

Инж. В. В. ДУХОВНЫЙ  
(Голодностепстрой)

626.862

# ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОЛЛЕКТОРОВ В НОВОЙ ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

тью из лотков-каналов, трубопроводов и каналов в земляном русле с бетонной облицовкой. Для новой зоны орошения Голодной степи, подкомандной Южному Голодностепскому каналу, характерна необходимость проведения значительных мелиоративных мероприятий. Объ-

■ НЕОТЪЕМЛЕМОЙ частью комплекса работ по водохозяйственному строительству является коллекторная сеть, служащая для сбора и отвода дренажных вод с ирригационно подготовляемых или мелиорируемых земель. При широких масштабах освоения земель в хлопкосеющих районах Советского Союза правильное решение вопроса строительства и эксплуатации коллекторной сети имеет огромное значение.

Голодная степь — крупнейший массив орошаемого земледелия, осваиваемый интенсивными темпами. Ежегодно здесь сдается в эксплуатацию более 20 тыс. га орошаемых земель с современной оросительной се-

ясняется это наличием части земель с высоким до орошения стоянием минерализованных грунтовых вод и исключительно быстрым подъемом их и опасностью вторичного засоления в результате орошения. По данным гидрогеологической службы Голодностепостроя, ежегодный подъем грунтовых вод в связи с орошением составляет в среднем 1,5—3,0 м в год, достигая в отдельных зонах до 5 м в год.

В связи с таким состоянием земель, намеченных к орошению, строительство развитой коллекторно-дренажной сети в Голодной степи жизненно необходимо и входит как обязательный элемент в комплекс мероприятий по подготовке земель к освоению.

За время с начала ирригационного освоения земель в Голодной степи до 1 января 1966 г. в этой зоне построено и сдано в эксплуатацию 1395 км открытых коллекторов, из них 363 км межхозяйственных и 1032 км внутрихозяйственных.

Таблица 1

## Характеристика коллекторов в Голодной степи

| Показатель                                      | Межхозяйственные коллекторы | Внутрихозяйственные коллекторы |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Глубина, м . . . . .                            | 4,5—7,8                     | 3,5—6,6                        |
| Ширина по дну, м . . . . .                      | 1,0—3,0                     | 1,0                            |
| Заложение откосов . . . . .                     | 1,5—2,0                     | 1,5—2,0                        |
| Объем выемки, м <sup>3</sup> /пог. м . . . . .  | 40,0—110,0                  | 30,0—50,0                      |
| Проектный расход, м <sup>3</sup> /сек . . . . . | 0,5—26,0                    | 0,06—0,30                      |
| Ширина полосы отчуждения, м . . . . .           | 70,0—120,0                  | 60,0—80,0                      |

Глубина коллекторов должна быть достаточной для обеспечения без подпора оттока от дрены. Для этого необходимо, чтобы максимальный уровень воды в коллекторе был на 30—40 см ниже отметок устья дрен. Если учесть, что глубина воды в коллекторе составляет 35—50 см и колебания горизонта воды в связи с заилинием до очередной очистки достигают 40—50 см, то общая глубина коллектора должна быть на 1,2—1,4 м больше максимальной глубины впадающих в него дрен (2,5—3,5 м).

Заложение откосов назначается в зависимости от характеристики грунта на сдвиг и обрушение и в лёссовидных суглинках и глинах составляет  $m=1,5 \div 2,5$ . В условиях супесей, насыщенных водой (например, в Мургабском оазисе, в зоне Каракумского канала), откосы приходится уполоаживать до  $m=2,5 \div 2,75$ .

Вследствие влияния этих двух факторов размеры сечения коллекторов намного превышают площадь поперечного сечения, необходимую для обеспечения пропускной способности осушительных каналов. Это приводит к тому, что земляные работы по устройству коллекторов достигают значительных объемов и для их выполнения необходимо большое количество механизмов. Достаточно сказать, что в Голодной степи удельный вес земляных работ на коллекторах составляет более 40% общего объема земляных работ по подготовке земель к сельскохозяйственному освоению.

