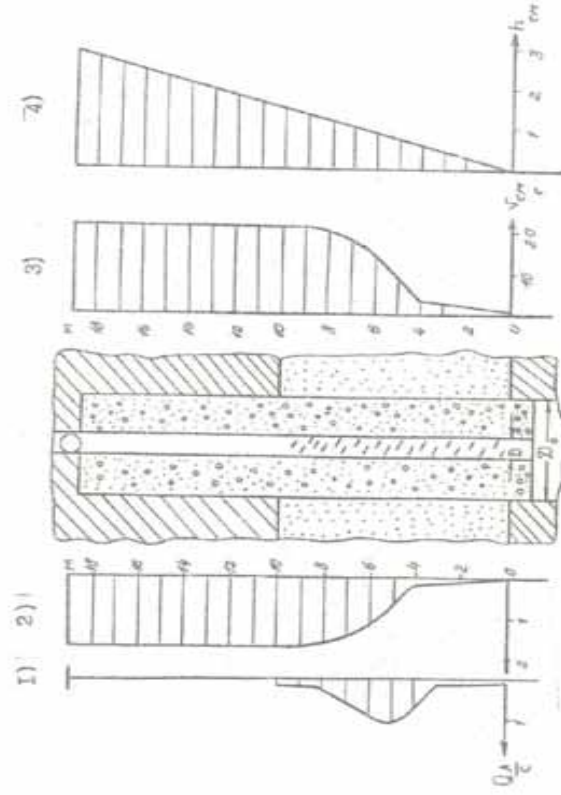


Рис. 2 Конструкция водопроводной части системы-усилителя с эфирным распределением по длине:

- 1 - односторонний расход; 2 - суммарный расход; 3 - скорость; 4 - потеря напора

Таблица I

Расчетные значения коэффициентов сопротивления для усилителей из асбестоцементных и пластмассовых труб

$D, м$	0,08	0,100	0,125
$\lambda, м^3/с$	0,001	0,003	0,006
$\lambda, асбестоцементных труб$	0,031	0,025	0,023
$\lambda, пластмассовых труб$	0,034	0,027	0,023
η_0	0,599	0,456	0,403

Как видно из зависимости (2), при уменьшении диаметра стрелера возрастает величина потерь, что требует дополнительных затрат для обеспечения проектного дебита. Увеличение же диаметра сокращает потери, но увеличивает капитальные затраты.

Оптимальный диаметр фильтрового каркаса определяется минимумом функции.

$$E = \left[l_{\phi} \bar{l}_{\phi}(D) + l_r \bar{l}_r(D) + l_{\phi} \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D^2) \right] \cdot n \rightarrow \min \quad (3)$$

где

$\bar{l}_{\phi}$ — удельная стоимость фильтровой части труб в зависимости от диаметра, руб;

$\bar{l}_r$ — удельная стоимость глухой части труб в зависимости от диаметра, руб;

D_0 — диаметр обсыпки, м;

$\bar{c}$ — удельная стоимость одного м³ фильтра в деле, руб;

n — коэффициент, представляющий собой отношение максимально возможного дебита Q_{max} к дебиту Q_L , определяемому с учетом величины суммарных потерь в фильтре и глухой части водоподъемной труб при различных диаметрах.

Результаты натурных наблюдений за усилителями, установленными вдоль прен и коллекторов в хозяйствах Карпинской стени, показали, что их дебиты при возможных величинах действующих напоров, не превышающих 1–2 м, составляют 3–6 л/с. При таких дебитах усилителей и возможной длине глухой части водоподъемной колонны до 20 м оптимальное значение диаметра фильтрового каркаса находится в пределах 0,1–0,12 м.

СВЯЗНОСТЬ ФИЛЬТРОВОГО КАРКАСА назначается из условий приема проектного дебита с минимальными потерями напора и сохранением при этом линейного режима фильтрации, обеспечивающего длительную и эффективную работоспособность водоприемной части скважин-усилителей.

Это требование выполняется при скважности, определяемой по формуле

$$P = \frac{\gamma Q_L}{\gamma D l_{\phi} \bar{c}_k} \quad (4)$$

где

γ — коэффициент, учитывающий неравномерность притока по длине фильтрового каркаса, $\gamma = 0,4–0,5$;

$\bar{c}_k$ — допустимая погрешность в расчетах определения коэффициента фильтрации.

