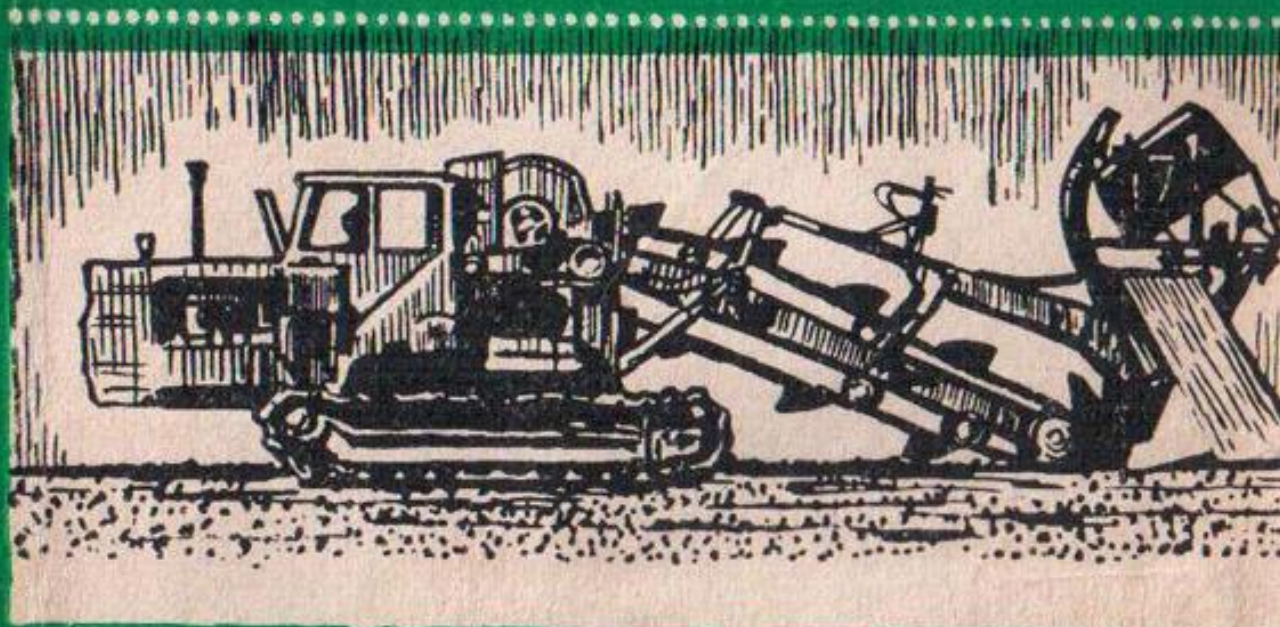


634.6  
Б-44  
46769 Д.Х.БЕЙЛИН



**МЕХАНИЗАЦИЯ  
ДРЕНАЖНЫХ  
РАБОТ**





651.8  
Б-41

Д·Х·БЕЙЛИН

# МЕХАНИЗАЦИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАБОТ

46768



ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»  
Москва — 1968



### От издательства

Настоящая книга познакомит инженерно-технических работников, связанных со строительством и эксплуатацией дренажа, с состоянием и развитием механизации осушительных работ в СССР и за рубежом.

В книге отражены опыт механизированного строительства дренажа в Латвии и других республиках Прибалтики, где дренаж уже много лет является почти единственным способом осушения, а также некоторые результаты работ, проведенных под руководством автора в лаборатории мелиоративных машин ЛатНИИГиМ.

Наибольшее внимание уделяется процессам и механизмам, характерным именно для дренажных работ (поддержание глубины и уклона дренажных траншей и щелей, укладка труб, обратная засыпка, ремонт дрен и др.).

Книга рассчитана на инженеров, техников, мастеров, работающих на строительстве дренажа. Она может служить пособием для студентов гидромелиоративных вузов и техникумов.

Поскольку комплекс дренажных работ весьма обширен и разносторонен, изложение, достаточно исчерпывающее все вопросы механизации, представляет определенные трудности, и автор будет благодарен за все предложения и замечания, касающиеся ее содержания.

Отзывы о книге и пожелания просим направлять по адресу: Москва К-31, ул. Дзержинского, 1/19, издательство «Колос».



Директивами XXIII съезда КПСС и решениями Майского (1966 г.) Пленума ЦК намечены важные мероприятия по подъему социалистического сельского хозяйства путем мелиорации земель Нечерноземной зоны СССР. Среди этих мероприятий большое место отведено дренажу.

Дренаж является эффективным средством повышения плодородия почв. Однако выполнение планов строительства дренажа невозможно без механизации и рациональной технологии работ, без их непрерывного совершенствования с целью снижения стоимости и трудоемкости строительства и повышения его качества.

С ростом площади дренированных земель возрастает значение правильной эксплуатации и ремонта дренажных систем, которые также не могут быть успешно выполнены без механизации.

Расширение дренажных работ требует привлечения большого числа инженеров, техников и рабочих-механизаторов. Для увеличения объемов дренажных работ необходимо также совершенствовать применяемые механизмы и способы их использования, что, очевидно, будет вестись как в промышленно-конструкторских и научно-исследовательских, так и в мелиоративно-строительных организациях, непосредственно на производстве.

Такое совершенствование возможно лишь на основе изучения и использования уже имеющегося опыта механизации дренажных работ.

Дренаж бывает двух основных видов, отличающихся по своему назначению, конструкции, применяемым материалам и механизмам, условиям работ, экономическим и другим показателям. Это осушительный дренаж и дренаж ирригационный. Первый служит для отвода избыточной влаги и улучшения водно-воздушного режи-



ма почв в районах умеренного климата, страдающих от временного или постоянного переувлажнения, а второй — для предотвращения засоления (солонцевания) почв на орошаемых землях путем промывки последних и отвода дренажных (промывочных) вод.

В этой книге будет рассмотрен наиболее распространенный из этих видов — осушительный дренаж.

### Назначение и конструкция закрытого дренажа

Закрытым горизонтальным дренажем<sup>1</sup> называют способ отвода избыточной почвенной влаги с помощью находящихся в грунте и сообщающихся с водоприемником

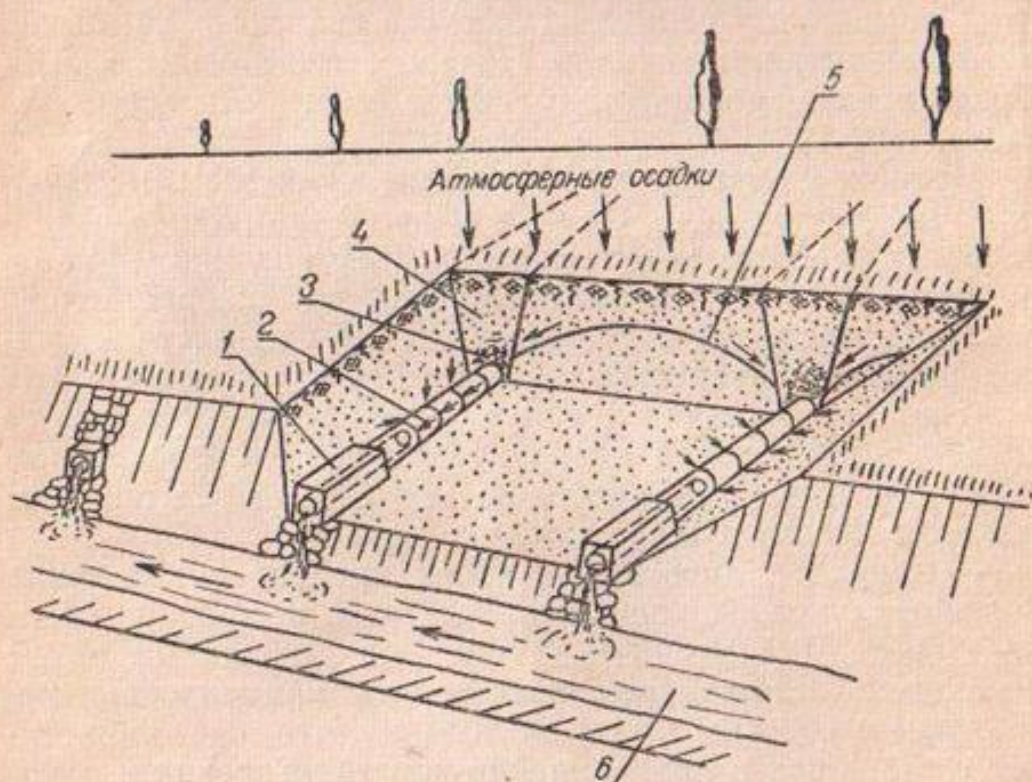


Рис. 1. Схема действия дренажа:

1 — устье; 2 — трубчатая дрена; 3 — фильтрующая засыпка; 4 — дренажная траншея; 5 — грунтовая вода; 6 — канал-водоприемник.

закрытых дрен, выполненных в виде труб (полостей) с водоприемными отверстиями или заполненных материалами с повышенной водопроницаемостью.

Механизм действия дренажа показан на схеме (рис. 1): почвенные воды поступают в дренаж и по ней

<sup>1</sup> От английского «to drain» — отвести, слить.



Таблица 1

## Достоинства и недостатки открытого и закрытого дренажа

| Открытая осушительная сеть                            |                                                                           | Закрытый дренаж                                                                                                            |                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| достоинства                                           | недостатки                                                                | достоинства                                                                                                                | недостатки                                                                                                                                                      |
| Хороший отвод поверхностных вод                       | Затруднение механизации сельскохозяйственных работ из-за малых участков   | Интенсивное и равномерное осушение. Отвод воды в течение всего года                                                        | Сравнительно высокая стоимость строительства и повышенные требования к его качеству                                                                             |
| Большая водопрopusкная способность                    | Сокращение полезно используемой площади (на 10÷15%)                       | Улучшение структуры почв, водно-воздушного и питательного режима                                                           | Необходимость придания дренам большого уклона                                                                                                                   |
| Малые строительные уклоны                             | Необходимость постройки вспомогательных сооружений (мосты, трубы и т. п.) | Полное использование земельной площади. Невозможность распространения сорняков и вредных для сельскохозяйственных растений | Меньшая, чем у открытых каналов, водопрopusкная способность, худший отвод поверхностных вод при отсутствии специальных сооружений (фильтров-поглотителей и др.) |
| Большой диапазон глубины каналов                      | Необходимость частого проведения эксплуатационно-ремонтных работ          | Улучшение условий механизации сельскохозяйственных работ                                                                   | Трудность обнаружения и устранения повреждений                                                                                                                  |
| Легкость обнаружения и устранения местных повреждений | Распространение вредных сорняков сельскохозяйственных растений            | Длительный срок службы (до 50 лет и более), малые затраты на эксплуатацию и ремонт                                         |                                                                                                                                                                 |
| Простота и малая стоимость строительства              | Трудность достижения интенсивного и равномерного осушения                 |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                 |
|                                                       | Частичное или полное прекращение стока зимой и ранней весной              |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                 |



стекают в водоприемник. Закрытый дренаж обладает рядом преимуществ перед открытой осушительной сетью (табл. 1).

По расположению на местности различают систематический дренаж с дренами, равномерно покрывающими осушаемый объект, и выборочный дренаж, при котором дренами отводится вода лишь с отдельных, наиболее увлажненных мест: впадин, выходов грунтовых вод и т. п. (рис. 2).

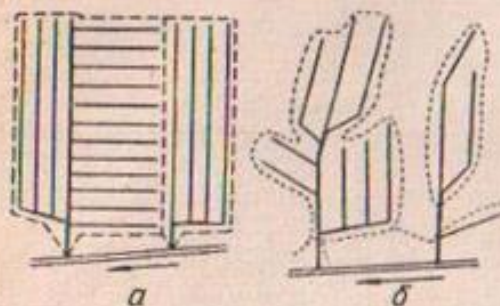


Рис. 2. Систематический (а) и выборочный (б) дренаж.

В последнее время чаще применяют систематический дренаж, который надежнее обеспечивает интенсивное осушение. Расстояние между дренами при систематическом дренаже бывает от 10 до 40 м.

Как систематический, так и выборочный дренаж можно выполнять в виде отдельных дрен-осушителей, вводимых непосредственно в открытый водоприемник, и в виде дренажных систем. Последние состоят из осушителей (дрен низшего порядка) и коллекторов (дрен высшего порядка, проводящей сети).

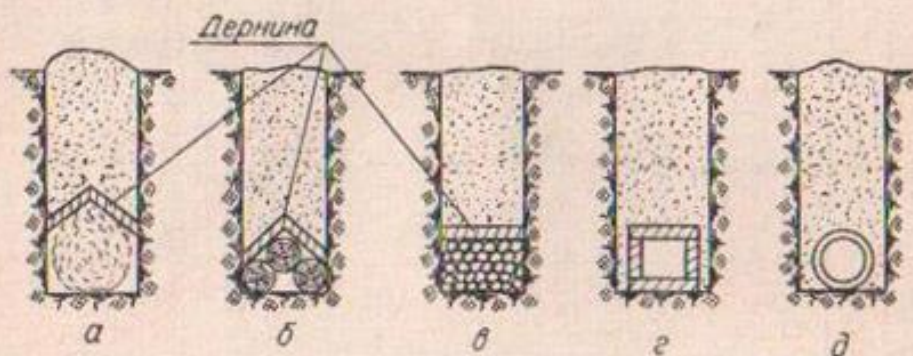


Рис. 3. Материальный дренаж:

а — фашинный; б — жердяной; в — каменный; г — дощатый; д — гончарный.

Различают также материальный (рис. 3) и крото-щелевой, или земляной (рис. 4), дренаж. В последнем водоотводящую полость выполняют в виде кротовины или сводчатой щели без крепления или заполнения их каким-либо материалом. Это сокращает затраты на строи-



тельство, но делает дренаж недолговечным (срок службы 1—3 года) и весьма зависящим от вида грунта, его влажности, условий производства работ и т. д. Поэтому крото-щелевой дренаж как самостоятельный вид гидро-мелиорации применяют лишь в специфических и особо благоприятных условиях (малоразложившийся торф, глина) и используют его обычно как дополнение к материальному дренажу, создавая так называемый комбинированный дренаж (рис. 5).

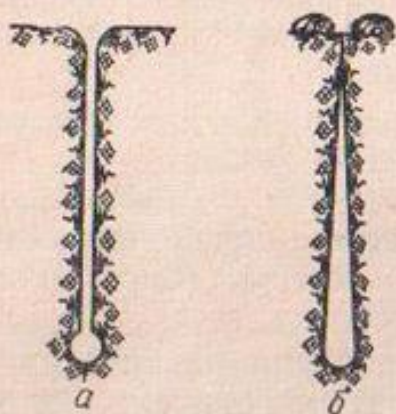


Рис. 4. Земляной дренаж:  
а — кротовый и б — щелевой.

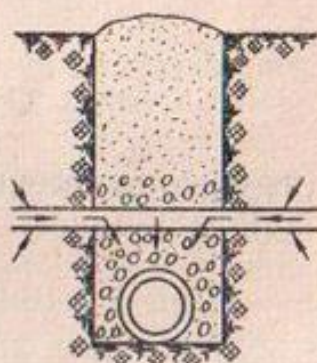


Рис. 5. Комбинированный дренаж.

Материальный дренаж характеризуется использованием различных материалов для заполнения всего сечения водоотводящей полости (каменный, жердевой, fascинный) или для крепления стенок дренажной полости (гончарный, дощатый).

Трубчатый дренаж отличается хорошей водоотводящей способностью. Срок его службы определяется долговечностью материала, из которого сделаны трубы, и возможностью заиливания последних, а также состоянием дренажных сооружений: устьев, колодцев и т. п. (табл. 2).

Дрены могут быть из отдельных коротких ( $l=0,3—0,6$  м) или длинных ( $l\geq 3—6$  м) труб, причем в первом случае вода в них попадает через щели в стыках, а во втором — сквозь специальные водопропускные отверстия (щели, перфорации). Во избежание взаимного смещения коротких труб при укладке в плавунном грунте или в торфе применяют иногда деревянные подкладки — стеллажи.

Одна из основных опасностей для действия дренажных систем — заиливание дрен, т. е. отложение в них



Примерный срок службы дренажа, лет

| Вид дренажа                 | Почвы       |                |
|-----------------------------|-------------|----------------|
|                             | минеральные | торфяные       |
| Гончарный                   | 40—50*      | 40—70*         |
| Деревянный трубчатый        | 15—25       | 25—40          |
| Жердяной                    | 10—20       | 15—25          |
| Фашинный                    | 10—25       | 15—25          |
| Каменный                    | 15—20       | Не применяется |
| Пластмассовый (по прогнозу) | > 25        | > 25           |

\* Срок относится к дренажным системам, а не к гончарным трубам, которые сохраняются 80—100 лет и более.

частиц грунта, занесенных вместе с водой (механическое заиление), или продуктов химических (биохимических) процессов.

Механическое заиление особенно распространено в несвязных песчаных и пылеватых грунтах; оно возникает при зазоре в стыках дрен (водоприемном отверстии), большем 0,5—1 мм, при неточном соблюдении уклона, а также при малых скоростях воды в дренах (малый уклон или расход).

Для борьбы с механическим заилением водоприемные отверстия дрен защищают фильтрующими материалами, которые задерживают частицы грунта.

Химическое заиление наиболее вероятно при повышенном содержании в дренажных водах соединений железа ( $Fe > 3 \text{ мг/л}$ ). Для борьбы с химическим заилением к дренажной засыпке или в материал труб добавляют ингибиторы, препятствующие выделению железистых осадков.

Для обеспечения необходимой водоотводящей способности дренам придают уклон в сторону водоприемника (коллектора), величину которого обычно принимают от 0,002 до 0,03.

Важное значение для работы дренажа и при его строительстве имеют глубина закладки дрен и расстояние между ними. Эти величины связаны с грунтовыми и другими природными условиями, требуемой интенсивностью осушения, а также между собой.

Обычно различают минимальную, максимальную и среднюю глубину дрен. Минимальная глубина  $h_{\text{мин}}$  за-



висит от требований неповреждаемости дрен сельскохозяйственными орудиями (плугами и т. п.), обеспечения осушительного действия дренажа и других факторов.

$h_{\text{мин}} \geq 0,7—0,8$  м (в минеральных грунтах);

$h_{\text{мин}} \geq 0,9—1,0$  м (в торфах).

Максимальная глубина дрен зависит от рельефа участка, возможностей механизмов, глубины водоприемников, технологии работ и т. п. При существующих экскаваторах ЭТН-171, ЭТЦ-202

$$h_{\text{макс}} \leq 1,7—2,0 \text{ м.}$$

Средняя глубина дрен  $h_{\text{ср}}$  является расчетной величиной и колеблется обычно от 0,8 до 1,5 м в зависимости от расстояния между дренами, от грунтовых и других факторов.

По способу устройства различают траншейный и бестраншейный дренаж.

*Траншейный дренаж* устраивают при помощи землеройных машин того или иного типа. В открытую траншею (шириной 0,1—0,5 м и более) вручную или с помощью механизмов укладывают дренажные трубы, после чего траншею засыпают.

*Бестраншейный дренаж* выполняют при помощи так называемых бестраншейных дреноукладчиков — машин пассивного действия, прокладывающих в грунте узкую щель, на дно которой укладывают трубы, чаще пластмассовые. Процесс идет без выемки грунта и без его обратной засыпки.

С технологической точки зрения бестраншейный дренаж близок к узкотраншейному и щелевому, выполняемому при помощи машин активного действия, однако осушающее действие бестраншейного дренажа хуже, так как стенки щели сильно уплотнены и водопроницаемость их мала.

Учитывая достоинства и недостатки (табл. 3) обоих способов строительства дренажа, в СССР и за рубежом, как правило, применяют траншейный дренаж. Бестраншейным способом строят лишь крото-щелевой дренаж с креплением дрены пластмассой или другими материалами, кроме того, его применяют как дополнение к капитальному, траншейному дренажу. Бестраншейным способом прокладывают также некрепленные кротовые и щелевые дрены (земляной дренаж).



Достоинства и недостатки траншейного и бестраншейного дренажа

| Траншейный дренаж                                                                          |                                                                                    | Бестраншейный дренаж                                                        |                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| достоинства                                                                                | недостатки                                                                         | достоинства                                                                 | недостатки                                                                            |
| Хорошие водопримемные свойства дрен                                                        | Выемка больших объемов грунта                                                      | Не нужна обратная засыпка траншей                                           | Пониженные водопримемные свойства дрены                                               |
| Возможность визуального контроля, устранения препятствий и помех в ходе строительства дрен | Необходимость обратной засыпки                                                     | В легких однородных грунтах возможна прокладка дрен с большой скоростью     | Невозможность визуального контроля и устранения повреждений дрен в ходе строительства |
| Возможность разделения технологических операций во времени                                 | Сравнительно невысокая рабочая скорость траншекопателей с активным рабочим органом | Неудобство соединения дрен и устройства устьев                              | Неудобство соединения дрен и устройства устьев                                        |
| Удобство устройства устьев и соединения дрен                                               |                                                                                    | Зависимость от грунтовых и других условий объекта                           | Зависимость от грунтовых и других условий объекта                                     |
| Малая зависимость от грунтовых и других условий объекта                                    |                                                                                    | Невозможность работы в грунтах с включениями камней и погребенной древесины | Невозможность работы в грунтах с включениями камней и погребенной древесины           |
| Возможность использования легких машин различной мощности                                  |                                                                                    | Потребность в машинах со значительным сцепным весом и мощностью             | Потребность в машинах со значительным сцепным весом и мощностью                       |



## Применяемые материалы

Материалы, употребляемые при строительстве дренажа, должны быть достаточно устойчивыми по отношению к меняющимся температурам, воздействию воздуха, микроорганизмов, влаги, слабых кислот и щелочей, должны обладать достаточной механической прочностью. Дренажные материалы и конструкции должны быть также дешевы, недефицитны, транспортабельны и технологичны как в изготовлении, так и в применении.

Применяемые в строительстве дренажа материалы условно делят на две основные группы:

- 1) традиционные материалы — керамика, дерево, камень, бетон, мох, солома и др.;
- 2) новые, синтетические материалы — пластмассы, стекловолокно и др.

Материалы первой группы прошли проверку временем и зарекомендовали себя как достаточно надежные.

Материалы второй группы выгодно отличаются своей транспортабельностью и удобством механизации работ, однако пока нет достаточных данных об их долговечности; кроме того, они дефицитны и довольно дороги. Поэтому применение новых материалов в строительстве дренажа пока ограничено, хотя и непрерывно растет.

Дренажные трубы — основной материал в строительстве дренажа. Трубы изготавливаются из керамики, бетона, пластмассы и других материалов.

Таблица 4

Гончарные дренажные трубы по ГОСТ 8411—62

| Внутренний диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Длина, мм                        | Вес одной трубы, кг | Расход труб, % |
|------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------|
| 40 ±2                  | 10                 | 333 ± <sup>10</sup> <sub>5</sub> | 1,2—1,5             | 80—90          |
| 50 } ±3                | 11 } ±2            |                                  | 1,3—1,7             | 5—12           |
| 75 } ±3                | 13 } ±2            |                                  | 2,5—3,0             | 2—5,2          |
| 100 } ±4               | 15 } ±3            |                                  | 3,5—4,5             | 1—1,8          |
| 125 } ±4               | 18 } ±3            |                                  | 4,5—6,5             | 0,5—1          |
| 150 } ±4               | 20 } ±3            |                                  | 7,0—8,5             | 0,3—0,5        |
| 175 } ±5               | 22 } ±5            |                                  | 8,5—11,5            | 0,2—0,5        |
| 200 } ±5               | 23 } ±5            |                                  | 10,0—12,0           | —              |
| 250 } ±5               | 24 } ±5            |                                  | —                   | —              |

Примечание. Трубы диаметром больше 100 мм выпускаются также длиной 500 мм.



Гончарные (керамические) цилиндрические дренажные трубы, производимые по ГОСТ 8411—62, наиболее распространены в практике осушения (табл. 4).

Трубы диаметром 40; 50; 75 мм применяют для дренаж-осушителей, а диаметром 75 мм и более — для дренажных коллекторов<sup>1</sup>.

Гончарные дренажные трубы имеют различную форму, зависящую от их назначения и технологии изготов-

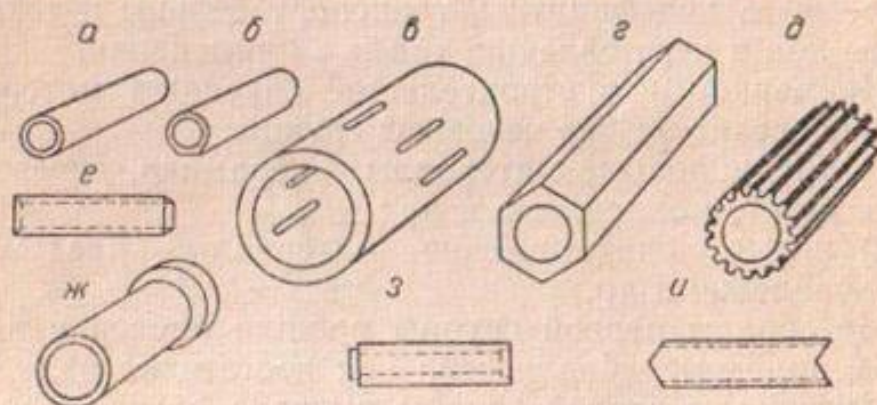


Рис. 6. Дренажные трубы:

а — по ГОСТ 8411-62; б — с опорной плоскостью; в — перфорированные; г — граненные; д — рифленые; е — фасками; ж — рас-  
трубные; з — с буртом; и — с фигурным торцом.

ления (рис. 6). Для предотвращения взаимного сдвига труб в дренажных линиях употребляют трубы с фигурным торцом, с фасками, с раструбами<sup>2</sup>.

Для укладки в прямоугольные штабеля и для транспорта удобны граненные трубы, выпускаемые в Швейцарии, ГДР и ФРГ, а в 1967 г. и в СССР<sup>3</sup>.

Для улучшения водоприемной способности гончарных дрен, защищаемых фильтрующим материалом, в последнее время в СССР (В. Г. Соколовский) и за рубежом — Англия, ФРГ — предложены гончарные трубы с наружными канавками.

<sup>1</sup> В США и некоторых других странах для дрен-осушителей применяются трубы диаметром 100—150 мм и более.

<sup>2</sup> Опытные партии труб с фасками для осушительного дренажа были изготовлены и испытаны Рябовским заводом Ленинградской области вместе с СевНИИГиМ, а также ЛатНИИГиМ вместе с кирпичным заводом «Спартак» (Латвийская ССР). ЛатНИИГиМом, кроме того, были предложены приспособления для изготовления труб с фасками.

<sup>3</sup> Граненные дренажные трубы с 1967 г. выпускает завод «Лоде» (Латвийская ССР).



Гончарные дренажные трубы очень долговечны. Их основные недостатки: плохая транспортабельность и трудности механизации укладки.

Бетонные дренажные трубы, как показал опыт, можно применять лишь при определенном составе дренажных вод и при строгом соблюдении требований к составу бетона и технологии изготовления труб. В противном случае бетонные трубы быстро разрушаются. Бетонные трубы большого диаметра ( $d_{\text{вн}} > 250 \text{ мм}$ ) используют при

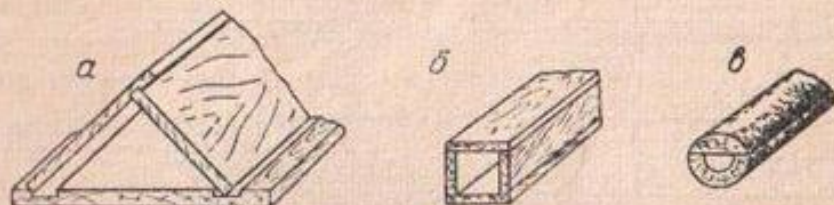


Рис. 7. Дренажные трубы дощатые:

а — трехугольные; б — прямоугольные; в — желобковые.

сооружении крупных осушительных систем. Такие трубы изготавливают на заводах или полигонах стройдеталей. Там же изготавливают и трубы (кольца), используемые при сооружении колодцев.

Деревянные дренажные трубы (дощатые и желобковые) применяют обычно для дренирования торфяников. Дощатые трубы бывают прямоугольного или треугольного сечения (рис. 7). Их делают непосредственно на объектах из сырых досок толщиной 15—20 мм, длиной 4—6 м. Лучше использовать древесину хвойных деревьев, менее подверженную гниению. Дощатые трубы (плети) сколачивают на специальном верстаке, оставляя между досками водоприемную щель 2—4 мм.

Желобковые трубы (рис. 7, в) с фрезерованным пазом и крышкой изготавливают из подтоварника диаметром 10—12 см. Для поступления воды в трубу между телом и крышкой оставляют водоприемные щели, устанавливая деревянные прокладки толщиной 2—4 мм.

Пластмассовые дренажные трубы в нашей стране и за рубежом производятся из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ).

Эти трубы формируются дренажным трубоукладчиком на месте или поставляются в готовом виде. Трубы, формируемые из ленты, имеют диаметр 35—60 мм. По способу соединения кромок ленты различают упруго-



поджатые трубы, со швом-перфорацией, с застежкой «молния» и др. (рис. 8). Вода в такие трубы поступает через щель между краями ленты и соединительную перфорацию. Для увеличения водоприемной способности труб иногда в ленте делают дополнительную перфорацию.

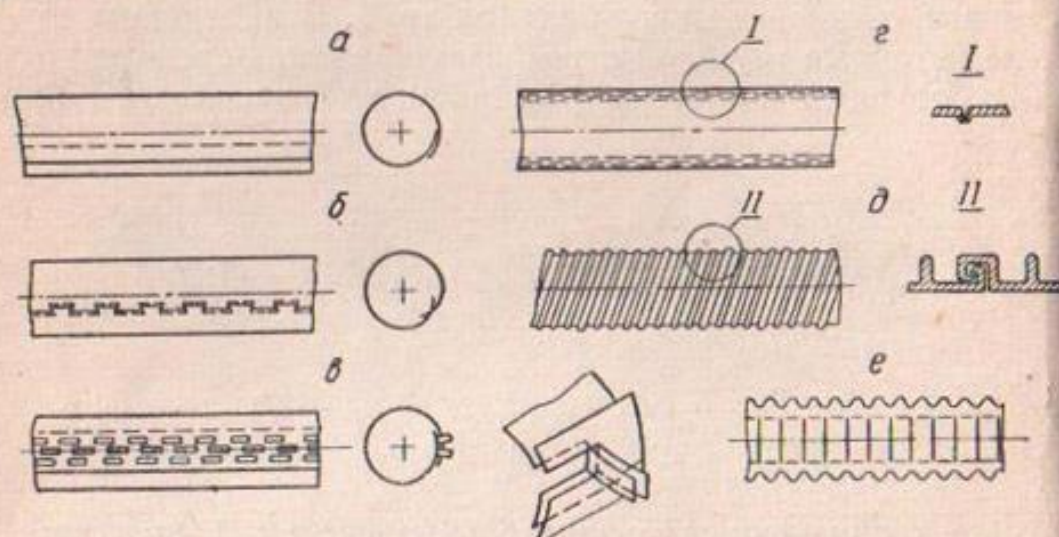


Рис. 8. Дренажные трубы пластмассовые:

а — пленочные с упруго-поджатым швом; б — пленочные со швом «молния»; в — пленочные со швом-перфорацией; г — гладкостенные; д — из перфорированной ленты с наружными ребрами; е — готовые гофрированные.

К достоинствам труб, формируемых из ленты, относятся: малый расход материала и его транспортабельность (в рулонах), возможность использования бестраншейных трубоукладчиков с тонким ножом и с малым тяговым сопротивлением. Однако по жесткости, прочности и надежности трубы, сформированные из ленты, как показал опыт, уступают готовым.

Готовые дренажные трубы бывают гладкостенные, гофрированные и с наружными ребрами (рис. 8). Вода в трубу поступает через водоприемные отверстия (перфорацию) различной формы. Общая площадь водоприемных отверстий дренажной трубы колеблется от 5 до 32 см<sup>2</sup>/п. м. Трубы диаметром свыше 75 мм, используемые для коллекторов, обычно не перфорируются. Для предотвращения попадания частиц грунта в трубы их защищают фильтрующим материалом (стеклоткань, стеклохолст, минеральная вата и пр.).

Дренажные пластмассовые трубы поставляются в хлыстах (плетях) длиной 3—6 м или в бухтах (катушках) диаметром до 2,5 м общей длиной до 200—400 м.



Трубы в бухтах удобнее укладывать, чем трубы в хлыстах, но труднее перевозить, так как для них нужна в 1,5—2 раза большая емкость.

К достоинствам пластмассовых дренажных труб, помимо их легкости и транспортабельности, относятся облегчение механизации строительства дренажа и снижение его трудоемкости, технологичность применения, а к недостаткам — высокая стоимость, дефицитность, хрупкость при низких температурах (особенно ПВХ), а также опасность химического заиления.

Среди дренажных труб из прочих материалов (металлические, стеклянные, резиновые, полимероволокнистые, асфальтобетонные — битумопесчаные и битумогравийные, керамзитобетонные, арболитовые) наибольший интерес представляют пористые трубы, например из асфальтобетонной массы, способные пропускать воду через свои стенки. Опытные дрены из таких трубок действуют с 1956 г. в хозяйстве ЛатНИИГиМ «Петерлауки».

Для индустриального строительства дренажа из описанных материалов наибольшее значение имеют гончарные трубы и трубы из пластмасс. Однако, учитывая дефицитность и дороговизну пластмасс, а также большое развитие промышленности по выпуску гончарных дренажных труб, можно считать, что последние останутся в ближайшие годы основным материалом для строительства дренажа в нашей стране.

Материалы для защиты дренажа от заиления. Для защиты дрен от заиления водоприемные отверстия (стыки труб, перфорации и т. п.) обкладывают фильтрующим материалом, который пропускает воду, но задерживает частицы грунта (рис. 9). В зависимости от поставленных требований и возможностей фильтрующим материалом защищают всю дрену или только часть ее (водоприемные отверстия, стыки труб). Фильтрующий материал может быть естественным и синтетическим, а также комбинированным, и должен в течение достаточно долгого срока сохранять свои водопропускные и защитные свойства. В качестве фильтра применяют мох, торфяную крошку, резаную солому, гравий, шлак, минеральную вату, стеклоткань, стеклохолст или комбинируют эти материалы. В комбинации с фильтрующим материалом используют водонепроницаемую ленту из пленки, пропитанной бумагой и т. п.,





которая служит иногда также для предохранения укладываемых в неустойчивых грунтах трубок от сдвига (взамен деревянных стеллажей). Применение естественных фильтрующих материалов (мох, торфокрошка, гравий, шлак и т. п.) затруднено плохой транспортабельностью, трудностями механизации укладки в траншею и, частично, трудностями заготовки. Для механизированного строительства дренажа особый интерес пред-

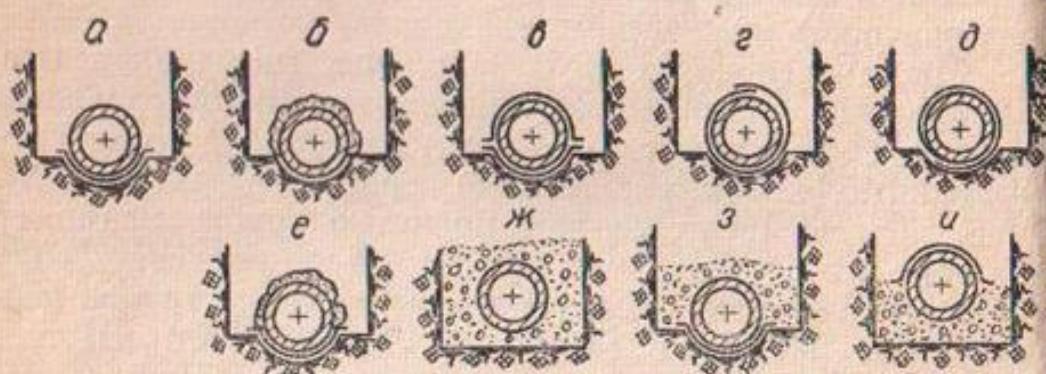


Рис. 9. Способы защиты дрен от заиления и деформации:

а — укладка на подстилочную ленту; б — защита стыка труб мхом или другим материалом; в — обертка чулком из двух лент; г, д — то же из одной ленты; е — подстилка ленты снизу и защита стыков сверху; ж — круговая фильтрующая обсыпка; з, и — комбинация фильтрующей обсыпки с рулонным материалом.

ставляют рулонные фильтрующие материалы, в первую очередь нетканые (табл. 5).

Соединительные детали и конструкции. Соединительные детали дренажных трубопроводов делают из обычных дренажных труб непосредственно на месте либо привозят на строительный объект готовыми. Производство деталей на месте связано с большими непроизводительными потерями времени, невысоким качеством работ, боем трубок и т. п. Готовые соединительные детали (фитинги) обычно бывают из керамики или пластмасс (рис. 10).

Обычно пластмассовые соединительные части представляют собой тройник, крест или переход, к концам которого присоединяются дренажные трубы. Фитинг либо входит своим концом в трубу, либо охватывает ее снаружи, что предпочтительней с точки зрения гидравлики. Для соединения пластмассовых труб часто пользуются гончарными трубками. Для заделки верхних концов дрен применяют пробки либо концевые глухие трубки. Пробки могут быть гончарными, бетонными,



Таблица 5

## Различные виды защиты дрен от заиления

| Материал и вид обкладки                                    | Един.<br>измере-<br>ния | Цена,<br>руб.   | Расход<br>на 1 п. м. | Стои-<br>мость,<br>руб./км | Вес ма-<br>териала,<br>г/п. м. |
|------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <i>Стеклохолст</i>                                         |                         |                 |                      |                            |                                |
| защита стыков труб<br>отрезками шириной<br>8—10 см         | м <sup>2</sup>          | 0,26            | 0,09                 | 23,4                       | 6,3                            |
| защита дрен «чулком»<br>из одной ленты                     | м <sup>2</sup>          | 0,26            | 0,30                 | 78,0                       | 21,0                           |
| то же, из двух лент                                        | м <sup>2</sup>          | 0,26            | 0,35                 | 91,0                       | 24,5                           |
| <i>Стеклоткань</i>                                         |                         |                 |                      |                            |                                |
| защита стыков труб<br>отрезками шириной<br>8—10 см         | м <sup>2</sup>          | 0,40            | 0,09                 | 36,0                       | 9,5                            |
| защита дрен «чулком»<br>из одной ленты                     | м <sup>2</sup>          | 0,40            | 0,30                 | 120,0                      | 31,6                           |
| то же, из двух лент                                        | м <sup>2</sup>          | 0,40            | 0,35                 | 140,0                      | 35,2                           |
| <i>Минеральная вата</i>                                    |                         |                 |                      |                            |                                |
| защита стыков по пе-<br>риметру                            | м <sup>3</sup>          | 7,40            | 0,004                | 29,6                       | 520,0                          |
| <i>Размельченный торф</i>                                  |                         |                 |                      |                            |                                |
| круговая защита дрен                                       | м <sup>3</sup>          | 1,01            | 0,08                 | 81,0                       | 16 000                         |
| укрытие дрен сверху                                        | м <sup>3</sup>          | 1,01            | 0,05                 | 50,5                       | 10 000                         |
| <i>Комбинированный</i>                                     |                         |                 |                      |                            |                                |
| укладка труб на под-<br>стилочную ленту из<br>стеклоткани  | м <sup>2</sup>          | 0,40            | 0,14                 | 56,0                       | 14,7                           |
| и укрытие их торфом                                        | м <sup>3</sup>          | 1,01            | 0,05                 | $\frac{50,5}{106,5}$       | 80,0                           |
| укладка труб на под-<br>стилочную ленту из<br>стеклохолста | м <sup>2</sup>          | 0,26            | 0,14                 | 36,4                       | 9,1                            |
| и прикрытие стыков<br>отрезками                            | м <sup>2</sup>          | 0,26            | 0,04                 | $\frac{10,4}{46,8}$        | 2,8                            |
| <i>Минеральный войлок<br/>(проект)</i>                     |                         |                 |                      |                            |                                |
| защита дрен «чулком»<br>из одной ленты                     | м <sup>2</sup>          | 0,1 ÷<br>÷ 0,15 | 0,30                 | 26,6                       | 30,0—<br>40,0                  |
| <i>Мох сфагновый (60%<br/>влажности)</i>                   |                         |                 |                      |                            |                                |
| защита стыков по пе-<br>риметру                            | м <sup>3</sup>          | 5,7             | 0,005                | 28,5                       | 200                            |

Примечания. 1. Расчет сделан применительно к гончарным трубам  $d=5$  см.

2. Транспортные расходы не учтены.



асфальтобетонными и пластмассовыми. Для соединения дренажных труб используют иногда *муфты*. Издавна известные керамические муфты сейчас применяют лишь в специальных видах дренажа. Хорошо предохраняя трубы от поперечного сдвига, муфты не всегда предотвращают заиливание дрен, несколько затрудняют механизацию укладки труб и удорожают строительство. По-

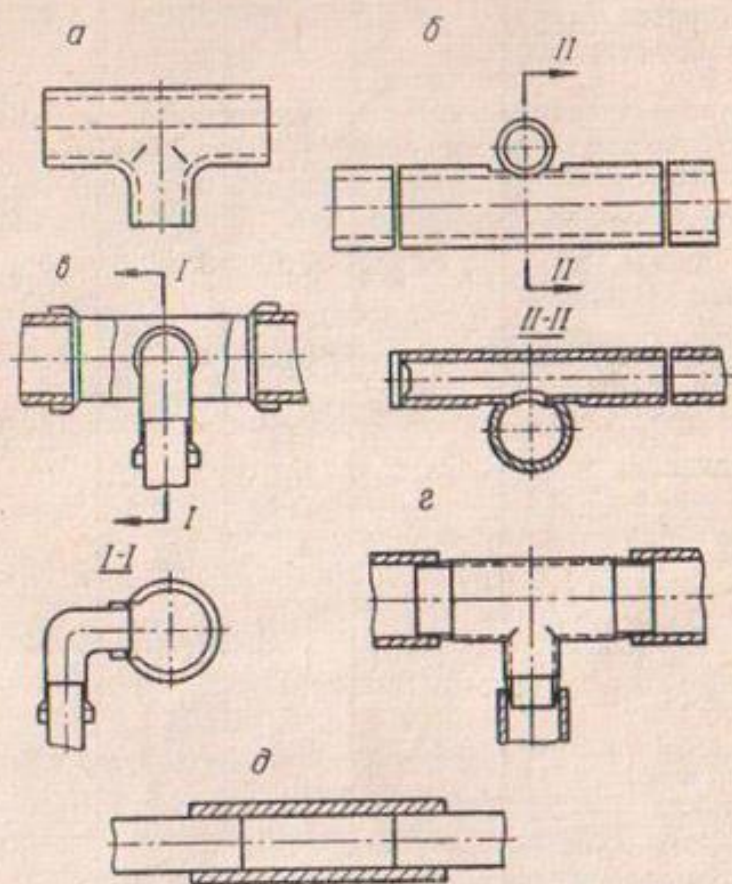


Рис. 10. Детали для соединения дрен

керамические: а — тройник; б — соединение из двух частей (СевНИИГиМ);  
пластмассовые: в — соединение, охватывающее трубу снаружи (ЛатНИИГиМ);  
г — тройник, вставляемый в трубы; д — соединение пластмассовых труб гофрированной.

этому вместо них лучше использовать подстилочную ленту либо трубы с фасками.

Устья служат для ввода дрена в открытый водоприемник. Они состоят из устьевой трубы, оголовка (лотка) и креплений против размыва (рис. 11). Чтобы мелкие животные (лягушки, кроты и др.) не забирались в дрена и не закупоривали их, в устьевой трубе иногда устанавливают клапан или решетку.



Устья строят из различных материалов: дерево, камень, бетон и др.

В индустриальном строительстве дренажа наибольшее применение нашли устья из сборного железобетона с асбоцементной устьевой трубой. Иногда (особенно на торфяниках) устья делают деревянными из досок толщиной 50–60 мм.

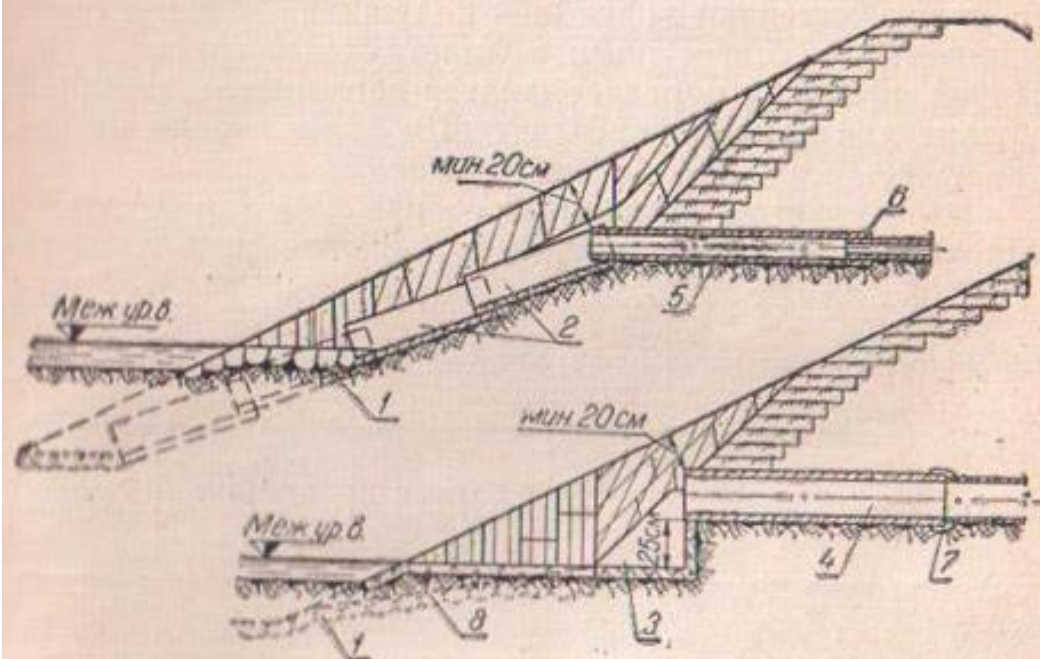


Рис. 11. Устья дрен:

1 — одиночное мощение на гравийной подготовке; 2 — блоки; 3 — блок О; 4 — блок Т; 5 — асбоцементная труба; 6 — цементный раствор; 7 — мешковина, пропитанная битумом; 8 — галечниково-гравийный слой 5 см.

За рубежом, а в порядке опыта и в СССР, в последнее время детали устьев делают из пластмассы (полиэтиленовые устьевые трубы и т. п.).

Обычно детали устьев изготавливаются централизованно в СМУ (ММС) и комплектно поставляются на объекты.

**Тройники**, состоящие из корпуса и крышки, служат для соединения дренажных трубопроводов большого диаметра ( $d \geq 12,5$  см).

Так же как и устья, колодцы и фильтры, применяемые при строительстве особенно крупных дренажных систем, тройники строят из различных материалов, но



в индустриальном строительстве их почти всегда делают из сборного железобетона (бетона).

*Колодцы* служат для соединения дренажных трубопроводов, контроля за их работой, отстоя взвешенных частиц, приема поверхностных вод (через фильтр), регулирования стока (при наличии подпорных устройств) и т. д. Колодцы, открытые и потайные (рис. 12), сооружают из бетонных колец с крышками и днищами. Иногда днища заменяют гравийной подушкой. Колодец с водоприемными отверстиями и фильтрующей гравийно-галечной обсыпкой образует фильтр-поглотитель, который служит для приема поверхностных вод и отвода их через дренаж.

Строительство дренажных сооружений (кроме тройников) связано с перемещением тяжеловесных деталей

Таблица 6

Примерные объемы работ при строительстве дренажных сооружений (колодцев)

| Наименование работ                        | Един. измерения | Колодцы открытые | Колодцы открытые с фильтром-поглотителем | Колодцы потайные |
|-------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------------------------------|------------------|
| Разработка грунта экскаватором            | м <sup>3</sup>  | 7—27             | 7—27                                     | 6—10             |
| Разработка грунта вручную                 | м <sup>3</sup>  | 8—27             | 8—27                                     | 6—10             |
| Устройство гравийной подготовки           | м <sup>3</sup>  | 0,1—0,3          | 1,4—1,6                                  | 0,1—0,3          |
| Установка железобетонного колодца         | м <sup>3</sup>  | 0,4—1,9          | 0,4—1,9                                  | 0,2—0,9          |
| Прокладка мешковины, пропитанной битумом  | м <sup>2</sup>  | 0,4              | 0,28                                     | 0,3              |
| Обратная засыпка грунта бульдозером       | м <sup>3</sup>  | 12—43            | 10—41                                    | 9—13             |
| Обратная засыпка вручную с трамбовкой     | м <sup>3</sup>  | 2—5              | 1—5                                      | 2—4              |
| Изоляция битумом                          | м <sup>2</sup>  | 4,8—14,4         | 4,8—14,4                                 | 3,2—8,2          |
| Разравнивание вырытого грунта бульдозером | м <sup>3</sup>  | 1—6              | 4—8                                      | 1—3              |
| Устройство отверстий в колодце            | шт.             | 3                | 12—16                                    | 3                |
| Устройство галечно-каменной засыпки       | м <sup>3</sup>  | —                | 1,6                                      | —                |

Примечание. Объем работ зависит от диаметра и глубины колодца.



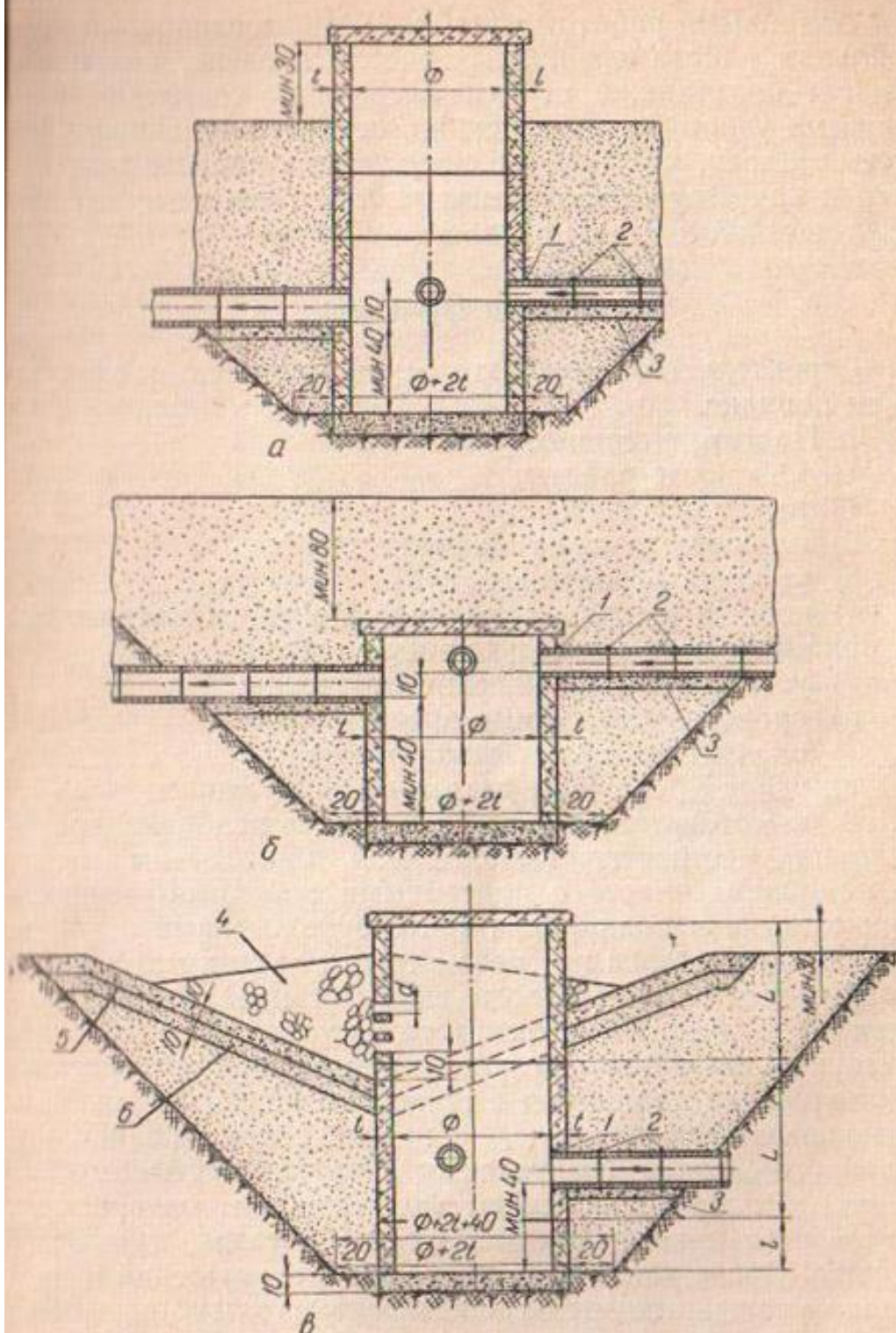


Рис. 12. Колодцы:

а — открытый; б — потайной; в — с фильтром-поглотителем; 1 — заделка бетоном; 2 — мешковина, пропитанная битумом; 3 — гравийная подготовка; 4 — засыпка камнем  $d=10-30$  см и галькой  $d=2-10$  см; 5 — гравий; 6 — песок (размеры, см).



и с земляными работами (табл. 6). Долговечность и нормальная работа дренажных систем зависит, как показывает практика, в первую очередь от состояния дренажных узлов и сооружений, особенно соединений и устьев дрен, что требует очень внимательного отношения к качеству выполняемых работ, а также применяемых деталей и материалов.

### Технология строительства

Строительство дренажа осуществляется в следующем порядке.

I. Подготовительные работы;

II. Основные работы:

- 1) рытье траншей;
- 2) планировка дна траншей;
- 3) укладка дренажных труб;
- 4) защита стыков труб фильтрующим материалом и присыпка дрен размельченным грунтом;
- 5) устройство дренажных сооружений;
- 6) проверка уложенных дрен;
- 7) окончательная засыпка траншей;
- 8) сдача дренажных систем в эксплуатацию.

В подготовительные работы входят разбивка дренажа на местности, выполняемая бригадиром и его помощником вместе с подсобными рабочими-реечниками; очистка и планировка трасс бульдозерами и корчевателями; доставка на трассы труб и других материалов тракторными прицепами и конными повозками. Траншеи роют обычно многоковшовыми траншейными экскаваторами, регулируя глубину по копирному тросику. Дно траншей планируют с точностью до  $\pm 1-2$  см. Трубы укладывают вручную, а иногда с применением наклонного желоба (допускаемый зазор в стыках дрен 2 мм). Стыки обкладывают фильтрующим материалом, после чего присыпают дрены слоем рыхлого гумусного грунта. После устройства дренажных сооружений и проверки уложенных дрен траншеи окончательно засыпают универсальным бульдозером и систему сдают в эксплуатацию.

Некоторые отклонения от такой типичной технологии бывают при использовании бестраншейных машин, плужных канавокопателей или одноковшовых экскаваторов, дощатых или пластмассовых труб, а кроме то-



го, при устройстве дренажа в пловунах, при устройстве комбинированного дренажа и т. д. (см раздел II. Механизация процессов строительства дренажа).

Во время работы составляют необходимую документацию: таблицы и эскизы разбивки, рабочий журнал-акт приемки работ и т. д.

При строительстве дренажа, кроме упомянутых, выполняют и некоторые вспомогательные работы: перевозка машин, ремонт, техническое обслуживание и др.

Работы ведутся бригадой, руководимой бригадиром-мелиоратором, который дает рабочие задания, обеспечивает снабжение материалами, контролирует качество работ, производит сдачу объекта в эксплуатацию, а также заботится о быте рабочих (питание, жилье и т. п.). Бригада обычно состоит из:

- помощника бригадира, который осуществляет перенос проекта в натуру и готовит документацию для его сдачи в эксплуатацию, а также следит за качеством работ, заполняет журнал-акт скрытых работ и делает привязку дрен к опорным пунктам на местности;

- машинистов многоковшовых экскаваторов, которые по заданным отметкам роют траншеи, выполняют технический уход и необходимый ремонт экскаватора;

- помощников машинистов, которые подготавливают экскаватор к работе, устанавливают копирный тросик, наблюдают за работой машины, участвуют в техходах и ремонтах;

- дренажных мастеров (3 человека на экскаватор), которые планируют дно траншеи по проектному уклону, укладывают трубы, защищают их от заиливания фильтрующим материалом, присыпают защитным слоем грунта, а также устраивают дренажные сооружения;

- подсобных рабочих (1 человек на экскаватор), которые подают материалы и выполняют другие работы.

Бригада включает 2—3 дренажных экскаватора с обслуживающим персоналом. Бригады обеспечиваются необходимым инструментом: обычными и дренажными лопатами, ведрами, топорами, напильниками, дренажными молотками, уровнями, визирками, нивелиром и т. п.

До начала работ составляют подробный план-график, определяющий последовательность и сроки выполнения работ, а также схему перемещения механизмов на объекте.



Основными машинами для строительства дренажа являются многоковшовые траншейные экскаваторы ЭТН-142, ЭТН-171, ЭТЦ-202. Работы ведутся в течение периода май — октябрь (150—180 дней). Сезонная выработка траншейных экскаваторов зависит от природных условий и уровня организации работ. Например, в Латвийской ССР выработка составляет в среднем около 43—45 км за сезон, а по отдельным СМУ — от 26 до 73 км/год. Выработка отдельных экскаваторов колеблется от 10—15 до 130—150 км/год и от 50—100 до 1500 м/день. Стоимость и трудоемкость работ при современной технологии сильно зависят от большого объема ручного труда.