В 1964 г., например, из общего объема земляных работ 41,2 млн. м<sup>3</sup> на прокладку коллекторов пришлось 18,9 млн. м<sup>3</sup>, из них 11,7 млн. м<sup>3</sup> выполнено экскаваторами и 7,2 млн. м<sup>3</sup> — бульдозерами. В 1965 г. экскаваторами на коллекторах вынута 12,2 млн. м<sup>3</sup>, бульдозерами — 8,3 млн. м<sup>3</sup> при общем объеме земляных работ 55,2 млн. м<sup>3</sup>.



Обрушение коллектора

В 1966 г. на строительстве коллекторов в Голодной степи занято 154 экскаватора и 106 бульдозеров при плане ввода орошаемых земель в течение года 20 тыс. га.

Строительство открытой коллекторной сети, связанное с огромным объемом земляных работ, имеет ряд других недостатков. Так, под открытыми коллекторами заняты большие площади, пригодные для сельскохозяйственного освоения. Вместе с кавальерами полоса отчуждения под коллекторы имеет ширину 75—80 м. Это приводит к снижению коэффициента земельного использования (к. з. и.). Отметим, что в первоначальных проектах орошения коллекторная сеть была более редкой, а дренажная сеть составляла лишь 10—18 пог. м на гектар. По таким проектам в Голодной степи построены совхозы №№ 1, 6, 7 и 26. Создавшаяся в настоящее время мелиоративная обстановка потребовала резкого расширения дренажа — до 40—55 пог. м на гектар и соответственного увеличения количества коллекторов.

В связи с этим из земель, ранее введенных в эксплуатацию, приходится отчуждать дополнительно значительные площади (по совхозу № 6 — 225,2 га, по совхозу № 7 — 266,7 га и т. д.). Площадь, занятая под коллекторами в совхозе № 6, составила около 600 га, или 5,5% всей площади хозяйства.

Открытые коллекторы сильно зарастают водной растительностью — гумеом, камышом, рогозом и др. Кроме того, в период сильных ветров в коллекторах собирается большое количество сорняков типа «перека-ти-поле» (курай). И тот и другой виды сорной растительности способствуют образованию подпоров в коллекторах, уменьшению скоростей потока и как следствие этого — заилению коллекторов. Очистка же сорняков — весьма трудоемкая работа, которая до сих пор почти не механизирована.

В резко переслаивающихся грунтах, аналогичных грунтам Голодной степи, и в лёссовидных суглинках, склонных к приобретению под действием давления грунтовых вод свойства «псевдоплывунов», деформации откосов, даже пологих ( $m=1,5—2,0$ ), носят массовый характер и приводят к выходу коллекторов из строя (рис. 1).

Имеют место следующие виды деформаций откосов:

— оплыв лёссовидных суглинков, супесей, а также песчаных прослоек в зоне выклинивания грунтовых вод под гидродинамическим действием фильтрационного потока;

- обрушение грунта под действием нагрузки от близлежащих отвалов;
- обрушение грунта вследствие несоблюдения при строительстве проектного заложения откосов (подрезка их экскаваторами);
- размыв русла коллектора на участках с большими уклонами, подмыв из-за изменения направления потока.

Наиболее опасно в отношении деформации откосов образование временных подпоров на коллекторах с последующим быстрым их опорожнением. Надо отметить, что в первые годы освоения Голодной степи вследствие недооценки мелиоративной сети в некоторых совхозах допускалось использование коллекторов для дополнительной подачи оросительной воды.

Кроме значительных разрушений, деформации коллекторов приводят к ухудшению мелиоративного состояния земель. Из общей протяженности коллекторов в Голодной степи 1395 км на 1.5.1966 г. деформации по разным причинам имеются по длине коллекторов 487 км. Это вызвало необходимость значительных работ по их очистке. В 1965 г. было очищено 192 км коллекторов. Объем земляных работ достиг 1252 тыс. м<sup>3</sup>, что составило 6,5 м<sup>3</sup> грунта на 1 пог. м.

Общий объем земляных механизированных (экскаваторных) работ по очистке коллекторов в Голодной степи по плану 1966 г. составляет более 3 млн. м<sup>3</sup> со стоимостью их более 1 млн. руб.

При пересечениях дорог, линий водопроводов и газопроводов и лотковой сети на коллекторах приходится строить большое количество сооружений, отличающихся значительной сложностью: они не должны приводить к образованию подпоров на коллекторах; должны обеспечить эксплуатационную надежность пересекающих трасс; не должны подвергаться разрушению при деформациях откосов и дна коллектора.