Коэффициент α определяется по формулам: при известном значении коэффициента фильтрации (K , м/сут) фильтровой обсыпки —

$$\alpha = P \sqrt{\frac{K}{\gamma g}} \quad \text{где} \quad P = \frac{0,03}{n(1-n)} \quad (5)$$

при известном эффективном диаметре (d_{10} , мм) частиц обсыпки —

$$\alpha = 0,0025 \frac{d_{10}}{n_1(1-n)\sqrt{\gamma}} \quad (6)$$

а здесь

n — пористость грунта;

γ — кинематический коэффициент вязкости.

Расчетная скважность фильтрового каркаса по приведенным выше результатам наблюдений при оптимальном диаметре

$D = 0,1–0,12$ составляет 3–6%. Однако с учетом срока службы усилителей и возможности кольматации скважность фильтрового каркаса должна составлять не менее 6%.

РАЗМЕРЫ ВОДОПРИЕМНЫХ ОТВЕРСТИЙ назначают в зависимости от гранулометрического состава грунта, прилегающего к фильтровому каркасу. При среднем диаметре фракций грунта не менее 2 мм рекомендуются следующие размеры отверстий:

$$d_* = (3,5–4) d_{50} \quad \text{— для круглой перфорации,} \quad (7)$$

$$\bar{d} = (1,5–2) d_{50} \quad \text{— для шелевой перфорации.} \quad (8)$$

для обеспечения большей пропускной способности и сохранения достаточной прочности труб перфорация рекомендуется принимать в виде спиралеобразно размещенных щелей с размерами $\delta = 3-4$ мм и $\ell = 100$ мм.

Число отверстий на метр длины фильтра, соответствующее заданной сжимаемости фильтрового каркаса, определяется по зависимостям:

$$N = \frac{1000 \cdot \ell \cdot D \cdot P}{l_{\text{ф}} d_{\text{ш}}} \quad - \text{ для щелевой перфорации} \quad (9)$$

$$N = \frac{4000 \cdot D \cdot P}{d_0^2} \quad - \text{ для круглой перфорации} \quad (10)$$

ПАРАМЕТРЫ ФИЛЬТРОВОЙ ОБСЫПКИ устанавливаются в зависимости от характеристики водоносных грунтов и проектного максимального дебита скважин-усилителей.

Особенность работы усилителей, состоящая в небольших значениях приведенных расходов, аходных скоростей и градиентов напора, позволяет при подборе состава, фильтровой обсыпки снизить требования, предъявляемые к фильтрам вертикального дренажа.

Проектирование фильтровой обсыпки скважин-усилителей выполняется из условия сохранения устойчивости в двух наиболее ответственных зонах "перфорация труб - фильтр", "защитный грунт - фильтр".

Устойчивость в первой зоне, как показали лабораторные и полевые исследования, обеспечивается созданием над водоприемными отверстиями сводиков из частиц диаметром равным или больше 0,6 ширины щели. Причем, устойчивое сводобразование достигается при количестве таких частиц в прилегающем к перфорации грунте не менее 40%.

Исходя из условий наилучшего сводообразования на контакте перфорационных труб, минимальный диаметр частиц фильтровой обсыпки D_{min} принимается равным 1,8 мм. Максимальный диаметр частиц фильтровой обсыпки назначается с учетом условий строительного производства и технологии из-

готовления фильтрового материала для скважин-усилителей в различных зонах.

Из условия обеспечения непроницаемости на контакте фильтр - защитный грунт при известном гидростатическом давлении по общепринятой методике определяется диаметр сводообразующих частиц и действующий диаметр частиц проектируемой обсыпки

$$D_0 = \frac{1}{0,252 \sqrt{\eta_{\text{ф}}}} \cdot \frac{1 - m_{\text{ф}}}{m_{\text{ф}}} d_{\text{ст}}, \text{ мм} \quad (11)$$

где

$m_{\text{ф}}$ - пористость фильтровой обсыпки, определяемая по допустимому коэффициенту неоднородности $\eta = \frac{D_{50}}{D_{10}}$, находящемуся в пределах 3-7.

Средний диаметр частиц проектируемой обсыпки D_{50} определяется через рекомендуемые для различных водоносных грунтов максимальные коэффициенты:

$$\begin{aligned} \eta_{\text{м}} = \frac{D_{50}}{d_{50}} &= 35-40 && \text{ для крупнозернистых песков} \\ \eta_{\text{м}} = \frac{D_{50}}{d_{50}} &= 25-35 && \text{ для среднезернистых} \\ \eta_{\text{м}} = \frac{D_{50}}{d_{50}} &= 20-25 && \text{ для мелкозернистых} \end{aligned}$$

Рекомендуемые значения основных параметров частиц фильтровой обсыпки приведены в табл. 2.