Баланс времени многоковшового экскаватора, по данным хронометражей института Латгипроводхоз, таков:

- рытье траншей — 40—64%;
- простой по техническим причинам — 5—15%;
- простой по вине дренажных мастеров — 16—31%;
- простой по организационным причинам — 1,6—5,4%;
- переезды — 5,5—8,5%;
- прочие потери времени — 3,7—6,9%<sup>1</sup>.

Потери времени дренажных мастеров в среднем составляют 20%, а остальное время используется так:

- планировка дна траншей — 17,5—23,4%;
- укладка трубок — 17,6—24,2%;
- подноска материалов, укладка мха, присыпка, проверка — 15,7—20,8%;
- прочие работы — 9%.

В Латвийской ССР гончарный дренаж стоит в среднем около 50 коп/п. м, а издержки строительства, по данным Елгавского СМУ, имеют такую структуру:

- зарплата — 31,7%;
- дренажные материалы — 36,0%;
- транспорт — 6,1%;
- текущий ремонт — 7,3%;
- амортизация — 4,9%;
- горюче-смазочные материалы — 1,2%;
- общехозяйственные расходы — 3,4%;
- общепроизводственные расходы — 9,4%.

---

<sup>1</sup> Неполное использование машинного времени характерно и для зарубежной практики.



Приведенные данные относятся к Латвийской ССР, но способы строительства дренажа в других районах СССР мало отличаются от рассмотренных. Основным материалом повсюду являются гончарные трубы. Пластмассовый дренаж закладывается пока на небольших площадях, чаще в порядке опытов. В Литовской ССР на устройстве дренажа часто применяют плужные канавокопатели, в Эстонской ССР — одноковшовые экскаваторы.

Хотя в дренажном строительстве сейчас много современной техники (тракторы, экскаваторы, бульдозеры, автомашины и т. п.), значительная часть работ все еще выполняется вручную (часть транспортных работ, доделка траншей и укладка трубок, устройство соединений и дренажных сооружений и др.), что снижает темп работ, повышает их трудоемкость и стоимость.

За рубежом способы строительства дренажа в основном аналогичны рассмотренным и отличаются лишь меньшими объемами работ и несколько большим разнообразием дренажных механизмов и материалов. Однако зарубежная практика не имеет пока существенных преимуществ перед отечественной (кроме применения пластмассовых и новых защитных материалов). Советские дренажные машины, как показывает опыт, по надежности и другим эксплуатационным показателям обычно превосходят заграничные.

Таковы общие сведения о закрытом дренаже и его строительстве, позволяющие рассмотреть далее механизацию процессов строительства и ремонта дренажных систем.



## II. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА

---

### Трассоподготовительные работы

При строительстве дренажа вначале выполняют трассоподготовительные работы, которые должны обеспечить возможность перенесения проекта в натуру (на местность). Кроме того, трасса должна быть пригодна для применяемых машин, в первую очередь траншеекопателей, для их нормальной работы, а также для выполнения других операций технологического процесса строительства дренажа. В состав этих работ входят:

- подготовка путей для доставки материалов к месту укладки и для движения дренажных машин по объекту;

- очистка трасс от деревьев, кустарника, пней и крупных камней;

- планировка ям, старых канав, бугров и других неровностей;

- прокладка проходов для траншейного экскаватора в неразравненных кавальерах у открытых водоприемников;

- устройство «корыта» в местах, где траншеекопатель не может обеспечить требуемую глубину дрены;

- прокладка пионерных щелей (траншей, борозд) для сброса грунтовых и поверхностных вод, удаления камней и других препятствий.

Необходимость выполнения названных работ в конкретных случаях зависит от местных условий, используемых машин и механизмов и накопленного опыта. Ширина трассы, величина допускаемых на ней неровностей, размеры «корыта» зависят от конструкции применяемого траншеекопателя (рис. 13, табл. 7). Глубина «корыта» должна быть на 5—10 см больше разницы между требуемой глубиной траншей и максимальной



возможной глубиной копания машины, а его ширина — больше колеи траншеекопателя на 10—20 см.

При определении ширины трассы следует принимать во внимание не только габариты траншеекопателя, но и ширину полос для укладки вынутого грунта, установки копира (визиров), раскладки трубок и других материалов, прохода бульдозера или другого орудия для насыпки дрен и т. д.;

$$B_{\text{тр}} \geq b + \Delta b_1 + \Delta b_2 + \Delta b_3 + \Delta b_4,$$

где  $B_{\text{тр}}$  — ширина трассы, м;

$b$  — ширина полосы для прохода траншеекопателя, м;

$\Delta b_1$  — ширина дополнительной полосы для установки копира или визирных вех, м;

$\Delta b_2$  — то же, для раскладки трубок и других материалов, м;

$\Delta b_3$  — то же, для укладки в кавальер вынутого из траншеи грунта, м;

$\Delta b_4$  — то же, для прохода бульдозера или другого засыпающего траншею орудия, м.

Таблица 7

Размеры трасс в зависимости от применяемых машин

| Машины                               | Наименьшая ширина, м |        |        |
|--------------------------------------|----------------------|--------|--------|
|                                      | колеи                | корыта | трассы |
| ЭТН-142                              | 2,11                 | 2,40   | 5,00   |
| ЭТН-171                              |                      |        |        |
| ЭТЦ-202                              | 2,59                 | 2,80   | 5,50   |
| ЭТЦ-163                              | 2,59                 | 2,80   | 3,50   |
| Э-352                                | 3,36                 | —      | 5,00   |
| Плужный канавокопатель на тяге Т-100 | 3,25                 | 3,50   | 6,50   |
| ДМТ-1400                             | 1,90                 | 2,10   | 2,50   |
| ДПБН-1,8                             |                      |        |        |
| ДМТ-1800                             | 3,25                 | 3,50   | 4,00   |

Примечание. При проходе бульдозера для присыпки дрены гумусным грунтом ширина трассы соответственно увеличивается.

На трассоподготовительных работах используются бульдозеры, корчеватели и кусторезы. Старые каналы можно также запахивать плугом. Иногда из-за отсутствия необходимых машин, малого объема работ, опас-



ности потери проходимости машин на расчищенной трассе подготовка трасс сводится к минимуму. В этом слу-

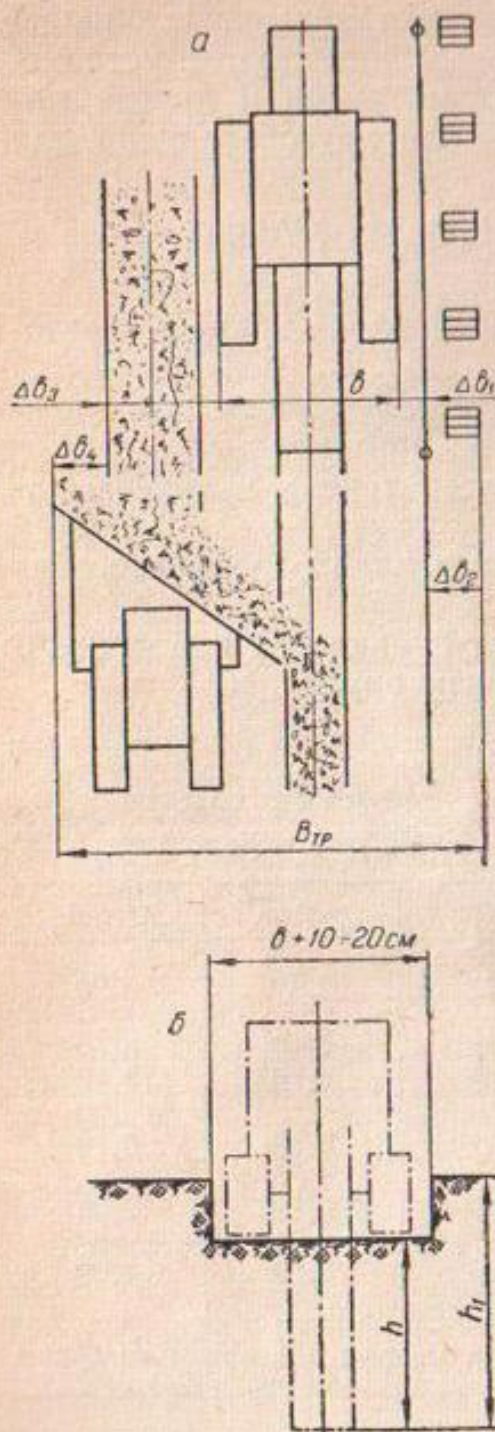


Рис. 13. Трасса строительства дрены (а) и «корыто» (б).  
дольного наклона —  $10^\circ$  (в рабочем положении). В некоторых случаях, принимая меры предосторожности

можно срезать при помощи мотопилы «Дружба» или ранцевого агрегата РА-1 на базе последней, а неровности трассы преодолевать траншеекопателем на пониженной скорости. Если возникает опасность потери проходимости машины из-за переувлажненности грунта, целесообразно проводить предварительное осушение объекта путем прокладки пионерных щелей, траншей или борозд с помощью кро-тодренажных орудий, плугов или траншеекопателей. Щели и борозды прокладывают по оси будущей дрены, траншей — вне пределов трассы. Щели и борозды иногда прокладывают и для определения препятствий (погребенной древесины, камней и др.) на трассе будущей дрены. Верхний пахотный слой, используемый затем при обратной засыпке траншей, можно снимать плугом-бороздоделателем.

При планировке трассы дрены нужно учитывать допускаемые углы поперечного и продольного наклона траншеекопателей. Так, по ГОСТ 6434—59 допускаемый угол поперечного наклона многоковшового экскаватора  $5^\circ$ , а угол про-



(снижение скорости и т. п.), эти углы можно увеличить до  $10-15^\circ$ , однако точность поддержания уклона дна траншей при этом ухудшается.

При переходе старых канав или ям нужно обязательно засыпать или уполаживать их склоны, если

$$B_k \geq \frac{1}{3} L_r \text{ и } \alpha_k > \alpha_{\text{доп}}, h_k > h_{\text{доп}},$$

где  $B_k$  — ширина канавы по верху;  
 $L_r$  — длина гусеничного хода;  
 $\alpha_k$  — угол откоса канавы к горизонту;  
 $\alpha_{\text{доп}}$  — допускаемый угол продольного наклона машины;  
 $h_k$  — глубина канавы;  
 $h_{\text{доп}}$  — допускаемая высота препятствий, не требующих планировки (обычно  $h_{\text{доп}} \leq 0,3-0,4$  м).  
При переходе бугров планировка необходима, если

$$h_b > h_{\text{доп}}, \alpha_b > \alpha_{\text{доп}},$$

где  $h_b$  — высота препятствия (бугра);  
 $\alpha_b$  — угол откоса бугра к горизонту.

При заравнивании неровностей, кроме того, надо стараться уполаживать склоны в направлении движения траншекопателя, так как именно при «переваливании» через них экскаватора возникают недопустимые неровности дна траншей.

В некоторых случаях для снижения объемов трассоподготовительных работ на строительстве дренажа в качестве траншекопателя целесообразно использовать одноковшовый экскаватор, способный выполнить все необходимые работы (за исключением срезки кустарника) и менее требовательный к состоянию трассы.

Трассоподготовительные работы частично или полностью совпадают по составу с культуртехническими работами по освоению земель дренируемого объекта. Поэтому последние по возможности следует выполнять до строительства дренажа, что позволяет свести расходы на подготовку трасс к минимуму.

Тщательная подготовка трасс — залог производительного использования дренажных машин и высокого качества строительства дренажа. Работа на неподготовленных трассах ведет к поломкам и простоям машин.



## Доставка материалов к месту работ

Среди процессов механизированного строительства дренажа доставка материалов на объект и непосредственно к месту укладки занимает важное место как из-за своей сравнительно высокой стоимости и трудоемкости, так и из-за невозможности комплексной механизации дренажных работ без удачного решения вопросов транспорта материалов.

Это особенно относится к гончарному дренажу, где расходы по доставке труб составляют более 50% их первоначальной стоимости, а потери труб при транспортировке (бой и т.п.) 5 ÷ 10% и более<sup>1</sup>. Гончарные трубы отличаются хрупкостью и большим весом, их расход на 1 км дренажа составляет в зависимости от диаметра и толщины стенок 4—7 т. Доставка других дренажных материалов также требует решения ряда вопросов. Так, использование насыпных фильтрующих материалов (гравий, шлак, фрезерный торф и др.), потребность в которых может достигать 50—100 м<sup>3</sup>/км, без механизированной доставки и распределения затруднительно. Подъемно-транспортные средства требуются и для доставки крупных частей дренажных сооружений (например, колодцев), которые весят 0,5—0,8 т и более.

Несколько проще доставлять более легкие пластмассовые трубы и детали, однако и для этих целей желательно иметь соответствующее оборудование.

Доставка дренажных материалов с использованием различных транспортных средств обычно производится в два этапа: на объект и по объекту к месту укладки.

**Транспортирование гончарных труб.** Гончарные трубы доставляют с завода-изготовителя на строительный объект или промежуточный склад автотранспортом или по железной дороге с последующей перегрузкой на автомашины. С приобъектного склада трубы развозят на трассы дрен (рис. 14). При этом трубы подвергаются одной или нескольким перегрузкам, иногда с промежуточным складированием. Разгрузку и погрузку выполняют часто вручную либо с помощью вил, наиболее эффективных при погрузке труб малых диаметров.

<sup>1</sup> Расход труб на 1 п. м дренажа (при теоретической потребности 3 шт/п. м) колеблется в Латвийской ССР от 3,2 до 3,7 шт. и в 1966 г. составлял в среднем по республике 3,25 шт.



Для сокращения стоимости и трудоемкости транспортирования труб необходимо увеличение полезной грузоподъемности транспортных средств и их средней скорости, сокращение затрат времени на погрузочно-разгрузочные работы, уменьшение боя труб и т. п.

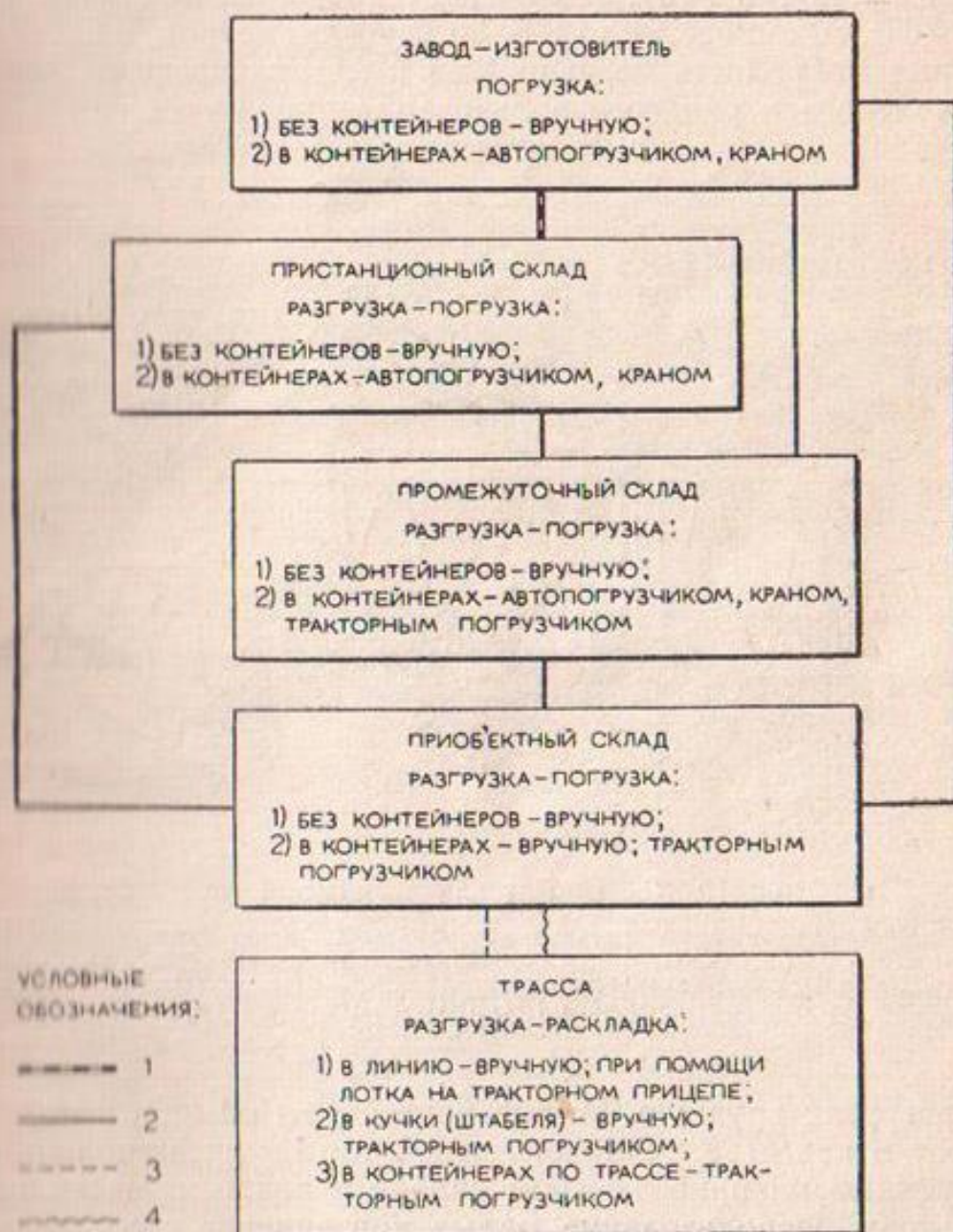


Рис. 14. Схема доставки дренажных труб:

1 — железной дорогой; 2 — автотранспортом; 3 — тракторным прицепом; 4 — конными повозками.

За рубежом для перевозки гончарных труб применяют большегрузные автопоезда, а также специальные



саморазгружающиеся кузова типа самосвалов, позволяющие сократить до минимума простои автотранспорта под выгрузкой. Однако при многократных перегрузках труб удобнее применять *контейнеры* (пакеты), различающиеся по своему назначению, емкости, конструкции и т. д. (рис. 15). Малые контейнеры весом брутто до 40—50 кг, емкостью до 20—30 труб диаметром 5 см, которые могут быть деревянными и металлическими, многократного и разового пользования, предназначены для

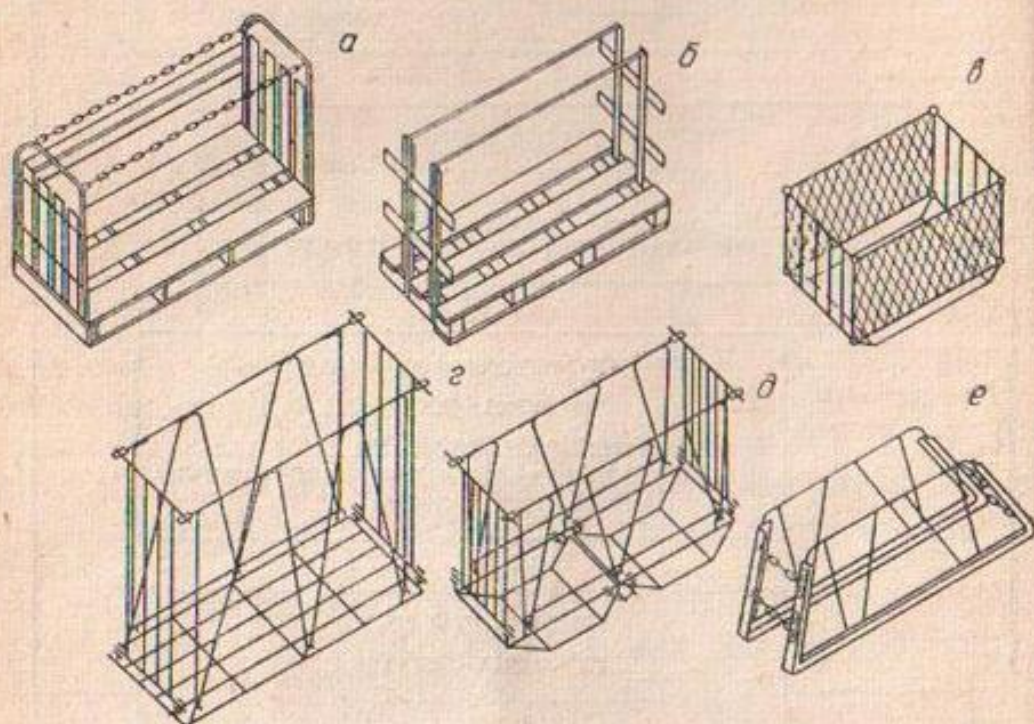


Рис. 15. Контейнеры для дренажных труб:

*a* — дерево-металлический, двухрядный (ФРГ); *б* — деревянный двухрядный (Литовская ССР, Рокай); *в* — металлический двухрядный, на лыже (ЛатНИИГиМ); *г* — металлический двухрядный; *д* — металлический двухрядный на лыже, быстроразгружающийся (ЛатНИИГиМ); *е* — металлический однорядный (Эстонская ССР, Азере).

перегрузки вручную. Малые контейнеры обычно используют в качестве технологической тары, их наполняют трубками на приобъектном складе и развозят затем по трассам. Использование малых контейнеров связано со значительными затратами труда на их заполнение и перегрузку, а также с затратами материалов на изготовление. Поэтому они, хотя и позволяют несколько снизить потери трубок и ускорить погрузочно-разгрузочные работы, не нашли пока широкого распространения ни в нашей стране, ни за рубежом.



Большее распространение получили контейнеры (пакеты) дренажных труб весом свыше 200—300 кг, рассчитанные на применение подъемных механизмов. Такие деревянные или металлические контейнеры могут быть многократного и разового пользования. Как правило, крупные контейнеры предназначены для доставки труб на объекты. При определении их габаритов и емкости исходят обычно из возможностей применяемых подъемных и транспортных средств.

В Литовской ССР разработаны и с 1965 г. широко применяются контейнеры, состоящие из деревянного поддона, съемных бортов и металлической обвязки (рис. 15, б). Габариты контейнера  $1,33 \times 1,0 \times 0,7$  м, вес брутто 800 кг. Трубки в них укладывают двухрядным штабелем. По данным Рокайского завода дренажных труб (Литовская ССР), контейнер стоит 4 рубля и выдерживает 26 циклов, для его изготовления требуется  $0,05 \text{ м}^3$  древесины и  $0,75$  м хозяйственной цепи.

Емкость контейнера и амортизационные расходы, приходящиеся на одну трубку, зависят от диаметра труб.

| Диаметр труб, мм                 | 40   | 50   | 75   | 100  | 125  | 150  | 175  | 200  |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Емкость контейнера, шт.          | 740  | 528  | 286  | 170  | 104  | 78   | 54   | 36   |
| Амортизационные расходы, коп/шт. | 0,33 | 0,39 | 0,69 | 1,00 | 1,42 | 2,05 | 3,06 | 4,90 |

На Рокайском заводе применение контейнеров дало экономию свыше 14 тыс. руб. за год, позволило значительно сократить простои железнодорожных платформ под погрузкой (выгрузкой) и уплотнить погрузку почти на 30% (с 14 до 18 т, на 20-тонную платформу).

На Азерском заводе дренажных труб (Эстонская ССР) создан контейнер другого типа — металлический, однорядный (рис. 15, е и 16). Он состоит из двух боковин, выполненных из уголкового профиля и связанных стяжками. Габариты контейнера  $2,68 \times 0,35 \times 1,20$  м, вес 64 кг, вес с трубками  $0,7 \div 0,8$  т.

Погрузка и выгрузка контейнера осуществляется краном или автопогрузчиком, а его опорожнение — освобождением стяжек и разведением боковин в стороны. Штабель труб при этом остается стоять на земле или



на предварительно подставленной лыже, что, по замыслу конструкторов, позволяет оставить его в таком виде для хранения либо транспортировать на лыже по объекту. Однако устойчивость штабеля, имеющего отношение высоты к ширине  $\frac{h}{b} \simeq 3$ , недостаточна как для продол-

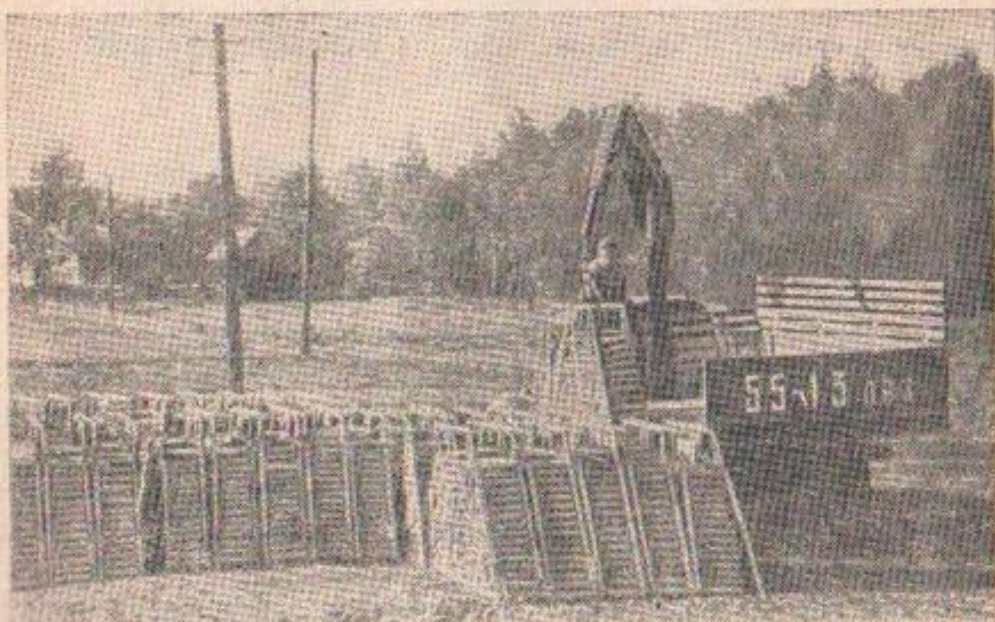


Рис. 16. Разгрузка труб в контейнерах Азере:  
Вверху — вручную; внизу — гидроподъемником на автомашине.



жительного хранения, так и для транспортировки волоком. Этот недостаток устраняется отчасти специальными способами складирования и развозки. Затраты времени на погрузку, разгрузку и опорожнение контейнеров «Азере» представлены в таблице 8.

Таблица 8

Трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ при доставке труб в контейнерах завода «Азере» (на 1000 труб диаметром 5 см)

| Операции и примененные механизмы                                     | Время, мин. | Число рабочих | Трудоемкость, чел.-мин. |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|-------------------------|
| Выгрузка из вагонов автокраном                                       | 4,2         | 3             | 12,6                    |
| Погрузка на автомашины автокраном                                    | 4,2         | 3             | 12,6                    |
| Выгрузка из автомашин автокраном с опорожнением контейнеров          | 4,2         | 3             | 12,6                    |
| То же, тракторным погрузчиком                                        | 5,0         | 3             | 15,0                    |
| То же, ручную                                                        | 16,3        | 2             | 32,6                    |
| Выгрузка труб автокраном на сменные лыжи с освобождением контейнеров | 5,3         | 4             | 21,2                    |
| То же, тракторным погрузчиком                                        | 6,5         | 4             | 26,0                    |
| Разгрузка автомашин автокраном с оставлением труб в контейнерах      | 2,3         | 3             | 6,9                     |
| То же, тракторным погрузчиком                                        | 4,8         | 3             | 14,4                    |

Общим недостатком контейнеров «Азере» и «Рокай» является возможность смещения трубок в контейнерах и сцепления последних, что затрудняет механизированную разгрузку транспортных средств. Чтобы избежать этого, между контейнерами можно ставить прокладки из фанеры, досок и т. п.

Кроме описанных, известны и другие контейнеры разового и многократного пользования, созданные в Лигве, Латвии, Эстонии, Ленинградской и Московской областях, в ГДР, ФРГ, Финляндии и т. д.

При выборе контейнеров для перевозки дренажных труб следует исходить из следующих требований:

1) применение контейнеров и других транспортных устройств должно давать общую экономию в стоимости и трудоемкости строительства дренажа;

2) использование контейнеров не должно зависеть от дефицитных материалов и механизмов, не должно



требовать рабочих высокой квалификации и вызывать дорогостоящих и трудноосуществимых изменений в технологии прочих дренажных работ;

3) ручная перегрузка труб на пути от завода-изготовителя до места укладки должна быть сведена к минимуму;

4) контейнеры и другие транспортные устройства должны обеспечивать сохранность труб, а также снижение затрат на их хранение в любое время года;

5) контейнеры должны обеспечивать полное использование грузоподъемности транспортных средств (железнодорожных вагонов и платформ, автомашин и прицепов).

Погрузка-выгрузка контейнеров на заводах, станциях, складах производится с помощью автопогрузчиков, железнодорожных кранов и автокранов. Последние снабжаются стропами или виловым захватом.

Для работы на промежуточных складах и на объектах применяют тракторный погрузчик (ПЭ-0,8 и др.), разборный передвижной козловый кран (разработанный строительной лабораторией Елгавского СМУ), погружные вилы на бульдозере и т. д.

В ЛатНИИГиМе разработано простое устройство, навешиваемое на трактор ДТ-54 или Б-75 и предназначенное для выполнения подъемно-транспортных работ на мелиоративных объектах (рис. 17). Устройство состоит из стрелы, которая поворачивается вокруг оси задней навески трактора с помощью двух гидроцилиндров подъема, установленного на стреле поворотного оголовка-погрузочных вил, гидроцилиндра поворота вил, стойки параллелограмма, тросо-блочной системы и трубопроводов, подключенных к гидрораспределителю Р-75-3 тракторной гидросистемы. При погрузке контейнеров используют погрузочные вилы и работу ведут аналогично автопогрузчику. В случае необходимости устройство переналаживается в тросовый подъемник. При этом вилы фиксируются как оголовки стрелы, а гидроцилиндр поворота вил используется как подъемный. Для увеличения высоты подъема применяется полиспаст. Такое устройство может быть легко изготовлено на месте и установлено на любой трактор, не препятствуя его основному использованию, например, как бульдозера на засыпке дренажных траншей, трассоподготовительных и транспортных работах.



Мелиораторами Ленинградской области для работы с контейнерами предложены погрузочные вилы, монтируемые на тракторную гидронавеску (рис. 18). Такое приспособление очень просто, но для его использования нужно делать специальные насыпи. Поэтому его целесообразно совмещать с бульдозерным оборудованием.

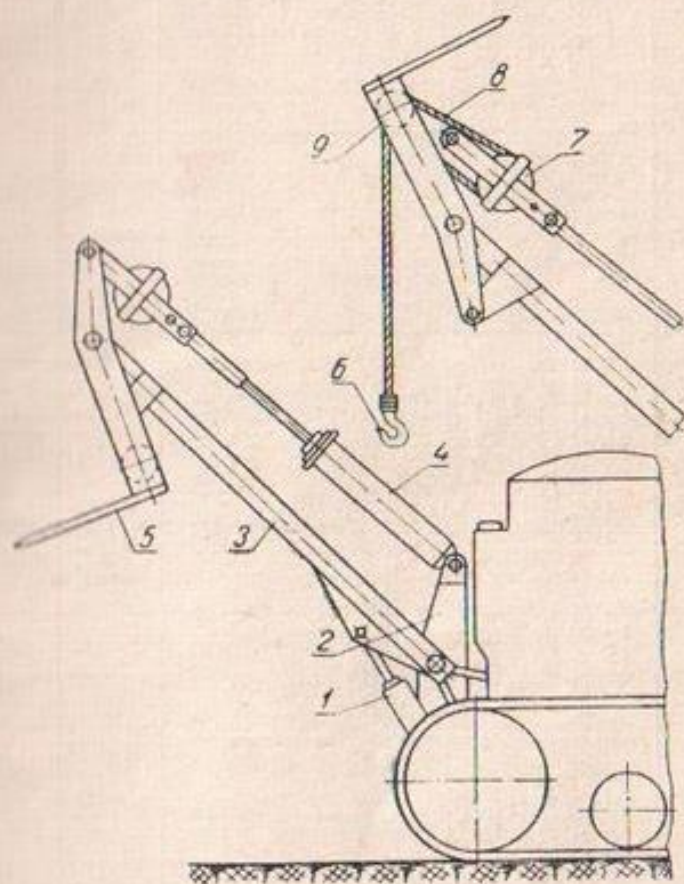


Рис. 17. Подъемное устройство конструкции ЛатНИИГиМ на тракторе ДТ-55 (Б-75):

1 — гидроцилиндры подъема стрелы; 2 — стойка параллелограмма; 3 — стрела; 4 — гидроцилиндр поворота вил и подъемного троса; 5 — погрузочные вилы; 6 — крюк; 7 — блок подъемный; 8 — трос подъемный; 9 — блок неподвижный.

Для развозки труб по объекту применяют тракторные прицепы и сани (листы, лыжи), а также конные повозки.

На первично осушенных угодьях, если позволяют условия, применяют колесные прицепы на тяге колесных и гусеничных тракторов, на переувлажненных и труднопроходимых — сани, листы (лучше последние) и гусеничные прицепы на тяге гусеничных тракторов (табл. 9).



Подъемные и транспортные средства, применяемые на объектах

| Подъемные средства                              | Погрузчик-экскаватор ПЭ-0,8        | Универсальный экскаватор Э-153   | Кран-трубоукладчик на тракторе ТЛ-Т-74 | Грузо-подъемное устройство к трактору-бульдозеру     | Вилочный погрузчик к трактору | Кран передвижной, козловый | Кран укосина из экскаваторе |
|-------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Базовая машина                                  | MTЗ-50                             | MTЗ-5Л                           | Т-74                                   | ДТ-55                                                | ДТ-54А                        | —                          | ЭТН-171                     |
| Виды рабочего оборудования                      | Грейфер, ковш, крюк, бульдозер 800 | Ковш, бульдозер, крюк 1500 2,9   | Бульдозер, крюк 1200 и 3000 1,0 и 4,3  | Крюк, вилы, бульдозер 1000 С вилами 2,1 С крюком 2,7 | Вилы ~1500 ~0,7               | Крюк                       | Крюк                        |
| Наибольшая высота погрузки, м                   |                                    |                                  |                                        |                                                      |                               | 1000 2,9                   | 850 2,7                     |
| Привод                                          | Гидравлический                     |                                  | Канатный с гидромотором                | Гидравлический                                       |                               | Канатный, ручной I         | Гидравлический I            |
| Обслуживающий персонал, чел. (без стропальщика) | I                                  | I                                | I                                      | I                                                    | I                             |                            |                             |
| Сектор работы, град.                            | 280                                | 160                              | 0                                      | 0                                                    | 0                             | 0                          | 45                          |
| Вес оборудования, кг                            | 2100                               | 1980                             | 2200                                   | 300                                                  | ~50                           | 300                        | 250                         |
| Транспортные средства                           | Лыжа-само-разгружающаяся ЛС-1      | Гусеничный трактор прицеп ГПС-2М | Двухосный прицеп-тракторный ПТС-3-773  | Двухосный прицеп-тракторный ПТС-3,5                  | Тракторные сани               |                            |                             |
| Грузоподъемность, кг                            | 4000                               | 6000                             | 3000                                   | 3000                                                 | 2000—3000                     |                            |                             |
| Объем кузова (полезная площадь платформы)       | 5,6 м <sup>3</sup>                 | 3,2 м <sup>3</sup>               | 3,12 м <sup>3</sup>                    | 4,9—7,3 м <sup>3</sup>                               | 8 м <sup>3</sup>              |                            |                             |
| Привод выгружающего устройства                  |                                    | Гидравлический                   |                                        |                                                      |                               |                            |                             |
| Отношение веса к грузоподъемности, %            | 20                                 | 92                               | 59                                     | 80                                                   | —                             |                            | 50                          |



Доставленные в контейнерах трубы целесообразно развозить по трассе также в контейнерах. Для этого необходимо иметь погрузочные средства и парк контейнеров, достаточный для хранения переходящего запаса труб.

В зависимости от технологии строительства дренажа и применяемых механизмов трубы можно развозить тремя способами.

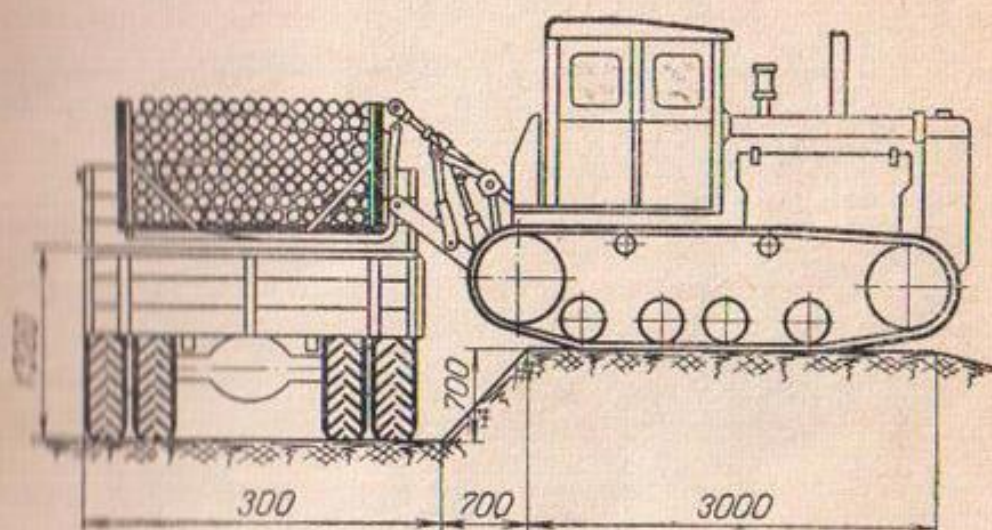


Рис. 18. Разгрузка контейнеров с дренажными трубками вилочным погрузчиком на ДТ-54А.

1. Развозка труб с *линейной раскладкой* их вдоль трассы будущей дрены осуществляется во время движения транспорта вдоль трассы. Трубы берут руками или вилами. Норма раскладки  $3,1 \div 3,5$  труб на 1 п. м (в зависимости от их качества). Оставшиеся после укладки дрены трубки собирают вручную. Для раскладки трубок в линию можно использовать спускной наклонный желоб, установленный на прицеп (сани) с трубками. Приспособление для развозки и раскладки труб представляет лист с легким ограждением и наклонным желобом. Рабочий, стоящий на листе, прицепленном к движущемуся вдоль трассы трактору, берет трубки и спускает их по наклонному желобу. За рубежом применяют близкое по типу съемное приспособление на колесном тракторном прицепе, настил которого при использовании контейнеров для облегчения их перемещения в кузове выполнен в виде рольганга.



2. Развозка труб с периодической раскладкой их вдоль трассы отличается от предыдущего способа лишь тем, что трубки раскладывают вдоль трассы отдельными штабелями. Это несколько облегчает развозку и сбор оставшихся трубок. Особенно приемлем такой способ при использовании малых контейнеров (пакетов), раскладываемых на расстоянии

$$l \approx (0,95 \div 0,98) \frac{n}{3},$$

где  $l$  — расстояние между кучками (контейнерами), м;  
 $n$  — число труб длиной 0,33 м в контейнере (кучке);

0,95 ÷ 0,98 — коэффициент запаса.



Рис. 19. Транспортировка дренажных материалов на тележке рядом с траншеекопателем.

При отсутствии малых контейнеров величина штабелей и расстояние между ними определяется технологией укладки трубок и наличием на траншеекопателе-дреноукладчике емкости для резерва трубок. Количество труб в штабеле должно быть на 10 ÷ 20% меньше вместимости этой емкости.



3. *Транспортирование трубок в емкости того или иного типа (прицепная лыжа, колесный прицеп и т. п.) за траншеекопателем или на нем. Трубки в контейнерах или, например, на бортовом прицепе доставляют к началу трассы дрены и затем транспортируют за траншеекопателем, на прицепе у последнего или у вспомогательного трактора рядом с траншеекопателем (рис. 19).*

На контейнера или прицепа трубки подают в трубоукладчик или на резервную платформу траншеекопателя, а оттуда — для укладки на дно траншеи. Такой способ позволяет сократить до минимума перекладку труб и довести их расход до теоретически необходимого. При этом для транспортирования за траншеекопателем должен использоваться либо прицеп, на котором трубки доставлены к трассе, либо контейнер с трубами должен выгружаться на трассе, а потом с помощью подъемно-транспортных средств траншеекопателя перевозиться дальше. Наиболее приемлемым был бы траншеекопатель, способный нагружаться трубками и перевозить их в количестве, достаточном для прокладки дрены хотя бы средней длины (100—150 п. м). Создание таких машин представляет значительные трудности, но попытки в этом направлении уже делаются.

Устройство для самопогрузки специальных контейнеров с трубками<sup>1</sup> на дренажной машине МЗД-1 разработано ВНИИТП.

ЛатНИИГиМ также предложил различные устройства для самопогрузки и транспортировки запаса трубок. Учитывая трудность сохранения устойчивости

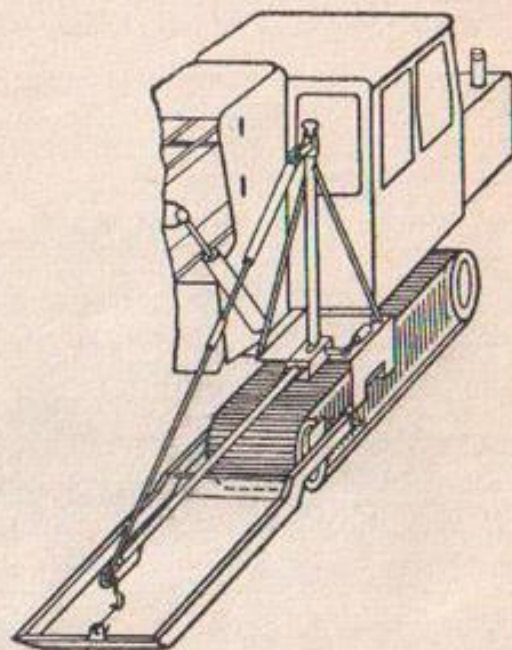


Рис. 20. Подъемно-транспортное устройство на экскаваторе ЭТН-171.

<sup>1</sup> Эти контейнеры рассматриваются как часть трубоукладчика.



экскаватора при навеске на его заднюю часть дополнительного груза весом до 1 т, для транспортирования труб разработана прицепная лыжа, на которую контейнеры погружают специальным подъемным устройством, установленным на экскаваторе (рис. 20, табл. 9). Это же устройство поднимает лыжу при переездах экскаватора.

Контейнеры с трубами развозят по трассам тракторами, оборудованными вилчатым погрузчиком (рис. 21).



Рис. 21. Развозка труб в контейнерах по трассам.

Транспортирование пластмассовых труб и деталей. По сравнению с гончарными пластмассовые дренажные трубы и детали намного удобнее для перевозок благодаря меньшему весу, лучшим механическим свойствам и т. п. Если 1 п. м гончарных труб  $d=50$  мм весит около 5 кг, то 1 п. м пластмассовой трубы того же диаметра весит лишь 0,1—0,4 кг. Длина одной гончарной трубы — 0,33 м, а пластмассовой — от 4—6 м (в хлыстах) и до 250—300 м (в бухтах). Поэтому доставка пластмассовых дренажных труб может быть выполнена с малыми затратами труда и без помощи сложных приспособлений и устройств.

Пластмассовые трубы поставляют в бухтах и хлыстах (в пачках, связках). Бухты перевозят в кузовах автомобилей (прицепов) стоямя. Борты кузова автомо-



билей для перевозки труб в бухтах должны быть  $\geq \frac{2}{3}$  наружного диаметра бухты. Связки хлыстов перевозят так, чтобы исключить их провисание более чем на  $\frac{1}{30}$  длины труб. Для предохранения от чрезмерного провисания хлыстов можно использовать удлиненные кузова или решетчатые короба-контейнеры, воспринимающие изгибающую нагрузку и предохраняющие трубы от механических повреждений. Короба удобны также тем, что ускоряют загрузку автотранспорта и улучшают использование его грузоподъемности.

Пластмассовые дренажные детали перевозят в ящиках, обеспечивающих их сохранность. Разгружают пластмассовые трубы и детали вручную. Грузоподъемные средства используют при поставках труб и деталей в крупных паковках. При перевозках должны быть приняты меры против механических повреждений труб, их загрязнения, длительного воздействия солнечных лучей и прочих вредных влияний в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

По объекту пластмассовые трубы и детали развозят с соблюдением тех же правил, что и при доставке на объект, двумя основными способами:

- 1) с перевозкой запаса труб на дренажном траншеекопателе (щелерезе);
- 2) с раскладкой труб вдоль трасс.

В обоих случаях трубы развозят по объекту на тракторных или конных тележках (санях). Можно использовать и навесные приспособления к трактору.

Первый способ применяют, если на траншеекопателе есть приспособление для перевозки запаса труб<sup>1</sup>. Для пополнения этого запаса трубы доставляют в отдельные места дренажной системы согласно предварительному расчету. При втором способе трубы раскладывают вдоль трасс будущих дрен с учетом небольшого резерва (0,5 ÷ +2%) на термическую усадку, поправки и т. п. Раскладку труб в хлыстах ведут вручную. Трубы, поставляемые в бухтах, расстилают вдоль трассы со специального барабана с вертикальной осью, установленного на прицепе или сани, движущихся вдоль трассы.

При раскатывании труб с барабана в холодное время бухту желательно подогреть, например, выдержав ее некоторое время в теплом помещении.

<sup>1</sup> Эти приспособления будут рассмотрены ниже вместе с вопросами укладки пластмассовых труб.



Сравнивая оба способа развозки пластмассовых труб по объекту, следует отдать предпочтение первому. Вторым способ применим, если на траншеекопателе нет приспособлений для перевозки запаса труб, а также если по тем или иным причинам нельзя укладывать трубы непосредственно за траншеекопателем, например при необходимости доделок траншей вручную.

Транспортирование прочих материалов и деталей. Среди дренажных материалов и деталей с точки зрения транспортирования и его механизации наибольшие трудности представляют насыпные фильтрующие материалы и детали дренажных сооружений из бетона и железобетона. Первые характеризуются большими объемами, а вторые — весом, делающим необходимым применение грузоподъемных устройств.

Фильтрующие материалы можно перевозить в один или в два этапа. При перевозке в один этап эти материалы доставляют с места погрузки, находящегося вне объекта, непосредственно к месту укладки и укладывают в траншею. Для этих целей служат прицепы с транспортером, шнековым, ленточным или скребковым, лотком, подающим фильтрующий материал из кузова прямо в траншею или в бункер дреноукладчика. Привод транспортера осуществляется от ходовых колес прицепа или от вала отбора мощности трактора. Такие прицепы применяют для присыпки дрен фрезерным торфом, гравием, шлаком и другими сыпучими материалами.

Для перевозки в два этапа применяют обычно автосамосвалы или тракторные самосвальные прицепы, доставляющие материалы на объект. При использовании материалов с малым объемным весом (фрезерный торф и др.) борта кузовов наращивают. По объекту фильтрующие материалы в этом случае развозят на тракторных и конных тележках и волокушах, иногда одновременно с другими дренажными материалами. Легкие фильтрующие материалы (мох, фрезерный торф) можно развозить по трассам в корзинах или сетках. Иногда эти материалы прессуют в кипы.

Для погрузки фильтрующих материалов на транспортные средства используют одноковшовые экскаваторы с различным оборудованием, грейферные и ковшовые тракторные погрузчики. Погрузку фильтрующих материалов стараются совместить с их добычей. Так, для добычи и погрузки мха в Латвийской ССР применяют



грейферные погрузчики, установленные с целью повышения проходимости на гусеничные тракторы.

Детали дренажных сооружений доставляют на объект автотранспортом. Для предохранения деталей от разрушения при перевозке между ними устанавливают деревянные клинья, прокладки и т. п. Крупные детали грузят на автотранспорт автокранами, автопогрузчиками и др. Если на объекте нет подъемных средств, детали осторожно стаскивают из кузова на кучу мягкого грунта, а затем трактором затаскивают на транспортный лист-волокушу и отвозят к месту устройства сооружения.

Для выполнения погрузочно-разгрузочных работ на объекте, кроме рассмотренных механизмов, применяют сваренное бульдозерно-крановое оборудование на тракторах, полунавесные краны и погрузчики (см. табл. 9). Автокраны, автопогрузчики, погрузчики ПЭ-08, ТЛ-Т-74 и экскаваторы выпускает промышленность, остальные механизмы и приспособления изготовляют сами строители.

### **Рытье траншей и щелей**

Рытье траншей и щелей — важнейшая операция строительства дренажа как по трудоемкости и стоимости, так и по влиянию на общий темп и трудоемкость остальных работ.

Для рытья траншей и щелей существует много машин, отличающихся по назначению, принципу действия, виду рабочего органа и пр. (рис. 22).

Прокладку кротовин и щелей можно выполнять пассивными, активными и комбинированными рабочими органами. Наиболее распространены бестраншейные машины, которые служат для устройства кротового, аэрационного и осушительного дренажа в беспнистых торфяниках и на связных минеральных почвах без камней. Их рабочие органы состоят из ножа с прикрепленным к нему жестко или с помощью гибкого звена (трос, цепь) дреном, который может быть сдвоенным с так называемым расширителем.

Кротодренажные машины бывают прицепные и навесные. В последнее время промышленность выпускает кротодренажные машины на гидронавеске к гусеничным тракторам класса 3 и 6 т, имеющие меньший вес,



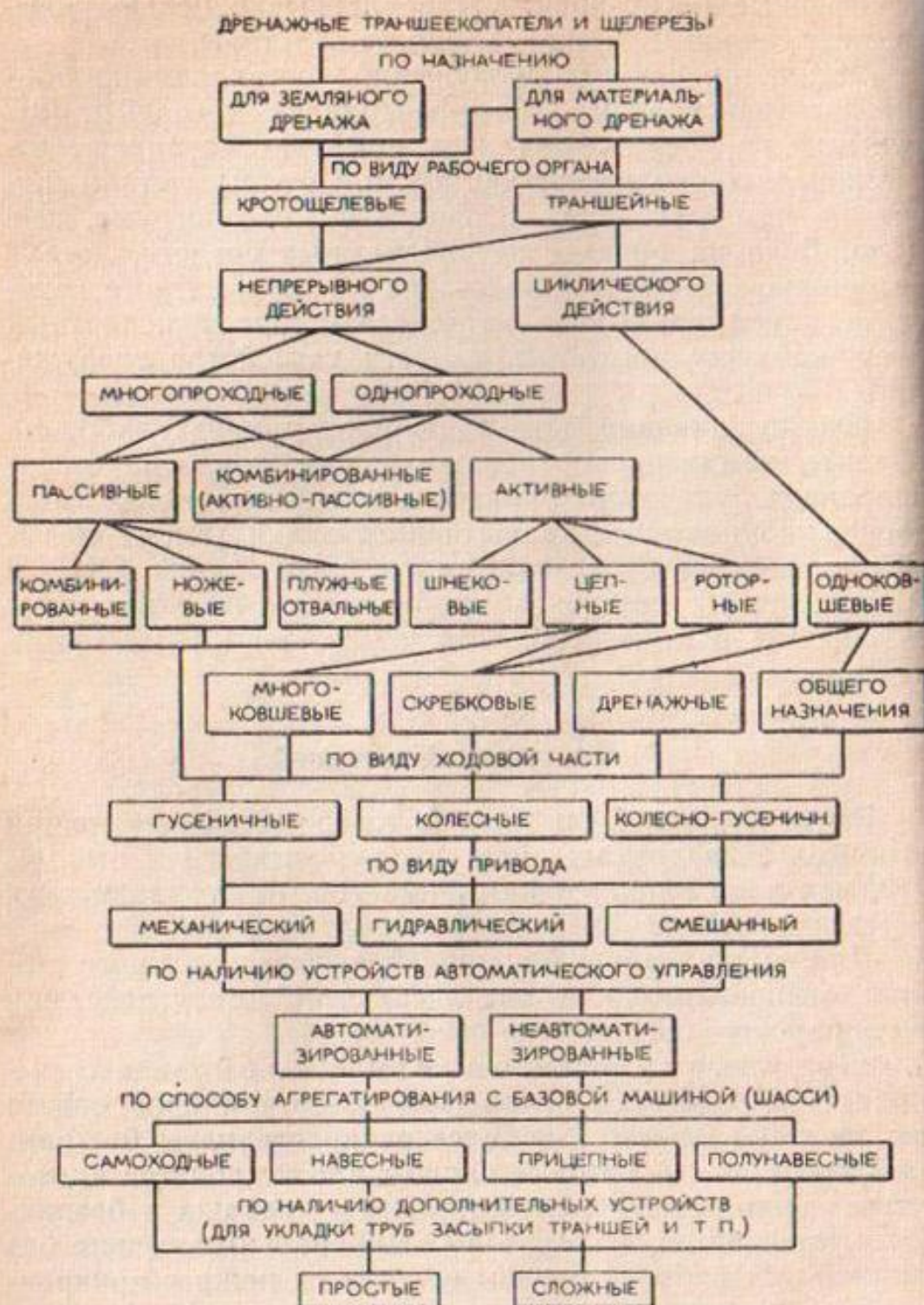


Рис. 22. Виды дренажных траншеекопателей и щелерезов.



лучшую маневренность и возможность принудительного заглубления. Наиболее известны КН-1200, КН-700 (табл. 10).

Кротодренажные машины пассивного действия имеют высокое тяговое сопротивление  $W_k$ , зависящее от свойств грунта и состоящее из сопротивления перемещению машины  $W_n$ , сопротивления резанию ножом  $W_n$  и сопротивления движения дренажа  $W_d$ :

$$W_k = W_n + W_n + W_d.$$

С увеличением глубины дренирования, толщины ножа и его боковой поверхности, а также с увеличением диаметра дренажа это сопротивление увеличивается. Для уменьшения тягового сопротивления, а также для меньшего копирования дренажом микрорельефа поверхности, применяется иногда расчлененный способ дренирования, при котором вначале ножом прорезают щель, оставляя в ней сматываемый с лебедки трос с дренажом на конце, а затем трактор останавливается и подтягивает дренаж лебедкой. При этом

$$W'_k = W_n + W_n, \text{ а } W'_k = W_d + W_t,$$

где  $W_t$  — сопротивление протаскиванию троса.

Выполненные таким способом кротовины действуют лучше и дольше обычных, но стоимость их устройства несколько выше.

Для прокладки кротовин можно применять также машины с активным дренажом, с вибрацией рабочего органа, с образованием полости дрены не уплотнением ее стенок, а вырезанием соответствующего объема грунта (рис. 23). Последний способ, как показали исследования, значительно улучшает водоприемные свойства земляных дрен и увеличивает срок их службы.

Машины для устройства материального дренажа с пассивными рабочими органами отличаются увеличенной толщиной ножа. Это необходимо для того, чтобы пропустить в щель либо готовые пластмассовые (или гончарные) трубы, либо пластмассовую ленту, формируемую в трубу находящимся внизу трубоформователем.