Открытые коллекторы, имеющие значительную глубину, служат как бы базисом эрозии для прилегающих земель и закрытых дрена, впадающих в них. От сброса поливных вод в коллекторы откосы разрушаются, и образуются овраги. Для устранения такого разрушения приходится строить дорогие устьевые сооружения на дренах с устройством глиняного замка или ядра из суглинка с отсыпкой в воду. Стоимость одного устьевого сооружения составляет в среднем 460 руб. При среднем объеме дренажа 50 пог. м на 1 га и длине дрена 350—400 м на каждые 1000 га площади орошения приходится 125 устьевых сооружений.

Все это заставило пересмотреть установившиеся традиции в проектировании коллекторной сети. Одним из наиболее правильных решений этого вопроса является переход от строительства открытых коллекторов к закрытым.

В поисках наиболее рациональных методов строительства Голодно-степстрой еще в 1960 г. в совхозе № 6 им. Германа Титова построил закрытый коллектор К-7-6 (рис. 2). Хотя этот коллектор из-за ряда ошибок в процессе производства работ и в проекте пришлось сразу же после окончания строительства ремонтировать, однако из опыта его строительства и эксплуатации можно сделать ряд выводов, полезных для практики. Остановимся предварительно на его конструкции и условиях работы.

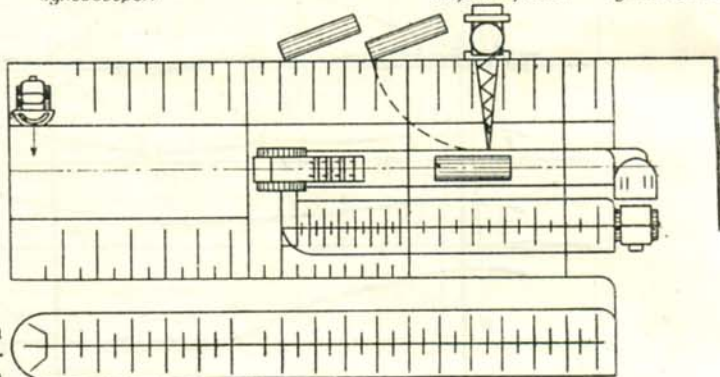
Коллектор К-7-6 имеет длину закрытой части 10 км. Грунты по трассе коллектора — лёссовидные суглинки. В период строительства от пк 25 до пк 100 грунтовые воды залегали на глубине от 6 до 12 м с увеличением глубины к пк 100. Выше пк 25 до пк 0 грунтовые воды были

I выемка  
корыта  
бульдозером

II выемка  
траншеи

III укладка  
труб экска-  
ватором-краном

засыпка  
коллектора  
бульдозером



2

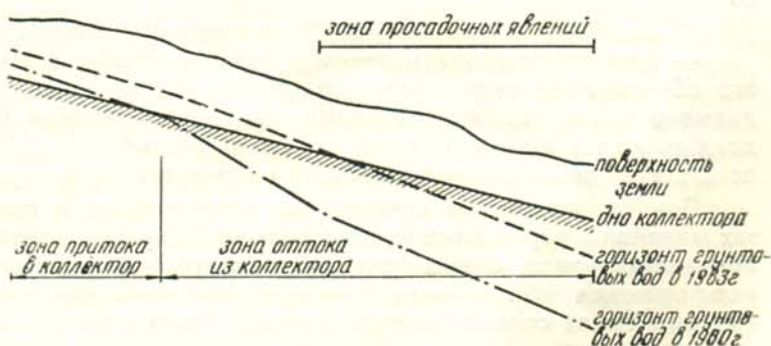
Схема производства работ по устройству закрытого коллектора

вскрыты на глубине 3—5 м. Глубина коллектора 2,5—6,0 м. Грунты ниже пк 50 имеют склонность к просадочным явлениям.

В коллектор укладывали асбоцементные трубы диаметром от 150 до 450 мм с обсыпкой фильтра из естественной песчано-гравийной смеси придоновского карьера (шагала) толщиной 15 см. Трубы коллектора в нижней трети перфорированы отверстиями  $d = 2 \div 5$  мм для доступа воды. Трубы уложили на муфтах без резиновых колец.