Толщина фильтровой обсыпки назначается из условия обеспечения на контакте водоносный грунт - фильтровая обсыпка допустимых скоростей, определяемых оптимальными размерами водоприемной поверхности

$$D_0 = \frac{Q}{2000 K \sqrt{\eta_{\text{ф}}}} \left(\frac{D_{50}}{d_{50}} \right)^2, \quad (12)$$

где

D_0 - диаметр фильтровой обсыпки, м,

Q - дебит скважины усилителя, м³/сут,

K - коэффициент фильтрации породы, м/сут,

$l_{\text{ф}}$ - длина фильтра, м;

$D_{50} \text{ и } d_{50}$ - средний диаметр частиц соответственно фильтра и водоносного грунта, мм.

Рекомендуемые параметры состава обсыпки окислив-универсальной, м

Характеристики водоносных групп	D_0	D_n	D_{50}	D_{65}	D_{100}
Крупнозернистые пески $d_{50} = 2-1 \text{ мм}$	5-8	6-13	17-35	20-30	26-39
Среднезернистые пески $d_{50} = 1-0,5 \text{ мм}$	2,8-5	3-5	6-17	8-20	15-25
Мелкозернистые пески					20-30
$d_{10} = 0,5-0,25 \text{ мм}$					
Коллоид	1,0-2,0	2-3	2,5-5	3,5-8	7-15
					10-20

Откуда толщина фильтровой обсыпки составит

$$T = \frac{D_n \cdot D}{2}, \quad (13)$$

где

 D — наружный диаметр фильтрового каркаса, м.

Натурные наблюдения за работоспособностью усилителей в условиях Карпинской степи показали, что высокая водо-аккумулятивная способность и достаточная надежность конструкции водоприемной части обеспечивается диаметром 0,5 м (толщина обсыпки до 200 мм).

Исходя из технико-экономических и фильтрационных расчетов дальнейшее увеличение диаметра бурения нецелесообразно.

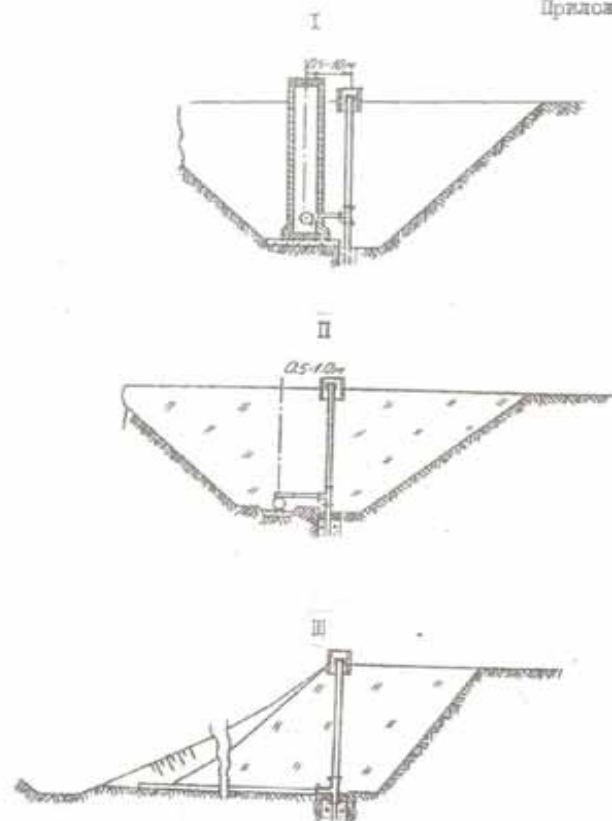


Рис. Конструкция подключения скважин-усилителей:
 I — к смотровому колодцу закрытой дрены;
 II — к закрытой дрене (водоводу);
 III — к открытому коллектору.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Общие положения	4
2. Основные положения проектирования комбинированного дренажа	8
3. Приложение I. Принципы выявления перспективных районов применения комбинированного дренажа	10
4. Приложение 2. Расчет комбинированного дренажа	14
5. Приложение 3. Технико-экономическое обоснование выбора схемы размещения комбинированного дренажа	23
6. Приложение 4. Расчет водоприемной части скважин-усилителей	28
7. Приложение 5. Схемы подключения скважин-усилителей	39