Из бестраншейных машин для устройства материального дренажа наиболее известны ДПБН-1,8; УДМ-152; *Dränomat* (Австрия); *Willner* (ФРГ). Рабочим органом этих машин служит уплотняющий нож (ДПБН-1,8), предназначенный для работы на торфяниках или легких



## Дренажные

| Тип машины,<br>марка                      | Наибольшая глуби-<br>на траншей, м | Диаметр дрена $d$ или<br>ширина траншей<br>вверху<br>внизу, м | Рабочая<br>скорость<br>производи-<br>тельность,<br>м/час | Транс-<br>портная<br>скорость,<br>км/час | Вид рабочего<br>органа                 | Скорость резания,<br>м/сек |
|-------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| <i>Кротодре-<br/>нажные и<br/>щелевые</i> |                                    |                                                               |                                                          |                                          |                                        |                            |
| КН-700                                    | 0,7                                | $d$ 8<br>(10) см                                              | 3590—5430<br>до 3000                                     | По трак-<br>тору                         | Уплотняющий<br>нож с дре-<br>нером     | —                          |
| КН-1200                                   | 1,3                                | $d$ 11<br>(27) см                                             | 480—5430<br>до 1450                                      | То же                                    | То же                                  | —                          |
| Д-657                                     | 0,7/1,2                            | $d$ 8, 10,<br>20,<br>25 см                                    | Трактора<br>2000                                         | » »                                      | » »                                    | —                          |
| ДКГ—100 (Э)                               | 1,3                                | $d$ 15<br>(25) см                                             | 2000—3500<br>1000—1400                                   | » »                                      | » »                                    | —                          |
| ДПБН—1,8 (Э)                              | 1,2÷1,8                            | $d$<br>4÷5++                                                  | 105—865<br>до 300                                        | » »                                      | » »                                    | —                          |
| УДМ-152 (Э)                               | 1,5                                | 0,11                                                          | 500—1000<br>200—400                                      | » »                                      | Скалывающий<br>и уплотняю-<br>щий ножи | —                          |
| МГД-6Н(Э)                                 | 2,5                                | 0,115                                                         | 100—760<br>240—640                                       | » »                                      | Цепь<br>с режущими<br>зубьями          | —                          |
| ДЩ-1,4                                    | 1,4—1,5                            | 0,115                                                         | 137—320<br>236                                           | » »                                      |                                        | 9,8                        |
| МЗД-1 (Э)                                 | 2,5                                | 0,250                                                         | 78—312<br>60—90                                          | 3,07                                     | Шнековая<br>цилиндриче-<br>ская фреза  | 9,4                        |
| <i>Глухие</i><br>SP-2A<br>(Польша)        | 0,9                                | 0,6<br>0,15                                                   | —<br>до 300—500                                          | До 5,0                                   | Однопроход-<br>ный                     | —                          |
| ЛКА-2М<br>КМ-1400М                        | 0,8—0,9                            | 1,8—2,1<br>0,3(0,2)                                           | до 2000<br>до 300                                        | До 5,0                                   | Двухотваль-<br>ный одно-<br>проходный  | —                          |



Таблица 10

## раннеэскапатели и щелорезы

| База и кодовое обозначение               | Регулирование глубины                    | Оборудование для укладки труб                        | Дополнительное оборудование      | Вес, кг                               |   | Мощность, л. с                   | тяговое усилие, т | Обслуживающий персонал | звена |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------|------------------------|-------|
|                                          |                                          |                                                      |                                  | удельное давление, кг/см <sup>2</sup> | — |                                  |                   |                        |       |
| Навесное на ДТ-54А                       | Вручную, гидравлическое                  | Нет                                                  | Нет                              | $\frac{170^+}{-}$                     | — | $\frac{55}{-}$                   | —                 | 1                      | —     |
| То же на ДТ-55А                          | То же                                    | »                                                    | »                                | $\frac{245^+}{-}$                     | — | $\frac{55}{-}$                   | —                 | 1                      | —     |
| То же на ДТ-75Б                          | Гидравлическое автоматическое (дроссель) | »                                                    | »                                | $\frac{8100}{0,24}$                   | — | $\frac{75}{-}$                   | —                 | 1                      | —     |
| То же на Т-100БГ                         | То же                                    | »                                                    | »                                | $\frac{963^+}{-}$                     | — | $\frac{100}{-}$                  | —                 | 2                      | —     |
| То же на Т-100БГС                        | Электрогидравлическое по тросу           | Приспособления для укладки пластмассовых дрен        | Подогреватели выхлопными газами  | $\frac{530^+}{0,24}$                  | — | $\frac{100}{-}$                  | —                 | 2                      | —     |
| Прицепное к Т100Б, на гусеничном шасси   | —                                        | То же                                                | Нет                              | $\frac{4000^+}{9-12 \text{ т}}$       | — | $\frac{100}{-}$                  | —                 | 2                      | —     |
| Навесное на Т-100БГ                      | Электрогидравлическое, бескопирное       | Укладчик пленочных труб с соединительной перфорацией | »                                | $\frac{7100}{0,304}$                  | — | $\frac{100}{-}$                  | —                 | 2                      | —     |
| То же, на Т-100БГ                        | То же и вручную                          | Нет                                                  | »                                | $\frac{14\ 000}{0,27}$                | — | $\frac{100}{-}$                  | —                 | 1                      | —     |
| Самходное шасси с дизель-электроприводом | Электрогидравлическое по тросу           | Механический укладчик гончарных труб                 | Отвалы и диски для закрытия щели | $\frac{20\ 000}{0,2}$                 | — | $\frac{100}{-}$                  | —                 | —                      | —     |
| Прицепное на колесном ходу               | Нет                                      | Нет                                                  | Нет                              | 2700 <sup>+</sup>                     | — | 100                              | —                 | 20—30                  | —     |
| То же и на тяге 2—3 Т-100                | »                                        | »                                                    | »                                | 3500 <sup>+</sup>                     | — | $\frac{100 \times (2-3)}{10-20}$ | —                 | 3                      | —     |



| Тип машины,<br>марка                  | Наибольшая глубина<br>траншеи, м | Диаметр дрен $d$<br>или ширина траншеи<br>вверху, м<br>внизу, м | Рабочая<br>скорость<br>производи-<br>тельность,<br>м³/час | Транс-<br>портная<br>скорость,<br>км/час | Вид рабочего<br>органа                               | Скорость резания,<br>м/сек |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|
| <i>Цепные<br/>многоковшо-<br/>вые</i> |                                  |                                                                 | 15—400                                                    |                                          |                                                      |                            |
| ЭТЦ-202                               | 2,0                              | 0,50                                                            | 102 м³/час                                                | 1,13—4,42                                | Ковшовая<br>цепь                                     | 0,7;<br>1,10               |
| ЭТН-142                               | 1,55                             | 0,43                                                            | 50—182<br>30—100                                          | 4,4—8,9                                  | То же                                                | 0,6;<br>0,9                |
| ЭТН-171                               | 1,85                             | 0,5                                                             | 50—210                                                    | 1,0—4,3                                  | » »                                                  | 0,71;<br>1,14              |
| <i>Цепные<br/>скребковые</i>          |                                  |                                                                 |                                                           |                                          |                                                      |                            |
| ЭТЦ-163                               | 1,7                              | 0,25                                                            | 18—684                                                    | 1,3—5,3                                  | Двухрядный<br>скребковый                             | 0,67;<br>1,13              |
| <i>Мага<br/>(Финляндия)</i>           | 1,6<br>(1,85 и<br>2,10)          | 0,16,<br>0,19,<br>0,23                                          | 80—300<br>60—120                                          | До 30—50                                 | Цепь с ре-<br>жущо-транс-<br>портными<br>периметрами | 1,72                       |
| <i>Одноковшовые<br/>экскаваторы</i>   |                                  |                                                                 |                                                           |                                          |                                                      |                            |
| Э-2513                                | 3,4                              | —                                                               | —<br>До 50 м³/час                                         | 1,5                                      | Обратная<br>лопата с гид-<br>роприводом              | 0,5                        |
| Э-352                                 | 4,0                              | —                                                               | До 74 м³/час                                              | 0,8—1,8                                  | То же<br>с канатным<br>приводом                      | —                          |

Обозначения: + вес без трактора;  
++  $d$  пластмассовой дрены;  
(Э) — экспериментальная,



| База и ходовое оборудование                        | Регулирование глубины                                     | Оборудование для укладки труб                          | Дополнительное оборудование                                      | Вес, кг                               | Мощность, л. с.   | Обслуживающий персонал |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------|
|                                                    |                                                           |                                                        |                                                                  | удельное давление, кг/см <sup>2</sup> | тяговое усилие, т |                        |
| На самоходном гусеничном шасси                     | Электрогидравлическое по тросику, автоматическое и ручную | Спускной желоб для гончарных труб                      | Нет                                                              | $\frac{9500}{0,3}$                    | $\frac{55}{-}$    | $\frac{2}{4-5}$        |
| То же                                              | Гидравлическое по тросику, с ручным управлением           | Нет                                                    | »                                                                | $\frac{11\ 400}{0,28}$                | $\frac{54}{-}$    | $\frac{2}{5-6}$        |
| » »                                                | Электрогидравлическое по тросику, автоматическое и ручную | Спускной желоб для гончарных труб                      | »                                                                | $\frac{9500}{0,30}$                   | $\frac{48}{-}$    | $\frac{2}{4-5}$        |
| Самоходное шасси на гусеничном ходу                | То же                                                     | Спускной желоб для укладки пластмассовых труб из бухты | Приспособление для защиты дрен от заиливания рулонным материалом | $\frac{8,3}{0,3}$                     | $\frac{55}{-}$    | $\frac{2}{3-5}$        |
| Колесное шасси «тандем» на базе колесного трактора | Гидравлическое вручную, по визирам                        | То же                                                  | Нет                                                              | $\frac{4560}{-}$                      | $\frac{50}{-}$    | $\frac{2}{3-5}$        |
| Самоходное шасси на гусеничном ходу                | Вручную, по визирам                                       | Нет                                                    | »                                                                | $\frac{7,9}{0,48}$                    | $\frac{40}{-}$    | $\frac{2}{5-6}$        |
| То же                                              | То же                                                     | »                                                      | »                                                                | $\frac{12,7}{0,20}$                   | $\frac{40}{-}$    | $\frac{2}{5-6}$        |



минеральных грунтах, либо скалывающий долотообразный нож (УДМ-152, *Dränomat*) для минеральных грунтов.

Для работы в минеральных грунтах рассчитан также самоуравновешивающийся рабочий орган, предложенный ВНИИГиМ. Тяговое сопротивление этого органа, имеющего верхнюю долотообразную скалывающую и

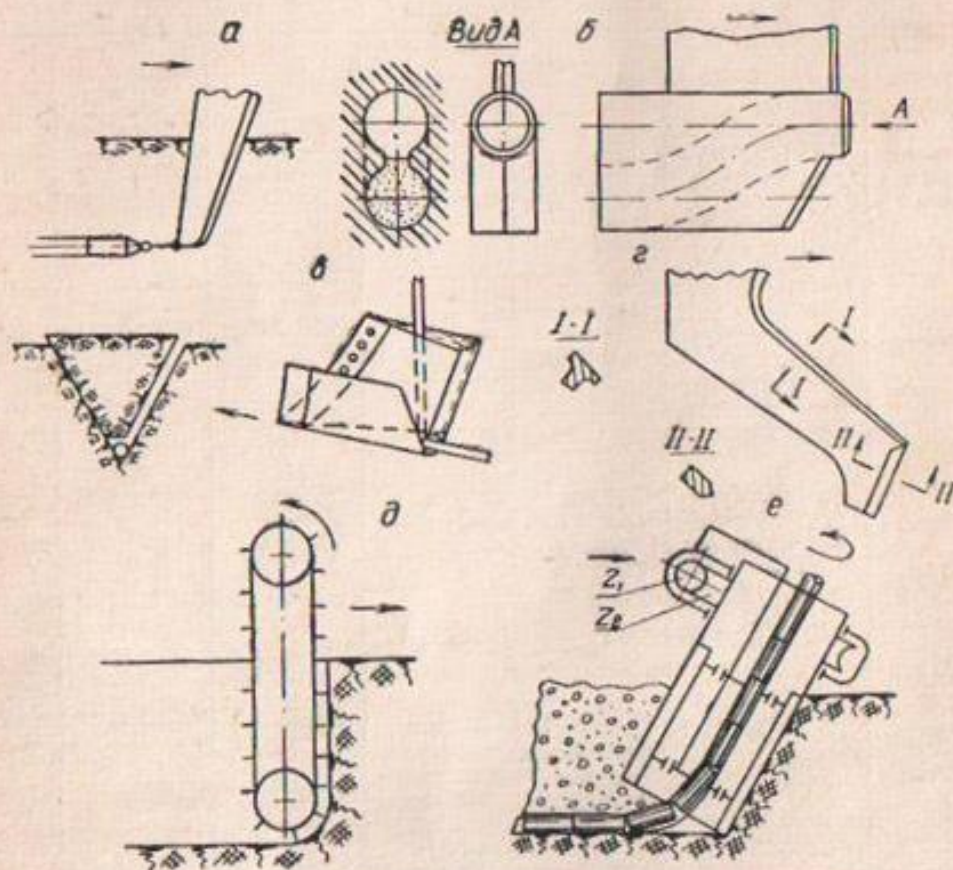


Рис. 23. Кротодренажные и щелевые рабочие органы:

а — уплотняющий нож с дреном; б — вырезающая головка кротодренажа; в — V-образный рабочий орган Вильнера; г — самоуравновешивающийся рабочий орган; д — баровой (цепной) щеледренажный орган; е — фреза с полым валом — спускным лотком.

нижнюю клиновидную уплотняющую части, в 1,5—1,7 раза ниже, чем у скалывающего или уплотняющего ножа, причем вертикальной составляющей сопротивления практически нет (рис. 23, в).

Оригинальный бестраншейный рабочий орган *Willner* создан в ФРГ. Он имеет вид V-образного режущего периметра, который подрезает и приподнимает пласт грунта. В образовавшуюся щель пропускают дренажную трубу (обычно пластмассовую) и, если надо,



фильтрующую засыпку. После прохода орудия пласт грунта оседает и закрывает уложенную дрену. Машина может прокладывать дрену глубиной до 1,5 м в минеральных грунтах без включений камней.

Высокое тяговое сопротивление бестраншейных машин пассивного действия затрудняет их использование, особенно на почвах, где трактор не может развить требуемого тягового усилия. В таких условиях для работы на пнистых торфяниках применяют *дренажно-щелевые* машины с активным рабочим органом (дисковой или винтовой фрезой, баровой цепью) и закрывающими щель катками.

Для закладки материального дренажа винтовые и цепные машины снабжены трубоукладывающими приспособлениями и устройствами для поддержания заданного уклона.

В Чехословакии сконструирована оригинальная машина с цилиндрической фрезой, работающей без выброса грунта наружу, и с пропуском укладываемых труб сквозь полый вал (рис. 23, е).

Дренажно-щелевые машины используют, как правило, для осушения полей промышленной торфодобычи. Применение бестраншейных и дренажно-щелевых машин для строительства дренажа ограничено из-за их чувствительности к грунтовым условиям и особенно из-за технологических трудностей (поддержание требуемой глубины, устройство соединений дрен, контроль качества и т. д.).

**Прокладка дренажных траншей.** Основной способ строительства материального дренажа в настоящее время — траншейный. Траншеи можно прокладывать машинами непрерывного и циклического действия, пассивными (плужными), активными и активно-пассивными (комбинированными), одно- и многопроходными и т. д.

*Плужные траншеекопатели* бывают одно- и двухотвальными, навесными и прицепными<sup>1</sup>. Их основные параметры: тяговое сопротивление, размеры прокладываемой траншеи, собственный вес и размеры.

Тяговое сопротивление зависит от свойств грунта, размеров траншей, конструкции траншеекопателя. Упрощенно принимают

<sup>1</sup> Тракторно-лебедочная тяга дренажных траншеекопателей применяется редко.



$$W = kF,$$

где  $W$  — тяговое сопротивление, кг;

$k$  — удельное сопротивление копанию, кг/м<sup>2</sup>;

$F$  — поперечное сечение траншей, м<sup>2</sup>.

Для траншей глубиной 0,7—0,8 м удельное сопротивление копанию колеблется от 8000 кг/м<sup>2</sup> (торф) до 20 000 кг/м<sup>2</sup> (глина). С увеличением глубины копания оно возрастает в 1,5—2 раза.

В нашей стране на строительстве дренажа часто применяют плужные канавокопатели ЛКА-2М и КМ-1400М на тяге 2—3 тракторов Т-100М, получая в минеральных грунтах канаву глубиной до 0,8 м и углубляя ее вручную. За канавокопателем при этом должны работать 20—30 человек, но загрузить его полностью не удастся. Чтобы облегчить доработку траншей, к канавокопателю прицепляют сзади доуглубитель-рыхлитель (рис. 24). В Литовской ССР, где около 25% дренажа укладывается за канавокопателями, применяют удлиненные лемехи, позволяющие довести глубину до 1,0—1,1 м. Тяговое сопротивление при этом, естественно, возрастает.

Наряду с канавокопателями общего назначения известны специальные дренажные траншеекопатели: КМ-1400-МГ (СССР), РД-1 и SP-2А (Польша) и др. Они роют более глубокие и узкие траншеи, имеют регулировку глубины копания, приспособления для укладки труб и т. п. (см. табл. 10).

К достоинствам плужных траншеекопателей относится высокая рабочая скорость ( $\geq 1$ —2 км/час), простота и надежность, а к недостаткам — высокое тяговое сопротивление, ограниченная глубина копания, возможность работать лишь на грунтах без крупных камней ( $d > 0,5$ —0,6 м) и погребенной древесины ( $d > 10$ —12 см), высокая трудоемкость доделочных работ. При использовании существующих канавокопателей определенные неудобства возникают также при заездах на дренаж, особенно у открытых водоприемников, и из-за кавальеров, устроенных по обе стороны траншей.

С увеличением глубины копания с 0,6—0,8 м до 0,9—1,1 м резко возрастает энергоемкость плужных траншеекопателей, а производительность падает. Поэтому плужные траншеекопатели целесообразно использовать в первую очередь для устройства мелкого дренажа (например, дренаж-осушителей).



Плужные траншеекопатели, как правило, однопроходные орудия, рассчитанные на мощные тяговые средства. Для прокладки дренажных траншей за несколько

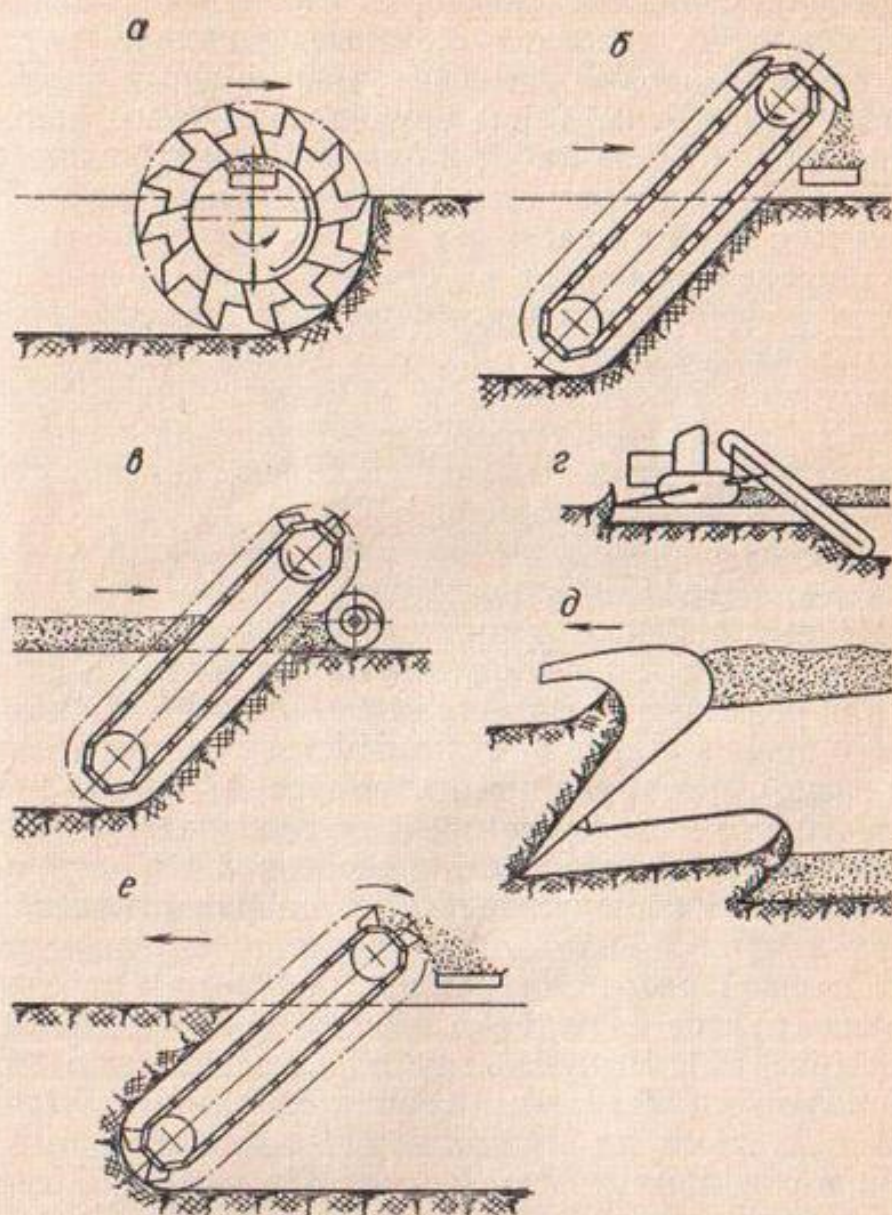


Рис. 24. Схемы траншейных рабочих органов:

*a* — роторный многоковшовый; *б* — цепной многоковшовый; *в* — цепной скребковый; *г* — комбинация плужного и цепного рабочих органов; *д* — плужный рабочий орган с доуглубителем-рыхлителем; *е* — режуще-транспортирующий конвейер.

проходов с помощью тракторов малой и средней мощности служат *дренажные плуги*, состоящие из установленных на раме лемеха, подрезающего слой грунта толщиной 10—12 см, цепного транспортера, поднимающего



этот грунт вверх, и отвала, сбрасывающего его в сторону. Дренажные плуги бывают прицепными и навесными, с приводом транспортера от ходового колеса или от вала отбора мощности трактора. При использовании в благоприятных условиях (связные однородные грунты без камней) производительность дренажных плугов достигает 500 м/день. Такие орудия применимы лишь при небольших объемах работ в благоприятных условиях.

Траншеекопатели непрерывного действия с активным рабочим органом (рис. 24) широко применяют на строительстве дренажа и на других работах, связанных с рытьем траншей. Машина состоит из копающего рабочего органа, ходовой части (самоходное шасси, трактор, прицепное шасси), привода рабочего органа, устройства управления и поддержания требуемой глубины копания, приспособления для укладки дренажных труб и др.

По виду рабочего органа известные траншеекопатели делятся на две группы: роторные и цепные<sup>1</sup>.

Цепные рабочие органы имеют одну или две бесконечные цепи с закрепленными на них ковшами, скребками или режущими периметрами. Цепи огибают раму рабочего органа и приводятся в действие от двигателя экскаватора через трансмиссию. Рабочий орган цепного траншейного экскаватора бывает вертикальным или наклонным; он заглубляется, поворачиваясь вокруг неподвижной оси или перемещаясь по направляющим; имеет гравитационную или инерционную разгрузку грунта. Для лучшей разгрузки ковшей (скребков) от связных, липких грунтов служат устройства принудительной очистки (рис. 25). Вынутый грунт перемещается в сторону специальными отвальными устройствами: ленточными транспортерами на многоковшовых экскаваторах, шнеками и отвалами на скребковых. На раме рабочего органа дренажных экскаваторов установлены обычно приспособления для укладки труб, контроля за глубиной копания и др. Поднимается и опускается рабочий орган, как правило, гидроцилиндрами.

Цепные траншейные экскаваторы предназначены для работы в грунтах I—IV категорий, без включений крупных камней и погребенной древесины. Многоковшовый

---

<sup>1</sup> Машины со шнекофрезерным рабочим органом, аналогичные дренажно-винтовым машинам, встречаются редко.



рабочий орган бесперебойно может работать, если размер камней не превышает  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  ширины траншеи. Скребковый рабочий орган работает бесперебойно, если размер встречающихся камней не превышает  $\frac{1}{3}$  высоты скребка. Многоковшовые экскаваторы предназначены для рытья траншей шириной более 0,4 м, скребковые — более 0,07 м<sup>1</sup>. Глубина копания применяемых в осушении дренажных цепных экскаваторов достигает 2 м, а специальных машин — 4—6 м.



Рис. 25. Устройства для принудительной очистки ковша:

а — очиститель с аксиальной амортизацией, установленный на рабочем органе (ЭТН-171 и др.); б — то же, с тангенциальным амортизатором-защелкой конструкция Лиепайского СМУ (Латвийская ССР); в — самоочищающиеся скребки.

К дренажным машинам с цепным многоковшовым рабочим органом относятся экскаваторы ЭТН-142, ЭТН-171 и ЭТЦ-202 Таллинского экскаваторного завода.

Экскаватор ЭТЦ-202 (рис. 26) предназначен для рытья траншей шириной 0,5 м и глубиной до 2 м в торфяниках и минеральных грунтах I—III категорий с содержанием камней  $d \leq 35$  см.

ЭТЦ-202 состоит из шасси, включающего раму, ходовую часть, двигатель, трансмиссию, пилон, транспортер, органы управления и кабину; рабочего органа с приспособлением для укладки труб; системы поддержания глубины и электрогидросистемы<sup>2</sup>. Сварная рама экскаватора, на которой установлены двигатель, коробка скоростей и другие узлы машины, опирается на две качающиеся многоопорные гусеничные тележки. Гусеницы унифицированы с болотным трактором ДТ-55. Привод

<sup>1</sup> Разновидностью скребковых (фрезерных) машин являются дренажно-щелевые машины, отличающиеся повышенными скоростями резания.

<sup>2</sup> Приспособление для укладки труб и система поддержания глубины копания рассмотрены ниже.



гусениц — цепной, осуществлен через многодисковые бортовые фрикционы, которые служат для управления движением экскаватора и для предохранения трансмиссии от перегрузок. Двигатель Д-50, запускаемый электростартером, через главную муфту сцепления соединен с коробкой скоростей, от которой приводится ходовой механизм, рабочий орган и транспортер. Коробка обеспечивает четыре транспортных скорости, две скорости ковшовой цепи, два диапазона скорости рабочего хода и реверс, а также привод насоса гидравлического ходоумень-



Рис. 26. Экскаватор ЭТЦ-202 в работе.

шителя и отвального транспортера. Ленточный дуговой транспортер, установленный на пилоне, имеет две скорости. Грунт выбрасывается вправо или влево. Органы управления, расположенные в кабине, состоят из рычагов переключения коробки скоростей, редуктора привода транспортера, бортфрикционов, педали главной муфты, рычагов управления гидросистемой, электровыключателей, сигнальных ламп и приборов.

Рабочий орган, шарнирно укрепленный на пилоне, состоит из рамы с направляющими и натяжными роликами; турасного вала с приводными звездочками и очи-



стителем ковшей; двух цепей с двенадцатью ковшами; верхней рамы с приспособлением для укладки труб и кронштейном уклоноуказателя. Привод рабочего органа осуществляется от коробки скоростей через цепную передачу и предохранительную фрикционную муфту, а подъем и опускание — двумя гидроцилиндрами. Приспособление для укладки труб, перемещающееся в дуговых двойных телескопических направляющих, опускается третьим гидроцилиндром. Ковшовая цепь натягивается с помощью натяжного винта и пружины.

Требуемая глубина копания поддерживается по тросу с помощью электрогидросистемы, вручную или автоматически.

Во время рытья траншеи рабочий орган через соответствующие гидроцилиндры опирается либо на шасси, либо на приспособление для укладки труб, а в транспортном положении — на специальные предохранительные стойки.

Рабочий ход осуществляется гидросистемой, которая включает бак, соединительные трубопроводы, панель аппаратуры, насосы НШ-10 и НШ-46, гидродвигатель НПА-64. Последний питается от насоса НШ-64 через гидрораспределитель Р-75В-2 и служит для привода рабочего хода, скорость которого плавно изменяется с помощью дросселя Г-55-24, подключенного параллельно нагрузке. Для запуска двигателя, освещения и сигнализации экскаватор имеет однопроводную электросистему.

*Экскаватор ЭТН-171*, выпускавшийся до 1967 г., отличался от ЭТЦ-202 механическим приводом хода с диапазоном скоростей 52—210 м/час, меньшей глубиной копания (до 1,85 м), конструкцией устройства поддержания глубины, отвального транспортера, ящика-трубоукладчика, коробки скоростей и т. п.

*Экскаватор ЭТН-142*, выпускавшийся до него, не имел ящика-трубоукладчика и автоматического поддержания глубины, копал траншею меньших размеров (0,43×1,6 м), отличался большим весом и габаритами. Однако в тяжелых условиях его производительность и сейчас оказывается в ряде случаев выше, чем у ЭТН-171 и ЭТЦ-202.

*Машины со скребковым (фрезерным) рабочим органом*, предназначенные для рытья узких траншей и особенно распространенные за рубежом, проще и легче многоковшовых, но способны работать лишь в легких



грунтовых условиях. Дренажный скребковый экскаватор ЭТЦ-163 на шасси ЭТЦ-202 подготовлен к выпуску Таллинским экскаваторным заводом. Экскаватор имеет бесступенчатый гидравлический привод рабочего хода, автоматическую систему поддержания глубины по копирующему тросику, приспособления для укладки гончарных и пластмассовых труб, а также для защиты их рулонным материалом от заиливания. Грунт, выбранный цепным экскаватором, укладывается шнековым отвалообразователем по обе стороны от траншеи. Конструкция экскаваторов ЭТЦ-202 и ЭТЦ-163 характерна для цепных дренажных траншеекопателей.

Теоретическая производительность  $\Pi'_0$  многоковшового рабочего органа

$$\Pi'_0 = \frac{3,6V_{\text{ц}} q_{\text{к}}}{T_{\text{к}}} = 0,06zq_{\text{к}} \text{ м}^3/\text{час},$$

а скребкового рабочего органа

$$\Pi'_0 = 3600b_{\text{с}} h_{\text{с}} V_{\text{ц}} \text{ м}^3/\text{час},$$

где  $V_{\text{ц}}$  — скорость цепи, м/сек;

$q_{\text{к}}$  — емкость ковша, л;

$z$  — число разгрузок ковшей в минуту;

$T_{\text{к}}$  — шаг ковшей, м;

$b_{\text{с}}$  — ширина скребка, м;

$h_{\text{с}}$  — высота скребка, м.

Техническая производительность  $\Pi'_\text{т}$ , учитывающая заполнение ковшей (скребков) и разрыхление грунта

$$\Pi'_\text{т} = \Pi'_0 \frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} \text{ м}^3/\text{час},$$

где  $k_{\text{н}}$  — коэффициент заполнения ковшей ( $k_{\text{н}}^{\text{ковш}} = 0,7 \div 1,2$ ;  $k_{\text{н}}^{\text{скребк}} = 0,32 \div 0,74$ );

$k_{\text{р}}$  — коэффициент разрыхления грунта ( $k_{\text{р}} = 1,1 \div 1,3$ ).

Значения  $k_{\text{н}}$  и  $k_{\text{р}}$  зависят от категории грунта и от угла наклона рабочей цепи к горизонту (для скребковых органов). Эффективная (эксплуатационная) производительность<sup>1</sup>

<sup>1</sup> При прокладке траншей разной ширины и глубины производительность траншеекопателей целесообразно сравнивать по площади продольного сечения вырытых траншей

$$\Pi'' = \frac{\Pi'}{b} \text{ м}^2/\text{час}.$$



$$\Pi' = k_b \Pi'_T \text{ м}^3/\text{час},$$

где  $k_b$  — коэффициент использования рабочего времени.

При прокладке дренажных траншей интерес представляет не объем вынутого грунта, а длина вырытых траншей. Поэтому производительность следует определять не в кубометрах, а в погонных метрах за час. При минимально необходимой ширине траншей

$$\Pi = \frac{\Pi'}{bh_{\text{ср}}} \text{ м}/\text{час},$$

где  $b$  — ширина траншей;

$h_{\text{ср}}$  — средняя глубина траншей.

Мощность двигателя ( $N$ ) цепного траншейного экскаватора тратится на копание грунта ( $N_k$ ), его подъем ( $N_{\text{под}}$ ), привод отвальных устройств ( $N_o$ ) и гидросистемы ( $N_r$ ), передвижение ( $N_{\text{пер}}$ ) и составляет

$$N = N_k + N_{\text{под}} + N_o + N_r + N_{\text{пер}}.$$

Основные затраты мощности приходятся на  $N_k$  и  $N_{\text{под}}^1$ .

$$N_k = \frac{k \Pi'_T}{270\,000 \eta_{\text{ц}}} \text{ л. с.},$$

где  $k$  — удельное сопротивление копанию ( $k = 10\,000$ — $40\,000 \text{ кг}/\text{м}^2$ );

$\eta_{\text{ц}}$  — коэффициент полезного действия (к.п.д.) рабочей цепи ( $\eta_{\text{ковш}} \approx 0,6$ ;  $\eta_{\text{скр}} \approx 0,4$ ).

Для многоковшового рабочего органа

$$N_{\text{под}} = \frac{\Pi'_T \gamma \left( \frac{h}{2} + H_o \right)}{270\,000 \eta_{\text{ц}}} \text{ л. с.},$$

где  $\gamma$  — объемный вес грунта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$h$  — глубина траншей, м;

$H_o$  — высота подъема грунта от поверхности земли до точки разгрузки, м.

<sup>1</sup> При работе в липких грунтах значительная часть мощности (до 30%) может тратиться на принудительную очистку ковшей.



Для скребкового рабочего органа

$$N_{\text{под}} = \frac{\pi' \gamma \left( \frac{h}{2} + H_0 \right) (1 + f_1 \operatorname{ctg} \beta)}{270\,000 \eta_{\text{ц}}} \text{ л. с.},$$

где  $\beta$  — угол наклона забоя к горизонту;  
 $f_1$  — коэффициент трения грунта о грунт.

Производительность и энергоемкость цепных траншеекопателей зависит от их конструкции. Повышение производительности ограничивается в первую очередь скоростью цепи ( $\leq 1\text{--}1,2$  м/сек), которую нельзя увеличить из-за роста динамических усилий, и, кроме того, числом ссыпок ковшей в минуту (из-за пересыпания грунта из ковша в ковш), неполной очисткой последних, ограниченной емкостью ковшей при неизменной ширине траншеи, увеличением удельного расхода энергии при уменьшении ширины траншеи и т. п. Эти факторы затрудняют повышение технической производительности цепных дренажных экскаваторов (независимо от мощности привода и ширины траншеи) свыше  $300\text{--}400$  м/час для многоковшовых и  $400\text{--}800$  м/час для скребковых машин<sup>1</sup>.

Над повышением технической производительности цепных рабочих органов и созданием условий для ее реализации работают многие организации в СССР и за рубежом. Для скребковых экскаваторов, обычно плохо работающих в липких грунтах, предложены самоочищающиеся скребки или полуковши (см. рис. 25). На финском экскаваторе «Мага», демонстрировавшемся в Москве на международной выставке сельскохозяйственных машин 1966 г., использованы режущие периметры, защемляющие вырезанный грунт и выносящие его наверх; с помощью неподвижной лопатки грунт выбрасывается на отвальный шнек. Ведутся работы по созданию скоростных бесшарнирных рабочих органов с инерционной разгрузкой грунта и т. д. Однако основным резервом повышения производительности цепных траншеекопателей является их правильный выбор и лучшее использование рабочего времени.

Роторные рабочие органы обычно включают вращающееся вокруг рамы кольцо, на котором укрепле-

<sup>1</sup> Известны скребковые машины, рассчитанные на рабочие скорости до  $1400$  м/час ( $N_{\text{дв}} = 95$  л. с.), однако данных о реализации этих скоростей и износостойкости рабочего органа нет.



ны ковши, скребки или режущие периметры. Известны также рабочие органы с диском, вращающимся на центральной оси. Благодаря своей жесткой и прочной конструкции, роторные рабочие органы способны, как правило, работать в тяжелых условиях и с большей скоростью (до 2—3 м/сек и более), чем цепные, а их к.п.д. ( $\eta_p = 0,6 \div 0,7$ ) — выше, чем у цепных ( $\eta_{ц} = 0,4 \div 0,6$ ). Однако при одинаковых размерах разрабатываемых траншей вес и габариты роторных экскаваторов больше, поэтому они используются для рытья сравнительно неглубоких траншей ( $h \leq 1,4—1,6$  м). Отдельные роторные экскаваторы дают траншею глубиной до 3 м. Роторные многоковшовые рабочие органы применяются обычно для рытья траншей шириной более 0,3—0,4 м, фрезерные — более 0,2 м.

Производительность роторных рабочих органов

$$\Pi'_r = \frac{60 q_k z_k n_p k_n}{k_p} \text{ м}^3/\text{час},$$

где  $n_p$  — число оборотов ротора, мин;  
 $z_k$  — число ковшей.

Благодаря разгрузке ковшей через переднюю кромку роторные экскаваторы допускают значительно большее число ссыпок в минуту, чем цепные, что позволяет путем увеличения скорости ротора и уменьшения расстояния между ковшами значительно повысить производительность.

Мощность двигателя экскаватора во время рытья траншей тратится на привод ротора ( $N_p$ ), на передвижение машины ( $N_{пер}$ ), на привод отвальных устройств ( $N_o$ ) и насоса гидросистемы ( $N_r$ ).

$$N = N_p + N_{пер} + N_o + N_r \text{ л. с.}$$

Основная часть энергии тратится на привод ротора

$$N_p = N_k + N_{под} = \frac{\Pi'_r}{270 \cdot 10^3 \eta_p} \left[ k + \gamma \left( \frac{h}{2} + H_0 \right) \right] \text{ л. с.},$$

где  $\eta_p$  — к.п.д. привода ротора.

В нашей стране роторные экскаваторы для дренажных работ пока не выпускаются<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Роторные траншейные экскаваторы ЭР-7А, ЭТР-131, БТМ и др. предназначены для укладки нефтегазопроводов, кабелей и т. п.



Со временем роторные рабочие органы, очевидно, будут использоваться на машинах для устройства дренажеров глубиной до 1,2÷1,4 м.

Траншеекопатели циклического действия (одноковшовые экскаваторы с обратной лопатой) применяют для выемки грунтов с включениями камней, там, где траншеекопатели и щелерезы непрерывного действия неработоспособны. Техническая производительность экскаватора на рытье траншей зависит от продолжительности цикла (числа циклов в минуту), объема ковша, использования последнего, а также затрат времени на подвижки:

$$\Pi_{\tau} = 60 n q_k \frac{k_n}{k_p} k_n \text{ м}^3/\text{час}$$

или

$$\Pi_{\tau} = \frac{60 n q k_n}{F k_p} k_n \text{ м/час},$$

где  $n$  — число циклов в минуту;

$F$  — средняя площадь поперечного сечения траншеи;

$k_n$  — коэффициент подвижек.

Время цикла ( $t_{\text{ц}} = \frac{60}{n}$ ) складывается из времени копания ( $t_k$ ), времени поворота на выгрузку ( $t'_n$ ), времени выгрузки ( $t_n$ ) и времени обратного поворота в забой ( $t''_n$ ):

$$t_{\text{ц}} = t_k + t'_n + t_n + t''_n \text{ сек.}$$

Продолжительность цикла и доля времени, приходящаяся на каждый его элемент, зависят от местных условий, конструкции экскаватора, сноровки машиниста и т. п., причем на операции, связанные с поворотом оборудования, тратится около половины времени цикла.

Чем тяжелее грунтовые условия, тем длительнее цикл и больше доля времени, приходящаяся на копание.

Одноковшовым экскаватором отрывают либо прямоугольные траншеи для укладки труб на дно, либо трапециевидные — для укладки их на откос (полку). Укладка труб на полку практикуется, если грунт неустойчив, или если в траншею поступает вода. Большее распространение получила укладка труб на дно прямоугольной траншеи, имеющей ширину 0,3 ÷ 0,4 м при укладке труб сверху, и более 0,5 м — при укладке труб



рабочим, находящимся в траншее. В последнем случае для предохранения рабочего от завалов грунтом при глубине траншей более 1,2 м следует применять прицепную скользящую опалубку — дренажный ящик.

Для рытья узких траншей в липких грунтах применяют специальные дренажные ковши с поворотной за-  
слонкой, выбрасывающей грунт из ковша в положении выгрузки. Дренажное оборудование «Teredo» (Англия) отличается установкой ковша на шарнирном параллелограмме и позволяет получить траншею с ровным дном (рис. 27). Такое оборудование успешно применяется в Польше, ГДР, ФРГ и других странах. Для сокращения времени цикла за счет отказа от поворота оборудования в горизонтальной плоскости в ЛатНИИГиМ предложен дренажный ковш с автоматическим боковым выбросом грунта (рис. 28).

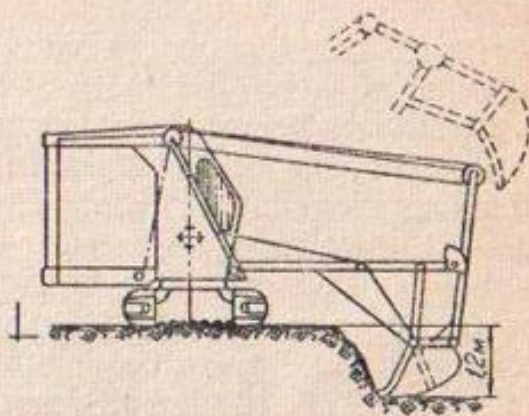


Рис. 27. Схема экскаватора с оборудованием «Teredo» и с принудительной очисткой ковша.

Для рытья сравнительно узких дренажных траншей применяют экскаваторы с объемом ковша 0,15÷0,3 м<sup>3</sup>, с гидравлическим и канатным приводом, самоходные и навесные, с циклом 15—20 сек. Эти экскаваторы можно использовать также для различных земляных и подъемно-транспортных работ на объекте (устройство дренажных сооружений, погрузка и выгрузка материалов и т. п.).

Выработка одноковшовых экскаваторов на строительстве дренажа колеблется в широких пределах в зависимости от грунтовых условий, размеров траншей, способов укладки труб и т. д. В средних грунтовых условиях при глубине траншей 0,8÷1,0 м и при укладке гончарных труб вручную звеном из 3—4 человек выработка составляет 30—40 м/час и больше. На строительстве дренажа выработка экскаватора определяется в большей степени не технической производительностью (временем цикла), а объемом и темпом последующих работ, выполняемых вручную дренажными мастерами. Для



более точного выдерживания глубины и уклона дна траншей лучше всего применять экскаватор с гидроприводом, позволяющим отдельно управлять движениями стрелы и рукояти (ковша).

База, привод, механизмы управления, специальное оборудование дренажных траншеекопателей, а также их компоновка влияют на эксплуатационные свойства машин не меньше, чем конструкция рабочего органа.

Траншеекопатель должен свободно передвигаться и маневрировать на осушаемом объекте, иметь равномерно распределенное удельное давление на почву не более  $0,25-0,35 \text{ кг/см}^2$  (дифферент  $\leq 3-5^\circ$ ). Выполнение этих требований зависит в основном от базы траншеекопателя (тракторов или специальных шасси). Шасси на гусеничном ходу имеют экскаваторы ЭТН-142, ЭТН-171, ЭТЦ-202, ЭТЦ-163 и др. Однако гусеничный ход затрудняет переброску экскаваторов с объекта на объект и замедляет их переезды внутри объекта. Поэтому для работы на предварительно осушенных землях при малых объемах работ и частых переездах целесообразно использовать машины на пневмоколесном ходу, который для увеличения проходимости может быть на арочных шинах или трехосным по схеме «тандем» (рис. 29). Такие машины, как показали испытания, имеют коэффициент маневренности  $k_0=0,93$ , в то время как у ЭТН-171 в тех же условиях  $k_0=0,86$ :

$$k_0 = \frac{T}{T + T_0},$$

где  $T$  — время чистой работы;  
 $T_0$  — время переездов.

Траншеекопатели, базируемые на тракторах, бывают прицепными или навесными. Прицепные машины имеют больший вес и габариты, худшую маневренность, но позволяют легче отделить трактор для других нужд, а также добиться низкого и равномерного удельного давления на почву. К прицепным относятся пассивные траншеекопатели и щелерезы (КМ-1400, ЛКА-2, УДМ-152 и др.), реже дренажные экскаваторы (цепной многоковшовый экскаватор IMER — Польша).

Широкое распространение получили навесные на трактор траншеекопатели (Howard, Raadahl и др.). Однако большой вес рабочего органа и дополнительных



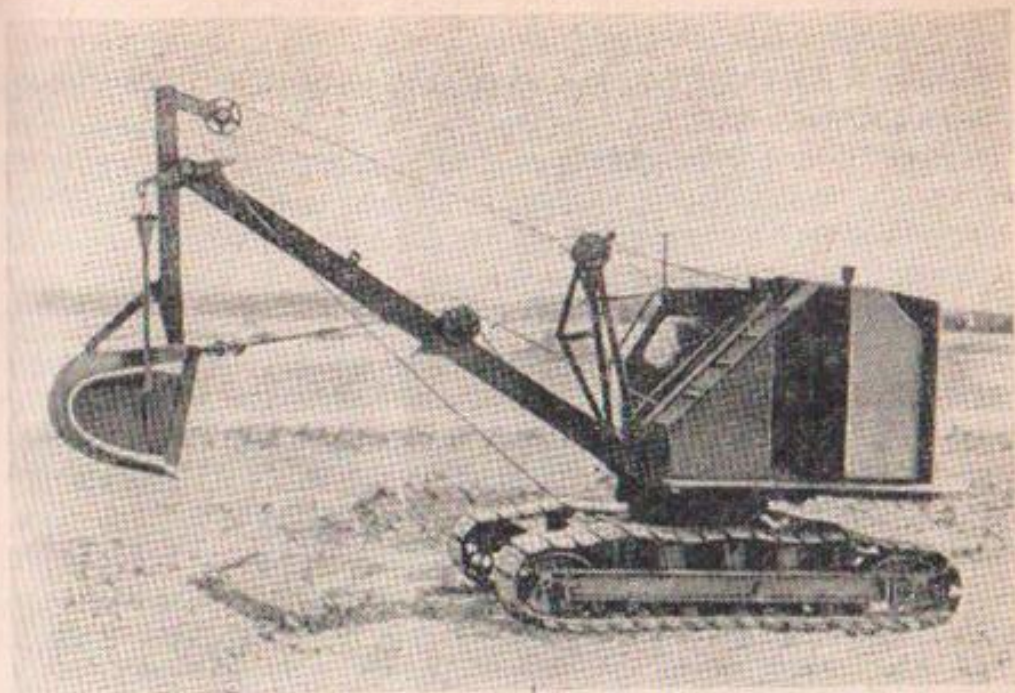


Рис. 28. Экскаватор с оборудованием конструкции ЛатНИИГим с автоматическим боковым выбросом грунта.

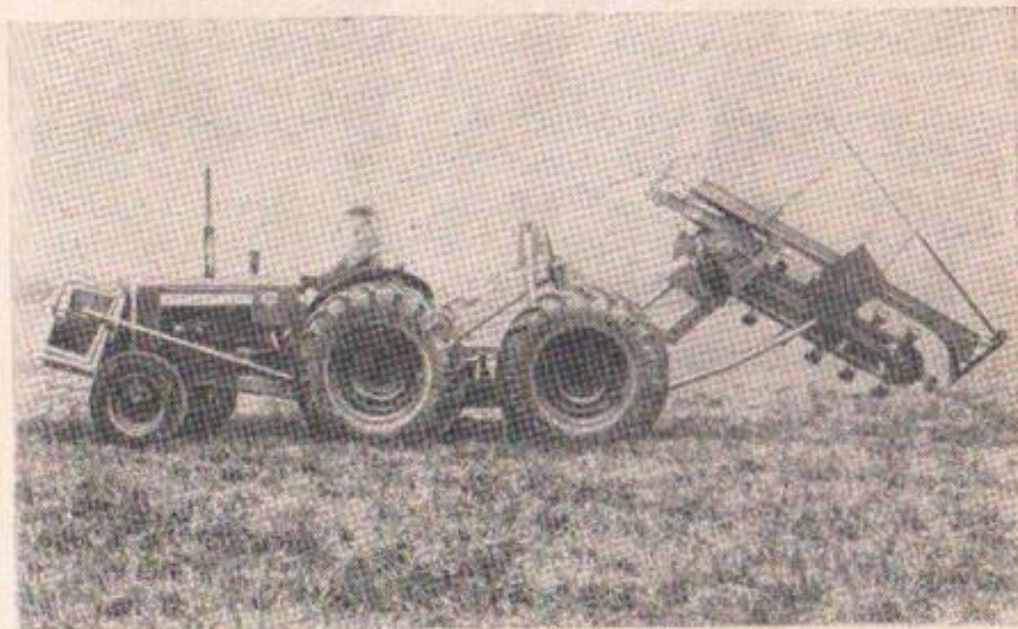


Рис. 29. Экскаватор «Мага» (Финляндия) на шасси «тандем».



устройств ухудшает проходимость машины, недопустимо увеличивая удельное давление на задней кромке гусениц (колес)<sup>1</sup>.

Дренажные экскаваторы приводятся от двигателя внутреннего сгорания, чаще от дизеля. Рабочий орган имеет обычно механическую многоскоростную реверсивную трансмиссию с включенными в нее предохранительными устройствами: срезными штифтами, фрикционными муфтами и др. Отдельные машины снабжены гидроприводом рабочего органа. Привод движителя механический многоскоростной либо смешанный: механический для транспорта и гидрообъемный с бесступенчатым изменением скорости для рабочего хода. Гидрообъемный привод позволяет использовать экскаватор в наивыгоднейшем режиме, открывая путь для дальнейшей автоматизации управления. На современных дренажных экскаваторах гидропривод используется также для подъема-опускания рабочего органа, привода отвального транспортера (в отдельных случаях) и дополнительных устройств и приспособлений. Гидросистемы построены на стандартных узлах (насосы, гидрораспределители, клапаны и т. п.) и рассчитаны на рабочее давление  $70 \div 140 \text{ кг/см}^2$ . Как показывает практика, должный уход и предохранение системы от перегрузок, попадания грязи, воды и подсоса воздуха обеспечивает ее надежность и длительный срок службы.

Большинство дренажных экскаваторов имеет механическое управление, сосредоточенное в кабине. У некоторых зарубежных машин управление вынесено наружу, к рабочему органу. Это позволяет машинисту не только лучше наблюдать за работой, но и управлять глубиной копания по визирам. При автоматическом поддержании глубины машинист может выполнять и некоторые другие работы.

При оценке приемлемости траншеекопателя для строительства дренажа необходимо учитывать такие факторы: работоспособность и проходимость в данных грунтовых условиях, соответствие конструкции дренажа, применяемым материалам и технологии работ, экономический эффект и т. д. Здесь следует сказать о ширине дренажной траншеи, которую часто считают прямо пропор-

<sup>1</sup> Мелиоративные тракторы, предложенные СКБ «Мелиормаш», мощностью 75, 110 и 220 л.с. рассчитаны на навеску дренажных рабочих органов и свободны от этого недостатка.



циональной энергоемкости и стоимости рытья траншей и обратно пропорциональной производительности. В действительности энергоемкость и производительность траншеекопателей мало зависят от ширины траншеи. Узкие траншеи позволяют, уменьшив объем вынутого грунта, облегчить работу отвальных устройств и сузить ширину трассы, однако засыпать узкие траншеи труднее. Расход фильтрующего материала (гравий, шлак и т. п.) при устройстве узкотраншейного дренажа меньше, но устройство соединений дрен, устьев и других сооружений требует дополнительных работ, выполняемых обычно вручную. Узкие траншеи затрудняют также контроль качества работ и исправление дефектов. Поэтому узкотраншейные и бестраншейные машины применимы в первую очередь для устройства дрен-осушителей в однородных грунтах. Если же исправления и доделки вручную неизбежны (работа в грунтах с включениями камней, устройство коллекторов и др.), траншея должна иметь ширину, достаточную для нахождения в ней человека ( $0,45 \div 0,5$  м).

Различные дренажные траншеекопатели имеют свою область оптимального применения (табл. 11). Следовательно, чтобы получить полный эффект от механизации, для строительства дренажа в разных условиях необходимо иметь хотя бы три вида машин:

- 1) узкотраншейные (бестраншейные) непрерывного действия для устройства дрен-осушителей в грунтах без включений (скребковые экскаваторы и т. п.);
- 2) траншейные непрерывного действия для устройства коллекторов в грунтах без включений и для работы в грунтах средней трудности;
- 3) циклического действия для работы в тяжелых условиях (одноковшовый экскаватор).

Эти машины должны быть как на гусеничном, так и на колесном ходу. Повышение технической производительности траншеекопателей может не сопровождаться ростом их выработки, если последующие работы (доделка траншей, укладка труб и др.) отстают от рытья траншей. Поэтому наряду со стремлением повысить техническую производительность траншеекопателей необходимо уделять внимание устройствам и приспособлениям, которые сокращают и ускоряют доделочные работы, в первую очередь устройствам для поддержания требуемой глубины копания и для укладки трубок.



## Поддержание требуемой глубины и уклона траншей (щелей) и автоматизация дренажных траншеекопателей

Важнейшей операцией механизации строительства дренажа, определяющей также возможность выполнения последующих технологических процессов, является поддержание проектной глубины и уклона дна траншей или щели, включающее:

- установку рабочего органа на требуемую начальную глубину;

- равномерное заглубление или выглубление его для получения уклона;

- предотвращение отклонений рабочего органа от заданного положения под действием неоднородности грунта, неровностей трассы и др.

Требования к точности поддержания уклона зависят от природных условий (вид грунта, расход воды и др.), конструкции дрен (вид и диаметр труб, способ защиты от заиливания, уклон) и технологии строительства. Обычно допускают отклонения от проектной линии: до  $\pm 1$  см при  $i \leq 0,3\%$  и  $\pm 2$  см при  $i = 0,5\%$ .

Причинами отклонений дрен от заданной глубины могут быть:

- неправильная установка исходных данных (начальная глубина, уклон и т. д.);

- несовершенство или неправильная эксплуатация машины;

- деформации, возникающие после прохода машины.

Обеспечение глубины и уклона дрен с требуемой точностью — сложная задача, связанная не только с системой регулирования глубины, но и со всей конструкцией траншеекопателя и с условиями его применения.

Простейшим примером поддержания требуемой глубины копания является практикуемое в ирригационном строительстве рытье дренажной траншеи экскаватором, движущимся по спланированной заранее по заданному уклону трассе. Рабочий орган экскаватора, опущенный на определенную глубину, жестко связан с шасси. Неровности трассы копируются в этом случае дном траншеи в увеличенном масштабе.

Лучшие результаты дает «плавающая» навеска рабочего органа с опорой его на заднюю лыжу, движущуюся по дну отрытой траншеи (у бестраншейных машин — на горизонтальную полку, врезающуюся в стенки щели), и



Сводная характеристика дренажных траншекопателей и их применение

| Показатели                                                 | Пассивные (плужные) траншекопатели                                                    | Экскаваторы                                          |                                                                 |                                                                                         |                                                                                         | одноковшовые                                             |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                            |                                                                                       | скребок                                              |                                                                 | многоковшовые                                                                           |                                                                                         |                                                          |
|                                                            |                                                                                       | цепные                                               | роторные                                                        | цепные                                                                                  | роторные                                                                                |                                                          |
| Размеры траншеи (глубина $\times$ ширина), м               | $(0,8-1,0) \times \frac{0,6-2,0}{0,15-0,3}$                                           | $2,0 \times (0,07-0,6)$                              | $1,6 \times (0,2-0,6)$                                          | $(2,5-3,0) \times (0,3-0,6)$                                                            | $2,0 \times (0,3-0,6)$                                                                  | $(2,5-3,0) \times (0,3-0,8)$                             |
| Рабочая скорость, м/час                                    | 500—2000                                                                              | $50-1000$<br>( $\leq 300-400$ )                      |                                                                 | $50-400$<br>( $\leq 250$ )                                                              | $50-600$<br>( $\leq 300$ )                                                              | 15—60                                                    |
| Тяговое сопротивление, т                                   | 5,0—20,0                                                                              | —                                                    | —                                                               | —                                                                                       | —                                                                                       | —                                                        |
| Мощность двигателя, л. с.                                  | 100—300                                                                               | до 150                                               | до 100                                                          | до 100                                                                                  | до 100                                                                                  | до 50                                                    |
| Способность работать на грунтах                            |                                                                                       |                                                      |                                                                 |                                                                                         |                                                                                         |                                                          |
| минеральных с включениями камней $d \leq$                  | 0,5—0,7 м                                                                             | 0,05—0,08 м                                          | 0,05—0,1 м                                                      | $\leq 0,7$ м                                                                            | $\leq 0,7$ м                                                                            | не огранич.                                              |
| торфоболотных с включениями погребенной древесины $d \leq$ | 0,15—0,2 м                                                                            | 0,1—0,15 м                                           | 0,15—0,2 м                                                      | 0,1 м                                                                                   | 0,15 м                                                                                  | .                                                        |
| Оптимальная область применения                             | Строительство дренажной глубины до 0,9—1,0 м (при наличии достаточного числа рабочих) | Строительство дренажных траншей без включений камней | Строительство дренажа в однородных грунтах без включений камней | Строительство дренажа в грунтах без включения крупных камней, строительство коллекторов | Строительство дренажа в грунтах без включения крупных камней, строительство коллекторов | Строительство дренажа в каменных грунтах, ремонт дренажа |



на шасси. Навеской такого типа оборудован плужный канавокопатель ЛКА-2. Изменение глубины копания осуществляется либо изменением высоты точки крепления рабочего органа к шасси, либо изменением положения задней опоры относительно нижней кромки рабочего органа. Другой вид плавающей навески — качающаяся рама применяется на кротодренажных машинах и плу-

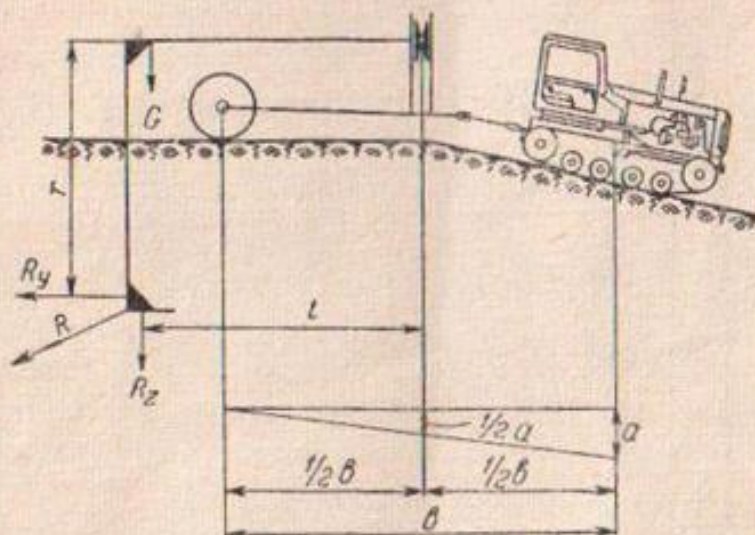


Рис. 30. Схема качающейся рамы кротодренажной машины В-750.

гах. Глубина хода орудий с качающейся рамой определяется равновесием заглубляющего и выглубляющего моментов (рис. 30):

$$(G + R_z)l = R_y r.$$

Изменение глубины копания достигается изменением высоты прицепа и, соответственно, выглубляющего момента.