В течение двух лет после ввода земель в эксплуатацию грунтовые воды поднялись до 2 м от поверхности земли в районе пк 0 и до 4,5 м — у пк 50 (рис. 3). Уже в начале эксплуатации было установлено, что на отдельных участках коллектора отток отсутствует, и в подключающихся дренах создается подпор. На протяжении более года коллектор в отдельных местах был вскрыт и отремонтирован. В результате в 1962 г. была обеспечена устойчивая работа коллектора от пк 50 до пк 100. В 1964 г. был вскрыт и переложен участок коллектора от пк 0 до пк 50. В процессе вскрытия были установлены следующие причины выхода из строя отдельных участков коллектора:

1) небрежность в укладке труб (разрывы, пропуски колодцев);



3

Схема коллектора  
К-7-6

|   |     |     |         |                               |
|---|-----|-----|---------|-------------------------------|
| 2 | 3   | 4,5 | 7196,3  | глубина<br>грунто-<br>вых вод |
| 3 | 4,5 | 8   | 12196,0 |                               |
| 4 | 2,5 | 50  | 75      |                               |
|   |     |     | 100     | пикетаж                       |



4 Поперечная схема расположения дренажной сети

2) просадки на участках с глубоким стоянием грунтовых вод после поступления в них дренажной воды из вышележащих участков с высоким стоянием грунтовых вод; при ремонте труб на участке пк 53 были обнаружены просадки до 40 см, при этом трубы почти на 80% были забиты илом; аналогичные явления наблюдались и на других участках коллектора;

3) устройство обсыпки труб из естественной гравийно-песчаной смеси, не обеспечившее образования обратного фильтра и, наоборот, способствовавшее созданию вокруг труб непроницаемой массы типа «глинобетон» вследствие инфильтрации с поверхности поливных вод и вымыва мелких пылеватых частиц в дренаж.

Кроме коллектора К-7-6, в Голодной степи был построен еще ряд закрытых коллекторов общей протяженностью 35,1 км со следующей характеристикой: длина труб (керамических и асбоцементных) 1,0—5,5 м; диаметр 200—546 мм; уклоны  $i=0,0012—0,0055$ ; расход воды 20,0—103,5 л/сек.

Наблюдения за работой и строительством закрытых коллекторов показали, что для обеспечения их эксплуатационной надежности необходимо:

— обеспечить строгий надзор за качеством работ;

— фильтр подбирать таким образом, чтобы фракционный состав его обеспечивал суффозионную устойчивость грунта. Так как средний диаметр частиц грунтов в Голодной степи близок к 0,02 мм, фильтр должен иметь диаметр зерен обсыпки, равный  $0,6 \div 1,0$  мм, чему и соответствует применяемый песок из джуминского карьера.

При строительстве самотечных коллекторов в просадочных грунтах малейшее нарушение уклона вызывает выход из строя значительного количества подвешенных дрен выше места деформации. В то же время перфорация труб коллектора на участке с глубоким залеганием грунтовых вод будет способствовать, как это было с коллектором К-7-6, развитию просадок.

Чтобы избежать указанных дефектов работы коллекторов, необходимо прежде всего отказаться от выполнения коллекторами функции дрен. По принятой Средазгипроводхлопком схеме для юго-западного

и центрального массивов Голодной степи дренарующее значение коллекторов в расчет не принимается (рис. 4), так как дрены расположены здесь вдоль горизонталей, а коллекторы — перпендикулярно к ним. В связи с этим в этих коллекторах можно не устраивать фильтра и не перфорировать труб. В случаях, когда дрены располагаются по продольной схеме (в совхозах № 5 и № 6), коллектору можно не придавать функцию дрены, возлагая ее на параллельно укладываемую дрену (рис. 5).