Описанные способы поддержания требуемой глубины и уклона, не предусматривающие активного вмешательства в процесс рытья траншей или щели, можно назвать пассивными. Они просты и надежны, но не обеспечивают обычно требуемой точности, а также не позволяют прокладывать дрены с искусственным уклоном, так как копируют общий уклон местности. Поэтому в последнее время, как правило, применяют траншеекопатели, обеспечивающие требуемый продольный профиль траншей или щели путем активного вмешательства в рабочий процесс с помощью специальных устройств и



приспособлений, различных по принципу действия, конструкции, получаемой точности и эксплуатационным качествам. Эти устройства имеют общую структурную схему и включают задающее звено (задатчик), сравнивающее звено (датчик рассогласования), промежуточное командное и исполнительное звенья, а также обратную связь. Некоторые из этих звеньев в зависимости от конструктивных решений могут быть видоизменены<sup>1</sup>.

Устройства поддержания глубины и уклона можно сгруппировать по некоторым основным признакам:

вид связи рабочего органа с ходовой частью во время прокладки траншеи (с жесткой опорой на шасси, с плавающей опорой на шасси и с опорой на дно траншеи, с комбинированной опорой на ходовую часть и на дно траншеи);

вид движения рабочего органа траншекопателя при изменении глубины копания (с поворотом рабочего органа вокруг неподвижной оси на базовой машине, с подъемом рабочего органа в направляющих, с поворотом вокруг задней опоры);

число ступеней регулирования (одно-, двух- и много-ступенчатые);

способ задания (контроля) уклона (глубины) (копирные и бескопирные);

способ управления (с ручным и автоматическим управлением, непрерывного, или пропорционального, и импульсного, или релейного действия);

тип командных и исполнительных устройств (механические, гидравлические, электрогидравлические);

наличие и вид устройств для предотвращения или коррекции ошибок поддержания глубины.

Изменять глубину копания можно с помощью механических (канатных, винтовых, реечных) или более распространенных гидравлических механизмов. Рабочий орган имеет либо жесткую связь с шасси, либо плавающую, с поворотом относительно шасси. Соответственно глубина копания регулируется опорой рабочего органа на шасси или на заднюю лыжу, движущуюся по дну траншеи, и выдавливающую своей подошвой желобок для укладки трубок, или, наконец, путем изменения высоты переднего конца качающейся рамы.

<sup>1</sup> Например, в программных бескопирных устройствах нет датчика рассогласования и обратной связи, а датчик уклона объединен с исполнительным звеном.



Для создания искусственного уклона траншеи, прокладываемой машиной с жестким креплением рабочего органа, последний нужно равномерно заглублять или выглублять на величину

$$\Delta h = (i_1 \pm i_2) l,$$

где  $i_1$  и  $i_2$  — требуемый уклон дрена и уклон дневной поверхности;

$l$  — длина дрена.

Однако даже при относительно ровной дневной поверхности машина будет изменять свое высотное и уг-

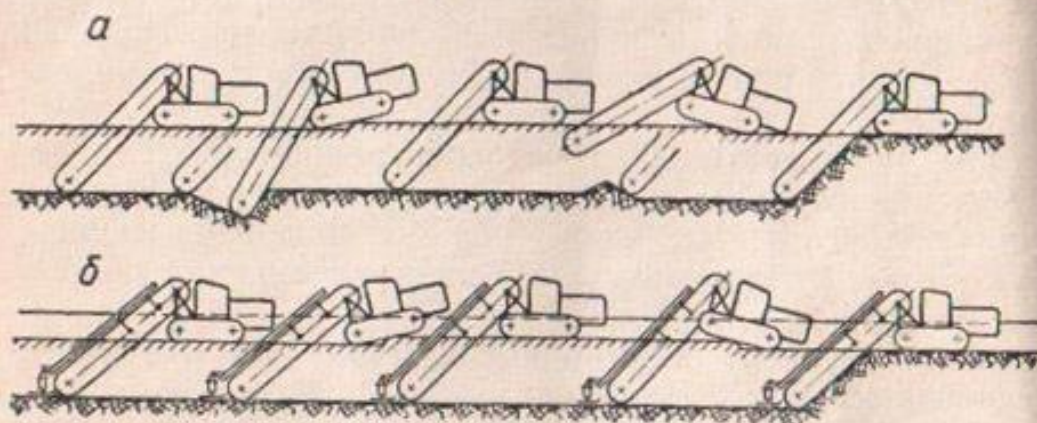


Рис. 31. Профиль дна траншеи при движении экскаватора по неровной поверхности:

*a* — рабочий орган жестко опирается на шасси; *б* — рабочий орган имеет плавающую навеску с опорой на лыжу.

ловое положения из-за переменной плотности и микронеровностей почвы, что приведет к отклонениям от заданной глубины, в увеличенном масштабе копирующим неровности поверхности (рис. 31). Чтобы избежать этих отклонений, нужно приподнять рабочий орган, предупреждая перебор грунта, и опустить его, предупреждая недобор. Последнее особенно трудно, так как экскаватор «переваливается» через препятствие мгновенно, и успеть так же быстро опустить рабочий орган невозможно.

Уменьшить амплитуду вертикальных колебаний рабочего органа можно, приблизив его нижнюю кромку к центру ходовой части или применив плавающую навеску рабочего органа с опорой на заднюю лыжу.

Плавающая навеска рабочего органа с опорой на заднюю лыжу позволяет почти полностью устранить влияние микронеровностей почвы на поддержание глу-



бины копания. Плавающую навеску используют на многих отечественных и зарубежных машинах, глубина копания которых регулируется либо изменением положения лыжи относительно рабочего органа с поворотом его относительно шасси (ЭТЦ-202), либо изменением высоты точки присоединения к шасси с поворотом рабочего органа относительно лыжи («Мага»). Последнее позволяет

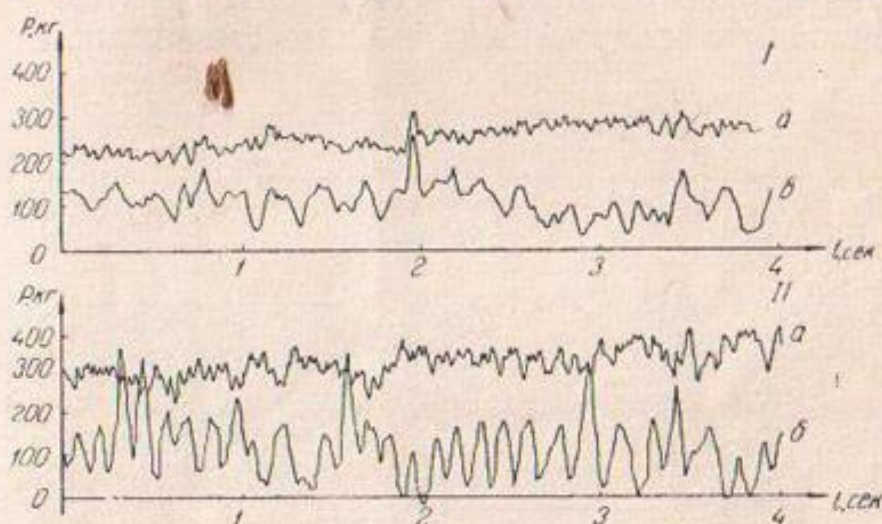


Рис. 32. Давление задней лыжи экскаватора ЭТН-171 на грунт при комбинированной опоре рабочего органа на лыжу и на шасси:

*I* — 1-я скорость ковшовой цепи; *II* — 2-я скорость; *a* — давление на переднюю часть лыжи; *b* — давление на заднюю часть лыжи.

получить очень ровное дно траншей, потому что жесткое крепление опорной лыжи к рабочему органу предупреждает резкое изменение глубины копания. Однако в неустойчивых грунтах при опоре на заднюю лыжу под ней может осесть дно траншей, причем уклоноуказатель, установленный обычно на рабочем органе, не реагирует на эти ошибки, особенно опасные из-за своего случайного характера в грунтах с переменной плотностью. Деформация грунта под лыжей усиливается за счет вибрации, которая создается рабочим органом. Эту вибрацию необходимо учитывать при определении допускаемого удельного давления (рис. 32). Чтобы предупредить просадку грунта под лыжей, можно увеличить опорную площадь последней, либо снизить давление на заднюю опору путем параллельного подключения гидроцилиндров опоры на шасси по так называемой комбинированной схеме. В последнем случае при наезде экскаватора на микронеровность масло будет поступать из гидроцилинд-



ра задней опоры в боковые цилиндры, предотвращая тем самым перебор глубины. При переваливании через неровность масло потечет в обратном направлении и рабочий орган поднимется лишь на некоторую высоту (меньшую, чем высота подъема при жестком креплении рабочего органа). Учитывая конструктивные особенности дренажных траншеекопателей, опору на лыжу целесообразно применять в плотных, устойчивых грунтах, а комбинированную схему — в слабых и неустойчивых.

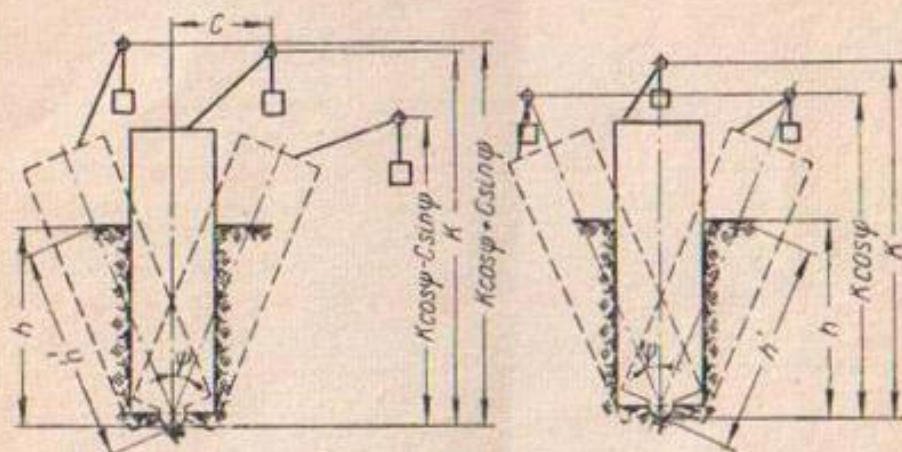


Рис. 33. Зависимость глубины траншей и высоты уклоноуказателя над дном траншей от поперечного наклона.

На глубину копания, помимо продольного рельефа поверхности трассы, влияет ее поперечный рельеф. Действительно, при одинаковом заглублении ( $h'$ ) рабочего органа траншеекопателя глубина траншей ( $h$ ) при различном поперечном уклоне дневной поверхности будет различной: на ровном месте  $h = h'$ , на косогоре  $h = h' \cdot \cos \psi$  (рис. 33).

Погрешность, возникающая при этом, составляет  $\Delta h' = h' - h = h'(1 - \cos \psi)$ . Поперечный наклон рабочего органа траншеекопателя вызывает также перегрузки и поломки машины, ухудшает качество траншей.

Поэтому в некоторых зарубежных дренажных экскаваторах предусмотрено устройство для удержания рабочего органа в вертикальной продольной плоскости (рис. 34). Чаще, однако, для предотвращения возникающих из-за поперечного уклона ошибок используют различные корректирующие устройства.

Устройства для поддержания требуемой глубины и уклона. В процессе прокладки



траншей или щелей их глубина и уклон задаются бескопирными или копирными устройствами.

*Бескопирные* (автономные) устройства могут заглублять или выглублять рабочий орган:

1) по программе в зависимости от пройденного пути  $\Delta h = f(l)$  или времени  $\Delta h = f(t)$ ;

2) в зависимости от результатов сравнения полученного уклона с заданным. Первые работают без обратной связи (незамкнутые), вторые — с обратной связью по углу между дном траншеи и горизонтом (замкнутые).

1. Устройства, работающие в зависимости от пройденного пути, выполнены в виде механической передачи между ходовым оборудованием и подъемным механизмом рабочего органа (рис. 35). Требуемый уклон достигается установкой соответствующего передаточного отношения. Из-за копирования рельефа местности и пробуксовывания ходового оборудования эти устройства дают значительную ошибку, кроме того, их механический привод довольно громоздок и тяжел.

Для поддержания требуемого уклона по программе  $\Delta h = f(t)$  обычно используют гидравлические устройства с подъемным гидроцилиндром и дросселем — регулятором расхода, включенным в сливную магистраль и обеспечивающим постоянную скорость движения штока цилиндра. Такие устройства использовались на кротодренажных машинах ДКГ-55 и ДКГ-100, а также на дренажном плужном траншеекопатель КМ-1400 МГ конструкции ЦНИИМЭСХ (рис. 35).

Гидравлические бескопирные программные устройства совершеннее механических, однако и у них есть существенные недостатки: отсутствие обратной связи, позволяющей контролировать получаемый уклон, недостаточная точность, возможность накопления ошибок, копирование рельефа местности и т. д.

Оба способа управления рабочим органом по про-

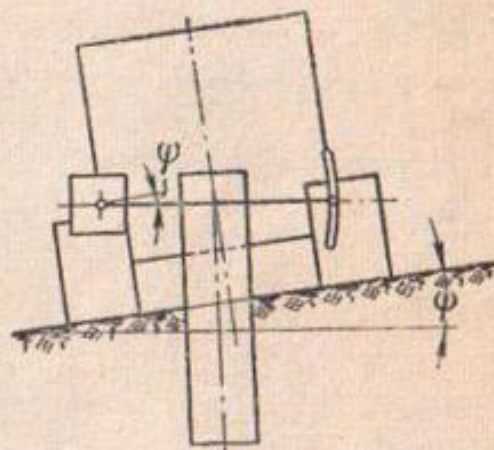


Рис. 34. Экскаватор с устройством для удержания рабочего органа в вертикальной плоскости.



грамме не обеспечивают выполнения требований, предъявляемых к строительству материального дренажа, поэтому их применяют лишь для прокладки кротового и щелевого дренажа.

2. Бескопирные устройства, сравнивающие получаемый уклон с заданным, включают датчик действительного уклона траншеи или щели, датчик продольной

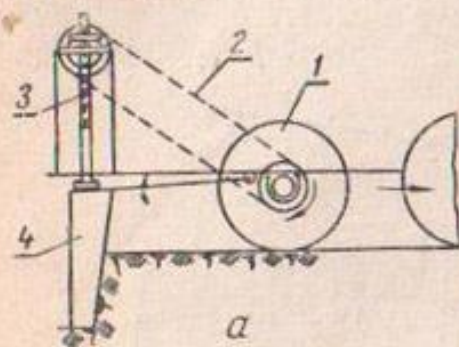
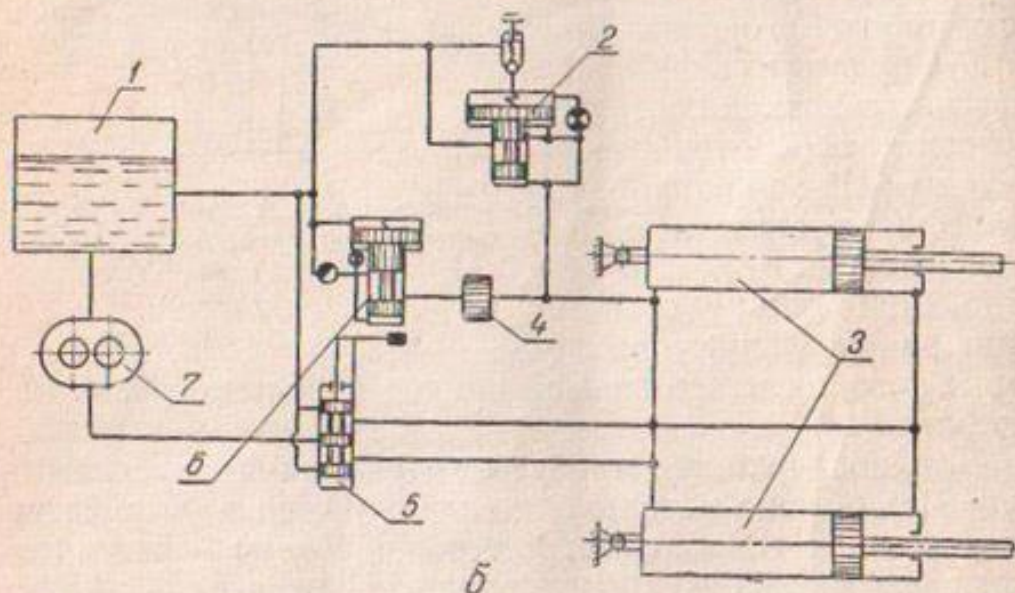


Рис. 35. Устройства поддержания уклона по программе:

*a* — в зависимости от пройденного пути, механическое; 1 — ходовое колесо; 2 — механическая передача; 3 — подъемный винт; 4 — рабочий орган; *b* — в зависимости от времени, гидравлическое; 1 — бак; 2 — клапан предохранительный; 3 — гидроцилиндр; 4 — фильтр пластинчатый Г41-41; 5 — распределитель Р-40/75; 6 — дроссель с регулятором Г55-14; 7 — насос НШ-60.



линии горизонта, задатчик требуемого уклона, сравнивающее сигнальное и исполнительное звенья.

Действительный уклон дна траншеи определяют по разности уровней двух его точек  $\Delta h_n$ , причем, чтобы уменьшить погрешность от запаздывания срабатывания, одну из них совмещают с нижней кромкой рабочего органа, а вторую берут на лыже, движущейся за рабочим органом. Для повышения точности определения действительного уклона  $i = \frac{\Delta h_n}{l_n}$  расстояние между этими точками  $l_n$  стараются увеличить насколько возможно по конструктивным соображениям.



Продольная линия горизонта определяется с помощью маятника, гировертикали, уровня или сообщающихся сосудов.

Простейшим сравнивающим бескопирным устройством является маятниковое. Такое устройство построено и установлено, например, на американском роторном траншейном экскаваторе (рис. 36). Оно включает маятник, который помещен в корпусе, наполненном маслом,

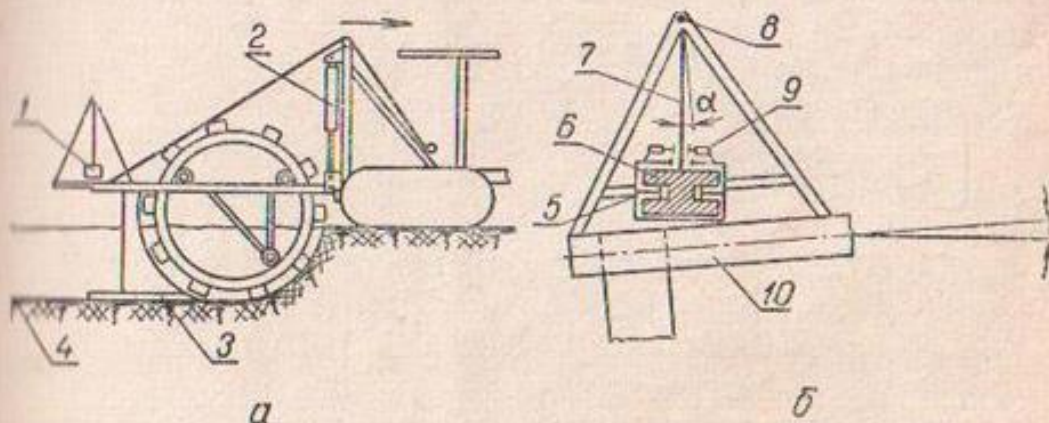


Рис. 36. Бескопирное маятниковое устройство на роторном экскаваторе (а); маятник с гидравлическим демпфером (б):

1 — маятник; 2 — гидроцилиндр подъема; 3 — лыжа; 4 — дно траншеи; 5 — демпфирующая жидкость; 6 — маятниковый груз; 7 — стержень; 8 — шарнир; 9 — электроконтакт; 10 — рама рабочего органа.

демпфирующим колебания маятника. Корпус, в стенках которого есть две пары контактов — цепей тонкого и грубого регулирования, установлен на раме рабочего органа, опирающегося во время работы на жестко присоединенную к нему заднюю лыжу. При изменении разности уровней нижней кромки рабочего органа и задней лыжи происходит поворот корпуса относительно маятника, который сохраняет свое вертикальное положение, замыкание соответствующего контакта цепи электрогидравлического золотника и подъем или опускание рабочего органа до тех пор, пока цепь не разомкнется. Величина заданного уклона (начальное рассогласование) задается соответствующей установкой контактов (корпуса), а автоколебания предотвращаются подбором демпфирующей жидкости и рабочего зазора между маятником и контактами.

Близкие к такому типу отечественные маятниковые датчики с электрическим потенциометром применяют для автоматической установки пожа грейдера.



Наряду с маятником датчиками горизонта могут служить также уровень и сообщающиеся сосуды. Последние нашли применение в опытном устройстве, разработанном во ВНИИГиМе и установленном на экскаваторе ЭТН-171 (рис. 37). Для настройки на заданный уклон устанавливают необходимое превышение нижней кромки рабочего органа над лыжей. Чувствительность датчика увеличивается с удлинением базы и с уменьшением

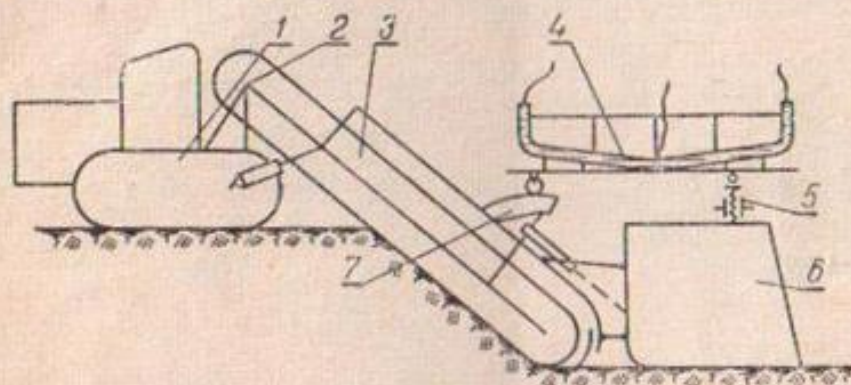


Рис. 37. Бескопирное устройство с сообщающимися сосудами:

1 — шасси; 2 — шарнир крепления рабочего органа; 3 — рабочий орган; 4 — сообщающиеся сосуды; 5 — винт регулировки уклона; 6 — задняя лыжа; 7 — дуговой копир.

зазора в контактах, что, однако, может привести к появлению автоколебаний. Последние устраняются демпфированием жидкости и выбором соответствующих скоростей подъема-опускания рабочего органа и поступательного движения экскаватора.

Устройства с маятниками и сообщающимися сосудами очень просты, но им свойственны недостаточная точность, возможность самокопирования и накопление ошибок, объясняющиеся тем, что контролируется лишь требуемый уклон траншеи без измерения ее глубины.

Ведь если рабочий орган траншеекопателя по какой-либо причине заглубился дополнительно на  $\Delta h$  см и до момента подъема проложил на глубине  $h + \Delta h$  участок длиной  $l_{\text{деф}}$ , больше  $1/2$  длины лыжи, на которую опирается задний конец уклонодатчика, то при попадании лыжи на дефектный участок вновь будет подана команда на опускание рабочего органа и т. д. В зависимости от грунтово-рельефных условий и конструктивных параметров траншеекопателя и устройства поддержания глубины (рабочая скорость, скорость подъема-опускания ра-



бочего органа и т. п.) возникающие ошибки либо затухают, либо нарастают, накапливаются, превышая допустимые величины.

Отсутствие контроля глубины у бескопирных устройств может быть в принципе возмещено «запоминанием» отклонений и возвращением рабочего органа в заданное положение. В ЦНИИМЭСХ разработано устройство с бескопирным датчиком — гировертикалью ЦГВ-4 и корректором для предотвращения накопления ошибок. Возможно, в будущем подобные устройства найдут применение на скоростных траншеекопателях и шелерезах, работающих в однородных грунтах.

Представляет интерес также установка корректоров на более простые бескопирные устройства с маятником или с сообщающимися сосудами. Но пока бескопирные устройства недостаточно точны. Операции по установке этих устройств для рытья траншей с требуемыми параметрами довольно трудоемки, особенно на коротких дренах, при переменных уклонах, повторных подъемах и заглублениях рабочего органа из-за обхода камней и других препятствий. Кроме того, при бескопирном поддержании глубины нет привязки для контроля за качеством проложенных дрен, что затрудняет их исправление.

*Копирные устройства*, применяемые на строительстве материального дренажа позволяют контролировать и глубину, и уклон прокладываемых траншей, т. е. сравнивать действительное положение рабочего органа траншеекопателя с заранее заданным по проектным отметкам с помощью копирной линии — задатчика требуемой глубины и уклона. Для этого на рабочий орган устанавливают специальный датчик — уклоноуказатель, тип которого зависит от применяемых копиров. В качестве последних используют натянутую нить (тросик, проволока), линейку, луч света или пучок радиоволн. Соответственно управление глубиной копания осуществляется вручную или автоматически по визиркам, по световому лучу, по пучку радиоволн и по копирному тросику. Простейший из этих способов — регулирование глубины по визиркам-мишеням, установленным так, чтобы через них проходила копирная линия, параллельная проектному дну траншеи.

Машинист траншеекопателя наблюдает за положением уклоноуказателя рабочего органа, стараясь совместить его с мишенями при помощи механизма подъема,



управляемого вручную. При этом рабочий орган отрывает траншею, глубина которой ( $h$ ) равна высоте установки уклоноуказателя над нижней кромкой рабочего органа ( $K$ ) за вычетом высоты копирной линии над землей ( $H$ ).

$$h = K - H.$$

Мишени устанавливаются либо впереди по ходу машины (машинист находится позади рабочего органа), либо сзади. Расстояние до ближайшей мишени должно не превышать 30—50 м и быть меньше расстояния между мишенями. Обычно пользуются тремя мишенями, что облегчает последовательную перестановку мишеней по мере движения траншеекопателя (рис. 38, а).

Постоянное наблюдение за визирами утомляет рабочего, а это сказывается на точности поддержания глубины. Чтобы облегчить работу и повысить точность поддержания глубины, предусматриваются устройства, предотвращающие резкие изменения глубины копания (опора на лыжу и т. п.), демпфирование уклоноуказателя, рациональная форма и окраска мишеней. Хотя визирному способу и свойственны недостатки (невозможность автоматизации, недостаточная точность, утомляемость рабочего), но благодаря простоте его применяют при работе ряда зарубежных, а также наших дренажных машин (ДМТ-1800, ВНИИГиМ, МЭД-1, ВНИИТП и др.).

Близко к визирному устройство для управления по световому пучку (рис. 38, б). Однако из-за сложности конструкции и отсутствия преимуществ перед визирным этот способ не нашел применения, хотя и получил дальнейшее развитие в других устройствах. На этой основе был разработан способ телеуправления глубиной копания с пульта, находящегося в начале дрены и включающего нивелир (теодолит), направленный по копирной линии, и прибор дистанционного управления исполнительным механизмом поддержания глубины. Наблюдатель через окуляр следит за положением рабочего органа и при помощи дистанционного управления поднимает или опускает его. Для связи между пультом управления и машиной служат передатчик на пульте и приемник с усилителем на машине. Наибольшая погрешность навесного плужного траншеекопателя, оборудованного таким устройством в СевНИИГиМ, составляла при скоро-



сти 750 м/час 2—3 см на длине траншеи 150—200 м, что является удовлетворительным показателем.

Большой практический интерес представляют устройства для автоматического поддержания глубины по лучу света или пучку радиоволн. Они бывают двух типов.

К первому относится устройство, включающее установленный по концам трассы источник модулированного

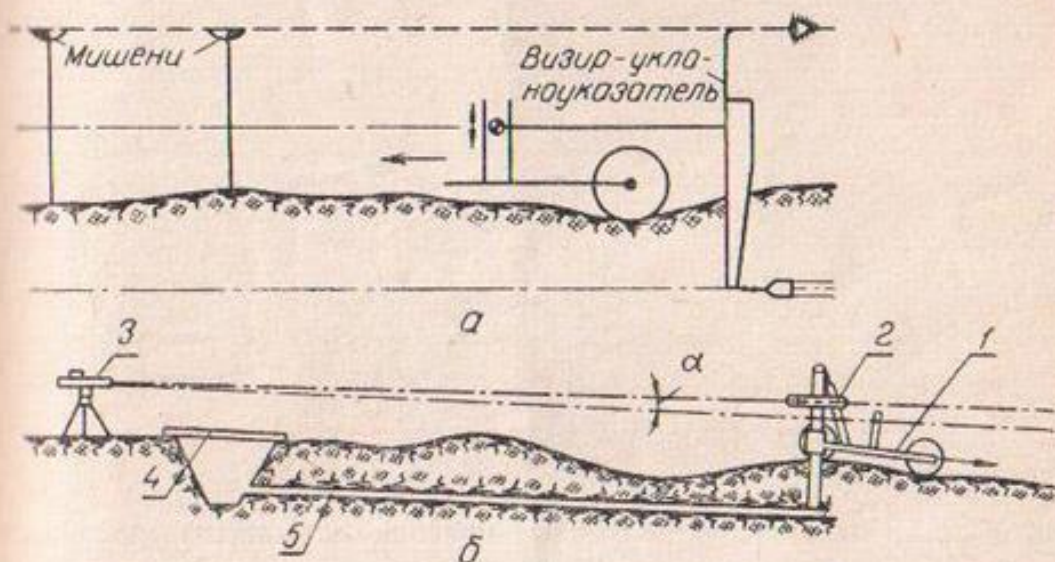


Рис. 38. Поддержание глубины копания по визирам (а); по оптической копирной линии (б).

1 — дренажная машина; 2 — смотровой ящик; 3 — световой нивелир; 4 — установочные доски над коллектором; 5 — кротовая дрена.

светового луча и фотоприемник с коротковолновым передатчиком, а также укрепленный на рабочем органе уклоноуказатель-мишень (рис. 39). Передатчик усиливает сигналы фотоприемника и передает их как сигналы управления приемнику, установленному на траншеекопатель. Линия, соединяющая источник света и фотоприемник, является также копирной линией, поднятой от проектной линии дрены на высоту  $K$ . Если при прокладке дрены уклоноуказатель преграждает путь лучу света от источника к приемнику, рабочий орган поднимается, а если открывает — опускается.

Такой способ является по существу автоматизированным визированием по трем точкам. К его недостаткам относится наличие двух комплектов переносного оборудования и потребность в приемнике и передатчике, а к достоинствам — сравнительно простая конструкция источника света и способа установки (только по высоте).



К другому типу относятся устройства с копирной линией — узким лучом света или УК радиоволн, наведенным под углом, соответствующим уклону дрены, и с фотоприемником, установленным на рабочем органе дренажной машины. Эти устройства удобнее первых, так как имеют лишь один комплект переносного оборудования — источник луча с системой наведения, а вместо

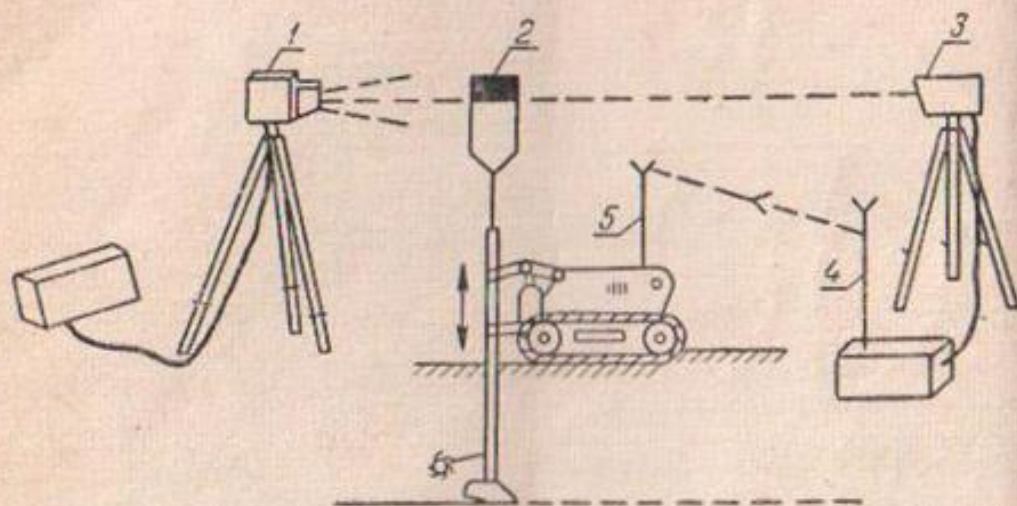


Рис. 39. Поддержание глубины копания автоматизированным визированием:

1 — источник света (прожектор); 2 — уклоноуказатель-мишень (заслонка), установленный на рабочем органе; 3 — фотоприемник с усилителем; 4 — передатчик команд; 5 — приемник команд.

приемника и передатчика — лишь усилитель к фотоприемнику.

Реализации таких устройств долго мешала трудность получения узкой сигнальной зоны. В приборе ПУЛ-3, предложенном ЛИТМО и испытанном в 1966 г. Прибалтийской МИС, сигнальная зона образуется границей двух лучей, модулированных разными частотами. ПУЛ-3 состоит из прожектора — задатчика уклона, фотоприемника с электронным усилителем и пульта управления (рис. 40).

Для визуального контроля и ручного управления пульт управления ПУЛ-3 снабжен сигнальными лампами и кнопками. Задатчик уклона ПУЛ весит 38,1 кг (прожектор со штативом — 16,8 кг и аккумулятор — 21,3 кг), поэтому установка его на трассах весьма трудоемка. Для установки и наведения прибора, а также для наблюдения за ним требуется специальный оператор.

Применение ПУЛ пока убыточно и ведет к повышению трудоемкости работ на 15% и прямых затрат на



13,4% по сравнению с применением копирного тросика, так как требует дополнительных работ при переносе проекта в натуру и подготовке трассы. Последующий контроль за качеством проложенных дрен также затруднен, устройство дрен с переменным направлением и уклоном (ломаных) требует дополнительных переустановок ПУЛ и т. д. Однако в случае устранения некоторых конструктивных недостатков и разработки соответствующей технологии строительства дренажа применение ПУЛ может стать рентабельным.

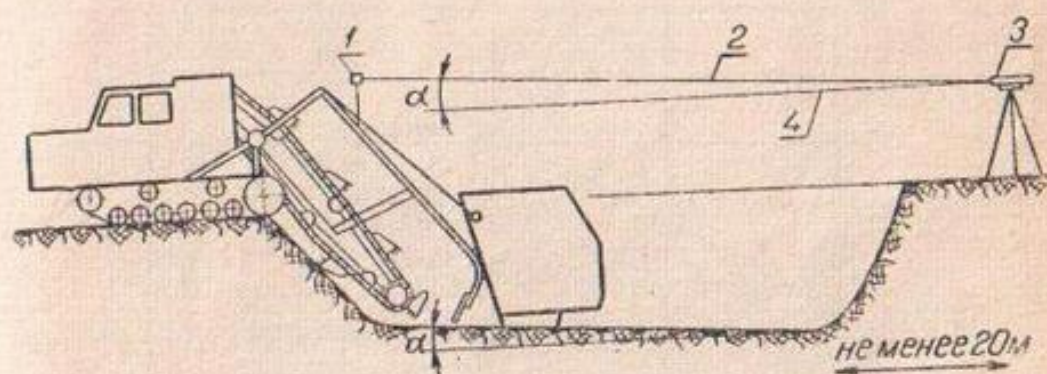


Рис. 40. Автоматическое поддержание глубины копания по направленному лучу (ПУЛ-3):

1 — фотоприемник; 2 — линия заданного уклона; 3 — прожектор; 4 — линия горизонта.

Широкое распространение получили дренажные машины, в которых *копиром* — задатчиком глубины и уклона прокладываемой дрены *служит* тонкий тросик, натянутый над проектной линией дрены на высоте  $K = h + H$  и смещенный в сторону от продольной оси дрены на расстояние, достаточное для беспрепятственного движения траншеекопателя. При рытье траншеи или щели по тросику скользит щуп уклоноуказателя, установленного на рабочем органе машины. Так работают все отечественные дренажные экскаваторы и некоторые зарубежные. Для установки тросика служат промежуточные опоры (штативы), выставляемые по данным нивелировки на высоту  $H = K - h$  над землей, и концевые колья<sup>1</sup>.

На точность поддержания глубины влияет провисание тросика  $y$ , зависящее от усилия натяжения  $W$ , рас-

<sup>1</sup> Величина  $K$  зависит от конструкции траншеекопателя и указывается в его описании.



стояния между опорами  $l$ , веса 1 п. м тросика  $\mu$  (т. е. от диаметра тросика):  $y = \frac{\mu l^2}{8W}$ . Усилие натяжения тросика ограничено податливостью концевых колец, а снижение его удельного веса — прочностью. Сокращение расстояния между опорами эффективно снижает провисание тросика, но увеличивает число опор и трудоемкость их

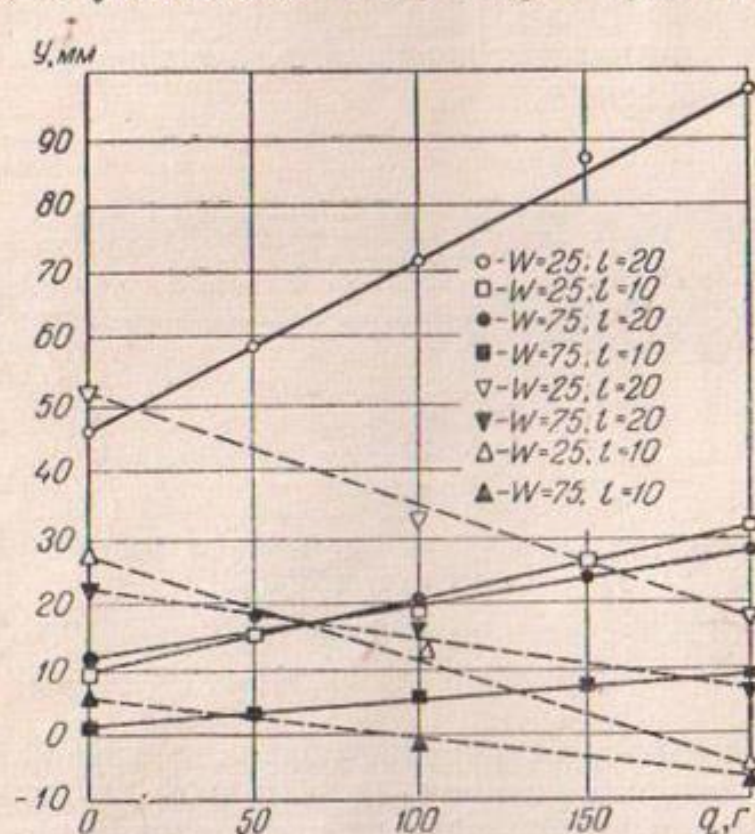


Рис. 41. Зависимость провисания копрного тросика 2 мм от натяжения ( $W$ ), расстояния между опорами ( $l$ ), величины и направления давления щупа на тросик ( $q$ ) сверху (сплошная линия) или снизу (пунктирная линия).

установки. Поэтому расстояние между опорами должно быть не более 8—10 м, диаметр тросика — 1,5—2,5 мм, усилие натяжения — до 40—50 кг. Провисание тросика зависит также от силы давления щупа на тросик и его направления (рис. 41). Применение щупа, скользящего под тросиком, позволяет значительно уменьшить погрешность поддержания глубины копания, возникающую из-за провисания тросика. Однако это неудобно при частых выглублениях рабочего органа (на каменистых грунтах и т. п.) из-за необходимости ручной заправки щупа под тросик. Принимая все это во внимание и пола-



гая, что на долю ошибки копира приходится не более  $\frac{1}{3}$  общей ошибки, целесообразно считать допустимым провисание тросика с учетом давления щупа 1 см. При этом для упомянутых уже условий ( $d=2$  мм;  $W=50$  кг;  $l=10$  м) давление щупа на тросик не должно превышать 100—150 г.<sup>1</sup>

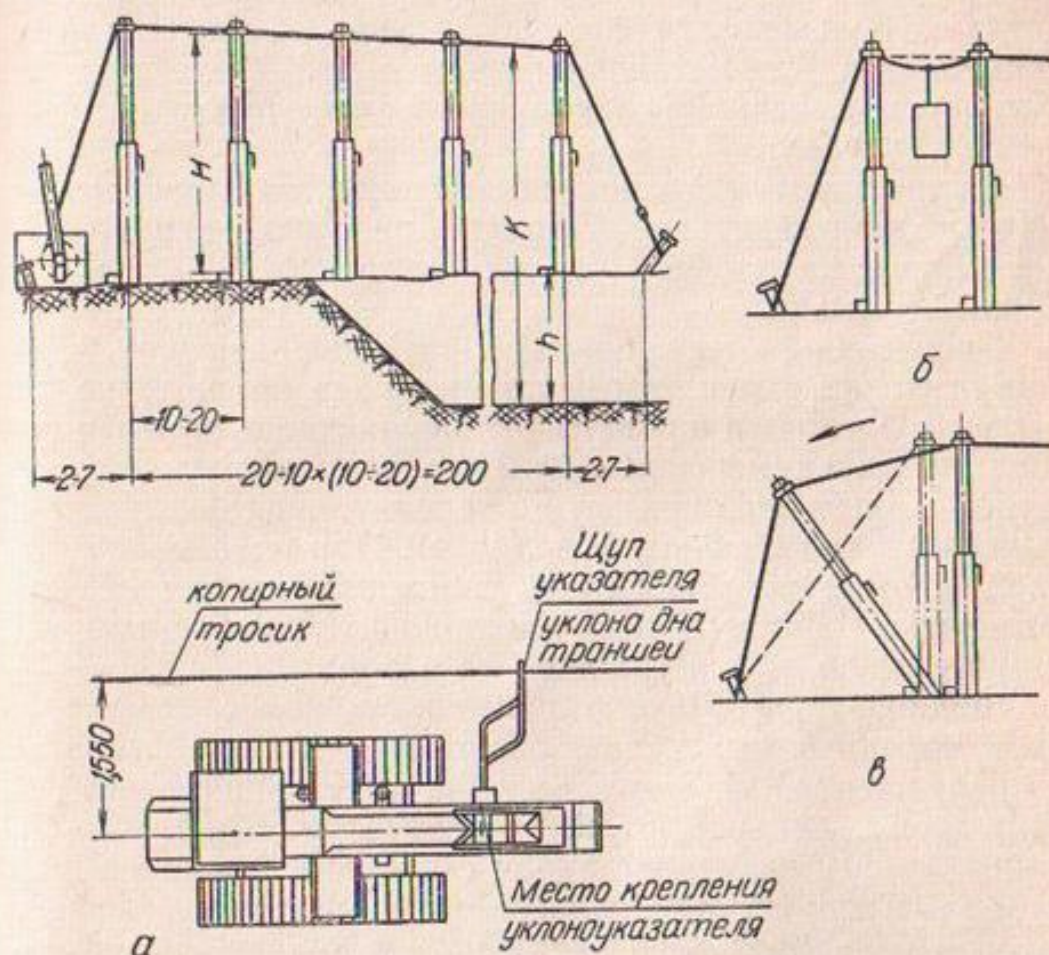


Рис. 42. Установка копирного тросика и способы его натяжения:  
а — катушкой-лебедкой; б — грузом; в — распорным колом.

Для лучшего использования машинного времени у траншекопателя должны быть два комплекта копирного тросика и опор, что позволяет во время рытья одной траншеи устанавливать тросик на трассе следующей. Время установки тросика на дрене длиной 120—150 м около 15—20 мин. Эту работу выполняет обычно помощник машиниста экскаватора.

<sup>1</sup> В действительности влияние провисания тросика на точность поддержания глубины оказывается несколько меньше расчетного и полученного при статических опытах из-за влияния вибрации рабочего органа, переменного давления щупа и упругости тросика.



Опоры расставляют на пикетах по проектным отметкам (через 20 м) и дополнительно по 1—2 в промежутках между пикетами — на глаз.

Копирный тросик длиной около 200 м намотан на катушку. Последняя иногда используется и как лебедка для натяжения тросика. Некоторые машинисты предпочитают пользоваться вместо катушек более легкими распялками. Для натяжения тросика пользуются упомянутой уже лебедкой, распорным колом, грузом или воротком (рис. 42).

С тросиком — задатчиком уклона взаимодействует щуп уклоноуказателя — датчика рассогласования, укрепленного на рабочем органе, на высоте  $K$  над его нижней кромкой.

Простейший механический уклоноуказатель — это щуп-стрелка, укрепленный шарнирно в кронштейне на рабочем органе. К кронштейну неподвижно прикреплен экран с делениями (шкалой). По отклонениям на экране щупа, скользящего концом по тросику, судят о точности выдерживания глубины (рис. 43, а). При поперечном наклоне траншеекопателя такой уклоноуказатель дает значительную ошибку, пропорциональную углу наклона и расстоянию от оси траншеи до копирного тросика.

Мелиораторы Латвии пользуются более совершенным механическим уклоноуказателем, который состоит из подвешенной на шарнире к кронштейну рабочего органа горизонтальной штанги с противовесом и груза. На конце штанги закреплен экран с делениями и шарнирно укреплен щуп-стрелка. Благодаря шарнирному подвесу штанга сохраняет горизонтальное положение независимо от поперечного наклона траншеекопателя, что почти полностью устраняет ошибку по этой причине (рис. 43, б; 44). При отклонении рабочего органа от заданной глубины скользящий по тросику щуп-стрелка поворачивается относительно штанги и укрепленного на ней экрана, указывая машинисту на необходимость подъема или опускания рабочего органа. На экскаваторах ЭТН-142 и ЭТН-171 применялся электроконтактный уклоноуказатель, состоящий из шарнирно подвешенной на рабочем органе контактной коробки с грузом и щупа-стрелки (рис. 43, в). При отклонении рабочего органа от заданной глубины щуп, скользящий по тросику, поворачивается и замыкает контакт цепи одной из двух сигнальных



ламп, находящихся в кабине. По этому сигналу машинист поправляет положение рабочего органа.

Существенная разница между описанными механическим и электроконтактным уклоноуказателями заключается в том, что у первого при различных показаниях стрелки равновесие не нарушается, так как во всех случаях распределение давления стрелки на конец штанги

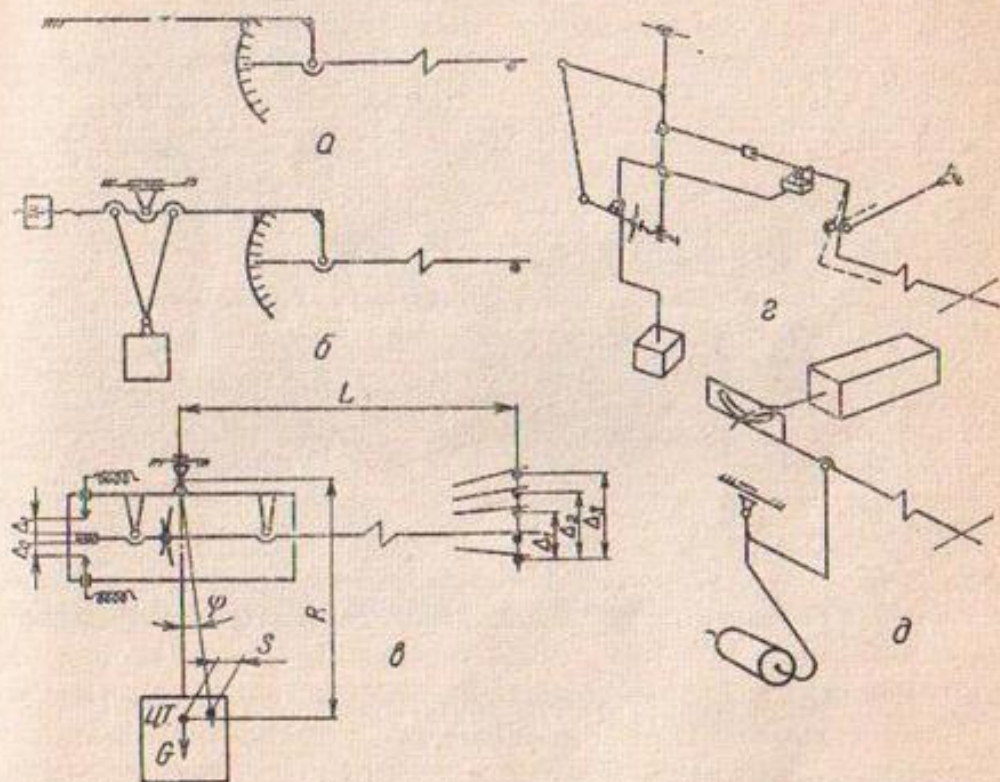


Рис. 43. Схемы уклоноуказателей:

а — простейший механический; б — механический на шарнирном подвесе; в — электроконтактный (ЭТН-142); г — электроконтактный (ЭТЦ-202); д — бесконтактный гидравлический.

и на копирный тросик почти не меняется. Это, безусловно, способствует устойчивости механического уклоноуказателя. У электроконтактного же уклоноуказателя при упоре сектора в контакт изменяется усилие, с которым щуп давит на тросик, и возникает сила, выводящая маятниковый груз уклоноуказателя из нейтрального положения. Поскольку при возвращении рабочего органа в заданное положение эта сила исчезает или меняет свое направление, возникает «раскачка» уклоноуказателя, которая при определенных условиях приводит к колебаниям системы и нарушению ее нормальной работы.



Электроконтактные уклоноуказатели сложнее механических. При увеличении зазора в контактах они теряют чувствительность, а при уменьшении — частым миганием сигнальных ламп утомляют машиниста, что опять-таки снижает точность работы. Поэтому при управлении

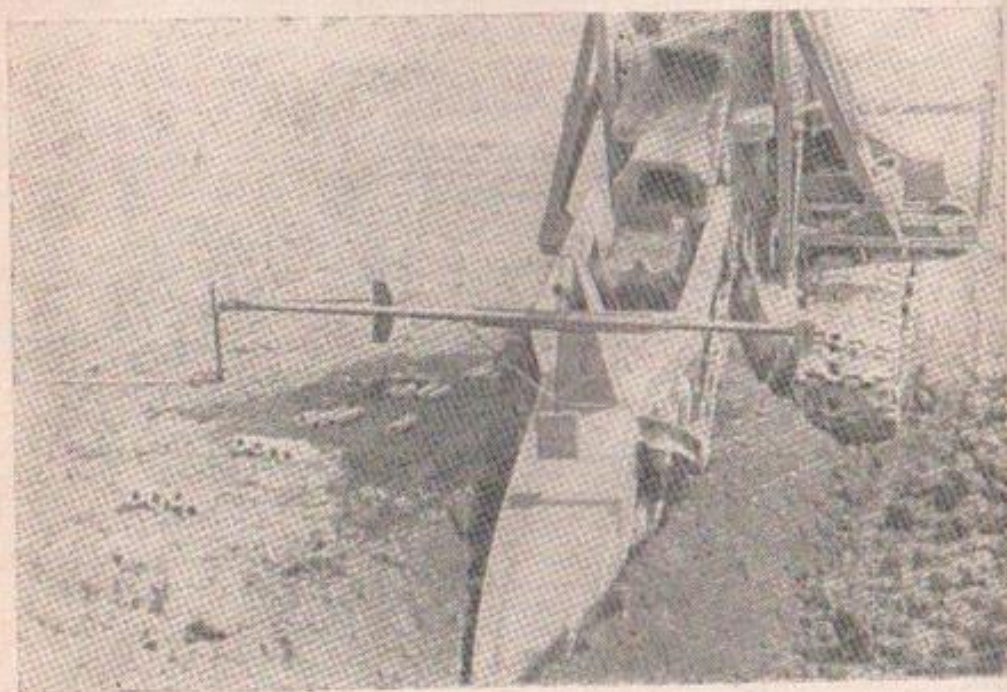


Рис. 44. Механический уклоноуказатель на экскаваторе ЭТН-142 в работе.

глубиной копания вручную они не имеют преимуществ перед механическим. Электроконтактные уклоноуказатели широко используют в автоматических устройствах, работающих от копирного тросика, в которых замыкание контакта в коробке уклоноуказателя вызывает не только срабатывание сигнальной лампы, но и включение исполнительного механизма (гидроцилиндров подъема-опускания рабочего органа). Во избежание обгорания контактов уклоноуказателя включение происходит через систему электромагнитных реле (ЭТН-171) или электрогидравлический усилитель (ЭТЦ-202).

Точность работы электроконтактных уклоноуказателей с маятниковым грузом зависит от веса груза, длины маятника, зазора в контактах, требуемого давления на контакты, допустимого давления на тросик.



Колебания уклоноуказателя во время работы экскаватора несколько уменьшают величину отклонений, которые могут все же достигать 2—3 см и более. Чтобы избежать этого, уменьшают суммарный зазор в контактах, предотвращая частое включение исполнительного механизма с помощью третьего контакта, промежуточных реле и дроссельных шайб; дополняют уклоноуказатель жидкостным демпфером, предотвращающим «раскачку».

Кроме того, разработаны уклоноуказатели без связи между силой давления на контакты и углом отклонения маятника (блокированные), а также бесконтактные уклоноуказатели (электронные и гидравлические), свободные от упомянутых дефектов.

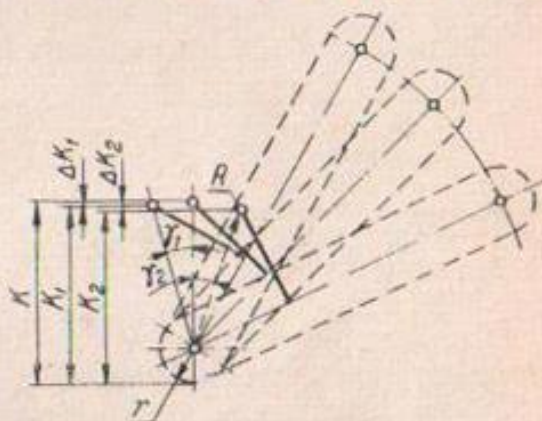


Рис. 45. Влияние изменения глубины копания на величину  $K$ .

На точность регулирования глубины копания может влиять также изменение высоты подвеса уклоноуказателя над дном траншеи при изменении ее глубины, особенно характерное для цепных экскаваторов с наклонным поворотным рабочим органом (ЭТЦ-202 и др.). Высота подвеса уклоноуказателя над дном траншеи  $K$  в зависимости от положения рабочего органа составляет (рис. 45):

при отклонении уклоноуказателя от нижней кромки рабочего органа вперед

$$K = R \cdot \cos \gamma_1 + r$$

и при отклонении рабочего органа назад

$$K = R \cdot \cos \gamma_2 + r.$$

В зависимости от угла поворота  $\gamma$ , соответствующего рабочему интервалу изменения глубины, конструкции рабочего органа и места установки уклоноуказателя,  $\Delta K$  может достигать 7—10 см (ЭТН-171) и поэтому требует специального корректирования, простейший вид которого — поправка величины  $K$  при установке копирного тросика. Однако этот способ неудобен из-за



дополнительных расчетов и затрудняет пользование тросиком для последующего контроля дрены.

Чтобы уменьшить ошибку, стараются установить уклоноуказатель так, чтобы  $\gamma_1 = \gamma_2 = \frac{1}{2} \gamma$ . Этот способ уменьшает отклонение и делает его симметричным относительно среднего значения  $K$  (рис. 45), но не всегда осуществим и достаточно эффективен.

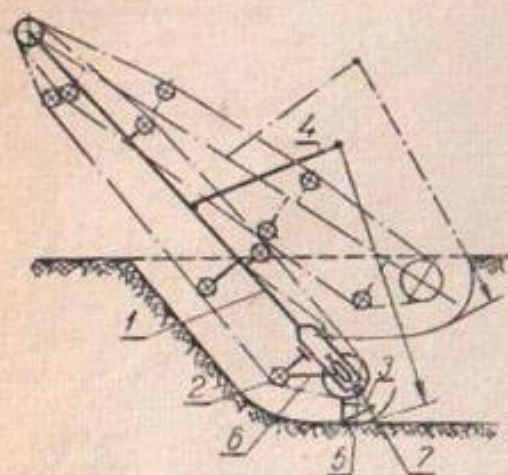


Рис. 46. Получение постоянной « $K$ » за счет изменения траектории ковшовой цепи:

1 — рама; 2 — поддерживающий ролик; 3 — ковшовая цепь; 4 — кронштейн уклоноуказателя; 5 — направляющее колесо; 6 — каретка; 7 — направляющая каретка

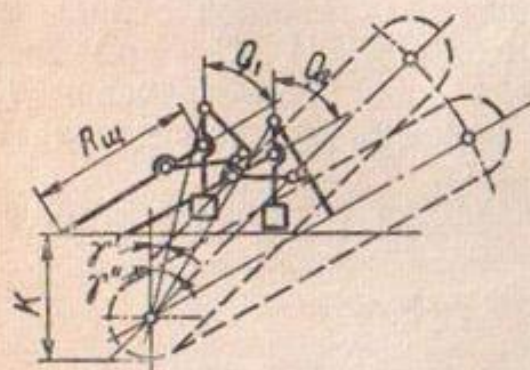


Рис. 47. Корректирование коленчатым щупом.

автоматически перемещаться по дуге с центром, совпадающим с осью направляющего колеса, как это было сделано при испытаниях датчика — сообщающихся сосудов и ПУЛ.

По другому пути пошел Таллинский экскаваторный завод, применив на экскаваторе ЭТЦ-202 уклоноуказатель с коленчатым щупом (рис. 43, г, 47), принудительно

относительно среднего значения  $K$  (рис. 45), но не всегда осуществим и достаточно эффективен.

Для получения постоянной величины  $K$  можно:

- 1) устранить причину изменения величины  $K$ ;
- 2) дополнить уклоноуказатели автоматически действующими корректорами.

Первым способом требуемый эффект достигается, если ковшовая цепь на участке зарезания движется по дуге окружности с центром в точке подвеса уклоноуказателя (рис. 46). Такой рабочий орган, предложенный ЛатНИИГиМ, реализован путем смещения нижнего поддерживающего ролика и установки его на одну каретку с направляющим колесом. Аналогичного эффекта можно добиться, если заставить уклоноуказатель при изменении глубины копания



поворачивающимся при изменении глубины копания. Корректировать ошибку можно также принудительным смещением датчика относительно щупа, компенсирующим изменение величины  $K$ .

Кроме погрешности, возникающей при изменении положения рабочего органа в продольной плоскости, корректирования требует также ошибка, возникающая при его поперечном наклоне, особенно при смещенной в сторону от продольной оси точке крепления уклоноуказателя. При креплении уклоноуказателя по оси рабочего органа

$$\Delta K_6 = K - K \cos \psi = K(1 - \cos \psi),$$

где  $\psi$  — угол поперечного наклона.

При смещении уклоноуказателя на  $c$  от продольной оси

$$\Delta K_6 = K(1 - \cos \psi) \pm c \cdot \sin \psi.$$

Чтобы избежать ошибки от поперечного наклона, используют центральное крепление уклоноуказателя, а также применяют корректирующие устройства, например профилированный кулачок «жесткого» уклоноуказателя. Чтобы корректирующие устройства не были громоздкими, в их связь со щупом вводят передачу с  $i > 1$ .

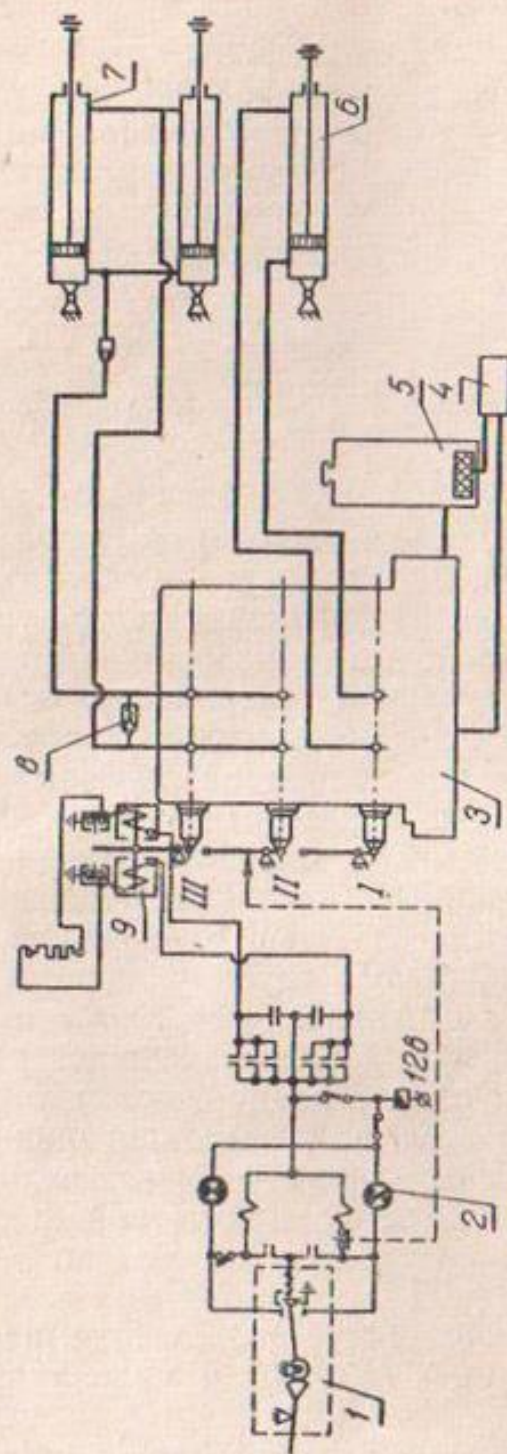
Ошибки поддержания требуемой глубины и уклона могут возникнуть также в процессе эксплуатации из-за неучтенных изменений некоторых принимаемых за постоянные параметров машины. Так, изменение длины ковшовой цепи экскаватора ЭТН-171 в пределах регулирования изменяет наибольшую глубину копания (и величины  $K$ ) на 10–15 см. Аналогичное, хотя и меньшее, влияние оказывает износ зубьев ковшей и накопление грунта в зоне перед опорно-планирующим устройством, объем которой изменяется при регулировании ковшовой цепи. Наконец, источником ошибок бывает недостаточная надежность и нестабильность самих устройств поддержания требуемой глубины копания в условиях эксплуатации.

Таковы некоторые общие положения, касающиеся поддержания требуемой глубины и уклона дренажных траншей и щелей.

Остановимся вкратце на устройствах поддержания глубины копания дренажных экскаваторов ЭТН-171 и ЭТЦ-202.

Экскаватор ЭТН-171, выпускавшийся до 1967 г., оборудован устройством для поддержания глубины по





✓ Рис. 48. Схема системы поддержания глубины копания ЭТН-171:

1 — электроконтактный указатель; 2 — сигнальная лампа; 3 — гидрораспределитель Р 75-ПЗ; 4 — насос НШ-10Л; 5 — бак;  
6 — гидроцилиндр подъема ящика-трубоукладчика; 7 — гидроцилиндр подъема рабочего органа; 8 — клапан ограничения  
давления напора; 9 — электромагниты включения.



копирному тросику, которое включает электросистему, обеспечивающую автоматическое управление электромагнитами привода гидрораспределителя включения рабочего органа по сигналам электроконтактного уклоноуказателя, и гидросистему с питанием от шестеренчатого насоса НШ-10 Л, обеспечивающую подъем-опускание ящика-трубоукладчика и рабочего органа, а также принудительный напор последнего во время рытья траншей (рис. 48).

Органом управления гидросистемы служит трехсекционный трехпозиционный распределитель Р75-ПЗ, который при нейтральном положении всех золотников перепускает масло на слив. Подъем и опускание ящика-трубоукладчика, навешенного на рабочий орган, производится при помощи троса третьим гидроцилиндром, подключенным к секции I гидрораспределителя. Глубина регулируется двумя гидроцилиндрами, с опорой рабочего органа на шасси. Заглубление рабочего органа принудительное, под давлением ( $\sim 25 \text{ кг/см}^2$ ) в штоковых полостях этих цилиндров, ограничиваемым перепускным клапаном. Скорость опускания рабочего органа ограничена дроссельным клапаном. Глубиной копания управляют вручную при помощи секции II, а автоматически — секцией III при помощи тяговых электромагнитов, которые включаются по сигналам электроконтактного уклоноуказателя через промежуточные реле. К уклоноуказателю подключены также две сигнальные лампы, по включению которых машинист судит о правильности поддержания глубины. В уклоноуказателе есть так называемый третий (или средний) контакт для блокировки промежуточного реле и электромагнитов при неустойчивом контакте в уклоноуказателе. Электромагниты во избежание перегрева имеют в цепи питания сопротивление, шунтируемое конечным выключателем. Чтобы исключить возможность самопроизвольного опускания рабочего органа по сигналам автоматики при подъеме его вручную, у рычага секции II установлен микропереключатель, разрывающий в это время цепь.

Несмотря на относительную простоту, устройство для поддержания глубины копания на ЭТН-171 не лишено недостатков, затрудняющих его использование. Опора рабочего органа на шасси и плавающая навеска ящика-трубоукладчика снижают точность поддержания глубины, ухудшают планировку дна траншей и поделку желоб-



ка для укладки трубок, особенно на неровной местности и в тяжелых грунтах.

Из-за отсутствия корректирующих устройств величина  $K$  с изменением глубины копания, а также при поперечном наклоне экскаватора, изменяется, приводя к дополнительным ошибкам. Ошибки при поперечном наклоне экскаватора усугубляются боковым смещением точки подвеса уклоноуказателя. Электрогидросистема часто не обеспечивает достаточно надежную и стабильную работу из-за обгорания контактов, «прилипания» электромагнитов, разрегулировки и т. п. Поэтому при массовом использовании экскаваторов ЭТН-171 обслуживающий персонал с трудом осваивал автоматику, ее применение и ремонт.

Поддержание требуемой глубины копания осуществлялось вручную, по электрическому или механическому уклоноуказателю, зачастую с ручной планировкой дна траншей.

Экскаватор ЭТЦ-202, выпускаемый Таллинским экскаваторным заводом с 1967 г., имеет устройство для поддержания глубины копания по копирному тросику, которое также включает электро- и гидросистему, отличающиеся, однако, от устройства на ЭТН-171. Устройство позволяет:

- поднимать и опускать рабочий орган и ящик-трубоукладчик;

- автоматически и вручную регулировать глубину копания с опорой рабочего органа на шасси и с принудительным заглублением (вариант А), с опорой на заднюю лыжу (ящик-трубоукладчик) без принудительного заглубления (вариант Б), с опорой на лыжу и с принудительным заглублением (вариант В);

- осуществлять бесступенчатое регулирование скорости и реверсирование рабочего хода экскаватора.

Устройство (рис. 49) включает электроконтактный уклоноуказатель (датчик глубины копания), сигнальные лампы, кнопки управления, электрогидроусилитель с распределителем, двухсекционные гидрораспределители Р 75 В-2, насосы НШ-10Д и НШ-46Д, гидродвигатель НПА-64, дроссель-регулятор Г55-24, напорный и предохранительный клапаны, кран управления, гидроцилиндры, трубопроводы и бак с фильтром. Экскаватор передвигается при помощи присоединенного к коробке скоростей гидродвигателя НПА-64, питаемого от насоса



НШ-46 через распределитель Р 75 В-2, которым и производится реверсирование направления движения. Бесступенчатое регулирование скорости производится за счет слива части масла, нагнетаемого насосом НШ-46, в бак через дроссель Г-55-24. Для подъема-опускания рабочего органа и трубоукладчика, а также для регулирования глубины копания используется другой распределитель

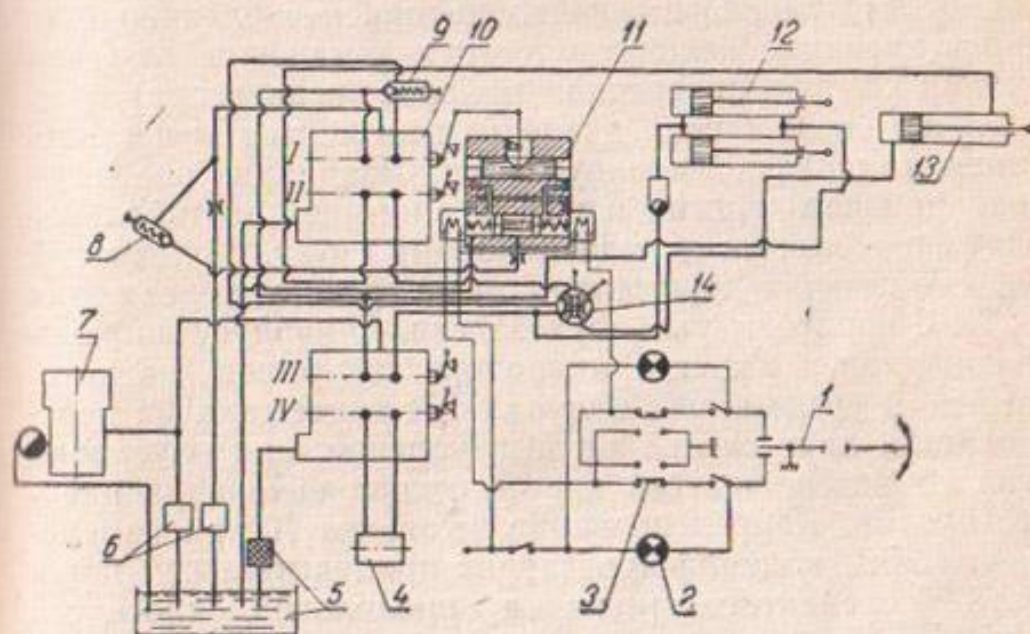


Рис. 49. Схема системы поддержания глубины копания ЭТЦ-202:

1 — электроконтактный уклоноуказатель; 2 — сигнальные лампы; 3 — кнопки управления; 4 — гидродвигатель НПА-64; 5 — бак с фильтром; 6 — насосы НШ-10Д и НШ-46Д; 7 — дроссель-регулятор Г-55-24; 8 — напорный клапан; 9 — предохранительный клапан; 10 — гидрораспределитель Р 75 В-2; 11 — электроусилитель; 12 — боковые гидроцилиндры; 13 — гидроцилиндр задней лыжи; 14 — кран управления.

тель Р 75 В-2, питаемый от насоса НШ-10 через подпорный клапан, который служит для обеспечения необходимого минимального давления на гидроусилителе. При ручном управлении рычаг гидрораспределителя переключают вручную по сигналам контрольных ламп, при автоматическом — электрогидроусилителем, срабатывающим при замыкании контактов уклоноуказателя.

С середины 1968 г. система поддержания глубины ЭТЦ-202 изменена: для автоматического поддержания глубины служит специальный золотник с гидроуправлением от электрогидроусилителя, который уже не имеет механической связи с распределителем Р 75-В2.



Кроме секции II распределителя, для управления гидроцилиндрами и получения различных вариантов регулирования глубины используют секции I и III, а также поворотный кран. Для ограничения давления принудительного напора рабочего органа служит предохранительный клапан.

Значительный интерес представляет конструкция уклоноуказателя, отличающегося приспособлением для корректирования величины  $K$  (при изменении глубины копания или при поперечном наклоне экскаватора) и отсутствием связи между давлением на контакты и отклонением маятника. Уклоноуказатель шарнирно подвешен сбоку рабочего органа и всегда занимает вертикальное положение благодаря маятниковому грузу. Коленчатый щуп, скользящий другим концом по тросику, через валик связан с корпусом уклоноуказателя. К корпусу шарнирно прикреплен рычаг с микропереключателем, на котором лежит средняя часть щупа. При подъеме щупа переключатель дает сигнал на выглубление, при опускании щупа на переключатель дается сигнал опускания рабочего органа. Корректирование величины  $K$  при изменении глубины копания происходит принудительным поворотом коленчатого щупа в продольной плоскости с помощью рычага и тяги так, чтобы изменение вертикальной проекции щупа соответствовало изменению  $K$ . При боковом наклоне экскаватора корпус поворачивается относительно кронштейна, вызывая перемещение профилированного сектора относительно рычага с микропереключателем и соответственное смещение щупа в поперечной плоскости, чем и достигается необходимое корректирование величины  $K$ . Так как давление щупа на микропереключатель воспринимается сектором, оно не вызывает отклонений уклоноуказателя от вертикального положения.

Уклоноуказатель требует строгого соблюдения расстояния от оси траншеи до тросика, так как при наклонном положении щупа изменение этого расстояния дает значительную ошибку.

Хотя опыт применения ЭТЦ-202 и описанного устройства пока еще невелик, уже выявились некоторые его достоинства и недостатки. Гидравлический привод рабочего хода, впервые примененный на дренажном экскаваторе в СССР, и регулирование глубины с опорой на лыжу показали хорошие эксплуатационные результаты. К недо-



статкам экскаватора относятся усложненная электрогидросистема, быстрый выход из строя микропереключателей, частые включения (до 100 раз в минуту), недостаточная точность, неработоспособность автоматики на каменных грунтах.

Анализ действия известных автоматических электрогидравлических устройств, работающих по тросику, по-

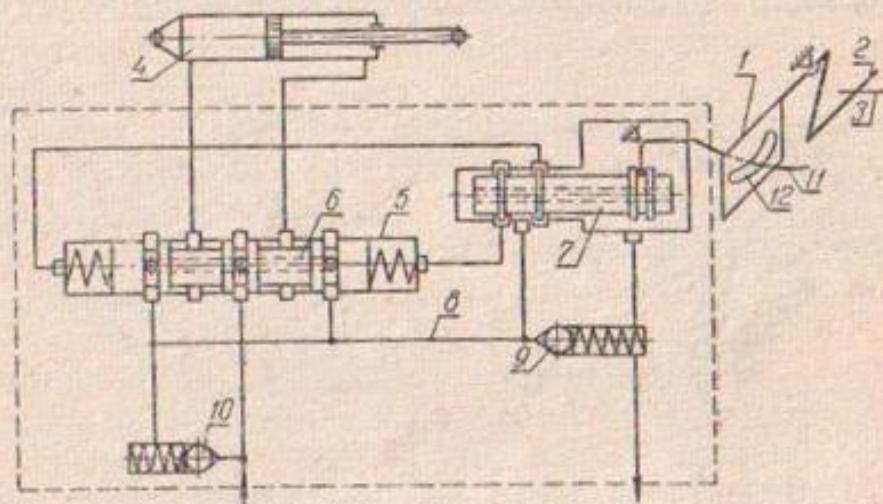


Рис. 50. Гидравлическое устройство для автоматического поддержания глубины копания:

1 — планка щупа уклоноуказателя; 2 — щуп; 3 — копирный тросик; 4 — исполнительный гидроцилиндр; 5 — главный золотник; 6 — плунжер главного золотника; 7 — вспомогательный золотник; 8 — сливная магистраль; 9 — подпорный клапан; 10 — предохранительный клапан; 11 — рычажок следящего распределителя; 12 — прорезь в планке щупа.

казал, что основной источник встречающихся в их работе ошибок и неполадок — электрическая часть устройств. На этом основании в ЛатНИИГиМе было предложено заменить электрогидравлическое следящее устройство более простым и надежным — гидравлическим.

Чтобы получить малые усилия и ход переключения, необходимые для взаимодействия с копирным тросиком, были созданы следящие гидрораспределители с последовательно включенным в сливную магистраль сервозолотником, работающим при малых давлениях и не боящимся гидравлического защемления (рис. 50). На базе этих распределителей разработаны автоматические устройства поддержания глубины копания к экскаваторам ЭТН-171 (рис. 51, а) и ЭТН-142 (рис. 51, б).

Устройство на экскаваторе ЭТН-142, используемое в производственных условиях с 1963 г., состоит из уклоноуказателя со щупом, механически связанным со сле-



дящим распределителем, и задней опорной лыжи, перемещающейся относительно рабочего органа при помощи гидроцилиндра, управляемого гидрораспределителем. Боковые гидроцилиндры подъема рабочего органа во время рытья траншеи находятся в плавающем положении, и поддержание глубины копания ведется с опорой на заднюю лыжу, выдавливающую на дне траншеи желобок для укладки трубок. Включение и выключение устройств

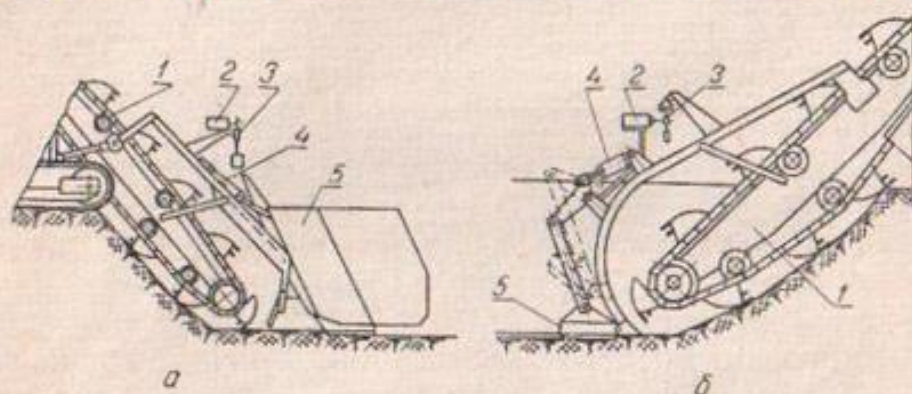


Рис. 51. Гидравлические устройства поддержания глубины на экскаваторах ЭТН-171 (а) и ЭТН-142 (б):

1 — рабочий орган экскаватора; 2 — гидрораспределитель; 3 — уклоноуказатель; 4 — гидроцилиндр задней лыжи; 5 — задняя лыжа.

ва, подъем-опускание рабочего органа производится распределителем Р 75 В-2 в кабине экскаватора.

Использование устройства позволяет снизить трудоемкость ручной подготовки дна траншей в среднем на 70%. Точность поддержания глубины  $\pm 2$  см. Каменные включения в грунте мало влияют на работу устройства и не вызывают его поломок, причем камни  $d = 15 \div 20$  см (3—4 штуки на 1 м траншеи) вообще не отражаются на производительности. Применение устройства повысило среднюю сезонную выработку экскаваторов на 30—40% по сравнению с обычными экскаваторами ЭТН-142, работавшими в аналогичных условиях.

Гидравлическое автоматическое устройство для поддержания глубины копания на ЭТН-171 также включает следящий гидрораспределитель, механически связанный со щупом уклоноуказателя, заднюю опорную лыжу (ящик-трубоукладчик) и исполнительные гидроцилиндры. Устройство осуществляет принудительное заглубление рабочего органа и регулирование глубины копания с опорой на шасси, на заднюю лыжу либо одновременно



на шасси и на заднюю лыжу (комбинированная схема). Экскаватор ЭТН-171 подвергся незначительным переделкам: был изменен уклоноуказатель, усилена и изменена верхняя рама рабочего органа и ее связь с трубоукладчиком.

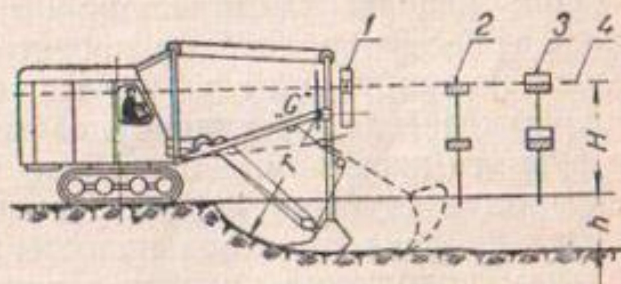
В результате проведенных в 1966 г. Прибалтийской МИС сравнительных испытаний<sup>1</sup> гидравлическое устройство на ЭТН-171 было оценено положительно и рекомендовано к выпуску опытной партией для широких хозяйственных испытаний.

Основным недостатком устройства является применение оригинального следящего распределителя, не выпускаемого промышленностью. Сейчас разработан усовершенствованный вариант устройства (с более простой схемой), изготовленного из узлов серийной гидроаппаратуры.

Поддержание требуемой глубины и уклона траншей при работе одноковшовым экскаватором осложняется как тяжелыми грунтовыми условиями, в которых обычно

Рис. 52. Поддержание глубины копания одноковшового экскаватора по визирам:

1 — визир с крестом нитей установлен сбоку от шарнира  $G$ ; 2 — мишень I; 3 — мишень II; 4 — визирная линия.



используют одноковшовый экскаватор, так и его особенностями: циклическим характером движения ковша по дуге, кинематической связью подъема-опускания стрелы и поворота рукояти (у машин с канатным приводом). Глубина копания одноковшового экскаватора определяется положением ковша, при котором его передняя кромка находится на одной вертикали с осью поворота рукояти (рис. 52). Поэтому глубину копания в процессе работы контролируют обычно по высоте какой-либо точки оборудования (стрелы или рукояти), сравнивая ее с копирной линией, заданной в виде копирного тросика или в виде оптической оси, которая соединяет два визира (мишени) на высоте  $K$  над проектной линией дrena и смещена в сторону от нее.

<sup>1</sup> Испытаниям одновременно подвергались устройства для поддержания глубины копания на ЭТЦ-202, ЭТН-171 и ПУЛ-3.



При визирном способе поддержания глубины копания к рабочему оборудованию (обычно к стреле, около шарнира рукояти) сбоку крепится визир, на одной линии с которым выставляются мишени. Из-за значительных ускорений (при движениях стрелы и рукояти) визир имеет жесткое крепление, что при боковом наклоне экскаватора может служить источником дополнительной ошибки, как это было показано ранее.

Машинист, находясь в кабине экскаватора, почти не меняет своего положения, поэтому при изменении глубины прокладываемых траншей необходимо менять величину  $K$  и положение визира на рабочем оборудовании, чтобы последний находился всегда приблизительно на уровне глаз машиниста. Это составляет дополнительное неудобство, особенно при работе на неровных участках. Визирный способ поддержания требуемой глубины имеет ряд недостатков (утомляемость машиниста, недостаточная точность и др.) и одно существенное достоинство — простоту, которая, однако, умалывается необходимостью частого изменения величины  $K$ .

При использовании копирного тросика, натянутого вдоль трассы параллельно проектной линии дрены, поддержание требуемой глубины может осуществляться без уклоноуказателя и с уклоноуказателем. В первом случае на рукояти краской наносят метку на высоте  $K$  от передней кромки (зубьев) ковша. Машинист из кабины сравнивает на глаз высотное положение метки при вертикальном положении рукояти с копирным тросиком и на этом основании судит о достижении требуемой глубины. После прохода экскаватора дно траншеи дорабатывают вручную.

Расстояние между рукоятью и копирным тросиком составляет 1,5—2 м (в зависимости от типа экскаватора), поэтому работа по описанному способу представляет определенную трудность. Более удобен уклоноуказатель, укрепленный на рабочем оборудовании, например, простейший жесткий уклоноуказатель, конец которого находится в 10—15 см от копирного тросика. Сравнивая положение уклоноуказателя при вертикальном положении рукояти с копирным тросиком, можно судить о достигнутой глубине. Если уклоноуказатель дополнить поворотной стрелкой, скользящей по тросику, и экраном, машинист может судить о глубине по положению стрелки на экране.



Точное поддержание требуемой глубины при работе одноковшового экскаватора даже с применением описанных приспособлений довольно утомительно и требует определенной сноровки и навыков, тем более что в отличие от работы на многоковшовом экскаваторе машинист, кроме поддержания глубины, должен выполнять все операции рабочего цикла (копание, подъем ковша, поворот, разгрузка, возвращение и т. д.).

С точки зрения удобства поддержания требуемой глубины наиболее приемлемыми являются гидравлические экскаваторы. Это подтверждается широким использованием последних на дренажных работах за рубежом. В частности, применяемый в ГДР гидравлический экскаватор УВ-21 с дренажным ковшом имеет среднюю производительность до 400 п. м за 8-часовую смену при точности выдерживания глубины вручную  $\sim 5$  см. Гидравлические экскаваторы более приемлемы также для автоматизации поддержания требуемой глубины и всего рабочего цикла, которая желательна при постоянном использовании экскаваторов на дренажных работах.

**Автоматизация работы дренажных траншеекопателей.** При устройстве дренажа наряду с поддержанием требуемой глубины траншей необходимо, правда с меньшей точностью ( $\pm 10 \div 15$  см), обеспечивать прямолинейность прокладываемых дрен. Вождение траншеекопателя по заданному направлению, с ориентированием по вешкам или копирному тросику, требует от машиниста навыка и непрерывного внимания. Для облегчения ориентации по копирному тросику применяют специальный маркер на капоте экскаватора (рис. 53). По отклонениям этого маркера машинист выправляет положение машины. Копирную линию, кроме поддержания требуемой глубины, можно использовать и для автоматического вождения экскаватора по трассе, как это сделано на тракторах и других машинах.

Устройства для автоматического вождения экскаватора по курсу включают задатчик курса (копирный тросик, луч и т. п.), датчик рассогласования (курсоуказатель, по аналогии с уклоноуказателем), промежуточные (усилитель), командные (гидрораспределитель) и исполнительные (гидроцилиндры, бортфрикционы) звенья, а также звено обратной связи.

Для дренажного экскаватора (траншеекопателя) характерны: невысокие скорости, строгая прямолинейность



курса, стабилизирующее действие рабочего органа и связанная с этим, а также с конструкцией шасси и с состоянием поверхности почвы, трудность поворота. Большое значение для автоматического вождения дренажных траншекопателей имеет предупреждение «рыскания». Для этого курсоуказатель выносят возможно дальше вперед от рабочего органа, что позволяет значительно улучшить его реакцию на отклонения машины от курса. В то же время во избежание частого включения исполнительных органов и их быстрого износа желательно иметь автоматическую выдержку времени импульса, величина которой зависит от скорости машины, скорости поворота, допускаемых отклонений от курса и других конструктивных и природных факторов.

Автоматическое вождение дренажных машин по заданному курсу проще всего можно осуществить с использованием копирного тросика в качестве задатчика курса. Такой способ автоматического вождения был осуществлен в 1960 г. на экскаваторах ЭТУ-352 и ЭТН-142. В качестве курсоуказателя был использован качающийся щуп, дополненный микропереключателем. Отклонения от курса вызывали поворот щупа и замыкание одного из контактов микропереключателя. Затем срабатывали электромагниты электрогидрораспределителя, после чего гидроцилиндр выключал один из бортфрикционов для соответствующего поворота.

На опытном экскаваторе ЭТУ-352 (рис. 53) для выключения бортофрикционов были использованы один гидроцилиндр двухстороннего действия (бортфрикционы были сблокированы), конечные выключатели и реле времени, определяющие выдержку включения (по данным опытов при скорости 20—50 м/час требуется выдержка ~8 сек).

В автоматическом устройстве на ЭТН-142, выполненном по упрощенной схеме, реле времени и конечных выключателей не было, а привод бортфрикционов осуществлялся отдельными гидроцилиндрами, что позволяло использовать их не только для поворота, но и для остановки экскаватора.

Испытания подтвердили принципиальную возможность автоматического вождения дренажных экскаваторов по копирному тросику.

Практический интерес представляют конструкции дренажных машин с вынесенным наружу пультом управ-



ления. Машинист ряда зарубежных экскаваторов идет за экскаватором или сидит на специальном сидении у рабочего органа. В его обязанности входит наблюдение за работой механизмов, регулирование глубины копания по визирам и выполнение требуемых переключений с помощью механических и электрогидравлических устройств. Подобный пульт на экскаваторах с автоматизированным поддержанием глубины, вождением по

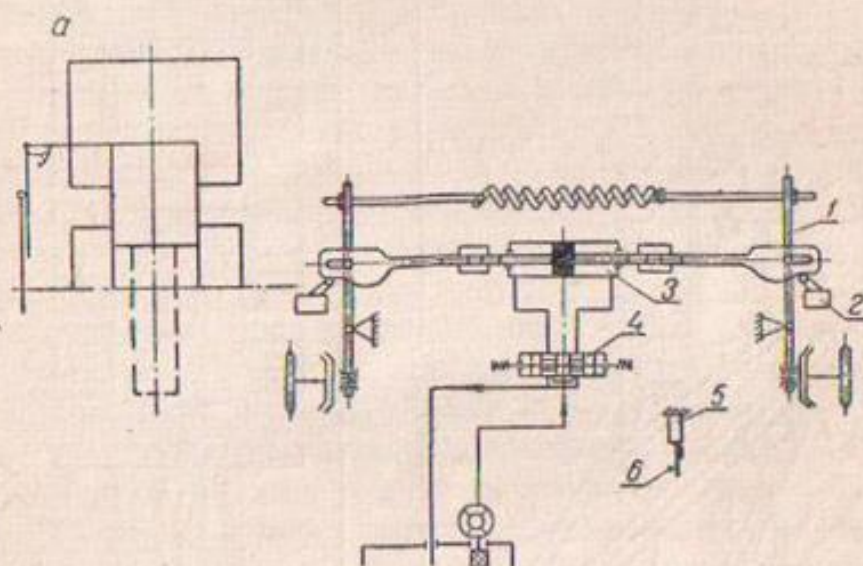


Рис. 53. Схема автоматического вождения по копиру (ВНИИЗемМаш):

1 — рычаг включения бортового фрикциона; 2 — конечный выключатель; 3 — гидроцилиндр управления; 4 — гидрораспределитель с электроуправлением; 5 — контактная коробка со щупом; 6 — копирный тросик; а — маркер.

курсу и т. д. позволил бы машинисту использовать часть рабочего времени для других целей, например помогать укладывать дренажные трубы, наблюдать за механическим трубоукладчиком и т. п.

В СССР опытное выносное управление (механическое и электрогидравлическое) было осуществлено в 1959—1960 гг. на дренажном «комбайне» ЛатНИИГиМ (ЭТН-142).

У этой машины, имевшей автоматическое поддержание глубины на пульт управления рядом с рабочим органом были вынесены рычаги главного сцепления, акселератора двигателя (газ), реверса редуктора, переключения рабочих скоростей ковшовой цепи и скоростей передвижения, электровыключатели подъема-опускания рабочего органа, поворота и остановки экскаватора (рис. 54).



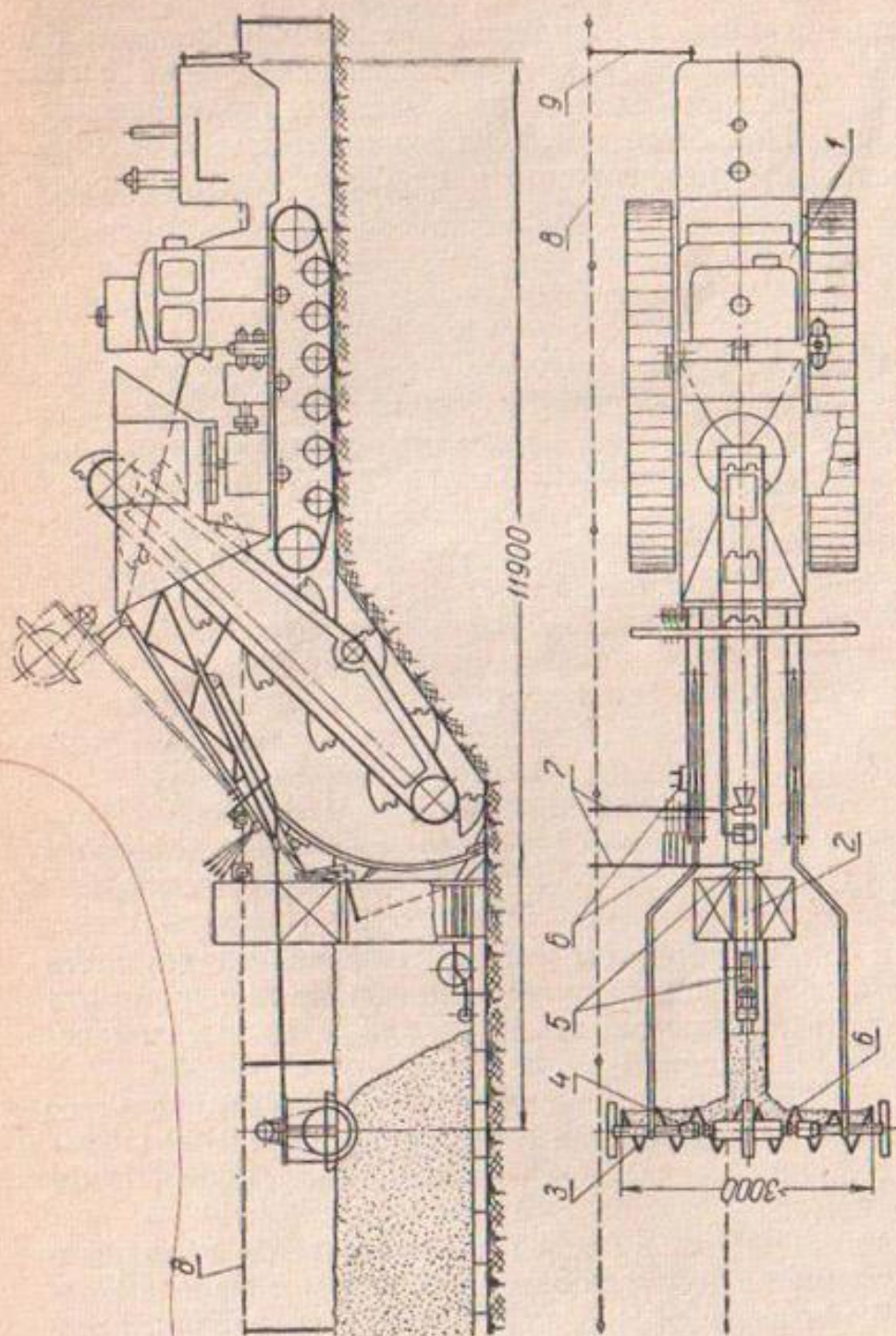


Рис. 54. Схема дренажного комбайна ЛатНИИГим.

1 — траншейный экскаватор; 2 — трубоукладчик; 3 — шнековая фреза-засыпатель; 4 — гидромотор фрезы; 5 — контрольно-регистра-  
рующей механизм; 6 — выносной пульт управления; 7 — шты управления уклоном для траншей; 8 — копирный тросик; 9 — шты на-  
правления движения.



Испытания наряду с работоспособностью выносного управления показали необходимость учета его особенностей в конструкции базовой машины (замена зубчатых муфт фрикционными и др.).

Более полного использования рабочего времени машиниста можно достичь также установкой некоторых механизмов (трубоукладчика и др.) в кабине или близ нее.

Наконец, принципиально возможно применение «дренажных роботов», управляемых на расстоянии по радио. По замыслу создателей «роботом» сможет управлять с пульта трассировщик-нивелировщик, осуществляющий весь комплекс работ, включая разбивку и трассировку дрен, что возможно лишь в особо благоприятных условиях (на объектах с ровным рельефом и однородным грунтом, на системах параллельных одиночных дрен, вводимых в открытый водоприемник, и т. д.). Опытная машина такого рода создана в Нидерландах.

Для строительства дренажа характерно частое изменение грунтов и глубины копания, следствием чего является изменение нагрузки машин и их элементов. Загрузку дренажных траншеекопателей (экскаваторов) поддерживают за счет изменения рабочей скорости, от выбора которой зависит производительность экскаватора. Недоиспользование возможностей дренажных машин невыгодно, а их перегрузка опасна и может, кроме того, привести к недобору глубины траншей. Обычно скорость устанавливают с запасом, достаточным для преодоления встречающихся препятствий. Это снижает производительность экскаватора. Значительного улучшения использования дренажных экскаваторов можно достичь за счет автоматического поддержания их оптимальной рабочей скорости.

Известны устройства, в которых рабочая скорость может быть поставлена в зависимость либо от загрузки двигателя, либо от допускаемой силы в копающем органе. Устройства первого типа включают датчик загрузки двигателя, который реагирует на число оборотов, давление выхлопа, положение рейки топливного насоса и воздействует через промежуточные звенья на регулятор рабочей скорости.

ВНИИЗеммаш, например, разработал опытное устройство этого типа на экскаваторе ЭТН-124, которое работало на минеральных грунтах при переменной (от 0,8 до 1,6 м) глубине копания и при 85%-ной загрузке



двигателя по крутящему моменту, поддерживая его с точностью  $\pm 5\%$ .

Такие устройства поддерживают оптимальный нагрузочный режим, но не всегда обеспечивают надлежащее качество работы, например, из-за отклонения рабочего органа от заданной глубины.

Поэтому для строительства дренажа больший интерес представляют устройства с автоматическим регулированием скорости, обеспечивающие необходимую точность поддержания глубины.

### **Укладка дренажных труб**

Механизация укладки дренажных труб — главной операции строительства дренажа — занимает важное место в общем технологическом процессе. Механизация не только сокращает трудоемкость и стоимость самой укладки труб, но и обеспечивает непрерывность всего процесса (рытье траншей и ее подготовку для укладки труб, засыпку траншей и т. п.), увеличивает общую производительность за счет лучшего использования рабочего времени и повышения темпа работ. Поэтому механизация укладки и получаемый от нее эффект тесно связаны с решением других технологических вопросов, а также с конструкцией дренажа (вид труб, способ их защиты, длина дрен, их соединение и т. д.).

До сих пор укладка дренажных труб механизирована недостаточно, хотя попытки в этом направлении делались и у нас, и за рубежом. Из-за таких свойств, как хрупкость, большой вес, значительные отклонения от номинальных размеров, гончарные трубы — основной материал в строительстве дренажа — неудобны для механизации. Поэтому наряду с попытками механизировать устройство гончарных дрен разрабатываются и механизмы для устройства дрен либо из бетона или грунтобетона, либо из готовых длинномерных труб или лент, изготовленных из полимеров или других материалов. В последние годы перспективы механизации строительства дренажа связывают с полимерными материалами, которые весьма облегчают решение технических вопросов. Однако предположение полной и быстрой замены пластмассой гончарных труб пока не оправдалось ни в СССР, ни за рубежом, вследствие чего вопросы механизации укладки гончарных труб сохраняют свою актуальность.



Механизмы для укладки дренажных труб должны: снижать суммарную (на всех операциях строительства) трудоемкость и стоимость работ;

обеспечивать качество укладки, соответствующее существующим нормам и правилам, не препятствовать контролю и исправлению допущенных дефектов;

не вызывать в конструкции дренажа и технологии его строительства изменений, связанных со значительными материальными и организационными трудностями.

Известные трубоукладывающие механизмы и приспособления можно разделить на следующие группы:

1) по материалу дренажных труб —

для укладки отдельных (гончарных) труб длиной 0,3—0,6 м, для формирования дрены на месте из смесей типа бетона, для формирования дрены на месте из рулонного материала (пластмассы),

для укладки готовых труб (обычно пластмассовых) длиной более 3—6 м;

2) по виду базового траншеекопателя (щелереза) — траншейные (навесные, прицепные, автономные), бестраншейные (навесные),

по наличию и виду устройств для защиты дрен от заиления —

без приспособлений для защиты,

с приспособлением для защиты фильтрующей массой, рулонным материалом, комбинированным способом;

4) по наличию и виду привода — бесприводные и приводные.

Укладка гончарных труб. Требования, предъявляемые к укладке гончарных дрен, следующие:

зазор в стыках не должен превышать 2 мм<sup>1</sup>;

плотность укладки труб не должна позволять извлечь трубу из дрены, не поднимая соседних трубок;

взаимный поперечный сдвиг труб допускается не более одной трети толщины их стенки;

укладываемые трубы должны отвечать требованиям ГОСТ 8411—62<sup>2</sup>.

При необходимости трубы нужно дополнительно защищать от заиления.

<sup>1</sup> В США для обеспечения достаточной водоприемной способности зазор увеличивают до 9 мм.

<sup>2</sup> Допускается применение нестандартных конструкций труб: с фасками, с раструбами, рифленых, граненых и т. д.



*Укладка гончарных труб вручную* — самый старый и пока самый распространенный прием.

Вручную трубы можно укладывать сверху. Рабочий, находящийся вне траншеи, с помощью крюка берет трубку, лежащую рядом с траншеей, и укладывает встык с ранее уложенными в желобок на дно траншеи. Глубина желобка должна быть не менее 2—3 см. Для достижения плотности крюком постукивают в торец трубки и поворачивают ее. Ширина траншеи при таком способе работы может быть лишь немного больше внешнего диаметра труб. Укладка сверху крюком требует определенного профессионального навыка и из-за трудности обеспечения требуемого качества работ применяется мало (лишь в Литовской ССР). Более распространен другой способ укладки. Находящийся в траншее рабочий берет с бровки траншеи гончарные трубки и укладывает их в дренаж, обкладывая стык защитным материалом. Трубки укладывают в окончательно подготовленную траншею. Подготовка траншеи осуществляется автоматически или вручную другим рабочим, идущим впереди. При глубине траншеи с вертикальными стенками более 1—1,2 м и работе в неустойчивых грунтах рабочий должен работать в ограждающем ящике либо, во избежание обрушения, траншею нужно делать с откосами (наклонные стенки).

Выпускаемые в СССР дренажные экскаваторы ЭТЦ-202 и ЭТН-171 снабжены специальными металлическими ящиками-трубоукладчиками (рис. 55), имеющими в передней части спускной желоб для подачи трубок, а в нижней — сиденье для рабочего. Рабочий, стоящий наверху, укладывает трубки на желоб, и под действием своего веса они сползают вниз, на дно траншеи, где другой рабочий, поворачивая, подгоняет их к ранее уложенным и обкладывает стыки мхом или другим защитным материалом<sup>1</sup>. Для удержания столба труб во время этой операции желоб имеет тормоз. Для сигнализации в ящик введена кнопка звукового сигнала экскаватора. При работе с ящиком-трубоукладчиком необходимо, чтобы один рабочий все время был наверху и подавал трубы (по одной) на желоб. Для освобождения этого рабочего от непрерывной подачи труб и ис-

---

<sup>1</sup> Покрытие фильтрующим материалом может производиться и отдельно от укладки труб.



пользования его на других работах ящик оборудуют полкой для запаса труб (рис. 55). Применение ящика-трубоукладчика требует точного поддержания глубины копания и выполнения траншеи без доделок вручную. Однако и такой способ укладки имеет существенные недостатки:

значительная трудоемкость и тяжелые условия труда; ограничение производительности траншекопателя темпом ручных работ (рабочего, сидящего внизу);

необходимость рытья траншей шириной не менее 0,45—0,5 м.

В еще большей степени эти недостатки относятся к обычной укладке труб вручную.

Механизированную укладку гончарных труб можно осуществить либо протаскиванием собранной из отдельных трубок дрены в кротовину (щель), либо подачей труб на дно траншеи или щели сверху.

К первому способу относится так называемый попельсдорфский метод дренажа: наживленные на орешковую цепь и образующие дренаж гончарные трубы затаскивают кротодренажным орудием в кротовину, после чего кротодренажное орудие выглубляется и автоматически отделяется от цепи, которую затем вытаскивают из устья дрены. Этот способ известен уже несколько десятилетий, но из-за необходимости больших подготовительных работ, высоких нагрузок на дренажные трубы и других недостатков широкого распространения не получил.

Для второго способа — подачи укладываемых труб на дно траншеи сверху — служат различные трубоукладчики. Трубоукладчики могут выполнять:

1) свободную, то есть без принудительного торцевого поджима, укладку трубок при подаче их вручную;

2) принудительную укладку трубок также при подаче их вручную;

3) принудительную укладку трубок при их механизированной подаче.

Трубоукладчики со свободной укладкой труб и подачей их вручную имеют сейчас наибольшее распростране-

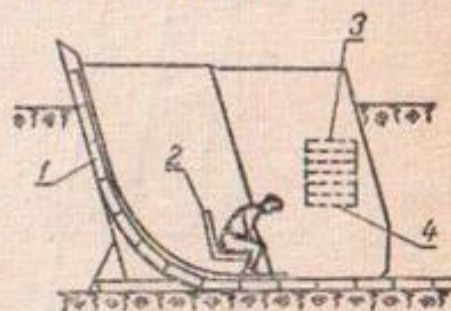


Рис. 55. Ящик-трубоукладчик:

1 — спускной желоб для труб; 2 — сиденье; 3 — трубки; 4 — полка.



ние. К ним относится в первую очередь уже описанный спускной желоб, используемый без подгонки труб рабочим, сидящим внизу. Верхний рабочий лишь поправляет уложенные трубы шестом с вилкой на конце. Для лучшего центрирования трубок желоб имеет в сечении форму дуги, угла или трапеции. Продольный профиль желоба состоит из двух частей: прямой наклонной и сопряженной с ней криволинейной (рис. 56).

Сила торцевого прижима трубок, спускаемых по желобу, зависит от высоты столба труб, их веса и материала, конструкции желоба и качества его поверхности (твердость, коэффициент

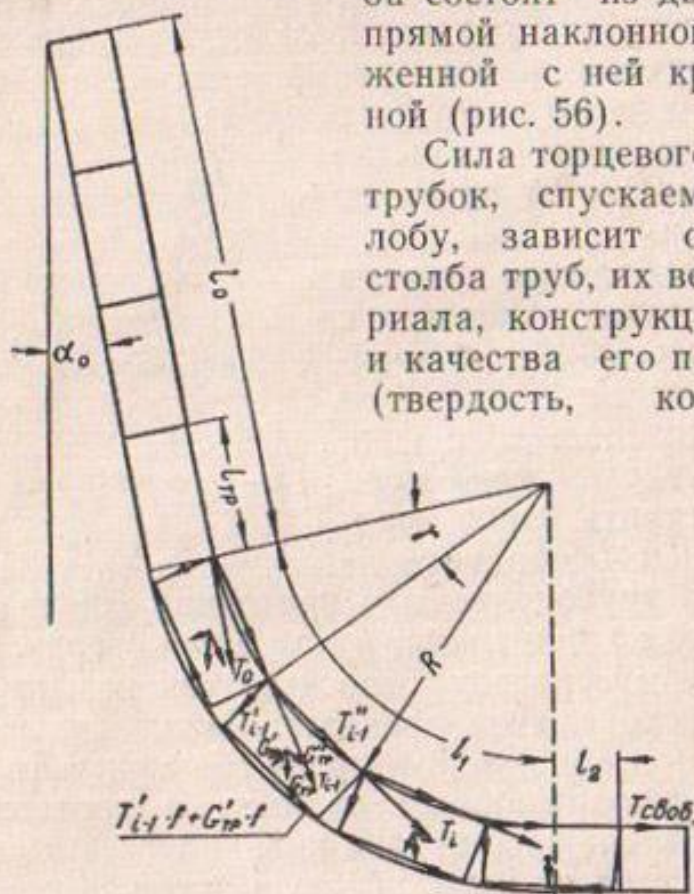


Рис. 56. Схема спускного желоба.

трения). Обычно величину торцевой силы, сходящей с желоба трубы, принимают

$$T_{\text{своб}} = ql_0 (\cos \alpha_0 - f \sin \alpha_0) + \\ + ql_1 \left( \cos \frac{90^\circ - \alpha_0}{2} - f \sin \frac{90^\circ - \alpha_0}{2} \right) - ql_2 f,$$

или

$$T_{\text{своб}} = T_0 + T_1 - T_2,$$

где  $q$  — вес 1 п. м труб;  
 $f$  — приведенный коэффициент трения труб по желобу;  
 остальные обозначения даны на рисунке 56.



Это выражение недостаточно учитывает взаимодействие отдельных труб при спуске по желобу. В действительности, сила  $T_0$  не просто передается нижележащим трубкам, а разлагается с появлением дополнительного тормозящего компонента

$$T_0 f \sin \gamma,$$

где  $\gamma \approx \frac{l_{\text{тр}}}{R}$  — угол дуги, приходящийся на одну трубу.

В результате свободная торцевая сила трубки, сходящей с желоба

$$T'_{\text{своб}} = T_n - q l_2 f.$$

В этом выражении  $T_n$  — торцевая сила трубки, сходящей с криволинейной части желоба, подсчитывается по формуле

$$T_i = T_{i-1} (\cos \gamma - f \sin \gamma) + G_{\text{тр}} [\cos (\alpha_0 + i\gamma - \gamma) - f \sin (\alpha_0 + i\gamma - \gamma)],$$

где  $i = 1 \div n$ ;

$n = \frac{90^\circ - \alpha_0}{\gamma}$  — число труб на дуговой части желоба;

$G_{\text{тр}}$  — вес одной трубки.

Из этих зависимостей следует, что уменьшение радиуса дуговой части (увеличение  $\gamma \approx \frac{l_{\text{тр}}}{R}$ ) уменьшает свободную торцевую силу и может привести к самоторможению труб в желобе. Расчеты и опыт показывают, что торцевая сила труб, спускаемых по желобу на ЭТН-171, колеблется от 1,5 до 5 кг, чего для плотной укладки зачастую недостаточно.

Усилие торцевого поджатия может быть повышено за счет уменьшения потерь в трубоукладывающем механизме. Наибольшая возможная торцевая сила

$$T_{\eta=1} = \frac{G_{\text{тр}} H}{l_{\text{тр}}},$$

где  $H$  — высота, с которой опускаются трубки на дно траншеи. Например, при  $G_{\text{тр}} = 1,5$  кг,  $H = 2,0$  м,  $l_{\text{тр}} = 0,33$  м,  $T_{\eta=1} = 9$  кг.

Так как избежать потерь в трубоукладчике практически нельзя, требуемое торцевое поджатие достигается с помощью специального поджимного устройства, например фрикционного ролика с приводом от ходового колеса или другого двигателя и с синхронизацией скоростей движения и поджима пробуксовкой ролика по трубке



(рис. 57). Укладку труб с дополнительным торцевым поджимом называют *принудительной*. К недостаткам трубоукладчиков как со свободной, так и с принудительной укладкой относится необходимость утомительной и монотонной ручной подачи труб по одной в темпе, со-

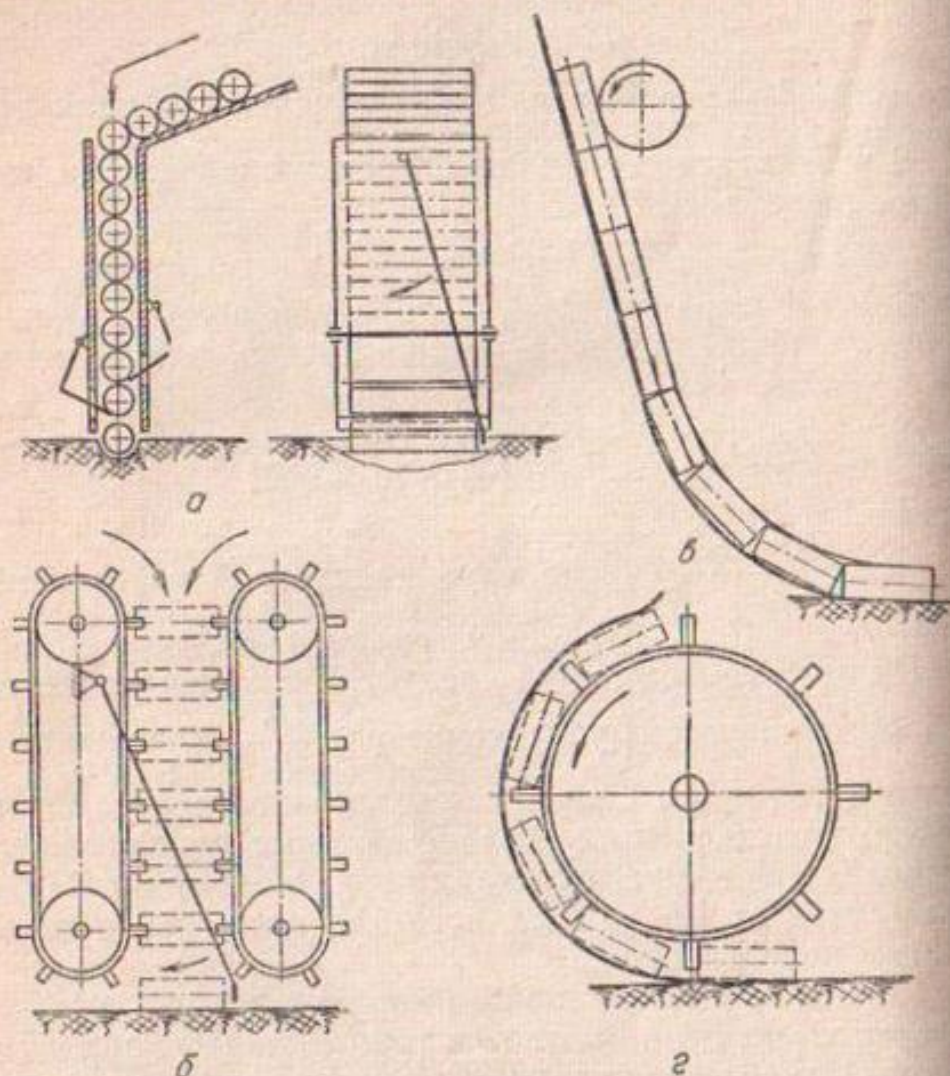


Рис. 57. Механизмы для принудительной укладки труб:

*а* — с подачей труб на дно траншеи «столбом» и с торцевым поджимом с помощью шатуна; *б* — то же, но с подачей цепным транспортером; *в* — с подачей труб по спускному желобу и с поджимом их фрикционным роликом; *г* — с подачей и поджимом труб ротором.

ответствующем поступательной скорости машины (9—10 труб в минуту при 180 м/час, 30—35 — при 500 м/час). Чтобы несколько облегчить эту работу, трубоукладчику придают емкость — платформу или бункер, запас труб в которой периодически пополняется. По такой схеме выполнен бестраншейный трубоукладчик ДМТ-1800



(ВНИИГиМ) и другие дренажные машины. Иногда платформы для запаса трубок устанавливают на ящик-трубоукладчик экскаваторов ЭТН-171 и ЭТЦ-202, либо буксируют рядом с экскаватором.

Трубоукладчики с *автоматической подачей* труб и *принудительной укладкой* позволяют еще больше уменьшить трудоемкость этой операции. Эти трубоукладчики включают механизм подачи труб на дно траншеи и их стыковки (укладывающий механизм), емкость для труб и устройство для подачи их в укладывающий механизм, привод и вспомогательные устройства для навески на базовую машину, для защиты труб от заиливания, для контроля за качеством укладки. Трубы подаются на дно траншеи упомянутым спускным желобом, «столбом», цепным или роторным транспортером (рис. 57). Торцевое поджатие трубок производится фрикционным роликом, гидроцилиндром, цепным или рычажным толкателем.

Для укладки коротких гончарных труб чаще всего используют наиболее простой спускной желоб в сочетании с дополнительными механизмами подачи и укладки. Простейшей емкостью для труб (магазином) является наклонная полка или однорядная кассета с отсекателем.

Вместительность полки зависит от ее длины и наружного диаметра труб. Минимальный угол наклона полки к горизонту  $\varphi = 8-12^\circ$ . Угол назначают так, чтобы при наименьшем давлении на отсекаТЕЛЬ обеспечивалась подвижность трубок на полке

$$T = n G_{\text{тр}} (\cos \varphi - f \sin \varphi); \operatorname{ctg} \varphi > f,$$

где  $T$  — сила давления на отсекаТЕЛЬ;

$n$  — число труб на полке;

$f$  — коэффициент сопротивления движению.