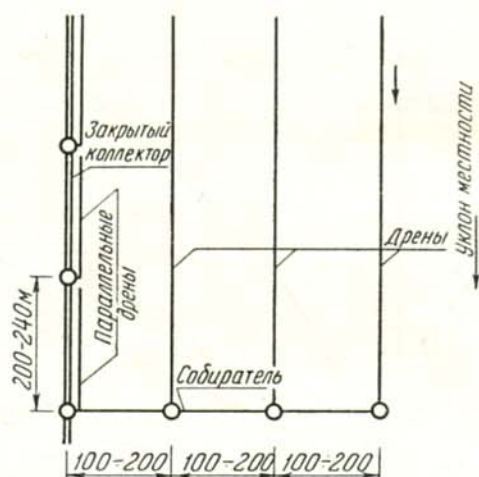
Большое значение, кроме того, имеет устройство герметического стыка с уплотнением на резиновых кольцах. Даже при появлении просадок вследствие общего подъема грунтовых вод или местных инфильтрационных явлений деформации труб не привели бы к выходу из строя коллектора, поскольку он на участке деформации работал бы по принципу напорной трубы.

В связи с этим мы считаем целесообразным для улучшения работы закрытых коллекторов, повышения надежности в эксплуатации и удешевления их стоимости перейти на строительство закрытых самонапорных коллекторов.

Конструкция самонапорных коллекторов такова. Асбоцементные трубы укладывают без перфорации и без фильтра на муфтах «Симплекс». Опыт строительства в Голодной степи закрытых напорных асбоцементных трубопроводов с рабочим давлением до 5 ат (здесь уложено более 350 км труб, большей частью в просадочных грунтах) показывает хорошую работу таких асбоцементных труб, надежность их в эксплуатации. Еще более перспективно применение труб из пластических материалов, которые можно сваривать в длинную плетть на бровке траншеи с последующей укладкой в нее. Пластмассовые трубы нашли уже широкое применение в закрытом дренаже. В местах соединения труб с колодцами должна быть обеспечена водонепроницаемость, что может быть достигнуто применением минизола при стыковании звеньев труб колодца. Минизол — это битумная мастика на основе шлаковаты, содержащая 48% битума, 39% шлаковаты и 13% пластификатора по весу. Температура его плавления 80—90°С. Применяется минизол либо в виде заранее подготовленных лент толщиной 5 см, обжимаемых собственным весом, либо в виде мастики, приготовленной на месте.

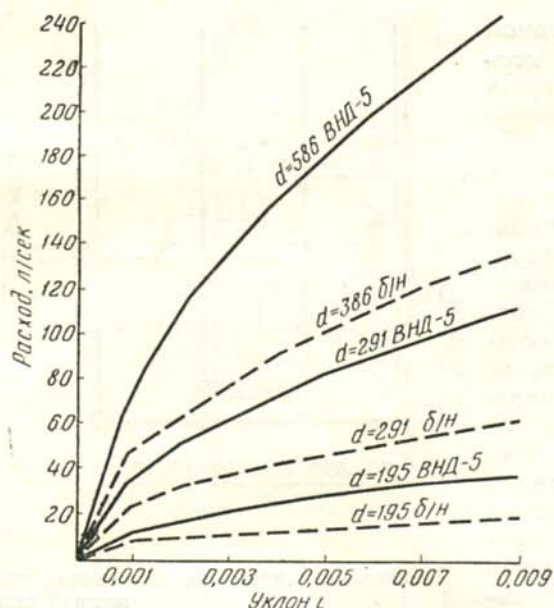
В Голодной степи минизол широко используют с 1962 г. для заделки стыков колодцев на лотковой сети, стыков облицовок, как сборных, так и монолитных. Мастика обеспечивает хорошую водонепроницаемость и адгезию к бетону, но применение его в облицовке сдерживается вследствие низкой сопротивляемости прорастанию шва растениями.

Расчет коллектора ведут следующим образом. Диаметр асбоцементных труб подбирают исходя из уклона местности и расчетных дренаж-



5

Продольная схема расположения дренажной сети

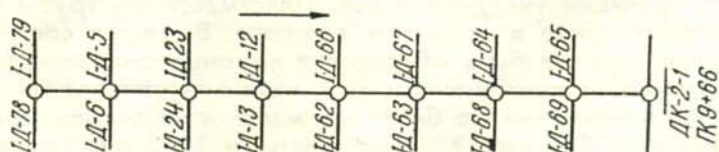


6

График зависимости пропускной способности безнапорных и напорных асбоцементных труб от уклона

ных расходов (по таблицам Шевелева) таким образом, чтобы средний уклон пьезометрической линии был приблизительно равен среднему уклону местности. Затем проектируют отметки укладки труб с таким расчетом, чтобы верх трубы был на 15—20 см ниже отметок пьезометрической линии. Дрены подключают к коллектору в колодцах. Отметка дна дрен в устье должна быть на 20 см выше расчетных отметок воды в колодце.