Трубоукладчик (рис. 58) конструкции ЛатНИИГиМ предназначен для укладки труб  $d = 5-12,5$  см. Он включает магазин-полку, наклонный желоб (ящик-трубоукладчик), подающий механизм, состоящий из качающегося шатуна с поворотным подавателем на конце. Подаватель пружиной прижат к направляющей. Полка имеет отсекаТЕЛЬ, который отделяет нижнюю трубку от остального ряда. ОтсекаТЕЛЬ поднимается шатуном при подходе к верхнему положению, позволяя нижней трубке попасть в подаватель. Затем шатун с подавателем опускается вниз, захватив эту трубку и поджимая ее



к ранее уложенным в желоб. При опускании шатуна отсекатель удерживает остальной ряд труб. После досылки трубки до нижнего крайнего положения шатун с подавателем возвращаются назад, и цикл повторяется. Привод трубоукладчика гидравлический, осуществляется гидроцилиндром с установленным на нем автоматическим конечным переключателем и перепускным клапаном. Син-

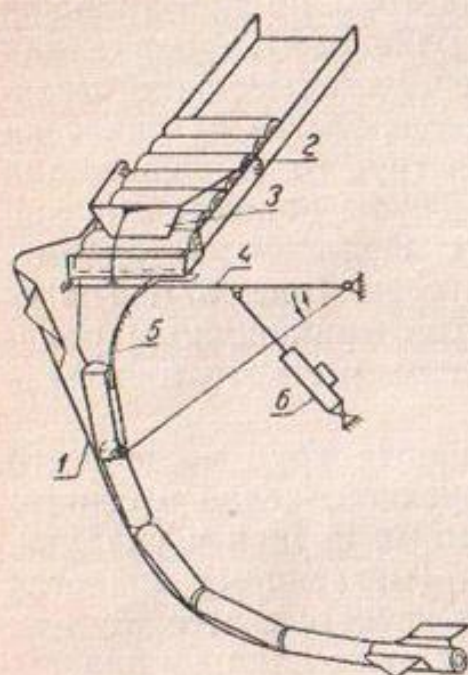


Рис. 58. Трубоукладчик с полкой для труб и со спускным желобом:

1 — спускной желоб; 2 — наклонная полка; 3 — отделитель; 4 — рычаг с подавателем; 5 — копир; 6 — гидропривод.

хронизация скоростей укладки и движения машины достигается перепуском излишнего масла через клапан, который также регулирует торцевое усилие. Трубоукладчик достаточно прост и легок. Он выполняется как навесное приспособление к существующим машинам. Однако из-за малой емкости (10—15 штук) запас труб надо часто пополнять. Вместительность полочного магазина можно увеличить, сделав его многополочным или спиральным (рис. 59). В трубоукладчике МЗД-1, разработанном ВНИИТП (рис. 60) и навешенном на самоходную щеледренажную машину с дизельэлектрическим приводом, использованы контейнеры-бобины, представляющие собой катушки со спирально намотанным рядом трубок, уложен-

ным на гибкую прокладку. С торцов катушка закрыта щитами. Емкость бобины — 185 трубок  $d=5$  см. Бобины заряжают трубками на специальном станке производительностью 4—5 бобин в час. Развезенные по трассам бобины устанавливают на трубоукладчик, выполненный в виде сварного бункера с направляющим желобом для принудительного перемещения трубок. Трубки перемещаются по желобу цепным элеватором, приводимым в движение через фрикционную муфту. Синхронизация и требуемое усилие поджатия достигаются пробуксовкой муфты. На цепной элеватор трубы подаются ротором, имеющим пазы с правой и с левой сто-



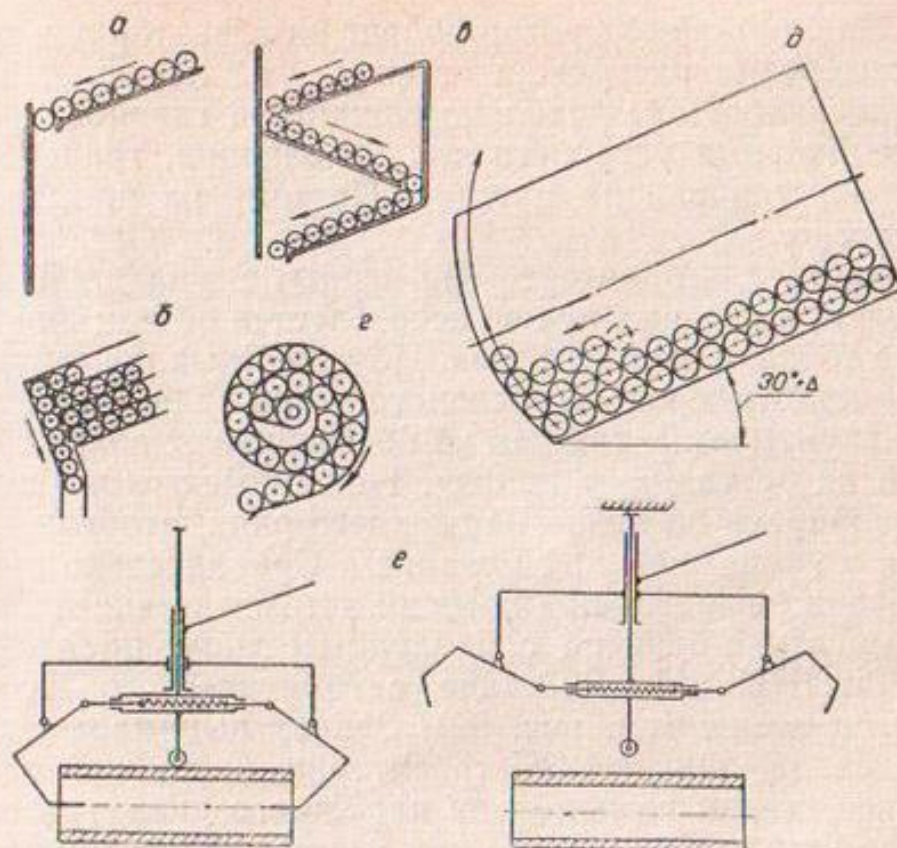


Рис. 59. Виды магазинов для трубо:  
 а — полочный; б и в — многополочные; г — спиральный; д — бункерный;  
 е — захват для труб к бункерному магазину.



Рис. 60. Трубоукладчик МЗД-1.



роны. За один оборот ротор подает на элеватор две трубки, поочередно разгружая правую и левую бобину. Контейнеры-бобины довольно сложны и, главное, требуют специальных устройств для заполнения, транспортировки и установки на машину. Поэтому их применение ограничено.

Представляют интерес магазины с укладкой труб штабелем, в которых лучше используется объем; они просты и удобны в эксплуатации. Но известные конструкции магазинов-бункеров штабельного типа для гончарных труб неприемлемы, так как не обеспечивают сохранность труб и их регулярную подачу. Гончарные трубки лучше всего забирать по одной из верхнего ряда штабеля и подавать в укладывающий механизм. Сравнительно просто эта задача решается при помощи автоматического захвата и магазина-бункера с наклонным дном, предложенных ЛатНИИГиМ. Действие автоматического захвата видно из схемы (см. рис. 59). Захват вынимает трубки из магазина, двигаясь по траектории, отстоящей от его передней стенки на половину наружного диаметра трубки. Дно бункера наклонено под углом  $\sim 30^\circ$  к горизонту, что обеспечивает скатывание трубок рядами к передней стенке. Большой наклон, как показали исследования, вызывает нежелательные удары трубок друг о друга, а меньший — их «зависание». При этом в ряду находится 12—15 трубок<sup>1</sup>. Преимущества такого магазина-бункера: простота, легкость заполнения, возможность выполнения в виде сменного контейнера, хорошее использование объема и др.

Трубоукладчик конструкции ЛатНИИГиМ (рис. 61, а) состоит из спускного желоба, магазина-бункера, подающего механизма и гидропривода. Подающий механизм выполнен в виде двух шатунов, на конце одного из которых установлен захват, а на конце другого — поворотный подаватель, прижимаемый пружиной к направляющей. Шатуны соединены телескопической стойкой и совершают колебательное движение под воздействием гидропривода-гидроцилиндра с автоматическим переключателем направления движения и перепускным клапаном (рис. 61, б).

Захват при движении вверх забирает трубки из бункера, передает их на подаватель. Последний переносит

<sup>1</sup> Вообще число труб в ряду определяется их формой, прочностью и конструкцией бункера.







трубки на наклонный желоб и прижимает их к ранее уложенным при движении вниз. Когда подаваемая труба упирается в предыдущую, повышается давление в гидроприводе и масло перепускается через клапан, которым регулируется требуемое усилие торцевого поджатия труб. Этим же достигается синхронизация скоростей укладки и движения машины. Когда подаватель приходит в крайнее нижнее положение, гидропривод снова автоматически переключается, шатун с подавателем идет



Рис. 62. Экскаватор ЭТН-171 с трубоукладчиком и с подъемно-транспортным устройством для работы с контейнерами.

вверх, поворачивается и принимает из поднятого одновременно захвата следующую трубку. Цикл повторяется. При движении подавателя вниз захват опускается до упора в первую встреченную трубку, закрывается и останаавливается. При обратном движении захват с заключенной в нем трубкой поднимается до верхнего упора, раскрывается, и трубка падает в подаватель.

Испытания трубоукладчика на экскаваторе ЭТН-171, укладывающего трубы  $d=5-7,5$  см, дали положительные результаты. Наблюдения показали, что даже при пополнении запаса труб в бункере из штабелей, разложенных вдоль трассы, трудоемкость укладки труб сокращается в 2,5—3 раза. Еще больше снижается трудоем-



кость при использовании сменных контейнеров и транспортировании запаса труб на прицепе за экскаватором (рис. 62). Трубоукладчик, установка которого на траншейный экскаватор не представляет трудностей, особенно эффективен при работе в неустойчивых грунтах. Кроме того, он позволяет повысить скорость движения и производительность траншеекопателя, не препятствует укладке труб вручную при устройстве коллекторов и при работе экскаватора в каменных грунтах.

Большинство известных трубоукладчиков — навесные, что позволяет вести укладку труб вслед за рытьем траншеи, не опасаясь ее деформации или обрушения. В то же время установка трубоукладчика на рабочий орган ограничивает запас труб, усложняет их доставку и делает невозможной доработку траншеи вручную перед укладкой труб.

Анализ существующих конструкций и условий их применения показывает, что механизмы для укладки гончарных труб должны:

- базироваться на траншеекопателе, дающем траншею, пригодную для укладки трубок;

- осуществлять принудительное торцевое поджатие труб с требуемым усилием;

- иметь магазин для запаса труб с автоматической подачей их в укладываемый механизм;

- работать синхронно с траншеекопателем при всех скоростях последнего;

- иметь привод, независимый от условий работы;

- осуществлять в нужных случаях защиту дрен от заиливания;

- укладывать в первую очередь дрены-осушители  $d = 5-7,5$  см;

- быть совместимыми с применяемыми способами доставки труб;

- не препятствовать немеханизированной укладке труб;

- быть легкими, дешевыми, прочными и надежными, удобными в изготовлении, установке и эксплуатации.

В наибольшей степени этим требованиям отвечают трубоукладчики с гидроприводом, магазином-бункером и спускным желобом, с приспособлением для защиты дрен рулонным материалом от заиливания, установленные на дренажных экскаваторах (ЭТН-171 и др.), с соответствующим подъемно-транспортным оборудованием (табл. 12).



Механизмы для укладки гончарных дренажных труб

| Показатели                                                 | ЭТН-171,<br>ЭТЦ-202          | Барт <sup>1</sup><br>(Голландия) | IMER<br>(Польша)                 | МЗД-1                                 | ЛатНИИ ГИМ<br>I и II                                      | ЛатНИИ ГИМ III и IV |
|------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| База, способ установки                                     | Навесной на траншее-копатель |                                  | Навесной на прицепе (автономный) | Навесной на спец. траншеекопатель     | Навесной на ЭТН-142                                       | Навесной на ЭТН-171 |
| Способ подачи труб на дно траншеи                          | По спускному желобу          |                                  |                                  | Цепным элеватором по спускному желобу | Цепным транспортером                                      | По спускному желобу |
| Привод                                                     | Нет                          | От ходового колеса               | Нет                              | Электрический                         | Гидравлический                                            |                     |
| Способ укладки                                             | Свободная                    | Принудительная                   | Свободная                        | Принудительная                        | Принудительная, с регулируемым усилием торцевого поджатия |                     |
| Синхронизация скорости укладки со скоростью базовой машины | —                            | Фрикционным роликом              | —                                | Фрикционной муфтой                    | Перепуском излишнего масла через клапан                   |                     |



| Показатели                                  | ЭТН-171,<br>ЭТЦ-202                                           | Барт <sup>1</sup><br>(Голландия) | IMER<br>(Польша)                 | МЗД-1                                                  | ЛатНИИГим<br>I и II                                         | ЛатНИИГим III и IV |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| Емкость для запаса труб                     | Нет (в от-<br>дельных<br>случаях<br>ящик на<br>50—60<br>труб) | —                                | Кузов при-<br>цепа<br>~2000 труб | Спираль-<br>ные боби-<br>ны 2×185<br>труб              | Наклонная полка (10—15 труб)<br>или бункер (100—200 труб)   |                    |
| Способ подачи труб из<br>емкости на укладку | Вручную                                                       |                                  |                                  | Автоматический                                         |                                                             |                    |
| Способ загрузки емкости                     | —                                                             | —                                | Вручную<br>и контей-<br>нерами   | На спец.<br>станке, а<br>затем са-<br>мопогруз-<br>кой | Вручную и сменными<br>контейнерами                          |                    |
| Диаметр укладываемых<br>труб, см            | 5—12,5                                                        | —                                | —                                | 5                                                      | 5; 7,5; 10 (с наклонной пол-<br>кой)<br>5; 7,5 (с бункером) |                    |



| Показатели                           | ЭГН-171,<br>ЭГЦ-202                                            | Барт'<br>(Голландия) | IMER<br>(Польша) | МЗД-1  | ЛатНИИГиМ<br>I и II                                                                    | ЛатНИИГиМ III и IV                                                                                                                            |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Скорость укладки, м/час              | до 200                                                         | —                    | —                | 78—312 | Соответствует скорости<br>траншеекопателя<br>(50—210 м/час), на стенде<br>до 400 м/час |                                                                                                                                               |
| Вес трубоукладчика (без<br>труб), кг | —                                                              | —                    | —                | —      | 110 и 230                                                                              | 50 и 120 (без<br>спускового желоба)                                                                                                           |
| Дополнительные приспособления        | Устройство<br>для защиты<br>дрен ру-<br>лонным ма-<br>териалом | —                    | Нет              | Нет    | Устройство<br>для защи-<br>ты дрен<br>рулонным<br>материалом                           | Устройство для<br>защиты дрен ру-<br>лонным материа-<br>лом; поворотный<br>кран с гидропри-<br>водом, транспорт-<br>ная лыжа, засы-<br>патель |
| Обслуживающий персо-<br>нал, чел.    | 2(1)                                                           | —                    | 3                | 2      | 1                                                                                      | 1                                                                                                                                             |

1 Близкую конструкцию имеет ирригационный трубоукладчик Д.251 (СССР).



В строительстве дренажа для предотвращения взаимного сдвига и заиливания иногда применяют трубы с фасками или с раструбами, а также соединительные муфты. Трубы с фасками могут быть уложены всеми описанными выше трубоукладчиками, раструбные — спускным желобом. При укладке труб с фасками или с раструбами при помощи спускного желоба следует обращать внимание на возможность беспрепятственного углового смещения труб при прохождении изогнутой части желоба. Для этого желательно выполнять трубы со сферической или тупой фаской (угол при вершине конуса  $120-130^\circ$ ), а раструбные трубы — с достаточным радиальным зазором в раструбе. Опускать трубы в желоб лучше внутренней фаской или раструбом вверх. Достаточной податливостью должны обладать и соединительные муфты, которые, однако, с точки зрения механизации менее перспективны, так как рассчитаны на укладку вручную.

Устройство дрен из смеси типа бетона и грунтобетона. Машины для устройства непрерывных дренажных труб из бетона или грунтобетона совмещают прокладку полости дрены (кротовины) с ее облицовкой, названной смесью, которую либо подают в готовом виде, либо изготавливают путем перемешивания нижущих материалов (органических и минеральных) с грунтом стенок полости. Стенки дрены получаются пористыми за счет подбора состава и режима обработки смеси. Иногда стенки делают плотными, но с водопропускной щелью. Из машин для устройства непрерывной бетонной пористой трубы известность получили опытные механизмы Ида (Англия), выполненные в двух вариантах:

- 1) для формирования трубы из «жесткого» ненасыщенного бетона;
- 2) для формирования трубы из пластичного (жидкого) насыщенного бетона.

В УкрНИИГиМе разработана машина для устройства грунтобетонных труб для подпочвенного орошения и дренажа. Машина имеет нож с укрепленным на нем раствором и специальным рабочим органом (головкой), к которому присоединены прицепные дренажные затиратели. Плунжерный насос подает раствор к специальному рабочему органу, через канал которого раствор поступает в кротовину у ее свода. Затем избыточная часть раствора стекает по дренажу вниз, покрывая стенки и дно



кротовины. Машина облицовывает кротовины диаметром 70 мм стенками толщиной 4—6 мм. Скорость машины около 2 км/час.

Известны и другие попытки изготовления непрерывных пористых грунто-, асфальто-, пластобетонных дренажных труб, а также труб, образуемых путем термической или термохимической обработок стенок кротовин. Однако до настоящего времени ни один из этих способов, насколько известно, не доведен до стадии практического использования. Это объясняется как трудностями нахождения нужных конструктивных решений (обеспечение оптимального режима подачи и уплотнения смеси, синхронизация скоростей прокладки кротовины и ее облицовки и др.), так и трудностями нахождения дешевых и долговечных смесей, технологии работ и т. п. Появившиеся в последние годы полимерные и стекловолоконистые материалы позволяют прокладывать непрерывную дренажную трубу намного проще.

Механизация укладки пластмассовых дрен. Хотя по объему строительства дренаж из полимерных материалов сильно уступает гончарному, механизация его укладки благодаря своей простоте и эффективности достигла уже высокого уровня. Применение пластмассовых труб позволяет в два-три раза снизить трудоемкость дреноукладочных работ, значительно повысить производительность механизмов и уменьшить транспортные расходы.

Пластмассовые трубы, как и гончарные, можно либо втягивать в кротовину, либо укладывать их в траншею или щель сверху. Первый способ из-за своих недостатков распространения не получил. Вторым способом укладывают готовые трубы или трубы, формируемые на месте одновременно с укладкой из ленты (пленки). Строительство ведут как траншейными, так и бестраншейными машинами, причем при устройстве пленочного дренажа применяют только последние. При устройстве пластмассовых дрен, кроме общих требований, нужно учитывать и специфические, связанные с такими свойствами пластмассовых труб, как «всплывание» в траншее с водой, деформируемость и хрупкость, особенно при низких температурах, высокий коэффициент теплового расширения и т. п.

Для строительства пластмассового дренажа обычно применяют дополнительные смесные приспособления



к дренажным траншекопателям общего назначения, допускающие использование последних для устройства гончарного дренажа, а также аналогичные приспособления к бестраншейным (крото- и щеледренажным) машинам.

Приспособления для укладки готовых труб, поставляемых в бухтах, устанавливают как на траншейных, так и на бестраншейных машинах. Они состоят из катушки,

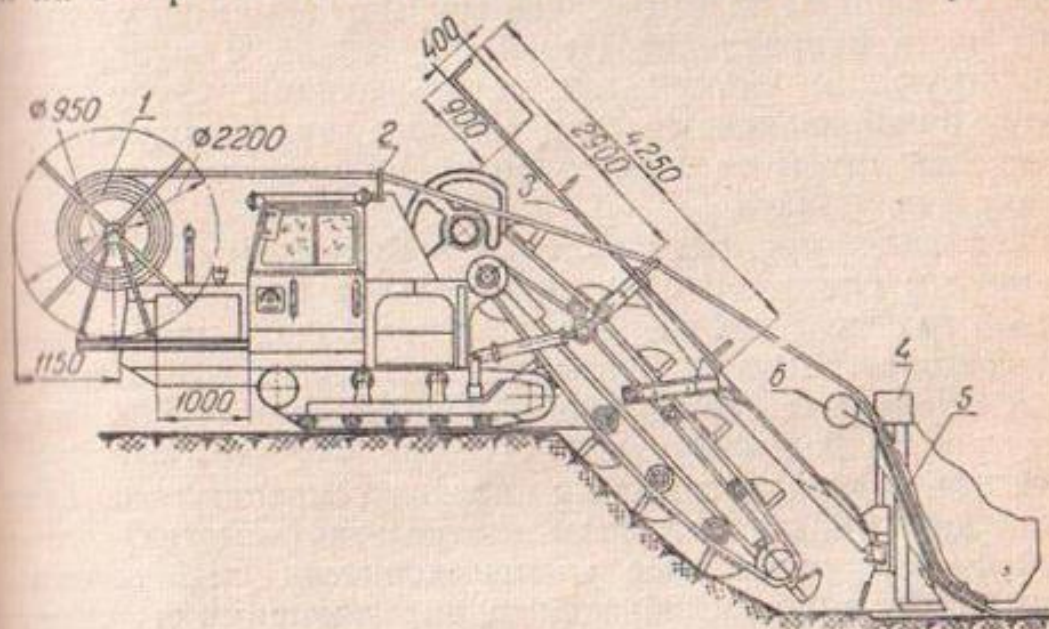


Рис. 63. Экскаватор ЭТЦ-202 с оборудованием для укладки пластмассовых труб, поставляемых в бухтах или в хлыстах (схема конструкции ЛатНИИГиМ):

1 — барабан; 2 — кронштейн; 3 — стеллаж; 4 — ограничитель; 5 — направляющая; 6 — бобина.

трубопроводящего тракта и прижима, часто объединенного с присыпщиком. Катушка должна быть удобна для установки бухт весом до 50—60 кг, а также для заправки трубы в направляющую, которая пропускает трубу с минимальным сопротивлением и без крутых изгибов ( $R > 15—25d$ ). Во избежание саморазматывания на катушке есть тормозок. Катушку монтируют на ящике-трубоукладчике или на шасси экскаватора (рис. 63). Последний способ, несмотря на большую длину трубопроводящего тракта, удобнее при установке бухты в транспортное положение и для переналадки. Направляющую приспособления обычно выполняют в виде изогнутой стальной или пластмассовой трубы, внутренний диаметр которой на 15—20 мм больше наружного диаметра укладываемой трубы. Приемная и выпускная



часть направляющей имеют раструб и закругление, предотвращающие местные повреждения укладываемой трубы. Конструкция направляющей должна быть удобной для монтажа и демонтажа в ящике-трубоукладчике (спускном желобе), чтобы использовать дренажную машину без сложных переналадок для укладки и пластмассовых, и гончарных труб.

Для защиты пластмассовой трубы от заиления у верхней части направляющей имеется бобина с рулонным фильтрующим материалом, обертывающим трубу при входе в направляющую. Во избежание всплывания пластмассовой трубы ее следует во время укладки прижать к дну и присыпать.

Укладку труб, поставляемых в бухтах, можно вести и другим способом: с предварительной размоткой бухт вдоль трассы. В этом случае приспособление для укладки состоит только из направляющих колец, направляющей и прижима. Такой способ удобен, если трубы поставляют в больших бухтах (свыше 300—400 м), при жестких трубах, а также при низких температурах. Для укладки труб, поставляемых в отрезках (хлыстах) длиной 4—6 м, дренажные траншеекопатели снабжаются простейшими приспособлениями, включающими стеллаж, направляющую и прижим-засыпатель. Кроме того, приспособление для укладки труб-хлыстов иногда дополняется устройствами для защиты от заиления. Стеллаж для запаса труб устанавливается на рабочем органе или на шасси машины. Он должен обеспечивать удобную погрузку и сохранность запаса труб, их выемку по одной и стыковку. Стеллаж делают обычно в виде легкой съемной металлоконструкции. Направляющая по своему назначению и конструкции аналогична описанной выше, но из-за большей жесткости хлыстов имеет увеличенный радиус изгиба ( $R \geq 40-50 d$ ) и соответствующую длину. Иногда в качестве направляющей используют часть верхней рамы рабочего органа. В некоторых случаях направляющая вообще отсутствует. Укладку труб-хлыстов ведет рабочий, который берет трубы со стеллажа по одной и пристыковывает их к ранее уложенным в направляющую (если она есть). Трубы стыкуются в раструб или с помощью муфт. Состыкованные трубы по направляющей опускают на дно траншеи и присыпают грунтом. Готовые пластмассовые трубы может укладывать также рабочий, находящийся в траншее.



Приспособление для прокладки пластмассовых дрен, формируемых из ленты, устанавливают обычно на бес-траншейные машины. Приспособления включают бобину с лентой, трубоформирующий аппарат, лентопроводящий и трубопроводящий тракты. По расположению трубо-формователя различают приспособления с верхним

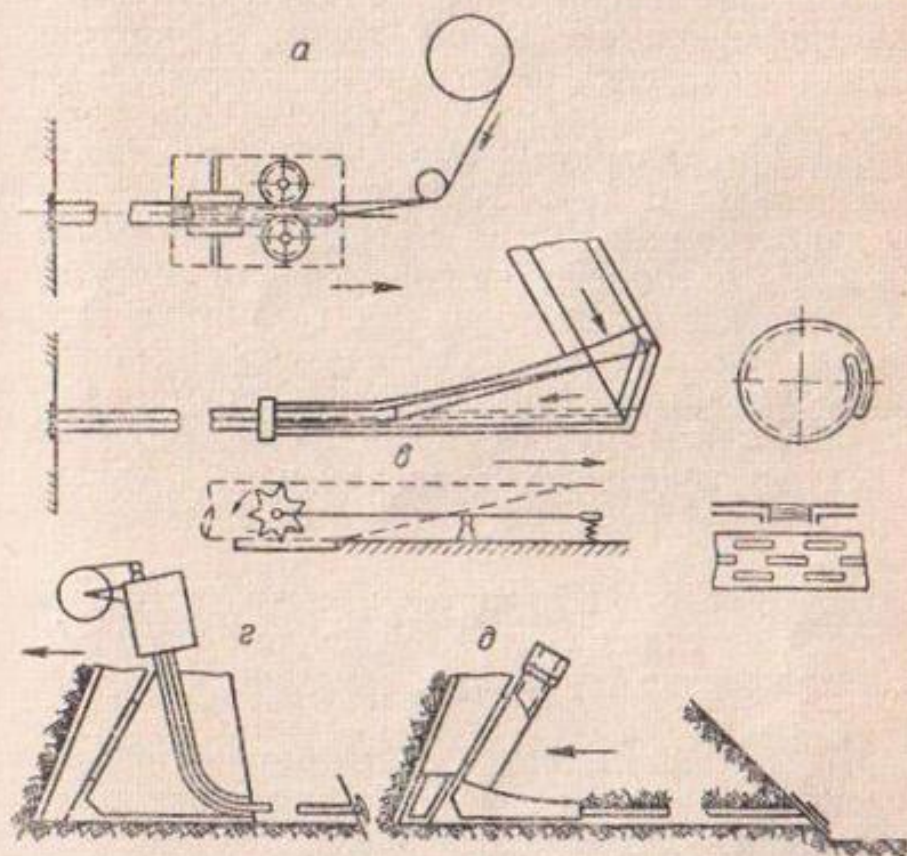


Рис. 64. Схемы формирования и укладки пластмассовых дрен из ленты:

а — вальцевание трубы; б — формирование трубы в конфузоре; в — соединение кромок ленты перфораций; г — верхнее формирование трубы; д — нижнее формирование трубы.

и нижним формированием трубы (рис. 64). Первым способом выполняют продольно-свертные и спирально-свертные трубы, вторым — только продольно-свертные. Несмотря на определенные удобства верхнего формирования (неограниченные габариты трубоформователя, возможность наблюдения за ним и т. д.), его применение усложняется трудностью изгиба тонкостенной трубы при ее опускании на дно щели, а также необходимостью в достаточно широкой щели, при прокладке которой надо преодолеть большое сопротивление. По этой причине



чаще применяют приспособления с нижним формированием трубы различными способами, простейший из которых — свертывание трубы при помощи конусного трубоформователя. Пластмассовая лента толщиной 0,5—1,2 мм определяется с бобины по лентопроводящему тракту дренажной машины вниз, огибает оборотный валик, меняя свое направление, и подается в трубоформователь, где принимает форму трубы с упруго-поджатым швом внахлестку, вытягиваемой наружу, в кротовину. Для сохранения формы трубы при выходе присыпают закрывающим аппаратом. Различной комбинацией оборотных валиков и трубоформователя можно получить трубу диаметром 40—60 мм с верхним, боковым и нижним швом. Для повышения эластичности ленту из ПВХ иногда подогревают выхлопными газами двигателя во время ее прохождения через лентопроводящий тракт и трубоформователь. Для снижения сопротивления протаскиванию ленты трубоформователь выполняют вальцевым. В нем трение скольжения заменено трением качения, однако конструкция его несколько сложнее, а размеры больше.

Трубоформователь крепится к ножу жестко или на шарнире. Последний способ лучше, так как предотвращает повреждение трубы при изменениях глубины копания.

Упругость пластмассовой ленты обычно недостаточна для сохранения формы трубы. Поэтому края ленты соединяют швом — перфорацией внахлестку или молнией<sup>1</sup>. Шов-перфорацию выполняют в 2—4 строчки с помощью дополнительного устройства к трубоформователю, состоящего из специальной звездочки и матрицы (рис. 64). Для соединения «молнией» используют ленту с фигурной краевой высечкой (вырезами и выступами). Лента, проходя через специальный трубоформирующий аппарат, сворачивается выступами внутрь, и последние соединяются, образуя под действием упругости шов «молния».

Оба вида соединений имеют свои достоинства и недостатки: первый требует дополнительного приспособления с подвижными изнашивающимися частями, но позволяет использовать простую ленту с ровными кромками (скорость сшивки — до 600—800 м/час); второй, используя

---

<sup>1</sup> Попытки «сварки» кромок ленты не имели успеха из-за низкой производительности, технологических и конструктивных трудностей.



простой и надежный трубоформователь и допуская скорость сшивки более 1000 м/час, требует специальной достаточно тщательно подготовленной ленты.

Несмотря на многообразие экспериментов, машин серийного производства для строительства пленочного дренажа пока немного. Это, в первую очередь машины «Dräpomat» (Австрия) и В750 (ГДР), а также проходящие испытания советские машины МГД-6Н и ДПБН-1,8.

Укладку пленочной дрены начинают от открытого коллектора или от шурфа, вырытого для присоединения к закрытому коллектору. При этом пленочная дрена вводится в дополнительную трубу длиной 1—2 м и заякоривается, после чего машина начинает прокладку дрены. В конце трассы формирующий механизм поднимают до глубины около 0,5 м, отрывают шурф и ставят заглушку на дрена. Соединение дрены с закрытым коллектором выполняют вручную с применением фасонных частей. Аналогично ведут работы и при устройстве дренажа из готовых труб бестраншейным или узкотраншейным способом.

Вспомогательные работы, выполняемые вручную, сильно снижают производительность бестраншейных машин<sup>1</sup>. Поэтому наибольшего эффекта можно ожидать при устройстве пленочного дренажа как дополнения к капитальному трубчатому, с присоединением через фильтрующую засыпку траншей. Это позволяет свести немеханизированные работы к минимуму. Устройство осушителей в сочетании с траншейным строительством коллекторов также позволяет сократить работы по устройству шурфов для соединений.

Укладку полиэтиленовых труб можно вести при температуре не ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ , трубчатого или пленочного дренажа из ПВХ — при  $t \geq +5-10^{\circ}\text{C}$ .

**Защита дрен от заиления.** Механизация укладки дренажных труб тесно связана с защитой их от заиления. Это особенно относится к гончарным трубам, зазоры между которыми даже при ручной укладке превышают допустимые, достигая в отдельных случаях 3—4 мм. Лучшие всего защищают дрены от заиления фильтрующие материалы, которые улучшают также водоприемные свойства дрен. Для защиты труб вкруговую или с одной

<sup>1</sup> На вспомогательные работы иногда тратится больше половины рабочего времени.



стороны трубоукладчики снабжены специальным бункером. Для обсыпки дрены лишь сверху и сбоку применяют также специальные тракторные тележки с подающим транспортером и дозатором. Так как фильтрующие материалы в массе (гравий, шлак, фрезерный торф и т. п.) довольно дороги и нетранспортабельны, а их расход велик ( $0,03—0,05 \text{ м}^3$  на 1 л. м дрены и более), иногда при-

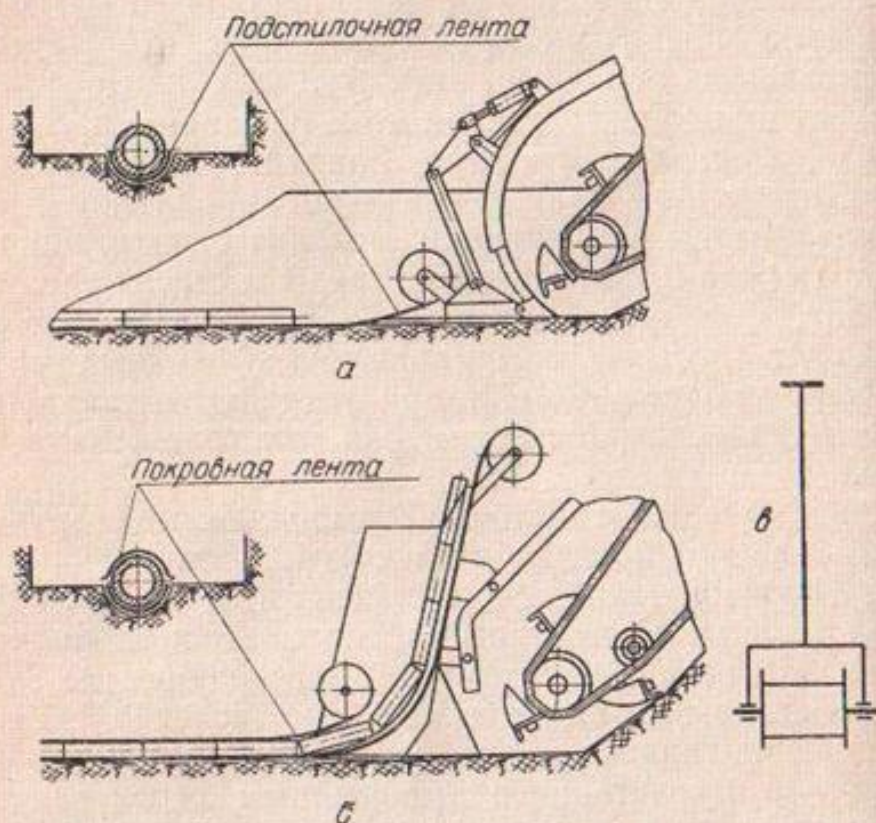


Рис. 65. Схема защиты труб рулонным материалом:

а — механизированная подстилка ленты при укладке труб вручную; б — защита труб двумя лентами при применении спускного желоба; в — приспособление для расстилки ленты вручную.

бегают к комбинации этих материалов с пленкой, подстилаемой под трубы или на них, сужению траншеи или уменьшению слоя фильтра. Наиболее удобно применять рулонные защитные фильтрующие материалы. Для защиты ими укладываемых труб служат специальные лентопротяжные приспособления. Достаточно прочную ленту можно подстилать непосредственно под трубы в верхней части желоба, а менее прочную, во избежание повреждений на криволинейной части желоба, — протягивать на дно траншеи отдельно от трубок, под желобом. Это относится как к защите труб обертыванием одной



лентой, так и к укладке их на подстилочную ленту. В первом случае трубки укладывают на сматываемую с бобины ленту и вместе с ней опускают по желобу, на выходе из которого края ленты заправляют вокруг труб (защитный «чулок») и присыпают грунтом. Для лучшего закрепления «чулок» можно обматывать по спирали нитью с помощью дополнительного устройства, например шпули, сквозь отверстие которой пропускается обернутая дренажная труба. Несколько сложнее устройство с разделенными ленто- и трубопроводящими трактами.

Наряду с устройствами для обертывания труб одной лентой существуют, как уже упоминалось, устройства для укладки труб на подстилочную ленту и укрытия их покровной лентой (рис. 65). Ширину лент выбирают с учетом требуемого перекрытия. Так, для труб с внутренним  $d=5$  см пользуются лентами шириной 15 см (нижняя) и 20 см (верхняя).

Устройства для защиты труб двумя лентами, будучи проще по конструкции и удобнее в эксплуатации, довольно широко применяют в практике, хотя такая защита и уступает по надежности и экономичности «чулку» из одной ленты.

Рулонные материалы для защиты от заиления применяют и при укладке труб вручную. Если траншея при этом не требует доделок, бобина с лентой навешивается на траншеекопатель и при его движении разматывается, расстилая ленту, на которую укладываются трубы. Если же траншею приходится дорабатывать вручную, ленту расстилают также вручную при помощи простого приспособления (рис. 65, в), используемого и для укрытия труб покровной лентой.



Рассмотренные механизмы и приспособления обеспечивают укладку дренажных труб и защиту их от заиления во всех случаях, когда траншея или щель подготовлены надлежащим образом. Наибольший эффект от механизации укладки можно получить при устройстве дрен-осушителей, составляющих 0,8—0,9 объема работ (по длине) и требующих минимума ручных работ. Поэтому для устройства дрен-осушителей целесообразно применять автоматические трубоукладчики с магазином-бункером, а также пластмассовые трубы. При устройстве



коллекторов, учитывая необходимость установки вручную соединительных частей через каждые 10÷20 м и большие размеры труб, целесообразно применять более простые трубоукладчики с магазином-полкой, либо обыкновенный спускной желоб.

Механизация укладки труб дает полный эффект лишь в сочетании с рациональными способами их доставки к месту укладки, лучшим из которых является транспортировка труб в заводской таре (контейнеры) за траншеекопателем.

### **Контроль за качеством работ**

Для проверки качества строительства дренажа проводят контроль выполненных работ. Он может быть текущим (в процессе выполнения работы) и последующим (после окончания ее), сплошным и выборочным, визуальным, приборным и автоматизированным (с подачей сигналов и записью результатов), пассивным и активным.

При строительстве дренажа особо тщательной проверки требуют скрытые работы, плохо поддающиеся исправлению: прокладка траншей (точность поддержания глубины и уклона), укладка труб (плотность укладки, величина зазоров в стыках, деформация дрен и проч.), защита от заиления, выполнение соединений и т. п.

Существующие правила приемки и контроля дренажных работ, достаточно полно изложенные в литературе, основаны на визуальном и отчасти приборном контроле, результаты которого могут иметь несколько субъективный характер. Эти методы из-за своей трудоемкости не позволяют, кроме того, производить сплошной контроль, желательный по соображениям надежности. Своевременный, возможно полный объективный контроль с минимальными затратами труда очень важен для механизации работ.

Качество работ зависит от качества дренажных материалов, в частности от размеров и правильной формы трубы. Размеры труб и толщину стенок замеряют штангенциркулем или линейкой, а кривизну труб, косой срез, длину проверяют специальным шаблоном и щупом (рис. 66, а)<sup>1</sup>. Щупом измеряют также зазор между уложенными трубками (рис. 66, б). Плотность укладки определяют попыткой извлечь отдельную трубу из дрены.

<sup>1</sup> Эти замеры производятся при приемке труб от изготовителя



при этом соседние трубы должны приподниматься. Глубину дрен и ее уклон проверяют при помощи нивелира и рейки, а также визирок и уровня (рис. 67, б). Можно производить проверку от базы копирного тросика, при помощи специального угольника и уровня (рис. 67, а).

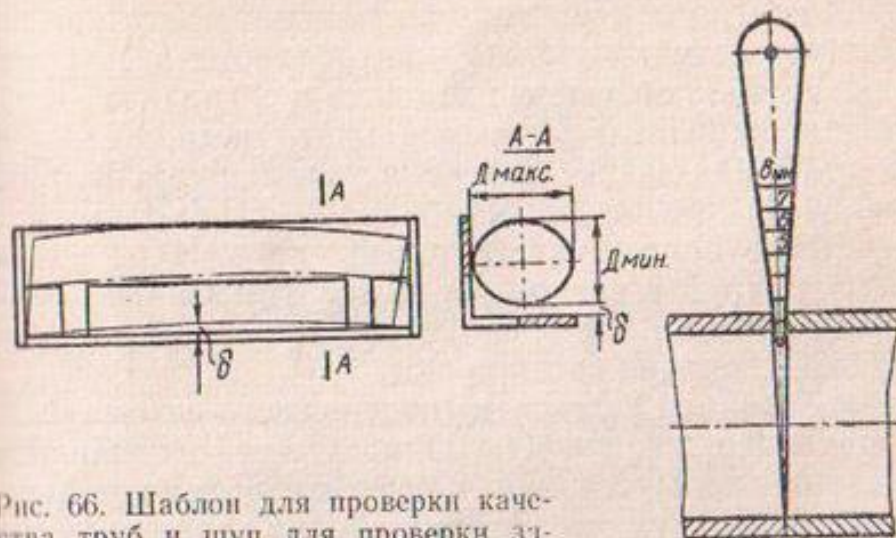


Рис. 66. Шаблон для проверки качества труб и щуп для проверки зазора в стыке.

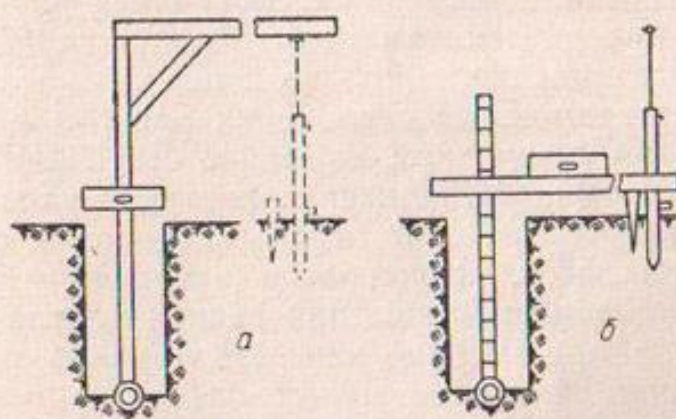


Рис. 67. Проверка глубины закладки дрен по тросику с помощью угольника и уровня (а), то же, по пикету, с помощью рейки и уровня (б).

Защиту труб от заиливания, соединения дрен, дренажные сооружения проверяют визуально или простейшими измерительными инструментами (линейка, рулетка и т. п.).

Описанные выше способы контроля относятся к немеханизированным.

Простейшим из механизированных (автоматизированных) способов контроля является применение электроконтактного или механического уклоноуказателей, кото-



рые позволяют контролировать отклонения рабочего органа от глубины, заданной копирным тросиком. Аналогичную роль играют сигнальные лампы других устройств для поддержания глубины (ПУЛ, сообщающиеся сосуды, гироскоп, маятник), с помощью которых осуществляют текущий контроль. При помощи механического или электрического датчика можно контролировать и процесс укладки трубок, обычно сводящийся к сигнализации о недопустимо больших зазорах между ними. На рисунке 68, а показан датчик контроля укладки трубок, применявшийся на дренажном комбайне ЛатНИИГиМ и выполненный в виде щупа, который скользит по шельге уложенных труб и соединен с контактным и записывающим устройством. Недостаток датчика — контроль зазора только в верхней части дрены.

Устройства с активным контролем, автоматически исправляющие допущенную ошибку или останавливающие машину для устранения дефекта, надежнее пассивных устройств, сигналы которых можно вовремя не заметить, особенно на скоростных и сложных машинах. К первым, в частности, относятся рассмотренные ранее устройства для автоматического поддержания глубины копания, осуществляющие не только контроль, но и предотвращающие возможные отклонения при рытье траншей.

В опытном дренажном комбайне ЛатНИИГиМ срабатывание упомянутого датчика контроля укладки трубок вызывало выключение бортфрикционов и остановку машины (рис. 68, б). Контроль с автоматической остановкой целесообразен лишь при редких нарушениях последнего, т. е. при высоком качестве труб. В противном случае сигнал остановки может следовать на каждой стыке, например, если датчик настроен на максимально допустимый зазор 2 мм, а укладываемые трубы неправильной формы. Поэтому при механизированной укладке дренажных труб низкого качества следует предусматривать настройку датчика на больший допускаемый зазор (3—5 мм) и защиту дрен от заиливания.

При строительстве закрытого дренажа желательно не только производить текущий контроль, но и иметь возможность судить впоследствии о состоянии дрены и возможных неисправностях.

Это достигается двумя путями:

1) записью результатов текущего контроля техпроцесса, которая используется потом как паспорт дрены;



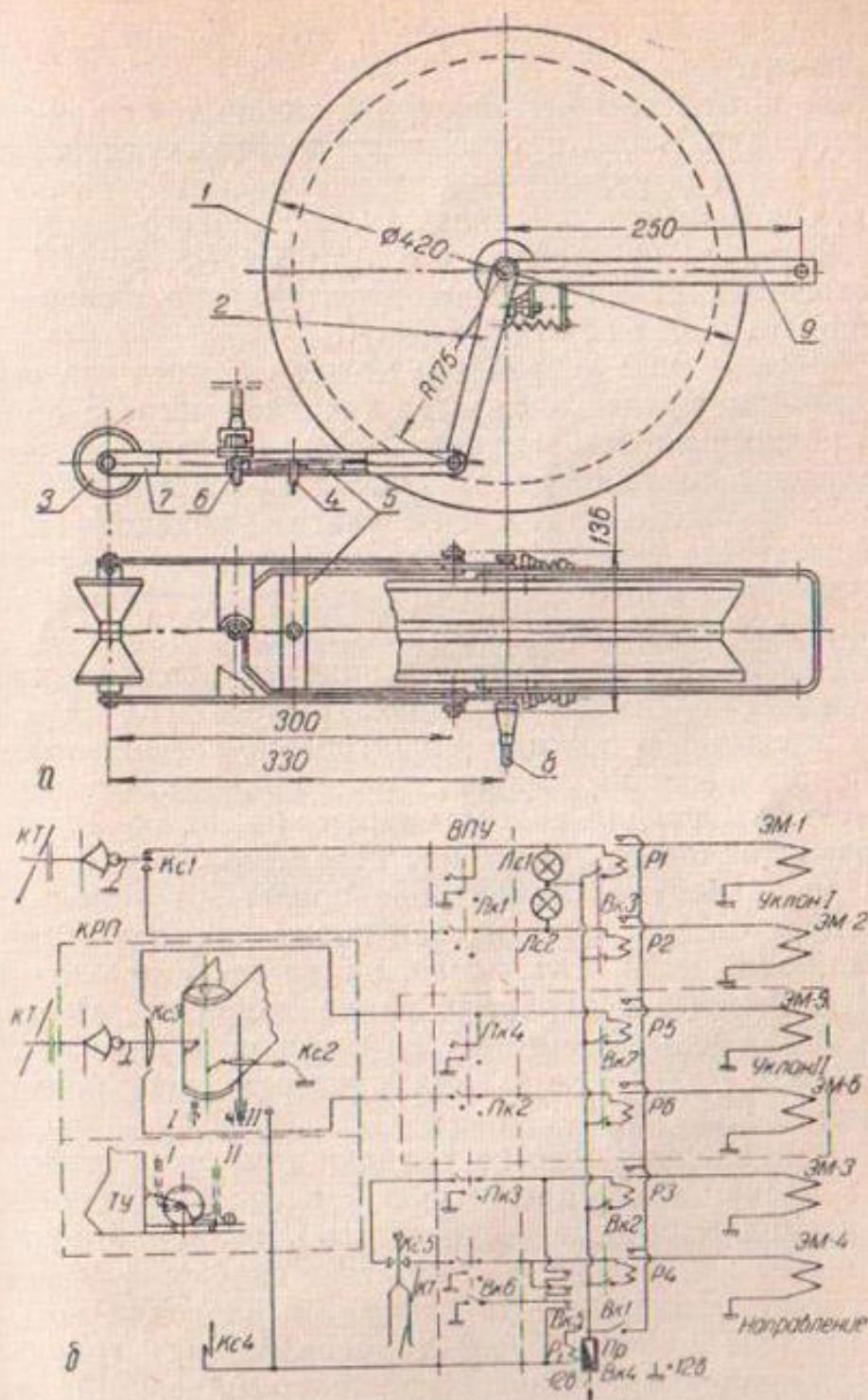


Рис. 68. Датчик контроля (а) и электрическая схема автоматического управления и контроля дренажного комбайна ЛатНИИГим (б):

1 — прижимной каток; 2 — маятниковый рычаг; 3 — опорный ролик; 4 — щуп-датчик; 5 — рама щупа; 6 — приводной тросик щупа; 7 — рама; 8 — гибкий вал; 9 — тяга;

ЗМ — электромагнит привода гидрораспределителя; Вк — выключатель; Р — реле; Лс — лампа сигнальная; Кс — контакт сигнальный; Пр — предохранитель; КРП — контрольно-регистрирующий прибор; КТ — копирующий тросик; ВПУ — выносной пульт управления.



2) контролем готовой дрены, то есть последующим контролем.

Результаты текущего контроля записывают при помощи присоединения сигнальных устройств — уклоноуказателя и датчика укладки — к записывающему устройству, привод которого осуществляется от ходового механизма в зависимости от пройденного пути  $s=f(l)$ ,  $s=m_s l$  и от часового механизма (либо от двигателя) и в зависимости от времени работы  $s=f(t)$ ,  $s=m_s t$ .

Записывающее устройство может служить также для регистрации других элементов технологического процесса и режима работы машины (время простоев, холостых переездов и полезной работы, число и распределение различных включений и т. п.). Результаты контроля можно записывать на бумагу, фотопленку и пленку, причем для практических целей сплошного контроля больше всего подходит бумага.

Пользоваться для записи в полевых условиях карандашом или чернилами неудобно (грифель тупится, а чернила высыхают), поэтому в контрольно-регистрирующих приборах дренажных машин лучше применять так называемую бумагу для скоростемеров, на которой можно писать штифтом из любого цветного металла.

При последующем контроле проверяют уклон дрен, качество укладки труб, их закупорку или деформацию.

Для этой цели пользуются, например, стальным шаром. Пущенный с верхнего конца хорошо уложенной дрены, шар должен выкатиться с нижнего. Такой способ применяется за рубежом для проверки дрен большого диаметра.

Для проверки качества укладки труб и их деформации в дрену вводят дренажную «мышь» — приспособление, укрепляемое на конце жесткого кабеля, протаскиваемого через дрену (рис. 69). «Мышь» снабжена тензометрическими пальцами — датчиками, отклонение которых при проходе деформируемых участков регистрируется.

Для проверки фактического уклона в дрену при помощи жесткого кабеля вводят «электроуровень» — цилиндр с подвижной жидкостью и внутренними электрическими датчиками. Иногда в дрену вводят миниатюрную фотокамеру для съемки ее отдельных участков.

Известны и некоторые другие приборы и приспособления в основном для научно-исследовательских целей, но пока большинство устройств для контроля имеет экспе-



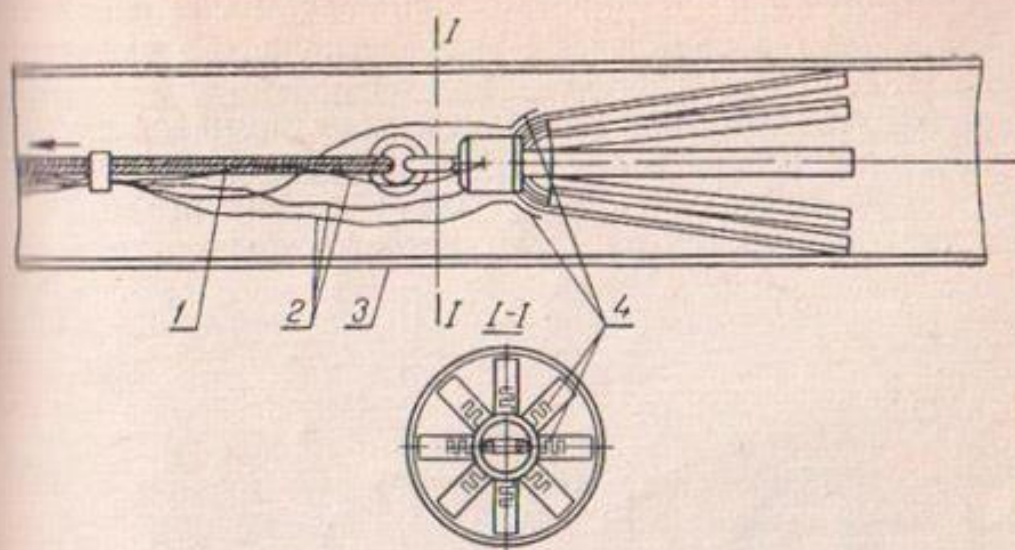


Рис. 69. Дренажная мышь:

1 — стальной трос (кабель); 2 — провода; 3 — стенка дрены; 4 — тензодатчики на пальцах.

риментальный характер. Очевидно, по мере увеличения объемов дренажных работ, развития механизации и автоматизации, повышения рабочих скоростей и сокращения численности обслуживающего персонала они станут все более необходимыми и доступными.

### Обратная засыпка траншей

После укладки труб и защиты их от заиливания траншею засыпают<sup>1</sup>.

Хотя по стоимости и трудоемкости засыпка траншей имеет незначительный вес в общих затратах, от нее во многом зависит последующая работа дренажа.

Основные требования к обратной засыпке:

- 1) она не должна повреждать дренажные трубы и деформировать дрены;
- 2) засыпка не должна препятствовать поступлению воды в дренаж;
- 3) засыпанные траншеи не должны мешать нормальному использованию осушенной земли;
- 4) засыпку нужно проводить в сроки, обеспечивающие сохранность дрен;
- 5) нельзя засыпать траншеи мерзлым грунтом.

<sup>1</sup> Дрены, уложенные бестраншейным способом, закрываются сразу после прокладки без постороннего воздействия или при помощи специальных закрывающих устройств, входящих в состав бестраншейной машины.



Обратную засыпку проводят по-разному: в один или в два приема, в комплексе с рытьем траншеи и укладкой труб (т. е. одним агрегатом) или отдельно от этих процессов, активными или пассивными орудиями (рис. 70).

Выбор способов и механизмов для обратной засыпки зависит от местных (природных) условий, механизмов и технологии других работ, в частности рытья траншей

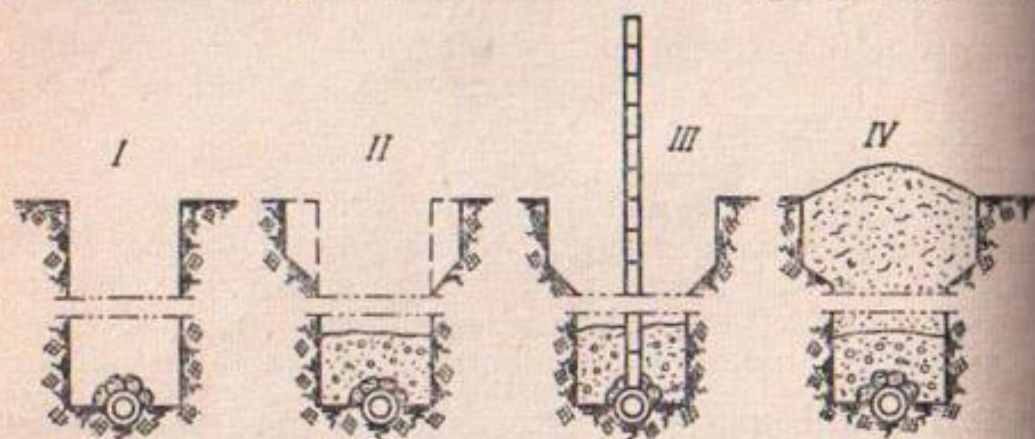


Рис. 70. Последовательность операций при засыпке дрен:

*I* — обкладка стыков фильтрующим материалом; *II* — присыпка; *III* — контроль; *IV* — окончательная засыпка.

и укладки труб. Обычно дрены засыпают в два приема. Вначале предварительно присыпают дрены размельченным верхним гумусным слоем почвы толщиной 20—30 см. Это улучшает водоприемные свойства дрены и защищает ее от повреждения во время окончательной засыпки. Предварительную засыпку выполняют сразу же после укладки труб.

После проведения необходимых контрольно-приемочных операций, в течение 1—2 недель после укладки труб траншею засыпают окончательно.

Для предварительной присыпки вручную грунт срезают штыковой лопатой с бровки траншеи. Иногда присыпку выполняют специальными приспособлениями — присыпателями. Механизированная присыпка допускается лишь в грунтах без камней, которые могут при падении повредить трубки или вызвать сдвиг дрены. Поэтому приспособления для присыпки должны быть съемными и по возможности сменными для работы в различных условиях. Старейшим приспособлением такого рода является конный плуг, которым после укладки труб проводят борозду рядом с траншеей, отваливая в нее грунт.



Сейчас широкое распространение получили орудия, присоединенные на жесткой или гибкой тяге к траншеекопателью и проводящие присыпку сразу же после укладки трубок (рис. 71). Рабочим органом этих орудий может быть V-образный сгребающий отвал, лемешные или дисковые ножи, приводной шнек. V-образный отвал, сгребающий в траншею землю с кавальеров, образованных при работе цепного рабочего органа, предложен БелНИИМВХ. Присыпатель во время работы прицеплен к ящику — трубоукладчику на ЭТН-171 или ЭТЦ-202 (рис. 72, а). Он выполнен из дерева, прост по устройству, но может использоваться лишь, когда рабочий орган оставляет на бровках траншеи достаточно грунта, пригодного для присыпки (торф, смесь минерального грунта с гумусом). Присыпатель на гибкой тяге иной конструкции, разработанной СевНИИГиМ, включает два плужка (правый и левый), которые установлены на раме с лыжами, движущимися по бровкам траншеи, и вертикальными пластинами, скользящими по стенкам траншеи и удерживающими засыпатель от ухода вбок.

Оригинальный присыпатель разработан фирмой Вандененде (Голландия). Этот присыпатель состоит из верхнего листа — лыжи с четырьмя поперечными шлицами, к которой с помощью болтов крепятся две вертикальные направляющие пластины, соединенные в нижней части регулируемой поперечной траверсой (рис. 72, б). Пластины в передней части имеют ряд отверстий для гибких тяг, концы которых присоединены к ящику-трубоукладчику. В средней части направляющих пластин имеется режущий открылок, в задней части к каждой пластине болтами присоединен дугообразный лемех (нож) с планкой-стабилизатором. Грунт для присыпки срезается не с бровок траншеи, а с ее стенок, что обеспечивает его большую однородность и, следовательно, стабильность хода присыпателя. Конструкция обеспечивает получение нужного направления силы тяги, а также легкую переналадку при изменении ширины траншеи. Недостаток присыпателя заключается в том, что дрена прикрывается грунтом с малым содержанием гумуса.

К достоинствам присыпателей на гибкой тяге относится возможность отдаления от траншеекопателя на 8—10 м и соответственно возможность выполнения необходимых поправок дрены без остановки траншеекопателя. В то же время присыпатели приходится вручную



устанавливать и снимать на каждой дрене, что, учитывая их вес и размеры, довольно тяжело. Поэтому на многих дренажных экскаваторах присыпатели устанавливают на жесткой навеске.

Тяговое сопротивление плужных присыпателей может быть довольно большим, особенно при работе в тяжелых

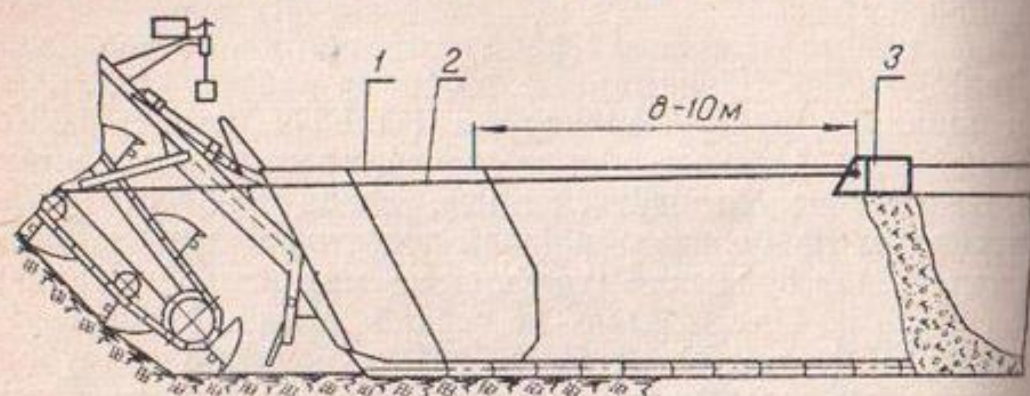


Рис. 71. Присыпка дрен прицепным присыпателем на гибкой тяге:

1 — экскаватор; 2 — трос; 3 — присыпатель.

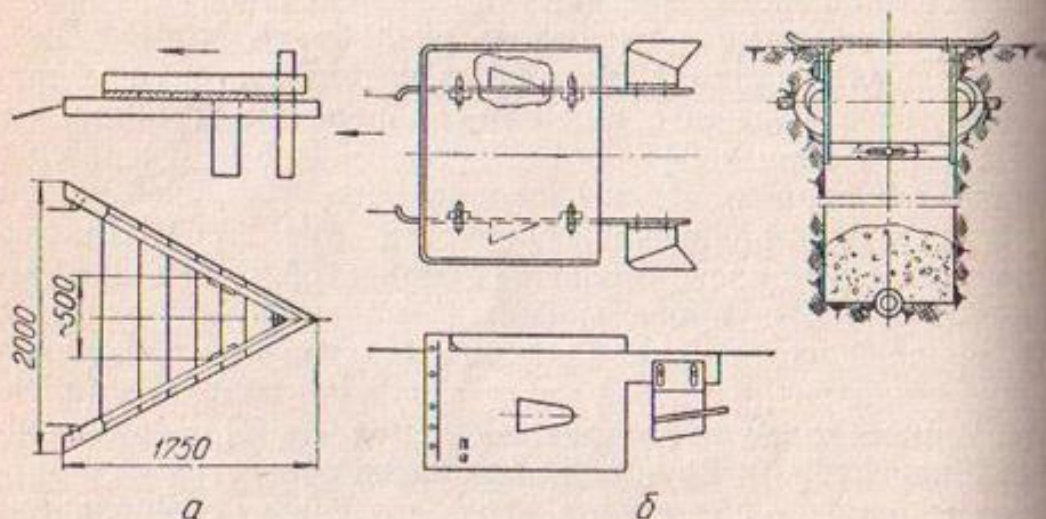


Рис. 72. Схема присыпателей:

а — БелНИИМВХ; б — Вандененде.

задернелых грунтах. Например, при удельном сопротивлении копанью  $0,5—1 \text{ кг/см}^2$ , слое присыпки 25 см и ширине траншей 25 см для тяги присыпателя требуется сила 0,3—0,6 т, а при ширине траншей 0,5 м — 0,5 ÷ 1 т. Сопротивление присыпателя при сцепке его с рабочим органом экскаватора может привести к самопроизвольному выглублению последнего. Поэтому плужные присыпатели,



особенно при ширине траншеи более 0,25 м, следует присоединять к шасси непосредственно, а не через рабочий орган. Так сделан, например, присыпатель, предложенный рационализаторами Шилутского УМС (Литовская ССР), выполненный в виде П-образной рамы, охватывающей рабочий орган и шарнирно прикрепленной к полуосям ходовой тележки экскаватора ЭТН-171 (рис. 73). На раме с каждой стороны установлены: отвал,

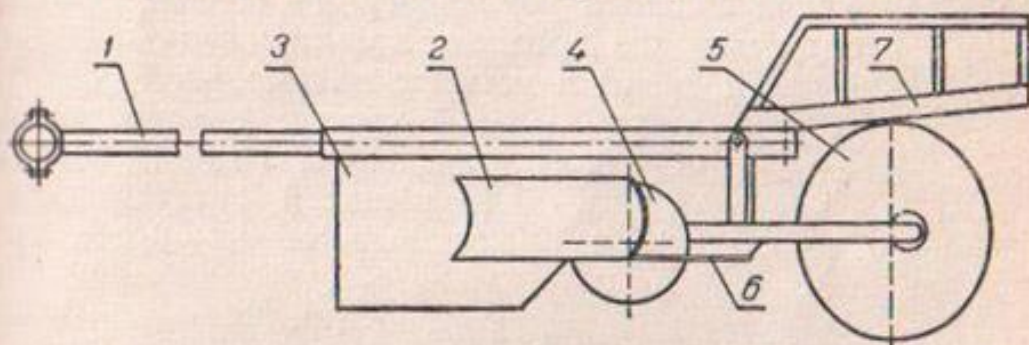


Рис. 73. Присыпатель на жесткой навеске к ЭТН-171 (Литовская ССР):

1 — П-образная рама; 2 — сдвигающий отвал; 3 — направляющая пластина; 4 — дисковый нож; 5 — дисковый отвал; 6 — опорная лыжа; 7 — ящик для пригрузки.

сдвигающий в сторону грунт, вынесенный на бровку рабочим органом, дисковый нож, надрезающий почву для лучшего ее размельчения, дисковый отвал, окончательно срезающий и крошащий почву и сталкивающий ее в траншею. Сзади установлен также ящик для пригрузки. В транспортное положение присыпатель поднимается рабочим органом экскаватора. Это приспособление используется в Литовской ССР на окультуренных землях при укладке труб с помощью спускного желоба. Однако оно имеет и недостатки: большая металлоемкость, необходимость остановок экскаватора при исправлении дефектов укладки, невозможность работать на сухой почве из-за пыли, мешающей рабочему в траншее (если он есть).

Присыпатели, как правило, орудия пассивного действия. Лишь в 1967 г. в Валмиерском СМУ (Латвийская ССР) изготовлен активный присыпатель — шнек-фреза с гидравлическим приводом, лучше размельчающий и равномерно подающий грунт в траншею, но более сложный.

Эти и другие известные присыпатели еще довольно несовершенны и применимы лишь в определенных усло-



виях, только в грунтах без камней. Они рассчитаны на разные способы присыпки: осыпью вынутого грунта, смесью осыпи с нетронутой почвой, нетронутой почвой, грунтом из стенок нижней части траншеи (рис. 74). С конструктивной точки зрения лучшим является последний способ, но гидротехнические требования к способу присыпки требуют уточнения.

Окончательная засыпка траншей чаще всего производится универсальным бульдозером (Д-259, БУ-55 и др.) в один или два прохода. Засыпку ведут обычно от верхней части дрены к устью с планировкой поверхности тыльной стороной отвала при обратном заезде. Учитывая осадку грунта, над траншеей оставляют резервный валик высотой 0,2—0,3 м.

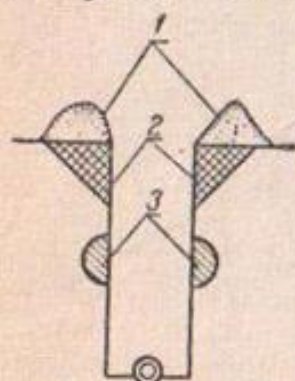


Рис. 74. Способы присыпки:

1 — осыпью вынутого грунта; 2 — нетронутой почвой; 1+2 — смесью осыпи с нетронутой почвой; 3 — грунтом из стенок нижней части траншеи.

При работе в тяжелых грунтах для улучшения водопроницаемости обратную засыпку делают двухслойной: первый, нижний, слой на 0,5—0,6 глубины траншеи — из гумусного поверхностного грунта и второй, верхний, — из выбранного при рытье траншеи грунта. Для этого бульдозер делает дополнительный проход с заглублением на 0,1—0,2 м отвалом по стороне траншеи, противоположной кавальеру. В тех случаях, когда засыпку траншеи параллельным проходом нельзя осуществить из-за плохого бокового скольжения грунта по отвалу (например, в торфянике) или из-за отсутствия универсального бульдозера, засыпку выполняют рядом коротких заездов под углом к траншее.

Выработка бульдозеров на засыпке дренажа зависит от способа засыпки, грунтовых условий, отдаления кавальера от траншеи, объема грунта в нем (глубины траншеи), длины дрен и их расположения на объекте, а также от характеристики самого бульдозера и составляет от 1,5 до 2,5 км/смена.

Описанными способами можно хорошо засыпать траншеи шириной более 0,3—0,4 м с односторонним расположением кавальера и более 1 м поверху с двухсторонним расположением кавальера. Для засыпки траншей



с двухсторонним расположением кавальеров и шириной поверху 0,3—1 м целесообразно применять специальный V-образный засыпатель-бульдозер, сменное оборудование, монтируемое взамен бульдозерного отвала на его раме. Засыпатель включает два отвала, расположенные симметрично по отношению к продольной оси трактора, в виде буквы V. Для образования резервного валика внутренняя часть отвалов срезана. Для лучшего прохождения грунта в траншею отвалы могут быть взаимно сдвинуты по длине. В отличие от универсального бульдозера V-образный засыпатель не имеет боковой составляющей сопротивления, что облегчает его работу.

Значительные трудности представляет засыпка узких дренажных траншей ( $b \leq 0,3$  м) с вертикальными стенками, особенно при одностороннем расположении кавальера. Применение бульдозера в этом случае малоэффективно из-за сводообразования, зависания грунта между стенками траншей в верхней ее части и образования пустот в нижней. Для засыпки таких траншей применяют активные засыпатели, например шнек-барабаны, равномерно подающие в траншею размельченный грунт. Эти засыпатели, довольно широко применяемые в Нидерландах, представляют собой прицепную одноосную тележку со шнеком, приводимым в действие от вала отбора мощности трактора через редуктор. Рабочая скорость засыпателя — 0,6—0,7 км/час. Шнековые засыпатели могут быть также навесными на трактор.

Наряду с традиционным методом засыпки траншей в два приема, отдельно от рытья траншей и укладки трубок, возможно разновременное или одновременное совмещение этих операций одной машиной.

Первый, простейший, способ сводится к навеске засыпателя на траншеекопатель и засыпке траншей во время холостых ходов или простоев последнего. Засыпатель, навешиваемый спереди, служит одновременно противовесом рабочего органа. В качестве засыпателя используют универсальный бульдозер или шнек-барабан.

Большой интерес представляют механизмы с засыпкой траншей одновременно с ее рытьем и укладкой дрен. К ним относятся в первую очередь дренажные орудия, работающие без подъема грунта на дневную поверхность, а также экскаваторы с инерционной разгрузкой выбранного грунта непосредственно в траншею (см. рис. 23 и 24).



Машины другого типа имеют дополнительные устройства для обратной засыпки траншеи одновременно с рытьем последних. Некоторые зарубежные траншейные экскаваторы имеют отвально-возвратный транспортер, по которому грунт, выбранный при рытье траншей, подается назад, на засыпку. Такой транспортер имеет также ирригационная дренажная машина ЭД-3,0, созданная ГСКВ по ирригации.

На опытном «дренажном комбайне» ЛатНИИГиМ был установлен навесной шнек-засыпатель с гидроприводом, засыпающий траншею вслед за ее рытьем и укладкой труб либо размельченным поверхностным грунтом, либо смесью его с грунтом из кавальера. При необходимости засыпатель мог быть выключен из работы и поднят в транспортное положение, позволяя использовать машину как обычный экскаватор (см. рис. 54).

Совмещение обратной засыпки с прочими операциями возможно и эффективно лишь в благоприятных грунтовых условиях при бездефектной укладке труб. При этом нельзя упускать из виду, что:

усложнение машины повышает ее стоимость и может отрицательно сказаться на производительности;

ввиду низкой стоимости обратной засыпки разделным способом (0,02 руб/п. м) экономический эффект совмещения сравнительно невелик;

раздельная засыпка траншей в два приема позволяет лучше контролировать качество работ и исправлять допущенные ошибки.

Наибольший интерес совмещенная засыпка траншей представляет при механизированной укладке труб, защищенных от заиливания, например непрерывных пластмассовых труб.

К специальным видам засыпки относится присыпка дрен фильтрующим материалом, а также засыпка дрен, заложенных в зимнее время. Для присыпки дрен фильтрующим материалом (шлаком, гравием, фрезерным торфом и т. п.) в Англии, Финляндии и других странах пользуются обычно тракторным прицепом со специальным лотком и механизмом подачи, приводимым от вала отбора мощности трактора или от колес прицепа. Материал, доставленный в прицепе на объект, ссыпается при движении прицепа вдоль дрены на уложенные трубы слоем 5—7 см. Для этих целей можно использовать также прицепы-навозоразбрасыватели с небольшими переделками



Окончательная засыпка производится обычными способами. При зимнем строительстве дренажа в Финляндии после присыпки дрены гравием траншею заполняют снегом (если грунт мерзлый) и окончательно талым грунтом насыпают позднее (летом).

### **Устройство сооружений**

Работы по устройству дренажных сооружений механизированы слабо, что связано с их раздробленностью, незначительным объемом, а также с тем, что они, большей частью, плохо поддаются механизации (одерновка устьев, присоединение труб к сооружениям, заделка швов и т. п.). Снижение трудоемкости и облегчение работ по строительству дренажных сооружений может быть достигнуто в первую очередь за счет:

- механизация земляных работ на устройстве выемок под колодцы, фильтры и т. п.;

- механизации подъемно-транспортных работ при доставке и монтаже тяжеловесных узлов и деталей, а также материалов (гравий для фильтров, дерн и др.);

- возможно большего применения готовых узлов и деталей, а также материалов, рассчитанных на механизированное строительство;

- специализации механизмов и рабочих на выполнении работ (при достаточном объеме) по устройству сооружений.

На строительстве дренажных сооружений применяют грейферные погрузчики ПЭ-08 или экскаваторы Э-158, Э-2514 и др., а при их отсутствии или плохой проходимости на объекте — экскаваторы на гусеничном ходу Э-157, Э-352 и др. При отсутствии одноковшового экскаватора выемку для колодца или фильтра можно сделать и несколькими пересекающимися проходами многоковшового экскаватора с последующей незначительной доработкой вручную. Для монтажа колец колодцев можно использовать описанное ранее подъемно-транспортное оборудование на тракторе либо одноковшовый экскаватор (погрузчик). Для устройства отверстий в бетонных кольцах можно использовать коловорот со сменными центровочным сверлом и кольцевой фрезой, оснащенными пластинками из твердого сплава. Еще более эффективен такой коловорот с удлиненной державкой для устройства отверстий в трубах при соединении дрен.



На выполнении работ по строительству дренажных сооружений целесообразно специализировать в дренажной бригаде отдельное звено из 2—3 человек, обслуживающих подъемно-транспортное оборудование и, если необходимо, — одноковшовый экскаватор. Нагрузку на звено рассчитывают, исходя из объема и сложности работ, местонахождения сооружений, природных условий объекта и мобильности машин. Звено может также развозить трубы и иные материалы и выполнять вспомогательные работы на объекте. При выделении специализированного звена и достаточном объеме работ на строительстве сооружений можно использовать и другие механизмы, например набор, включающий дернорез для нарезки дерна, который необходим для устройства устьев; компрессор и пневмозубило, необходимое для пробивки отверстий в кольцах. Самоходное шасси с таким набором, предложенным Эстонской ССР, применяют во многих СМУ Прибалтики.

При небольших объемах работ, рассеянных по строительству дренажных сооружений, создавать специальное звено и выделять для него механизмы не рационально. В этом случае можно использовать специальное подъемное приспособление к дренажному траншеекопателью<sup>1</sup>.

### **Совершенствование способов механизации строительства дренажа**

Несмотря на применение множества разных машин, строительство дренажа еще довольно дорого и трудоемко, а механизация не дает зачастую должного экономического эффекта по сравнению с работой вручную.

Механизация строительства дренажа связана с конструкцией дренажа и применяемыми материалами; с технологией работ и ее соответствием природным условиям, применяемым материалам, механизмам; с выбором механизмов и их увязкой с конструктивными, технологическими, природными и организационными фактами.

Основным критерием при решении этих вопросов и при оценке механизмов и технологии работ является

---

<sup>1</sup> Практикуемое иногда использование рабочего органа дренажного экскаватора для подъема-опускания узлов дренажных сооружений не рекомендуется, так как это может привести к поломкам и несчастным случаям.



стоимость 1 п. м дренажа в данных условиях (при хорошем качестве работ):

$$C \approx C_{\text{мех}} + C_{\text{ручн}} + C_{\text{мат}},$$

где  $C$  — общая стоимость 1 п. м дренажа;  
 $C_{\text{мех}}$  — стоимость механизированных работ;  
 $C_{\text{ручн}}$  — стоимость немеханизированных работ;  
 $C_{\text{мат}}$  — стоимость строительных материалов.  
 При этом

$$C_{\text{мех}} = \frac{M}{P_{\text{см}}},$$

где  $M$  — стоимость машиносмены (табл. 13);  
 $P_{\text{см}}$  — сменная производительность;

$$M = M_1 + M_2 + M_3,$$

где  $M_1$  — расходы на амортизацию механизмов (восстановление первоначальной стоимости и капитальный ремонт);

$$M_1 = \frac{C \cdot i}{100 \cdot n},$$

здесь  $C$  — цена механизма;  
 $i$  — амортизационные отчисления в %;  
 $n$  — число машиносмен в году;  
 $M_2$  — расходы на эксплуатацию и текущий ремонт;  
 $M_3$  — зарплата обслуживающему персоналу.

Механизация может влиять непосредственно на стоимость работ за счет уменьшения стоимости машиносмен, увеличения производительности машин и уменьшения объема ручных доделок. Все три слагаемых стоимости тесно связаны. Так, замена материала, например гончарных трубок пластмассовой непрерывной трубой, меняет также объем и стоимость механизированных и немеханизированных работ, механизация укладки трубок, предъявляя дополнительные требования к материалам, изменяет их стоимость и т. д.

На стоимость строительства дренажа, а также на темп работ наибольшее влияние, не считая затрат на материалы, оказывает рытье траншей, стоимость которого в значительной степени зависит от производительности дренажных траншеекопателей и щелерезов.

Обычно принимается прямо пропорциональная зависимость

$$P = k_v v,$$

где  $P$  — часовая производительность траншеекопателя;  
 $m/\text{час}$ ,



Таблица 13

**Примерная стоимость машиносеи и амортизация механизмов,  
применяемых в строительстве дренажа**

| Машины и механизмы                                         | Стоимость<br>машиносеи        | Амортизация, %                       |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
|                                                            | в том числе<br>зарплата, руб. |                                      |
| Автомобили 2,5 т                                           | $\frac{9,4}{3,93}$            | $0,45 \frac{\text{Пр}}{1000} + 12,9$ |
| 4 т                                                        | $\frac{12,0}{4,5}$            | (Пр — пробег<br>в км/год)            |
| Бульдозеры 54 л.с.                                         | $\frac{12,1}{4,87}$           | 40                                   |
| 100 л.с.                                                   | $\frac{17,5}{5,72}$           | 25                                   |
| Дренажно-котовые машины на тракторе 54 л.с.                | $\frac{12,3}{4,82}$           |                                      |
| То же, на тракторе 100 л.с.                                | $\frac{18,7}{5,58}$           |                                      |
| Дренажно-щелевые машины (без трактора)                     | $\frac{1,94}{0,12}$           |                                      |
| Канавокопатели плужные (без трактора)                      | $\frac{1,51}{0,16}$           | 20                                   |
| Корчеватели-собиратели на тракторе 100 л.с.                | $\frac{19,4}{5,59}$           |                                      |
| Погрузчики тракторные 1 т                                  | $\frac{10,5}{4,92}$           | 25                                   |
| Тракторы 54 л.с.                                           | $\frac{10,4}{4,7}$            | 27,5                                 |
| » 100 л.с.                                                 | $\frac{14,6}{4,89}$           | 27,5                                 |
| Экскаваторы многоковшовые траншейные, $V_k = 23 \text{ л}$ | $\frac{20,2}{10,2}$           | 19                                   |
| Экскаваторы однокотшовые, $V_k = 0,3 \text{ м}^3$          | $\frac{15,9}{5,47}$           | 22                                   |



$k_B$  — коэффициент использования времени, принимаемый для данных условий постоянным;

$v$  — рабочая скорость траншеекопателя, м/час.

Эта зависимость расходится с опытными данными, так как не учитывает особенностей технологического процесса строительства дренажа (необходимость частых пе-

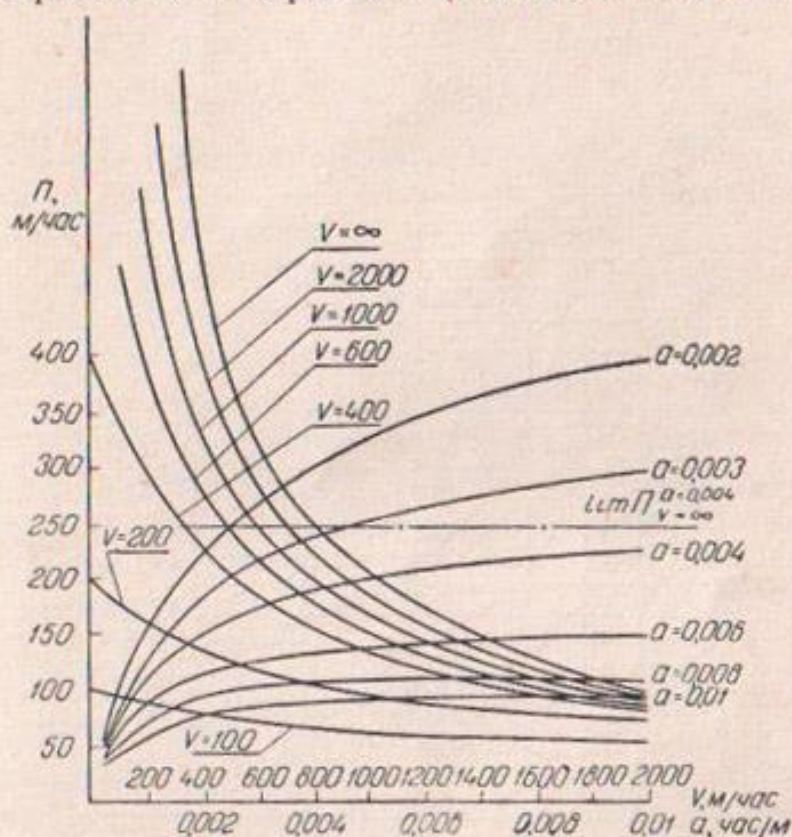


Рис. 75. Зависимость производительности от скорости траншеекопателя ( $v$ ) и от технологических потерь времени ( $a$ ).

реездов с дрены на дрена, затраты времени в начале и конце дрены, технологические потери времени и т. п.). Более точное выражение зависимости производительности дренажного траншеекопателя от элементов технологического процесса (рис. 75) получено автором:

$$\Pi = \frac{v}{1 + av},$$

где  $a$  — коэффициент технологических потерь времени, час/м, то есть

$$k_B = \frac{1}{1 + av}.$$



Предел повышения производительности при неограниченном росте рабочей скорости ( $v \rightarrow \infty$ )

$$\lim_{v \rightarrow \infty} \Pi = \frac{v'}{(1 + av)'} = \frac{1}{a} \text{ м/час,}$$

а при снижении технологических потерь времени ( $a \rightarrow 0$ )

$$\lim_{a \rightarrow 0} \Pi = \frac{v}{1 + 0 \cdot v} = v \text{ м/час.}$$

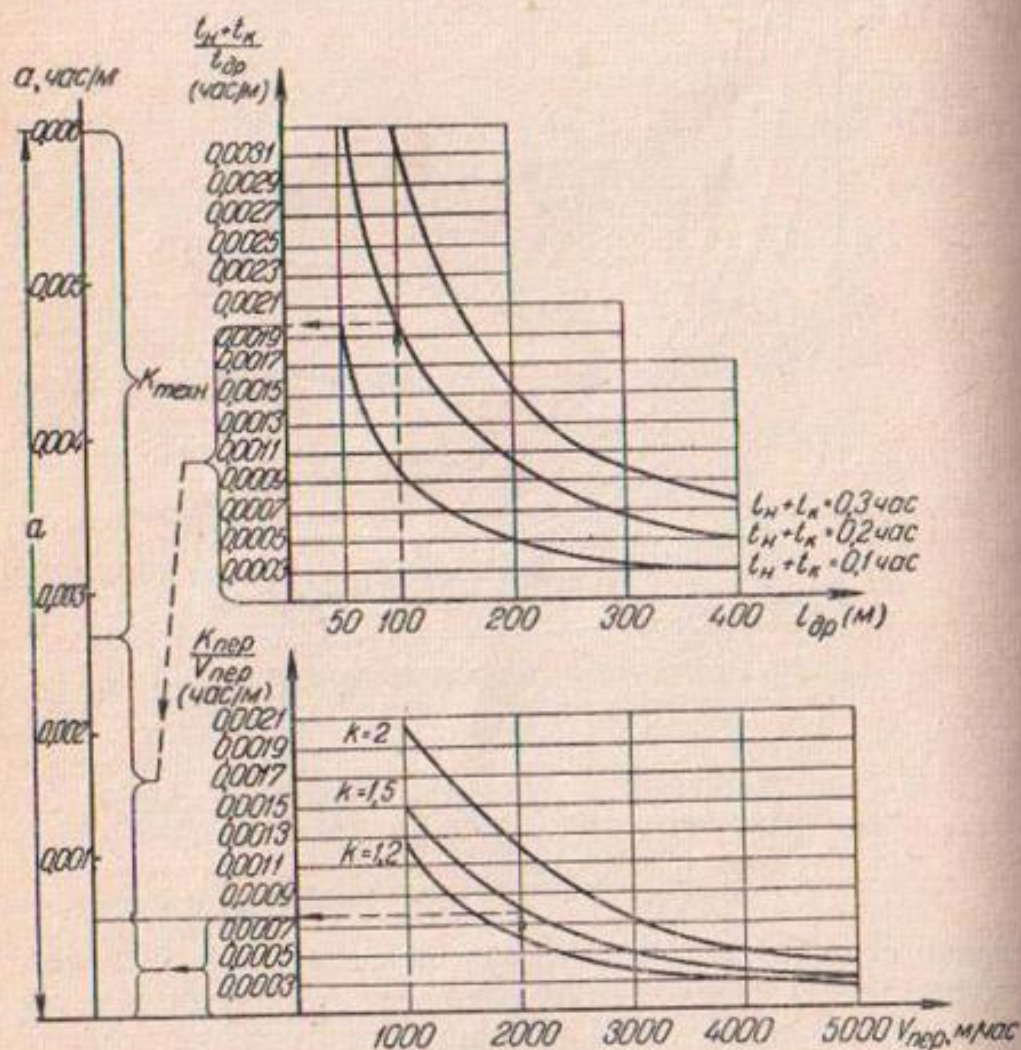


Рис. 76. Совмещенный график для определения коэффициента технологических потерь времени по его элементам.

Технологические потери времени состояются из затрат времени на остановки во время рытья траншеи ( $t_{\text{техн}}$ ), вызванные технологическими трудностями, на переезды с дрены на дрину ( $t_{\text{пер}}$ ), в начале и конце дрены ( $t_n + t_k$ ).



Соответственно

$$a = k_{\text{техн}} + \frac{k_{\text{пер}}}{v_{\text{пер}}} + \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{к}}}{l_{\text{др}}} \quad (\text{рис. 76}),$$

где  $k_{\text{техн}}$  — коэффициент технологической трудности, час/м,

$$k_{\text{техн}} = \frac{t_{\text{техн}}}{l_{\text{др}}},$$

$k_{\text{пер}}$  — коэффициент переездов,  $k_{\text{пер}} = \frac{l_{\text{пер}}}{l_{\text{др}}}$ ;

$v_{\text{пер}}$  — скорость переездов, м/час;

$t_{\text{н}} + t_{\text{к}}$  — суммарное подготовительно-заключительное время на одну дрена, час;

$l_{\text{др}}$  — длина дрены, м;

$l_{\text{пер}}$  — расстояние переезда, м.

Из приведенных зависимостей следует:

1) между производительностью траншекопателя и его рабочей скоростью нет прямо пропорциональной связи; на производительность существенное влияние, возрастающее с увеличением скорости, оказывают технологические потери времени;

2) повышение производительности ограничено пределами

$$\lim_{a \rightarrow 0} \Pi = v \quad \text{и} \quad \lim_{v \rightarrow \infty} \Pi = \frac{1}{a};$$

из-за трудности достижения этих пределов целесообразно в первом приближении считать рациональными производительность  $\Pi_{\text{рац}} = (0,6 \div 0,7) \frac{1}{a}$  и соответствующую

$$\text{рабочую скорость} \quad v_{\text{рац}} = \frac{\Pi_{\text{рац}}}{1 - a \Pi_{\text{рац}}}$$

с последующим их уточнением, в частности по условию

$$\Pi_2 > \Pi_1 \quad \text{и} \quad C_2 \leq C_1,$$

где  $\Pi_1$  и  $C_1$  — производительность и стоимость работы существующей машины;

$\Pi_2$  и  $C_2$  — то же, новой машины, сравниваемой с существующей;

3) уменьшение коэффициента технологических потерь  $a$  — наиболее доступный и эффективный способ повышения производительности — может быть достигнуто рациональным выбором и совершенствованием применяемых



механизмов, материалов, технологии работ и конструкции дренажа.

Увеличение рабочей скорости свыше 200—300 м/час целесообразно при  $a \leq 0,01—0,02$  ч/м.

Сменную и сезонную производительности дренажных траншеекопателей  $P_{см}$  и  $P_{сез}$  принимают пропорциональными часовой производительности  $P$ :

$$P_{см} = k_{см} m P;$$
$$P_{сез} = k_{сез} n P_{см} = k_{сез} k_{см} m n P,$$

где  $m$  — продолжительность смены, час;

$n$  — число смен в сезоне;

$k_{см}$  и  $k_{сез}$  — коэффициенты использования сменного и сезонного времени, учитывающие непроизводительные затраты времени на техобслуживание и ремонт, переброску механизмов, простой и т. п.

Приведенные зависимости могут быть использованы при определении производительности существующих и новых машин, а также для выявления эффективных направлений совершенствования механизмов и приемов работ<sup>1</sup>.

Очевидно, что к таким направлениям относятся: повышение рабочей скорости траншеекопателя, снижение технологических потерь времени, выполнение одной машиной нескольких технологических операций,

уменьшение непроизводительных затрат времени (увеличение  $k_{см}$  и  $k_{сез}$ ) и увеличение числа рабочих машиносмен.

Рабочая скорость зависит от вида рабочего органа для прокладки траншей или щелей (пассивный, активный, роторный, цепной и т. д.), условий его применения, а также от характеристик дополняющих его устройств поддержания требуемой глубины, укладки трубок и др. Для пассивных рабочих органов (плужных, кротодренажных) скорость обычно ограничивается лишь возможностями поддержания требуемой глубины и укладки трубок. Скорость активных рабочих органов зависит от их конструкции и энергоемкости, от мощности двигателя

<sup>1</sup> Аналогичные зависимости имеют место в сходных технологических процессах (рытье и очистка открытой осушительной сети, кротование и т. п.).



и т. д. Повысить рабочую скорость активных траншеекопателей можно за счет использования более быстроходных рабочих органов, например ротора с инерционной очисткой, увеличения мощности двигателя и усиления трансмиссии<sup>1</sup>. На легких грунтах экскаваторы ЭТН-171, ЭТЦ-202 можно снабжать ковшами увеличенной емкости, рекомендованными ЦНИИМЭСХ. Ковши имеют емкость 33 л, что на 43% больше обычной (23 л) и повышают, по данным автора, производительность на 30%.

Возможны и другие пути повышения рабочей скорости активных траншеекопателей (путем использования новых рабочих органов, автоматического поддержания оптимальной скорости и т. п.), однако это связано со значительными трудностями, а достигаемое повышение производительности бывает незначительным (табл. 14).

Таблица 14

Рабочая скорость и производительность дренажных машин

| Дренажные машины                | $v_{\text{макс}}, \text{ м/час}$ | $\Pi, \text{ м/час}$ |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| ЭТН-142                         | 180                              | 80—130               |
| ЭТН-171                         | 210                              | 80—130               |
| МЭД-1                           | 300                              | 90—125               |
| Drainmaster 30 000 (Нидерланды) | 1400                             | 263                  |

Более эффективно можно повысить производительность путем сокращения технологических потерь времени, то есть за счет уменьшения коэффициента:

$$a = k_{\text{техн}} + \frac{k_{\text{пер}}}{v_{\text{пер}}} + \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{к}}}{l_{\text{др}}}.$$

Как показали наблюдения ЛатНИИГиМ, при работе многоковшовых экскаваторов ЭТН-171 и ЭТН-142 величина  $a$  может колебаться от 0,1 до 0,002, а ее составляющие изменяются в таких пределах:

$$k_{\text{техн}} = (0,000 \div 0,100) \text{ час/м},$$

где большее значение соответствует работе в тяжелых грунтовых условиях с включением камней, а меньшее — работе в легких условиях, в однородном грунте;

<sup>1</sup> Увеличение мощности двигателя и усиление конструкции экскаваторов ЭТН-171 и ЭТЦ-202 позволило бы увеличить их рабочую скорость в тяжелых грунтах в 1,5—2 раза (с 70—100 м/час до 150—250 м/час).



$$\frac{k_{\text{пер}}}{v_{\text{пер}}} = (0,0013 \div 0,0003) \text{ час/м}$$

при  $k_{\text{пер}} = 1,2 \div 2$  и  $v_{\text{пер}} = 1,5 \div 4 \text{ км/час}$ ,

где большее значение соответствует работе на пересеченных и заболоченных объектах, а меньшее — работе на ровных, легко проходимых участках;

$$\frac{t_n + t_k}{l_{\text{др}}} = (0,00033 \div 0,003) \text{ час/м}$$

при  $t_n + t_k = 0,1 \div 0,3$  часа и  $l_{\text{др}} = 100 \div 300 \text{ м}$ ,

где большее значение соответствует работе с изготовлением и подгонкой на месте соединительных частей и коротким дренам ( $l_{\text{др}} \leq 100 \text{ м}$ ), а меньшее — работе с готовыми соединительными частями при  $l_{\text{др}} \geq 200 \text{ м}$ .

В результате при одинаковой рабочей скорости ( $v_{\text{макс}} \sim 200 \text{ м/час}$ ) часовая производительность колеблется от 10—15 до 140—160 м/час.

Очевидно, что для получения максимальной производительности нужно применять дренажные машины в условиях, для которых они предназначены, где остановки по причинам технологической трудности (то есть  $k_{\text{техн}}$ ) будут минимальными. В частности, многоковшовые траншейные экскаваторы следует использовать на грунтах, где нет камней диаметром более 20—30 см и погребенной древесины толще 5—8 см.

Для сокращения затрат времени на переезды между дренами, а также по объекту и вне его, нужно улучшать транспортные свойства дренажных машин, например путем применения пневматических шин, особенно арочных. Хорошие результаты в этом отношении показал финский экскаватор «Мага» на колесном ходу «тандем».

Для сокращения подготовительно-заключительного времени  $\left(\frac{t_n + t_k}{l_{\text{др}}}\right)$  нужно наряду с увеличением длины дрен, применением нетрудоемких соединений и т. п. использовать технологические приемы, сокращающие затраты времени в начале и конце дрен (быстрый подъем-опускание рабочего органа, точное его заглубление и др.).

Повышение производительности как за счет увеличения рабочей скорости, так и за счет сокращения технологических потерь времени имеет определенные пределы, сужающиеся к тому же условием обязательного сниже-



ния стоимости  $P_2 > P_1$ ;  $C_2 \leq C_1$ . Поэтому необходимо снижать стоимость и трудоемкость строительства дренажа, а также освобождать часть механизмов путем *одновременного* или *последовательного* выполнения нескольких *технологических* операций *одной* машиной (например рытье траншей, укладка трубок, засыпка дрен). Однако совместно выполнять несколько технологических операций целесообразно лишь в благоприятных условиях и при достаточной надежности механизмов, так как вероятность простоев и связанных с ними потерь пропорциональна числу совмещаемых устройств или процессов. Для возможности применения в различных условиях и сокращения простоев дополнительные устройства на основной машине (например, трубоукладчик и засыпатель на траншеекопатель) желательно выполнять легкоъемными, это делает машину более универсальной.

Наряду с совмещением технологических процессов и универсализацией при больших объемах однородных работ хорошие результаты дает *специализация* отдельных механизмов и исполнителей на отдельных видах работ, например на строительстве дренажных сооружений, на раздельном устройстве коллекторов и дрен-осушителей и т. д. Если при устройстве дрен-осушителей используют узкотраншейные и бестраншейные машины, трубоукладчики и засыпатели, то на укладке коллекторов, где через каждые 10—20 м вручную выполняют соединения, такая техника неэффективна. Здесь нужен экскаватор с простейшим трубоукладывающим устройством, дающий траншею шириной не менее 0,5 м.

Если принять относительную протяженность коллекторов на объекте  $\tau_k$ , а дрен-осушителей —  $\tau_0$  и  $\tau_k + \tau_0 = 1$ , производительность машины, строящей коллекторы, —  $P_k$ , а машины, прокладывающей осушители, —  $P_{ос}$ , то, обозначив число машин, прокладывающих коллекторы,  $\mathcal{E}_k$ , а осушители —  $\mathcal{E}_0$ , получим следующее соотношение:

$$\frac{\tau_k}{P_k \mathcal{E}_k} = \frac{\tau_0}{P_{ос} \mathcal{E}_0}.$$

Из этого соотношения можно определить число машин для прокладки осушителей, приходящееся на один дренажный экскаватор, прокладывающий коллекторы ( $\mathcal{E}_k = 1$ ):

$$\mathcal{E}_0 = \frac{\tau_0 P_k}{\tau_k P_{ос}}.$$



Чтобы избежать простоев из-за неточности расчетов и по другим причинам, целесообразно  $P_k$  брать с некоторым резервом, так как в этом случае экскаватор, кроме прокладки коллекторов, может укладывать осушители.

При нынешней конструкции систематического дренажа, когда дрены-осушители составляют 80—90% общей протяженности дрен, при производительности машины для укладки коллекторов 80—100 м/час и производительности машин на укладке дрен-осушителей 130—150 м/час, дренажную бригаду можно укомплектовать одной машиной для прокладки коллекторов и двумя — для осушителей.

Повысить производительность механизмов, снизить стоимость и трудоемкость работ, исходя из рассмотренных положений, можно, во-первых, путем создания и применения новых машин и технологических принципов и, во-вторых, путем рационального выбора механизмов и технологии в зависимости от природных и других местных условий.

Второй путь имеет особенно важное значение, так как позволяет достичь эффекта с минимальными затратами средств и времени. Повсеместное применение дренажных машин одного типа, например многоковшовых экскаваторов, неоправданно и ведет к снижению производительности, простоям и быстрому износу при работе в тяжелых условиях и к недоиспользованию машины в легких. Наибольшее влияние на работу дренажных машин оказывают грунтовые условия. Поэтому целесообразно в зависимости от них разделить дренажные объекты, а также применяемые на них механизмы и способы работ на три группы.

1. Объекты, где нет естественных препятствий (камни и т. п.) для непрерывного рытья траншеи или щели без поправок вручную (либо с редкими поправками) и последующей укладки трубок. На этих объектах осуществляется максимальная механизация работ и применяются

машины непрерывного действия, в том числе узко-траншейные и бестраншейные с автоматическим поддержанием глубины копания;

трубоукладчики;

приспособления для защиты дрен от заиливания;

приспособления для присыпки и окончательной засыпки траншей одновременно с укладкой трубок и т. д.



Для повышения эффективности механизмы специализируют на строительстве коллекторов и дрен-осушителей. Трубы по объекту развозят в контейнерах, для чего применяют соответствующие устройства.

На объектах первой группы возможен такой состав бригады.

Один многоковшовый экскаватор с автоматическим поддержанием глубины, лотком-трубоукладчиком с платформой (емкостью) для трубок, лентопротяжными устройствами и засыпателем. Обслуживающий персонал экскаватора состоит из машиниста, помощника машиниста, 2—3 дренажных мастеров — всего 4—5 человек. Экскаватор используют на укладке коллекторов и, частично, дрен-осушителей.

Два многоковшовых или скребковых экскаватора с автоматическим поддержанием глубины, механическими трубоукладчиками, лентопротяжными приспособлениями и засыпателем. Обслуживающий персонал состоит из машиниста, помощника машиниста, 1—2 дренажных мастеров — всего 3—4 человека. Экскаваторы используют в основном на укладке дрен-осушителей ( $d=50$ ; 75 мм).

В состав бригады входят также трактор-бульдозер с подъемной стрелой, выполняющий засыпку уложенных дрен, транспортные и вспомогательные работы на объекте.

2. Объекты, где естественные препятствия делают невозможным непрерывное рытье траншей с минимальными поправками, но многоковшовые экскаваторы работоспособности не теряют ( $\Pi \geq 30-40$  м/час).

На этих объектах используют:

- многоковшовые экскаваторы с автоматическим поддержанием глубины (с дублированием вручную);
- лоток-трубоукладчик (по возможности);
- приспособления для защиты дрен от заиливания;
- приспособления для присыпки дрен (по возможности).

Траншеекопатели на объектах второй группы не специализируются, трубы по объекту развозят в контейнерах.

Примерный состав бригады: три многоковшовых экскаватора (обслуживающий персонал 5 человек на машину), один трактор-бульдозер с подъемной стрелой.



3. Объекты, где многоковшовые экскаваторы из-за естественных препятствий неработоспособны ( $P \leq 25-30$  м/час).

Из-за малой выработки, низкого качества работ и частых поломок многоковшовые экскаваторы здесь не рациональны; их заменяют плужными траншеекопателями (при глубине дрен 0,8—1 м) или одноковшовыми экскаваторами. Для повышения производительности и облегчения работ применяют доуглубители-рыхлители к канавокопателю, дренажное оборудование к одноковшовому экскаватору, простейшие визирные приспособления для контроля глубины копания.

Примерный состав бригады третьей группы: два одноковшовых экскаватора или один одноковшовый экскаватор и один канавокопатель на тяге двух-трех тракторов. Последние можно использовать также на транспортных работах, расчистке трасс и др. Иногда в состав бригады включают один одноковшовый экскаватор и один-два многоковшовых, работающих в более благоприятных условиях. Одноковшовый экскаватор можно использовать на устройстве дрен частично — в наиболее тяжелых условиях, а в остальное время — на рытье водоприемников и т. п.

Дифференцирование объектов, механизмов и технологии работ должно сопровождаться рядом организационно-технических мероприятий: уточнением грунтовых условий на объектах; уточнением работоспособности траншеекопателей в различных условиях; определением рациональных условий замены одного траншеекопателя другим (с учетом величины и расположения объектов, опыта работы и т. д.); уточнением технологии механизированного строительства дренажа в различных условиях; определением оптимальной структуры парка дренажных машин.

На стоимость работ и выработку механизмов, помимо технических данных последних, очень сильно влияет использование машин в течение смены и сезона, то есть  $k_{см}$ ,  $k_{сез}$  и  $n^1$ . Кроме организационных мер в этом направлении (работа в 2—3 смены, устранение простоев по организационным причинам, сокращение затрат времени на переброску машин, радиодиспетчерская связь

<sup>1</sup> О существующих резервах свидетельствует, например, разница между средней и максимальной годовой выработкой экскаватора ЭТН-171 (40—50 км/год и 130—150 км/год).



между бригадами, участками и центром СМУ), большое значение имеют эффективное техническое обслуживание и ремонт. Хорошие результаты дает принудительное техобслуживание, внедренное в строительно-монтажных управлениях Латвийской ССР с 1966 г.

Техобслуживание делится на ежедневное, выполняемое обслуживающим персоналом дренажной машины, и ежемесячное, выполняемое, согласно графику, при участии разъездной бригады, состоящей из шофера-бригадира и слесаря-сварщика. Одновременно с ежемесячным техобслуживанием выполняют необходимый текущий ремонт.

Разъездная бригада имеет в своем распоряжении автомастерскую с набором инструмента, приспособлений, ремонтных материалов и деталей, газо- и электросварочный агрегаты, моечный насос, заправочный инвентарь, электродрель, наждачный станок и т. п. Выполненные работы оформляются актом — основанием для списания запасных частей и материалов, а также для начисления зарплаты. Расходы на техобслуживание суммируются в сводной ведомости. Для материальной заинтересованности в использовании и сохранении техники механизаторам выплачивают до 30%, а механикам — до 10% средств, сэкономленных при ремонте. Такая форма технического обслуживания позволила повысить выработку механизмов в ряде СМУ на 20—30% и более<sup>1</sup>.

Для проведения необходимого ремонта дренажных машин своими силами, на них должны быть табельный инструмент и комплект быстроизнашивающихся частей. Помимо этого, на экскаваторах полезно иметь тиски, устанавливаемые на раме экскаватора; насос для подкачки топлива; наждачное точило (для привода последних можно использовать подключенный к гидросистеме гидромотор — насос НШ-46 или НШ-32); стяжку для замены звеньев ковшовой цепи; дрель, лом, топор, лопату, болты, гайки, вязальную проволоку.

Улучшить использование машин помогает система обменных узлов и подменных механизмов, позволяющая значительно сократить простои по техническим при-

<sup>1</sup> В ГДР после введения принудительной системы технических уходов, централизованного ремонта и обеспечения запчастями простои экскаваторов ЭТН-171 по техническим причинам снизились с 35,3% (в 1964 г.) до 23,5% (в 1966 г.), а средняя годовая выработка выросла с 49,2 до 104,7 км.



чинам и приблизиться к системе круглогодичного ремонта. Лучшему техническому обслуживанию экскаваторов и других дренажных машин способствует также групповой метод работы на одном объекте, облегчающий организацию работ и контроль за их качеством, снабжение материалами и запчастями.

Дренажные работы ведутся, как правило, 6—7 месяцев в году, с мая по октябрь. Сезонность ухудшает использование механизмов и осложняет комплектование обслуживающего персонала. Поэтому заслуживает внимания зимнее строительство дренажа, некоторый опыт которого уже есть. Зимой 1962 г. был построен дренаж на Яхромской пойме. Мерзлый верхний слой земли вскрывали роторными траншейными машинами БТМ, а остальные работы вели, как обычно, с помощью экскаваторов ЭТН-142.

В Финляндии зимнее строительство дренажа ведется с помощью роторных траншейных экскаваторов, оснащенных бездонными ковшами со специальными зубьями.

Для зимней укладки дренажа выбирают, в первую очередь, объекты, неудобные для работы летом (высокий уровень воды, занятость посевами и т. д.). Пластмассовые трубы из-за хрупкости при низких температурах зимой не укладывают.

Кроме перечисленного, эффективное использование машин зависит от квалификации механизаторов и от их отношения к труду. Квалификация, сноровка рабочих сильно сказываются на результатах работы, особенно в сложных условиях. Для повышения квалификации механизаторов в передовых СМУ организованы краткосрочные курсы, взаимный обмен опытом в поле, конкурсы мастерства, соревнования. Во всех СМУ Латвийской ССР и Литовской ССР ежемесячно выпускают сводки, включающие результаты работ всех механизаторов поименно. Сознательное отношение к труду, освоение техники, выявление ее достоинств и недостатков в практике позволяют механизаторам существенно дополнять и улучшать машины, выпускаемые промышленностью. Так, механизаторы и мелиораторы Елгавской ММС Латвийской ССР в 1954 г. создали дренажный экскаватор, послуживший прототипом выпущенного позднее экскаватора ЭТН-142; в Валмиерской ММС были созданы первые устройства для автоматического поддержания глубины; в Шилутском УМС Литовской



ССР — устройства для присыпки дрен и т. д. И сейчас, несмотря на существование большого числа дренажно-строительных механизмов, ряд вопросов механизации строительства дренажа еще требует изучения и проработки. Среди них вопросы, связанные с совершенствованием машин, увеличением их мощности и производительности, с применением в них легированных сталей, легких сплавов, пластмасс, гидropневмоэлектропривода, автоматизации и телемеханизации, с созданием новых конструкций дренажа (двухстороннее регулирование водного режима и введение через дрены удобрений и других веществ, принудительная откачка), с внедрением новых материалов (пластмасс, стеклопластиков и т. п.), новых технологических принципов (повышение водопроницаемости почв и предохранение дрен от заиливания с помощью структурообразователей, термохимическое крепление стенок дрены и т. д.).

Эти вопросы касаются более или менее отдаленного будущего и в различной степени сильны для научно-исследовательских, промышленно-конструкторских и мелиоративно-строительных организаций, а также для отдельных инженерно-технических работников и рабочих, но они являются перспективой механизации строительства дренажа.



### III. МЕХАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА <sup>1</sup>

---

#### Неисправности дренажа, их причины и способы устранения

Закрытый материальный дренаж очень долговечен <sup>2</sup>. Срок его службы достигает 100 лет <sup>3</sup>, но может оказаться и значительно короче.

Неисправностям дренажных систем, их причинам и способам предотвращения посвящена обширная литература, поэтому здесь названы лишь основные причины преждевременного выхода дренажа из строя:

- 1) погрешности проектирования;
- 2) низкое качество строительных работ и низкое качество материалов;
- 3) выход из строя (разрушение) отдельных частей систем или сопряжений между ними, а также неисправность водоприемников;
- 4) заиливание и зарастание дрен, их деформация;
- 5) закупорка водопропускных отверстий дрен или окружающего их грунта (уменьшение водоприемной способности);
- 6) повреждения вследствие бесхозяйственности.

---

<sup>1</sup> В разделе рассматриваются лишь вопросы ремонта закрытого материального дренажа (трубчатого). Земляной (щелевой и кротовый) дренаж не ремонтируют, а устраивают заново. Исключение составляет щелевой дренаж на торфоразработках, ремонтируемый иногда путем вторичного прохода щеледренажной машины с направляющей «лодочкой».

<sup>2</sup> Сроки службы дренажа различных видов приведены в таблице 2.

<sup>3</sup> Например, в Польше расчетный срок службы гончарного дренажа 80—100 лет с проведением ремонтно-восстановительных работ через 60 лет.



*Погрешности проектирования*, приводящие к преждевременному выходу дренажа из строя, связаны обычно с недостаточным учетом природных условий объекта и свойств применяемых материалов (осадка торфяников при осушении, повышенная опасность заиления дрен в плавунах и песчаных грунтах, возможность заохривания пластмассовых дрен и т. д.).

Для предупреждения таких ошибок необходимо внимательно изучать опыт строительства и эксплуатации дренажа, проводить тщательную экспертизу проектов с учетом местных условий. Ошибки проектирования исправляют либо путем реконструкции систем (устройство дополнительных дрен и сооружений, перекладка дрен заново и т. п.), либо путем проведения соответствующих ремонтно-эксплуатационных работ.

*Низкое качество строительства* обычно выражается в несоблюдении технологических норм и правил, в отступлениях от проекта, применении некачественных материалов. Чаще всего встречаются недопустимые отклонения от требуемой глубины и уклона, неплотная укладка труб и плохая защита дрен от заиления, низкого качества устройство дренажных устьев, колодцев и других сооружений, а также их сопряжений с дренами и, наконец, применение бракованных, неравнодолговечных деталей и материалов.

Эти ошибки обычно выявляются в первые годы эксплуатации дренажных систем; их предупреждение связано с повышением квалификации и ответственности исполнителей, тщательным контролем качества работ, а способы устранения аналогичны способам исправления ошибок проектирования.

Наиболее уязвимыми местами осушительных систем являются дренажные сооружения, их сопряжение с дренами и соединение последних. Часто дренаж прекращает работу из-за засорения или разрушения устьев, нарушения соединения дрены с устьем или колодцем, засорения колодцев и т. д. Эти неисправности следует устранять по мере обнаружения, в порядке эксплуатационно-ремонтных работ.

Часто причиной неисправности дренажа бывает *закупорка* дрен из-за заиления или *зарастания* либо вследствие допущенных при проектировании и строительстве ошибок, либо вследствие длительной службы. Заиление может быть нарастающим, убывающим или



установившимся. Оно бывает химическое или биохимическое, (осадок из раствора дренажных вод), механическое (твердые частицы попадают в дренаж)<sup>1</sup> и смешанное. Соответственно заиливание зависит от химического состава дренажных вод, механического состава грунта вокруг дренажа, вида защиты последней от заиливания, расхода (скорости) воды в дренаже, наличия отклонений от уклона, материала труб, их шероховатости и т. д.

Закупорку дренажей вызывают также проникающие в них корни влаголюбивых трав, кустарников и деревьев. Иногда из-за наличия обратных уклонов в дренажах возникают ледовые пробки, нарушающие сток в самое ответственное время — весной.

Не касаясь мер против заиливания и зарастания дренажей, предусматриваемых при проектировании и строительстве, отметим, что, если механическое заиливание имеет резко нарастающий характер, дренажи перекалывают заново. Прочее заиливание и зарастание устраняют в порядке ремонтно-эксплуатационных работ без вскрытия или со вскрытием дренажей. Обратные уклоны исправляют планировкой дна траншей при перекалке труб.

Дренажные системы могут частично или полностью прекратить работу из-за потери водоприемной способности. Причина этого — отложение нерастворимых солей в водоприемных щелях труб или окружающем грунте (цементация), а также набухание гончарных труб или досок (в дощатом дренаже), нарушающее доступ воды в дренажи. В таких случаях дренажи, как правило, вскрывают и перекалывают заново, используя по возможности бывшие в употреблении трубы.

О состоянии и работе дренажных систем судят по результатам внешнего осмотра устьев и других сооружений, по величине стока через устья и колодцы, местным выклиниваниям вод, состоянию растительности, появлению промоин и т. п.<sup>2</sup>

Неисправные части систем ремонтируют, а возможные причины последующих повреждений устраняют.

Работы по технической эксплуатации и ремонту дренажа включают:

<sup>1</sup> Обычно поступление частиц грунта в дренаж со временем уменьшается в связи со стабилизацией окружающего грунта.

<sup>2</sup> Такая проверка наиболее эффективна во влажные периоды, что, однако, не всегда удобно для своевременного устранения неисправностей. Приборы для контроля за состоянием дренажей практического применения пока не получили.



1. *Периодический* осмотр и профилактический уход с проверкой нормальной работы, устранением мелких повреждений и возможных источников неисправностей. В первую очередь осматривают дренажные устья, колодцы, фильтры и открытые водоприемники. Этот осмотр проводят один-два раза в год, из них один раз — при подготовке дренажа к пропуску весенних вод. Во время осмотров составляют также дефектные ведомости, по которым в дальнейшем выполняют необходимый ремонт.

2. *Текущий* ремонт (один-два раза в год по потребности) включает ремонт отдельных узлов (устья, колодцы, соединения) и дрен, очистку колодцев и отдельных дрен, перекладку фильтров и т. п. Время проведения и состав текущего ремонта определяется внутрихозяйственным планом.

3. *Капитальный* и капитально-восстановительный ремонт проводят (иногда заодно с реконструкцией систем) по специальным проектам и сметам, которые определяют состав и объем работ.

Основные отличия капитального ремонта: больший, чем при текущем ремонте, объем работ (20% первоначальной стоимости строительства и более) и особый порядок финансирования — из фонда амортизации.