Сравнение пропускной способности асбоцементных труб на основании расчетных таблиц показывает, что пропускная способность безнапорных труб на 60—70% ниже, чем напорных (рис. 6). Это позволяет применять трубы диаметром на одну градацию меньше стандартного.



| 35+50 | 37+38 | 27+60 | 23+60 | 18+70 | 14+00 | 9+20 | 4+50 | 0 | Пикетаж          |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---|------------------|
| 13    | 25,5  | 40    | 55    | 70    | 85    | 100  | 115  |   | расходы (л/сек)  |
| 150   | 195   | 243   | 291   | 338   | 386   | 386  | 386  |   | напорн. диаметры |
| 195   | 243   | 291   | 338   | 386   | 482   | 482  | 482  |   | безнап. трубы    |
| 3     | 3     | 3     | 2,3   | 1,7   | 1,3   | 1,7  | 2,2  |   | напор. пьезом.   |
| 3,5   | 3,5   | 3,5   | 3,0   | 2,3   | 1,0   | 1,5  | 1,9  |   | безнап. трубы    |
|       |       |       |       |       |       |      |      |   | уклоны           |

7

Схема коллектора с изменением уклонов и расходов при напорном и безнапорном закрытом вариантах

Таблица 2

## Производственно-экономические показатели строительства коллекторов в Голодной степи

| Наименование работ                                                                            | Стоимость единицы работ, руб. | Открытый коллектор |           | Закрытый коллектор |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                                                                                               |                               | объем              | стоимость | объем              | стоимость |
| Выемка скреперами, тыс. м <sup>3</sup> . . . . .                                              | 0,10                          | —                  | —         | 50,9               | 5 020     |
| Выемка одноковшовым экскаватором емкостью 0,95 м <sup>3</sup> , тыс. м <sup>3</sup> . . . . . | 0,14                          | 149                | 21 000    | —                  | —         |
| То же траншейным экскаватором, тыс. м <sup>3</sup> . . . . .                                  | 0,08                          | —                  | —         | 7,1                | 567       |
| Выемка вручную, тыс. м <sup>3</sup> . . . . .                                                 | 0,60                          | —                  | —         | 1,15               | 690       |
| Укладка асбоцементных труб ВНД-5, пог. м:                                                     |                               |                    |           |                    |           |
| d = 150 мм . . . . .                                                                          | 1,29                          | —                  | —         | 412                | 533       |
| d = 200 мм . . . . .                                                                          | 1,84                          | —                  | —         | 478                | 880       |
| d = 250 мм . . . . .                                                                          | 2,74                          | —                  | —         | 400                | 1 090     |
| d = 300 мм . . . . .                                                                          | 3,23                          | —                  | —         | 450                | 1 580     |
| d = 350 мм . . . . .                                                                          | 4,10                          | —                  | —         | 470                | 2 110     |
| d = 400 мм . . . . .                                                                          | 5,76                          | —                  | —         | 1 400              | 8 030     |
| Изоляция труб, тыс. м <sup>2</sup> . . . . .                                                  | 0,44                          | —                  | —         | 3 340              | 1 470     |
| Обратная засыпка бульдозерами, тыс. м <sup>3</sup> . . . . .                                  | 0,08                          | —                  | —         | 68                 | 5 440     |
| Разравнивание коллекторов, тыс. м <sup>3</sup> . . . . .                                      | 0,02                          | 149                | 3 980     | —                  | —         |
| Устройство колодцев, шт. . . . .                                                              | 2,0                           | —                  | —         | 8                  | 2 000     |
| Устройство устьевых сооружений на впадающих дренах, шт. . . . .                               | 460                           | 16                 | 7 360     | 1                  | 460       |
| Итого, руб. . . . .                                                                           |                               |                    | 32 354    |                    | 29 970    |
| Общая стоимость с накладными и плановыми расходами, руб. . . . .                              |                               |                    | 39 000    |                    | 36 300    |
| В расчете на 1 пог. м, руб. . . . .                                                           |                               |                    | 11        |                    | 10,5      |

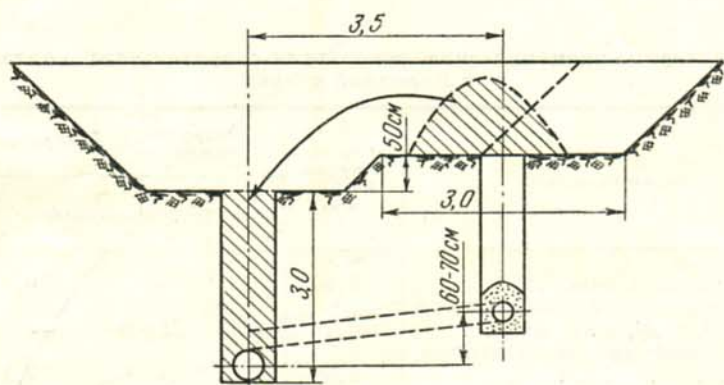
Технология механизированного строительства закрытых коллекторов такая же, как и закрытого дренажа. Сначала скреперами готовят корыто под отметку, затем траншейным экскаватором производят выемку траншеи до проектной глубины. На прицепе у экскаватора ЭТУ-354 в траншею монтируют бункер длиной 6 м, выполняющий роль передвижной опалубки, под прикрытием которой укладывают трубы. Это позволяет резко уменьшить объем земляных работ.

Для определения экономичности закрытых коллекторов нами произведен расчет коллектора 29-К-3, запроектированного институтом в открытом варианте. Длина закрытого коллектора 3550 м. В коллектор впадает 16 дрен, попарно через каждые 400—480 м с обеих сторон. Расходы, изменения диаметров и схема коллектора показаны на рис. 7.

Сравнение производственных и экономических показателей двух вариантов коллектора приводится в таблице 2.

Таким образом, если коллектору не придаются функции дрена, то за счет экономии земляных работ и исключения устьевых сооружений стоимость закрытого коллектора несколько ниже или приблизительно равна стоимости открытого коллектора.

При этом достигается увеличение коэффициента земельного использования (к. з. и.), так как площадь нетто увеличивается на 28,6 га



8 Укладка коллектора и дрены в случае, когда за коллектором сохраняются функции дрены

за счет земель, ранее занятых выемкой и отвалами коллектора. Если учесть, что строительная стоимость 1 га ирригационной подготовки земель составляет 1000—1200 руб. и добавить стоимость включения в севооборот площадей (28—30 тыс. руб.) к сумме экономии по варианту закрытого коллектора, то эффективность закрытых коллекторов становится значительной даже по капиталовложениям.

В случаях, когда закрытому коллектору придают функции дрены, его выполняют, как и ранее, скрепером, уширяя корыто на 2 м. В том же корыте параллельно коллектору устраивают дренаж на отметках выше верха труб коллектора, с включением ее по уклону в каждый колодец (рис. 8).

Стоимость работ при этом увеличивается за счет дополнительного объема выемки корыта скреперами, укладки дрены  $d=100 \div 150$  мм с фильтром и ее засыпки. Расчет, сделанный применительно к коллектору 29-К-3 с дополнительной дренажной, дает удорожание коллектора на 14,6 тыс. руб., или на 4 руб. на 1 пог. м. Это значительно меньше экономии, получаемой в результате повышения к. з. и.

## Выводы

1. Значительные эксплуатационные недостатки открытых коллекторов (необходимость периодической их очистки от заиления и сорной растительности, ремонта устьевых и других сооружений) и потеря полезной площади на полосу отчуждения в большой мере устраняются применением закрытых коллекторов из асбоцементных или полимерных труб.

2. Применение закрытых коллекторов без придания им функций дрены возможно как при продольной, так и при поперечной схемах дренажа. Строительство коллекторов, выполняющих только функции транспортирования дренажной воды, значительно упрощает процесс производства работ и удешевляет стоимость коллекторной сети.

3. При замене открытых коллекторов закрытыми, кроме значительного снижения эксплуатационных расходов, достигается экономия капиталовложений за счет уменьшения объема земляных работ, количества устьевых сооружений и за счет использования земель, которые при открытых коллекторах выпадают из сельскохозяйственного оборота.