Указанное разделение относится, как сказано, в основном к объему работ, которые включают:

определение состояния дренажных систем и их элементов;

отыскание дрен и мест повреждений;

ремонт дренажных трубопроводов;

ремонт дренажных сооружений.

### **Механизация процессов эксплуатации и ремонта**

Определение мест повреждения дренажных систем (при наличии достоверных планов) сводится к уточнению месторасположения дрен и сооружений, их осмотру и выявлению неисправностей. Если планов нет, ремонтно-эксплуатационные работы начинают с определения нахождения дренажных систем на местности, используя при этом названные выше способы, а также некоторые средства механизации.

На больших объектах иногда пользуются аэрофотосъемкой, но чаще применяют более простые средства.



Дрены можно искать с помощью щупа, рытьем отдельных шурфов и траншей. Щуп (рис. 77) делают из стального прута диаметром 8—10 мм с пластинкой и утолщением на конце, которое уменьшает боковое трение при погружении в грунт. Щупом находят дрены, во-первых, по плотности обратной засыпки траншеи (она меньше, чем плотность окружающего траншею нетронутого грунта) и, во-вторых, по соприкосновению с трубкой.

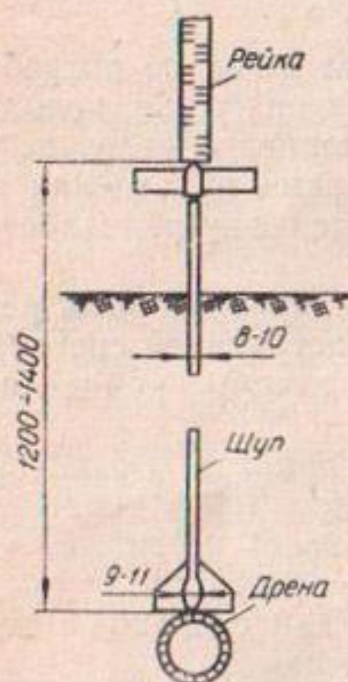


Рис. 77. Щуп для отыскания дрен (размеры в мм).

Расстояние между точками погружения должно быть меньше наружного диаметра искомых труб, а направление поиска — перпендикулярным ожидаемому направлению дрены.

Про встрече с деревянной дренай щуп мягко вонзается в нее почти без удара. При встрече с гончарной трубкой или камнем чувствуется удар, а на острие извлеченного щупа видны частицы обожженной глины или белые частички камня. При нахождении пластмассовых дрен ощущается их податливость.

Щупом можно не только находить дрены, но и определять с помощью нивелира глубину их заложения и уклон. При этом щуп надо ставить на самый верх трубки. Удобнее всего пользоваться щупом на торфяных грунтах. На минеральных грунтах, в которые щуп входит

плохо, в местах предполагаемой дрены роют шурфы, борозды или траншеи в направлении, перпендикулярном вероятному направлению дрен. Место пересечения с засыпанной дренажной траншеей выделяется по составу и цвету грунта.

Для отыскания трассы дрены и мест закупорки без вскрытия предназначен специальный трассоискатель. Принцип действия трассоискателя заключается в введении в дрена электропровода, присоединенного к источнику переменного тока звуковой частоты, и определении его местонахождения на поверхности с помощью индуктора, усилителя и индикаторов: гальванометра или наушников.



Трассоискатель, входящий в комплект дренапромывочной машины В 765 (ГДР), кроме провода, включает: источник питания — аккумулятор 12 в;

мультивибратор, преобразующий постоянный ток 12 в в переменный 100 в, 1000 гц;

провод заземления со штырем длиной 1,5 м;

индукторный провод, заделанный в дренапромывочный шланг<sup>1</sup>;

искатель с приемным контуром, усилителем, батареей питания и наушниками.

При поиске трассы оператор, надев наушники и держа в руке искатель, идет от места введения шланга вдоль зоны максимальной слышимости, которую он определяет, перемещая искатель поперек вероятного направления дрены (кольцо приемного контура находится в плоскости, параллельной направлению дрены). Прибор позволяет определить местонахождение шланга с точностью до 1—2 м вдоль дрены и до 0,3—0,5 м поперек ее. Точность поиска снижается с увеличением глубины дрены и при наличии богатых железом грунтов.

В комплект дренапромывочной машины Д-910 Великолукского завода «Торфмаш» (рис. 78) входит трассоискатель ВТР-IVM, имеющий, кроме наушников, стрелочный гальванометр. Этот трассоискатель, заимствованный у энергетиков, сложнее и дороже трассоискателя машины В-765, но отличается большей точностью поиска.

Для нахождения места присоединения дрен к коллектору предназначен входящий в комплект машины В-765 гидравлический зонд, которым можно также обнаружить повреждение труб, разрывы в стыках и т. п. Зонд выполнен в виде присоединенного к дренапромывочному шлангу цилиндра с укрепленными на его венце пружинными пальцами (стержнями) с роликами на концах. Внутри цилиндра помещен толкатель, приводимый в действие давлением воды (3—5 кг/см<sup>2</sup>), подаваемой в шланг. Обратное перемещение толкателя совершает под действием пружины. На конце толкателя установлена фасонная пластина, взаимодействующая с пружинными пальцами.

<sup>1</sup> Провод пропускается внутри шланга либо заделывается в его стенку, что предпочтительней из-за меньшего гидравлического сопротивления шланга. Конец провода присоединен к дренапромывочной головке.



При выдвижении толкателя из цилиндра пружинные пальцы разжимаются, при втягивании — сходятся.

Для зондирования коллектора или дрены в их полость на всю длину вводят дренапромывочный шланг с реактивной головкой. Конец шланга находят (засекают) трассоискателем, в этом месте отрывают шурф, вскрывают дрену и заменяют реактивную головку зондом. За-

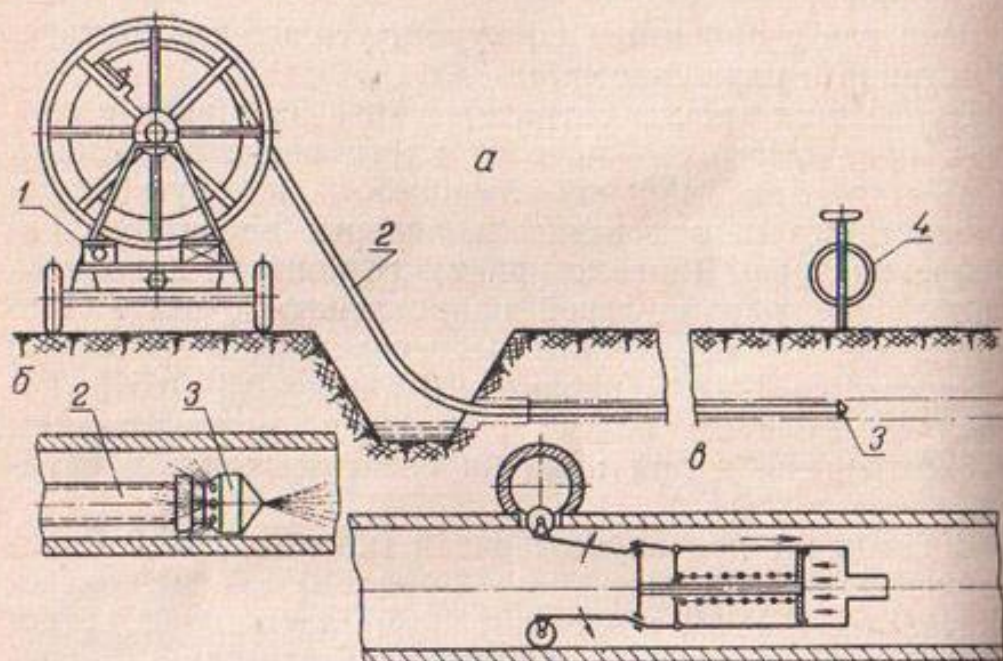


Рис. 78. Схема дренапромывочной машины, трассоискателя и зонда:  
а — отыскание трассы трассоискателем; б — реактивная головка в действии;  
в — действие зонда; 1 — генератор; 2 — шланг с проводом; 3 — головка; 4 — трассоискатель с приемным контуром.

тем шланг с зондом протягивают назад по дрено, причем в системе поддерживается небольшое давление воды ( $3\text{--}5 \text{ кг/см}^2$ ), и пружинные пальцы с роликами под действием толкателя стремятся разжаться. При попадании на место соединения (или повреждения, разрыва в стыках) пружинный палец с роликом западает внутрь и препятствует дальнейшему протаскиванию шланга. После засечки этого места трассоискателем давление воды в шланге понижают. Толкатель позволяет пальцам сойтись и освободить шланг для дальнейшего движения. Шланг немного оттачивают назад, вновь повышают давление и продолжают зондирование.

Применение трассоискателя и зонда позволяет определить на местности трассы дрен, места соединений, по-



вреждений и закупорок, значительно облегчая этим проведение ремонтных работ. Однако эти устройства имеют и недостатки: потребность значительного количества воды; объединение с дренопромывочной машиной даже в тех случаях, когда дрены не требуют промывки; значительный объем вспомогательных земляных работ.

Для определения трасс дрен и мест закупорки без подачи воды в дрену можно применять приспособления

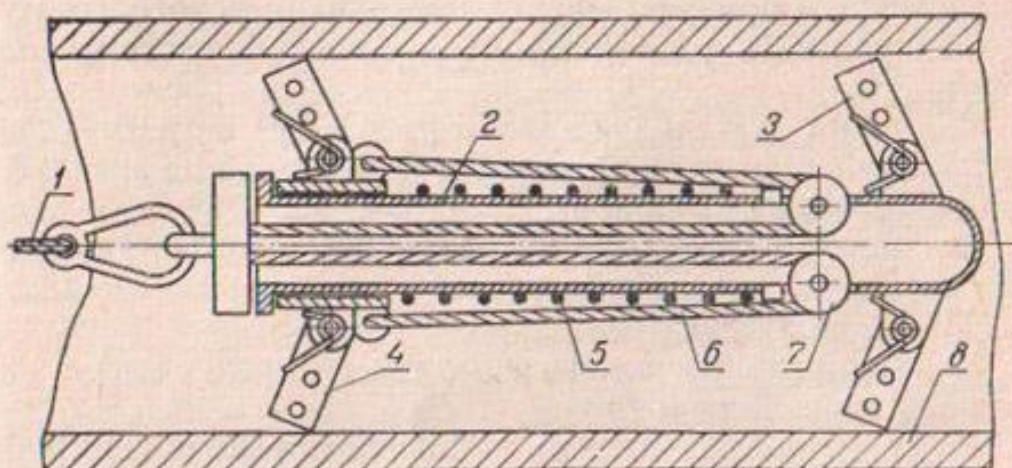


Рис. 79. Устройство для протаскивания сквозь дрену троса (кабеля):

1 — протаскиваемый трос; 2 — корпус; 3 — упоры на корпусе (неподвижные); 4 — упоры на обойме (подвижные); 5 — возвратная пружина; 6 — тросики; 7 — блоки; 8 — труба.

с электрическим или механическим приводом для протаскивания в трубу провода или троса.

Интересно, например, предложенное в ГДР устройство с механическим приводом (рис. 79), состоящее из головки с двумя комплектами подпружиненных упоров (неподвижным и подвижным), пружины сжатия и приводных тросиков, которые огибают блоки, установленные на корпусе. Приводные тросики соединены с тяговым тросом (шнуром, проводом), при натяжении которого подвижные упоры скользят по корпусу вперед, в то время как последний заторможен в трубе неподвижными упорами. При освобождении тягового троса подвижные упоры упираются в стенку трубы, а корпус с неподвижными упорами под действием пружины перемещается вперед. Периодически натягивая и отпуская тяговый трос, можно заставить головку продвигаться по трубе, увлекая за собой тяговый трос.



Перечисленные устройства при всех их достоинствах могут быть использованы лишь для обнаружения отдельных, сравнительно прямолинейных дрен. При обследовании целых дренажных систем приходится рыть много отдельных шурфов. Поэтому представляет интерес примененный в Ленинградской области способ нахождения закупорок дрен по увлажнению почвы при нагнетании в дрены мотопомпой воды под давлением  $0,8—1,0 \text{ кг/см}^2$ . Аналогичным приемом можно, очевидно, в некоторых условиях уточнять расположение дренажной системы на местности.

Ремонт дренажных трубопроводов (линий) является самой тяжелой и трудоемкой из эксплуатационно-ремонтных работ.

В зависимости от вида повреждений, их объема и причин применяют различные способы ремонта:

- 1) без вскрытия дрен;
- 2) с пунктирным вскрытием дрен, их прочисткой и частичной перекладкой труб;
- 3) со вскрытием дрен и сплошной перекладкой труб.

*Ремонт дренажа путем очистки без вскрытия* дренажных линий, получивший в последние годы широкое распространение, проводят во всех случаях установившегося или медленно нарастающего механического или химического заиления, а также зарастания дрен. Этот способ неприменим, если заиление и выход из строя дренажных линий являются следствием плохой укладки (большие зазоры, сдвиг трубок), несоблюдения требуемого уклона, использования некачественных материалов и др.

Очистка дрен без вскрытия может быть: химической, гидравлической, механической, гидромеханической.

*Химический способ* очистки дрен применяют для борьбы с отложениями водонерастворимых соединений железа, алюминия и марганца, обычно объединяемых под названием охры.

Суть этого способа заключается в введении в дренаж реагентов, переводящих соединения железа и других элементов в растворимую форму, и в выводе их вместе с дренажными водами.

Наряду с химическим способом очистки большой интерес представляет и биохимический (введение в дренаж бактериальных культур, переводящих нерастворимые соединения в растворимые), который разрабатывается учеными ряда стран. Ввиду опытного характера этих



разработок, устройств для их производственного применения пока нет.

Гидравлический способ очистки дрен без вскрытия сейчас наиболее распространен. Существуют две его разновидности: без протаскивания шланга по дрене и с протаскиванием.

При гидравлической очистке без протаскивания шланга в дрене создаются скорости воды, достаточные для размыва и выноса отложений, то есть до  $1,0\text{--}2,0\text{ м/сек}$  и более.

Для этого вскрывают верхнюю часть дрены и вводят в трубу нагнетательный шланг от насосной передвижной станции или мотопомпы, питаемых из подвезенной цистерны или других источников. Воду нагнетают под давлением  $0,5\text{--}1,0\text{ кг/см}^2$ . При этом достигается удовлетворительная промывка дрен с неполным заилением.

В ФРГ используют машину, позволяющую промывать дрены с устья, без вскрытия другого конца, путем периодического нагнетания воды под давлением  $1\text{--}2\text{ кг/см}^2$  с последующим сливом. Образующийся при этом скоростной поток воды размывает наносы и выносит их из дрены.

Машина состоит из навешенной на трактор насосной станции, питаемой от прицепной цистерны емкостью  $1,5\text{--}3\text{ м}^3$ , и короткого нагнетательного шланга с конической насадкой.

При испытаниях машина очищала на  $70\text{--}90\%$  коллектор, заиленный железистыми отложениями, а ее производительность составляла до  $10\text{ га/день}$ , причем с одной позиции промывалось до  $1,35\text{ га}$ .

Подобную промывку можно выполнить и с применением имеющихся в хозяйствах цистерн-жижеразбрасывателей (РЖ-1,7), причем для интенсификации слива и повторного использования воды можно применять вакуумную откачку.

К достоинствам такого способа промывки дрен относятся простота и надежность применяемых устройств, высокая производительность, низкая стоимость и небольшая трудоемкость работ в благоприятных условиях, возможность промывки целых систем без вскрытия соединений дрен с коллектором.

Недостатки: потребность в большом количестве воды, возможность очистки дрен лишь от сравнительно легко размываемых отложений, неопределенность



результатов очистки (невозможность контроля остаточного заиления).

Способ гидравлической очистки труб с введением в них напорного шланга, впервые примененный для очистки дрен в 1958 г. в Нидерландах, дает более надежные результаты и поэтому применяется чаще.

Сущность этого способа заключается в том, что в полость дрены вводят гибкий шланг, имеющий на конце

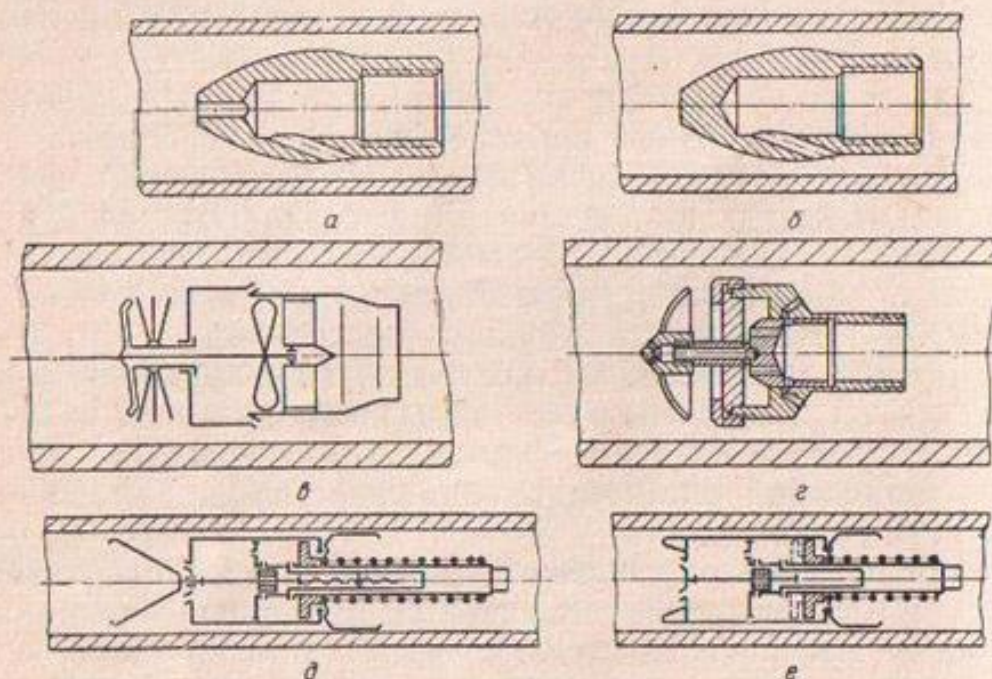


Рис. 80. Гидравлические головки для очистки дрен:

*а* — реактивная головка с фронтальным и тыльными соплами; *б* — то же, без фронтального сопла; *в* — головка с механическим рыхлителем и турбинкой; *г* — головка с переключением расхода на тыльные или на фронтальные сопла; *д, е* — головки с активной тягой и с механическим рыхлителем (ЛатНИИГиМ).

головку с фронтальным и тыльными отверстиями (соплами). Подаваемая к головке под давлением вода, выходя с большей скоростью через фронтальное сопло, размывает наносы, находящиеся перед головкой, а струи, выходящие из тыльных сопел, создают реактивную силу, способствующую движению шланга с головкой вперед по дрене (см. рис. 78). Вода и размываемые наносы образуют стекающий из дрены поток пульпы. Гидравлические головки для очистки дрен бывают различных конструкций (рис. 80).

Успешная очистка дрен зависит от хода трех процессов:

- 1) размыва отложений;



2) продвижения вперед шланга с промывочной головкой;

3) выноса размывных отложений потоком воды.

Размыв отложений в дрене зависит от их количества и плотности (связности), а также от силы и направления струй.

Сила давления струи

$$W = 2\gamma FH,$$

где  $\gamma$  — объемный вес жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;

$F$  — выходное сечение насадка,  $\text{м}^2$ ;

$H$  — давление в насадке,  $\text{м вод. ст.}$

Продвижение вперед шланга с промывочной головкой зависит от тяговой силы головки и сопротивления движению, а тяговая сила реактивной головки — от расхода воды через тыльные и фронтальные сопла, скорости струй и их направления.

Приближенно можно считать

$$W_T = W_{p.T} n \cos \alpha - W_{p.ф.},$$

где  $W_T$  — тяговая сила головки;

$W_{p.T}$  — реактивная сила струи, выходящей из тыльного сопла;

$n$  — число тыльных сопел;

$\alpha$  — угол, образуемый реактивной тыльной струей с осью головки;

$W_{p.ф.}$  — реактивная сила фронтальной струи.

Общий расход головки

$$Q = Q_T + Q_{ф.},$$

где  $Q_T$  — суммарный расход через тыльные сопла,

$Q_{ф.}$  — расход через фронтальное сопло.

Реактивная сила

$$W_p = -F p_r = -\gamma FH = -\frac{\gamma v^2 F}{2g}.$$

Скорость истечения через сопло

$$v = \varphi \sqrt{2gH},$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости;

$p_r$  — давление в головке,  $\text{кг/м}^2$ .

Сопротивление движению шланга

$$P_{\text{сопр}} = k_m \mu l \dot{f},$$

где  $k_m$  — коэффициент местных сопротивлений;



$\mu$  — вес 1 п.м шланга, наполненного водой, кг/м;  
 $l$  — длина введенного в дрена шланга, м;  
 $f$  — коэффициент трения шланга о трубу.

Коэффициент  $k_m$  зависит от свойств шланга (гибкость, шероховатость наружной поверхности и т. п.) и очищаемых труб, их размеров и места приложения тяговой (толкающей) силы.

В зависимости от этих факторов  $k_m = 1,0—3,0$ . Наименьшее значение  $k_m$  соответствует протягиванию шланга за головку по гладкой трубе. Для машины Д-910 при диаметре шланга 30 мм,  $f = 0,2$ ,  $l = 100$  м

$$P_{\text{сопр}}^{\text{мин}} = 14 \text{ кг},$$

что значительно превышает тяговое усилие головки ( $W_T \approx 3 \text{ кг}$ )<sup>1</sup>. Шланг поэтому проталкивается в дрена принудительно с устья, а роль головки сводится в основном к предотвращению заклинивания передней части шланга в трубе. При проталкивании шланга в дрена от устья сопротивление возрастает и, как показали опыты, достигает 20—30 кг.

Вынос наилка из дрены происходит лучше всего, если скорость обратного потока пульпы выше значений влекущей скорости для песка и других тяжелых отложений (0,3—0,4 м/сек):

$$v_{\text{выноса}} = \frac{Q}{F_1 - F_2} = \frac{4Q}{\pi (d_{\text{др}}^2 - D_{\text{ш}}^2)},$$

где  $F_1$  — площадь внутреннего сечения дрены;

$F_2$  — площадь наружного сечения шланга;

$d_{\text{др}}$  — диаметр дрены;

$D_{\text{ш}}$  — наружный диаметр шланга.

Обеспечить достаточную скорость обратного потока можно лишь при очистке труб малого диаметра относительно толстым шлангом. Поэтому для полной очистки дрен большого диаметра введенный в дрена до конца шланг извлекают назад, не прекращая, а лишь несколько уменьшая подачу воды. При этом тыльные струи головки образуют как бы водяную корзину, сгоняющую оставшиеся наносы. Для лучшей очистки скорость извлечения шланга не должна превышать скорость обратного потока (0,2—0,4 м/сек), а для обеспечения выноса

<sup>1</sup> Обратный поток воды несколько уменьшает коэффициент трения и сопротивление проталкиванию шланга.



наилка из труб расход воды не должен быть меньше определенной величины, зависящей от диаметра труб и вида отложений.

Явления, происходящие в дрене при очистке ее рассматриваемым способом, изучены еще недостаточно. Известно, например, что при работе головки в дрене образуются области повышенного давления и вакуума<sup>1</sup>, которые, как полагают некоторые исследователи, уменьшают устойчивость дрены против последующего заиления, разрушая образовавшиеся со временем у водоприемных отверстий естественные фильтры.

Поэтому рабочее давление дренапромывочных головок (насадок) должно быть, с одной стороны, достаточным для получения минимально необходимой скорости истечения струи и реактивной тяги ( $p \geq 6-10 \text{ кг/см}^2$ ), но, с другой стороны, ограниченным из-за опасности нарушения устойчивости дрены. Очевидно, это давление не должно превышать  $20-30 \text{ кг/см}^2$ .

Рабочее давление в головке ограничивается также прочностью гибкого шланга и износостойкостью водяного насоса, особенно при работе с водой, содержащей различные примеси.

Потери давления  $\Delta p_{\text{ш}}$  в самом шланге составляют<sup>2</sup>:

$$\Delta p_{\text{ш}} = 0,00827 \lambda \frac{l_{\text{ш}} Q^2}{d_{\text{ш}}^5},$$

где  $\lambda$  — коэффициент сопротивления трения жидкости о стенку трубы (для полиэтиленовых шлангов  $\lambda = 0,0163-0,0170$ );

$l_{\text{ш}}$  — длина шланга, м;

$Q$  — расход воды,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$d_{\text{ш}}$  — внутренний диаметр шланга, м.

Например, у машины Д-910 потери в шланге при  $d_{\text{ш}} = 0,018$ ,  $l_{\text{ш}} = 150 \text{ м}$ ,  $Q = 1,4 \text{ л/сек}$  составляют  $14 \text{ кг/см}^2$ .

Давление в шланге

$$p_{\text{ш}} = \Delta p_{\text{ш}} + p_{\text{головки}},$$

причем  $p_{\text{головки}}$  включает также давление на выходе  $p_{\text{выноса}}$ , зависящее от сопротивления обратному потоку.

<sup>1</sup> Образование вакуума связано с эжекцией, возникающей при истечении из сопел струй с высокой скоростью.

<sup>2</sup> Местными потерями давления пренебрегают из-за их малости.



Давление в головке машины Д-910 равно  $\sim 6 \text{ кг/см}^2$  и соответственно

$$p_{\text{ш}} = 14 + 6 = 20 \text{ кг/см}^2.$$

Расчет шланга на прочность выполняют по формулам

$$\sigma = \frac{p_{\text{ш}} d_{\text{ш}}}{D_{\text{ш}} - d_{\text{ш}}}; \quad \sigma \leq [\sigma],$$

где  $p_{\text{ш}}$  — внутреннее давление в шланге,  $\text{кг/см}^2$ ;  
[ $\sigma$ ] и  $\sigma$  — напряжения в стенках шланга, допускаемое и действительное,  $\text{кг/см}^2$ .

Таковы некоторые основные положения, учитываемые при разработке дренапромывочных устройств со шлангом, вводимым в дренаж. Устройства такого типа бывают навесными на трактор и прицепными с приводом от вала отбора мощности или от собственного двигателя. Они включают раму, вращающийся барабан для шлангов, насос с арматурой и редуктором, а прицепные устройства — тележку и иногда двигатель привода.

Шланги (один или два) длиной 100—250 м имеют сменные головки (насадки), вода в шланг подается через полую ось и вращающееся сальниковое соединение барабана. Наматывают и разматывают шланги вручную или от привода. Потребная мощность складывается из мощности, потребляемой насосом и приводом барабана, если он есть (последней из-за малости можно пренебречь):

$$N = \frac{\gamma Q H}{75 \eta} \text{ л. с.},$$

где  $\eta$  — к.п.д. насоса и трансмиссии.

Большинство существующих дренапромывочных машин — прицепные с отдельным бензодвигателем малой мощности. Это позволяет освободить трактор и использовать его для других работ, например для доставки промывочной воды.

Подобная дренапромывочная машина разработана Минским СКБ «Мелиормаш» и с 1967 г. выпускается Великолукским заводом «Торфмаш» под маркой Д-910 (рис. 81, 82).

Машина включает следующие основные узлы: одноосное прицепное шасси; насосно-моторный агрегат, состоящий из двигателя, насоса и редуктора; барабан с



двумя нагнетательными шлангами, установленный на двух опорах; заборный шланг; арматуру; инструментальный ящик и комплект трассоискателя ВТР-IVM.

Вода через заборный шланг попадает в приемный коллектор и насосом через нагнетательный коллектор

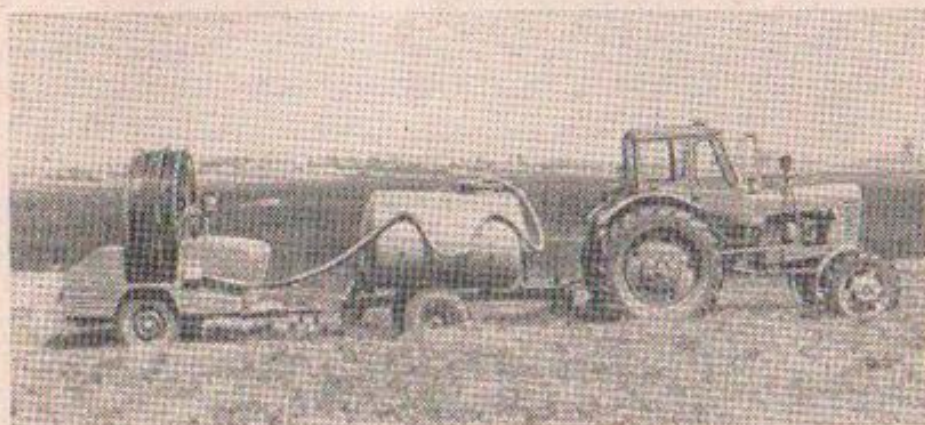


Рис. 81. Машина Д-910 с цистерной и трактором.

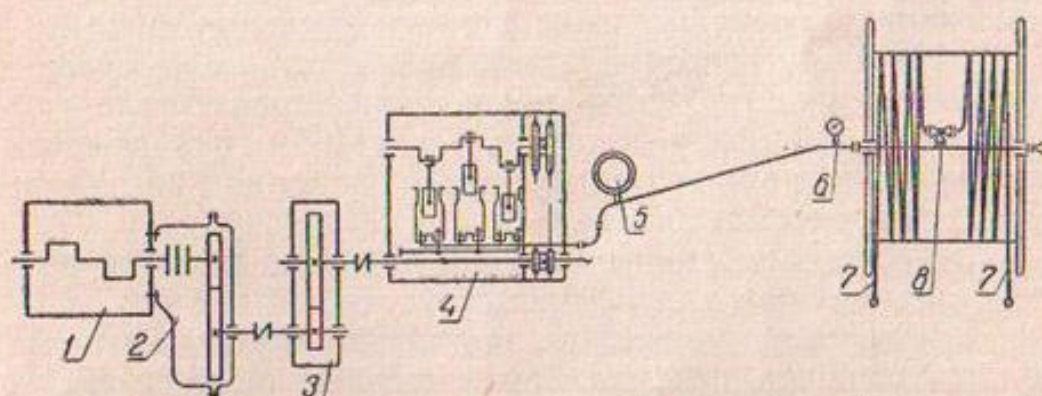


Рис. 82. Кинематическая схема машины Д-910:

1 — двигатель УД-25; 2, 3 — редукторы УД-25С и ЦО<sub>м</sub>—15—11—2,7; 4 — насос НТП-9А; 5 — воздушный колпак; 6 — манометр; 7 — промывочные шланги; 8 — кран трехходовой.

подается к барабану, к полой оси которого через сальниковое соединение и пробковый трехходовый кран присоединены нагнетательные полиэтиленовые шланги с промывочными головками на конце. Внутри шлангов протянут изолированный провод трассоискателя, один конец которого присоединен к головке, а другой — к генератору звуковой частоты. Длина шлангов 120 м и 150 м, диаметр 32/22 и 26/18 мм.



Машину обслуживают машинист, его помощник и подсобный рабочий. Для очистки дрена выполняют следующие операции.

1. Находят дрена, отрывают шурф, глубина которого на  $0,2 \div 0,4$  м ниже уровня дрена.

2. Запускают двигатель, опускают заборный шланг в цистерну или водоприемник с чистой водой.

3. Шланг с промывочной головкой сматывают с барабана и вставляют в дрена; увеличив число оборотов двигателя, включают в работу насос. Шланг в дрена вводится под действием реактивной силы головки с одновременным проталкиванием вручную. Подачу воды (в зависимости от степени заиления и скорости промывки) регулируют изменением оборотов двигателя.

4. При встрече с препятствием или при использовании всей длины шланга определяют, если нужно, местонахождение головки и трассы дрена. Это делают при помощи трассоискателя либо засечкой направления дрена и длины введенного в нее шланга с последующим уточнением щупом или при рытье шурфа.

5. Шланг извлекают из дрена с подачей или без подачи воды в зависимости от степени заиления дрена.

6. На месте непреодолимого препятствия или в конце промытого участка снова роют шурф, препятствие устраняют и промывку продолжают. Промытый участок дрена предохраняют от повторного заиления пробкой из фильтрующего материала.

7. После окончания промывки дрена на месте шурфа восстанавливают, а шурф засыпают землей.

Для доставки воды к дренам используют тракторные прицепные цистерны или автоцистерны, число которых зависит от их емкости, дальности и скорости возки, а также производительности промывочной машины.

Средний расход воды на промывку, по данным СКБ «Мелиормаш», составляет  $5-6$  л на  $1$  п. м дрена и колеблется в зависимости от степени заиления, длины дрена и т. д.<sup>1</sup>

От шурфа к шурфу машину перевозит трактор, доставляющий воду или специально для этого предназначенный.

Шурфы открывают вручную или экскаватором. Время для рытья шурфа вручную —  $15 \div 20$  мин., для вос-

---

<sup>1</sup> Расход воды может достигать  $40-60$  л/п. м.



становления дрены с засыпкой шурфа — около 30 мин.

Коэффициент использования времени у промывочной машины типа Д-916 при очистке дрен пока очень низок ( $k_v = 0,16—0,20$ ) из-за большого объема и слабой механизации вспомогательных работ (отыскание дрены, рытье шурфа, доставка воды и др.).

Дренопромывочные устройства типа Д-910 значительно облегчают очистку дрен и имеют ряд преимуществ по сравнению с другими способами очистки дрен. Однако у этого способа есть и недостатки:

- потребность большого количества чистой воды, подаваемой при высоком давлении; высокие требования к насосам и шлангам;

- ограниченные реактивная тяга, размывающая и выносная способность;

- невозможность или трудность очистки дрен от слежавшихся (сцементировавшихся) наносов и растительности;

- возможность очистки с одной позиции лишь одной дрены;

- значительная трудоемкость вспомогательных работ (рытье шурфов, переезды, доставка воды и т. д.), снижающая общую производительность.

Известны различные способы преодоления этих недостатков. Реактивную тягу и размывающую способность увеличивают, придавая головкам более совершенную гидродинамическую форму и снижая потери до минимума. С этой же целью используют головки, не имеющие фронтального сопла или имеющие регулируемое вручную или автоматически соотношение расходов воды через фронтальное и тыльные сопла (см. рис. 80). В головках последнего типа до встречи с препятствием в дрене вода, обеспечивая максимальную тягу, выходит только через тыльные сопла, при встрече с препятствием — через фронтальное отверстие, размывая встреченное скопление наносов. Расход через тыльные сопла при этом полностью или частично перекрывается.

Механический способ очистки широко распространен в коммунальном хозяйстве при очистке без вскрытия канализационных и других трубопроводов. Он может быть использован также для очистки дренажа. За границей применяют ряд машин для механической очистки, простейшие из которых состоят из комплекта быстросоединяемых гибких стержней (типа гиб-



кого вала) длиной по 10—30 м, диаметром 8—32 мм, и механизма вращательного привода (ручного, электрического или от бензодвигателя) переносного или на тележке. Головная секция стержня более короткая — 4—6 м, оснащена инструментом: спиральным рыхлителем, буравом, ершом и др. Стержни представляют собой спираль из пружинной проволоки (хромованадиевой или др.) с пропущенным внутри сердечником из такой же проволоки. При подаче вращающегося гибкого стержня в трубопровод происходит рыхление находящихся там наносов, которые выносятся потоком воды наружу. Скорость вращения гибкого стержня до 200 об/мин, скорость проталкивания до 15—40 м/мин, диаметр очищаемых труб до 300 мм.

Более совершенные машины подобного типа имеют гибкий стержень длиной до 200—250 м, намотанный на закрытый барабан. Скорость сматывания гибкого стержня с барабана и скорость его вращения регулируется. Машины снабжены указателем длины смотанного с барабана гибкого стержня. Перед началом прочистки гибкий стержень пропускают в направляющий шланг, длина которого соответствует глубине колодца (шурфа). К концу стержня крепят рабочий инструмент. Затем направляющий шланг опускают в колодец (шурф), направляют в устье трубы, включают двигатель машины и начинают прочистку.

Барабанные машины для механической очистки бывают прицепными или смонтированными на автошасси. Производительность при очистке дрен достигает 1 км/смену. Энергоемкость механической очистки в несколько раз меньше, чем гидравлической.

$$N = N_{\text{вр}} + N_{\text{пост}} = \left( \frac{Mn}{716,2} + \frac{Wv}{75} \right) \frac{1}{\eta},$$

- где  $N$  — общая потребная мощность, л.с.;  
 $N_{\text{вр}}$  — в том числе на вращение стержня;  
 $N_{\text{пост}}$  — в том числе на поступательную подачу;  
 $M$  — суммарный вращающий момент;  
 $v$  — скорость подачи;  
 $n$  — число оборотов стержня в минуту;  
 $W$  — сила продольной подачи;  
 $\eta$  — общий к.п.д. механизма,



причем

$$M = M_{\text{рез}} + M_{\text{вр}} = \frac{T' d_c}{2} + \frac{q l d_c f}{2} = \frac{d_c}{2} (T' + q l f); W = q l f k_m,$$

где  $M_{\text{рез}}$  — момент резания головки;

$M_{\text{вр}}$  — момент вращения стержня;

$q$  — вес 1 п. м стержня;

$l$  — длина введенного в дрена стержня;

$f$  — коэффициент трения стержня о трубу и наносы;

$d_c$  — диаметр стержня;

$T'$  — сила резания, приведенная к диаметру стержня;

$k_m$  — коэффициент местных сопротивлений поступательному движению стержня.

При  $\eta = 0,5$ ;  $n = 200$  об/мин;  $v = 0,5$  м/сек;  $l = 100$  м;  $q = 1$  кг/м;  $d_c = 0,03$  м;  $f = 0,3$ ;  $T' = 3$  кг, потребная мощность  $N = 0,7$  л.с., то есть в 10 раз меньше, чем при гидравлическом способе.

При механической очистке хорошо разрыхляются любые наносы и закупорки, нет нужды в доставке воды, машины более легки и маневренны. Однако эффективная очистка дрен с их помощью возможна либо при дренажном стоке, достаточном для выноса разрыхленных отложений, либо при последующей промывке дрен, либо, наконец, при механическом извлечении наносов.

Гидромеханический способ очистки. В последнее время представляют интерес попытки создать устройства с механическим или гидромеханическим рыхлением наносов, с активной или реактивной тягой шланга и головки с гидротранспортом наносов из дрены. Разрабатываются конструкции головок с механическим рыхлителем вращательного или возвратно-поступательного движения, имеющие в отдельных случаях также активную тягу.

Например, ЛатНИИГиМ предложил головку, при возвратно-поступательном движении которой относительно шланга с поршнем на конце осуществляется активная тяга с упором в стенки трубы, а наносы рыхлит венец головки либо рыхлитель вращательного движения, приводимый через пару винт — гайка (см. рис. 80).

Наряду со специальными головками к обычным дренапромывочным машинам в ЛатНИИГиМе предложено



устройство, которое должно совмещать положительные свойства механической и гидравлической очистки.

По своей конструкции устройство аналогично барабанным машинам для механической очистки, но его гибкий стержень сделан трубчатым в виде пластмассового шланга с навитой на нем спиралью. Последняя служит не только для придания нужной прочности шлангу — гибкому валу, но и для выноса пульпы из трубы (вращающийся шланг служит также шнеком). Предполагается, что такое устройство будет не только беспрепятственно очищать дрена с любым характером заиления, но и снизит требуемое давление и расход промывочной воды, облегчив этим как условия работы насоса, так и затраты на доставку воды.

Для производительного использования дренаочистительных машин интерес представляют различные дополнительные устройства, облегчающие установку машины на дрена и ее обслуживание, например телескопическая колонка с механизмом для принудительной подачи шланга в дрена. Подобные устройства могут существенно уменьшить затраты времени на вспомогательные операции и облегчить труд рабочих.

Ремонт дрена с частичным (пунктирным) вскрытием. Ремонтировать дрена без вскрытия часто нельзя из-за отсутствия соответствующего оборудования или из-за необходимости устранить местные повреждения и другие неисправности. В этих случаях проводят пунктирное вскрытие дрена, отрывая отдельные шурфы на расстоянии 10—15 м друг от друга, определяют причину заиления и устраняют ее (например, заменяют поломанную трубку), прочищают дрена между шурфами, укладывают на место вынутые трубы и засыпают дрена.

Минимальный размер шурфа  $0,5 \times 1,0$  м. Их отрывают либо вручную, либо при помощи одноковшового экскаватора — обратной лопаты (Э-157, Э-1514), грейферного погрузчика (ПЭ-08, ПШ-04), либо при помощи многоковшового или скребкового экскаватора (ЭТН-171, ЭТЦ-161 и т. п.), у которого поднимают или снимают ящик-трубоукладчик. После вскрытия дрена из нее извлекают 1—2 трубки и начинают прочистку участка между двумя шурфами.

Для прочистки используют проволоку  $d=4—5$  мм, длиной 15—20 м со спиралью на конце. Проволоку про-



талкивают в дренаж с одновременным прокручиванием и периодически вытаскивают назад вместе с наилком, застрявшим между витками спирали. После прочистки спиралью сквозь дренаж иногда пропускают ерш (щетку) или промывают ее (прополаскивают). Прочистку ведут снизу вверх. Конец очищенного участка защищают от засорения временной пробкой из мха, минеральной ваты или иного фильтрующего материала.

Рис. 83. Способы рытья траншей для перекладки дрен:

а — с недобором глубины;  
б — специальным двухзубым ковшом;  
в — рядом с дренажем.



Ремонт дрен с полным вскрытием и сплошной перекладкой труб. В тех случаях, когда ремонт без вскрытия или с пунктирным вскрытием не позволяет восстановить работоспособность дрен, их полностью вскрывают и перекапывают. При ремонте со сплошной перекладкой вначале отыскивают трассы дрен, размечают их, а затем вскрывают, отрывая траншеи шириной 0,4—0,6 м, глубиной на 4—5 см выше шельги трубок (рис. 83, а).

Для рытья траншей используют одноковшовый или многоковшовый экскаваторы. Затем вручную лопатой обнажают трубки, извлекают их и прочищают. После этого дорабатывают траншею и укладывают в нее трубки заново. Чтобы снизить трудоемкость извлечения труб, ковши экскаваторов снабжают двумя специальными зубьями, расстояние между которыми немного больше наружного диаметра трубы. Эти зубья выбирают грунт по бокам труб, что облегчает труд рабочих (рис. 83, б).

В Латвии при перекладке дрен траншею отрывают рядом со старой дренажем (рис. 83, в). Трубы после прочистки укладывают на старое место или в новую траншею.

Перед вторичным использованием дренажные трубы очищают от наносов, пробок, цементации и т. п. Эту работу выполняют вручную или при помощи приспособлений с набором оправок — ершей, буравов, спиралей и др. Остальные работы по ремонту дрен с перекладкой труб



аналогичны обычным способам строительства дренажа при укладке труб вручную. Трудоемкость и стоимость дополнительных работ, связанных с перекладкой бывших в употреблении труб, зачастую столь велики, что перекрывают стоимость повторно используемых труб. Поэтому этим способом выгоднее ремонтировать линии из более дорогих труб большого диаметра (коллекторы).

**Очистка труб большого диаметра.** Кроме обычных труб  $d=50—200$  мм в крупных дренажных системах за последнее время часто применяют закрытые водоприемники из труб  $d=300—600$  мм, которые иногда засоряются и требуют очистки. Так как для этих целей гидравлические устройства типа Д-910 малоэффективны, а очистка со вскрытием слишком дорога, здесь лучше использовать гидромеханические и механические устройства с насадками (головками) соответствующего размера. В тех случаях, когда сток воды по трубам недостаточен для выноса разрыхленных наносов, можно применять дополнительный смыв, либо ковшовые снаряды или щиты, протаскиваемые по трубе с помощью ручных или моторных лебедок или трактора. При этом в местах изменения направления троса следует ставить блоки или подушки, предохраняющие трубы и колодцы от повреждения.

В некоторых случаях для очистки применяют самоходные щиты, создающие искусственный порог и движущиеся под напором воды по мере размыва наносов (рис. 84).

Для протаскивания сквозь трубы очистных приспособлений целесообразно постоянно держать внутри трубопроводов большого диаметра оцинкованный трос или проволоку с концами, выведенными в колодцы или устья.

**Ремонт дренажных сооружений.** Ремонт дренажных сооружений, как правило, должен предшествовать ремонту сети. Он может иметь характер реконструкции, в процессе которой строят или заменяют такие узлы, как устья, колодцы, фильтры, или характер ухода и текущего ремонта с очисткой и мелким ремонтом сооружений, заменой отдельных деталей и т. п. В первом случае работы по своему объему и составу близки обычному дренажному строительству и выполняются теми же способами, которые неприемлемы во втором случае.



Из-за своей раздробленности и разнообразия механизация этих работ представляет большие трудности, однако рациональный подбор инструментов, средств малой механизации, ремонтных материалов и подъемно-транспортных средств позволяет намного облегчить труд и увеличить его производительность.

Для ремонта сооружений и ухода за ними целесообразно оборудовать фургон-будку на двухосном прицепе

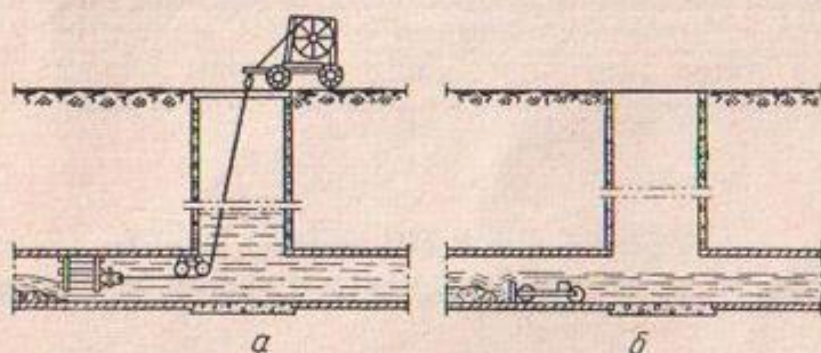


Рис. 84. Очистка труб большого диаметра самоходным щитом:

*а* — плавучим; *б* — на катках.

(волокуше), снабдив его ремонтным набором. Набор включает верстак с тисками и слесарным инструментом (молоток, зубило, пассатижи, напильники и т. д.), шанцевые инструменты (лопаты, лом), топор, багор, щуп, крюки и проволоочные спирали для прочистки дрен, черпак на длинном шесте для очистки дренажных колодцев, лестницу для спуска в колодцы, ведра, кельму (мастерок) и корыто для приготовления раствора и т. п. На прицепе должно быть место для запаса наиболее ходовых материалов и деталей дренажных сооружений (цемент, гравий, песок, битум, стеклоткань и минеральная вата, гончарные и пластмассовые трубы, клапаны, решетки и другие детали устьев). Состав ремонтного набора уточняют в зависимости от местных условий.

Для транспортирования прицепа с набором на объект пользуются трактором или автомашиной. Прицеп закрепляют за одним человеком-мастером, ведающим уходом и текущим ремонтом дренажа на закрепленных за ним объектах.

При строительстве или замене дренажных сооружений используют экскаватор (Э-1514, Э-153, Э-157) или



другие машины, выполняющие земляные и подъемно-транспортные работы.

Для очистки дренажных колодцев применяют прицепные жиже-разбрасыватели с эжектором (РЖ-1,7), илососы (ИЛ-980), а также грейферные ковши экскаваторов, особенно многолепестковые («полип»). Грейферными ковшами очищают в первую очередь колодцы, захламленные посторонними предметами, а также потайные колодцы, где необходимы земляные работы при вскрытии. Механизированная очистка колодцев целесообразна лишь при достаточно большом объеме работ. Отдельные колодцы чистят вручную, черпаками.

### **Организация и технология работ, повышение производительности и выбор механизмов**

Правильная организация и технология работ, выбор механизмов и их совершенствование имеют для ремонта и эксплуатации дренажа столь же большое значение, как и для строительства.

Решение этих вопросов осложняется:

- малым опытом механизации ремонтно-эксплуатационных работ в СССР и за рубежом;

- трудностью предварительного определения состояния закрытых сетей и сооружений;

- разнообразием работ и их раздробленностью;

- необходимостью немедленного устранения или хотя бы локализации всех неисправностей, нарушающих работу дренажа и грозящих вывести его из строя, независимо от состава и объема работ;

- необходимостью учета природно-климатических и хозяйственных факторов (обеспечение нормальной работы дренажа весной и осенью, невозможность работ на занятых полях);

- недостатком механизмов, отвечающих требованиям ремонта и эксплуатации.

*Работу по уходу за дренажными системами* выполняют рабочие (мелиораторы), за которыми закреплены эти системы. Если одновременно с осмотром необходим мелкий ремонт дренажа, используется прицеп с ремонтным набором и трактор для его буксировки. В зависимости от состава и объема работ в помощь мелиорато-



ру выделяются дополнительные рабочие и механизмы (экскаватор, илосос и т. д.).

Работы по ремонту дренажа имеют весьма разнообразный характер как по своему составу, так и по объемам, а следовательно, и по способам выполнения, стоимости и трудоемкости (табл. 15).

Таблица 15

Примерные нормы выработки и расценки при ремонте закрытого дренажа в Латвийской ССР

| Показатели                                | Ремонт дренажных линий на 10 л. м.     |                                    |                               |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
|                                           | со сплошной перекладкой <sup>1,2</sup> | пунктирным способом <sup>1,2</sup> | промывкой <sup>2,3</sup>      |
| Норма времени, чел.-час                   | 1,33 ÷ 2,4                             | 0,92 ÷ 2,26                        | 0,7 ÷ 1,47                    |
| Расценка, руб.                            | 0,59 ÷ 1,07                            | 0,41 ÷ 1,01                        | 0,31 ÷ 0,66                   |
| Исполнители (разряд и количество рабочих) | IV разряд—1<br>III разряд—2            |                                    | IV разряд—1<br>III разряд—3—4 |

Продолжение

| Показатели                                | Восстановление устьев <sup>3</sup> |                             | Чистка колодез <sup>3</sup> |
|-------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                           | деревянных                         | железобетонных <sup>1</sup> |                             |
| Норма времени, чел.-час                   | 8,83                               | 10,04 ÷ 11,84               | 4,66 ÷ 5,29                 |
| Расценка, руб.                            | 3,94                               | 4,48 ÷ 5,28                 | 1,98 ÷ 2,25                 |
| Исполнители (разряд и количество рабочих) | III разряд—2<br>IV разряд—1        |                             | III разряд—1<br>II разряд—1 |

<sup>1</sup> Работы по отрывке и засыпке траншей и шурфов не учтены.

<sup>2</sup> Нормы зависят от условий работы: состояния дрен, грунта, диаметра труб, глубины и т. п.

<sup>3</sup> Данные ориентировочные. Шурфы отрывают вручную.

Не останавливаясь на реконструкции дренажа, приближающейся по своим методам к строительству, ремонтируемые дренажные системы можно разделить на две группы.

1. Системы, где однородные работы производятся в больших объемах (сплошная прочистка дренажных линий или их перекладка, ремонт дренажных сооружений и т. д.).



2. Системы, где однородных работ производится мало (прочистка отдельных дрен или их перекладка, ремонт отдельных устьев колодцев, сопряжений и т. д.).

Принципы выбора механизмов и приемов работ в обоих случаях несколько различны.

В первом случае возможна поточная организация работ с использованием производительных узкоспециализированных механизмов и звеньев рабочих, во втором — требуются универсальные наборы механизмов и приспособлений, важна не столько техническая производительность, сколько приспособляемость к условиям работы и мобильность, возможность обеспечить полную и производительную загрузку механизмов. Исходя из этого можно считать, например, что для перекладки труб на системах первой группы удобнее траншеекопатели непрерывного действия (ЭТН-171 и др.), а на системах второй группы — одноковшовые экскаваторы, что пунтирный способ прочистки более приемлем на системах второй группы.

Особый интерес представляет рациональное использование дренапромывочных машин — основного ремонтного средства в настоящее время. Эти машины обслуживают команды из трех-семи человек, включая тракториста, управляющего придаваемым машине для буксировки и доставки воды трактором. Кроме трактора, машину снабжают одной-двумя прицепными цистермами для воды и изредка экскаватором для рытья шурфов.

Как показывает опыт, эксплуатационная производительность этих машин много ниже расчетной из-за больших межоперационных простоев и недостаточной механизации вспомогательных работ.

На производительность дренапромывочных машин влияют характер заиления, характеристика дренапромывочной машины, объем работ по рытью шурфов (глубина дрен и длина промываемого с одной позиции участка), доставка воды и т. д.

Рытье шурфов вручную занимает до 50—57% сменного времени и особенно сильно влияет на производительность при очистке глубоких дрен короткими участками.

На основании наблюдений, Х. Хенинг даже предложил формулу для определения затрат времени на очи-



стку дрен промывочной машиной в зависимости от грунтовых условий, характера заиления и глубины дрены:

$$y = a + bx_1 + cx_2,$$

где  $y$  — затраты времени на прочистку дрен;  
 $a, b, c$  — опытные коэффициенты, зависящие от условий работы (табл. 16);  
 $x_1$  — глубина закладки дрен, см;  
 $x_2$  — степень заиления ( $I \leq \frac{1}{3}d$ ;  $II > \frac{1}{3}d$ ;  $III > \frac{2}{3}d$ ).

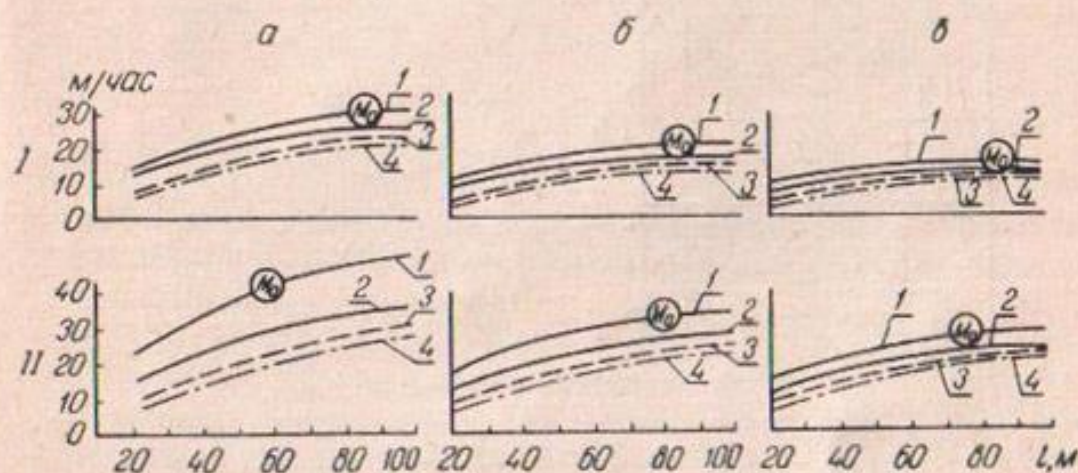


Рис. 85. Зависимость трудоемкости и производительности при промывке дренажа от условий (по Х. Хеннингу):

$I$  — заиление песком;  $II$  — заохривание;  $a$  — заиление  $< \frac{1}{3} d$ ;  $б$  — заиление  $> \frac{1}{3} d$ ;  $в$  — заиление  $> \frac{2}{3} d$ ;  $1$  — торфяная почва;  $2$  — минеральный грунт, глубина 0,9 м;  $3$  — то же, 1,5 м;  $4$  — то же, 2,0 м.

Длина участка, промываемого с одного прохода, также оказывает влияние на трудоемкость и производительность машины (рис. 85). На стоимость работ сильно влияют затраты по доставке промывочной воды, составляющие в некоторых случаях 10—30% общих затрат. Кроме того, простой в ожидании воды, расход которой колеблется от 4 до 60 л на 1 п. м очищенной дрены, сильно снижают производительность. В результате часовая производительность дренапромывочных машин колеблется от 15 до 100 м/час, а использование ее по времени весьма низко ( $k_v \sim 0,16—0,20$ ).

Повышение производительности дренапромывочных машин возможно, в первую очередь, за счет рациональной организации работ и выбора нужных механизмов.



При выполнении ремонтных работ на объектах первой группы хорошие результаты дает поточно-цикличный метод, при котором рабочий процесс разбивают на элементы, выполняемые специализированными исполнителями последовательно, что расширяет фронт работ. Например, в СКБ «Мелнормаш» разработан поточно-цикличный способ очистки дрен с применением машины Д-910. Этим способом работу ведут одновременно на четырех находящихся рядом дренах (рис. 86). В то время

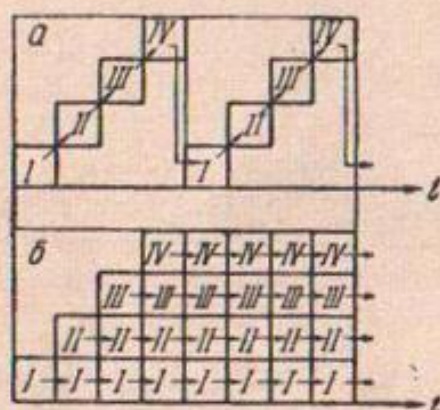


Рис. 86. Последовательность работ при раздельном (а) и поточно-циклическом (б) способе очистки дрен:

I — отыскание трассы, разметка шурфа; II — рытье шурфа; III — промывка дрен; IV — заделка дрен, засыпка шурфа.

как на 1-й дрене рабочие отыскивают трассу и размечают шурф, на 2-й дрене отрывают шурф, готовя его для машины, промывающей в это время 3-ю дрена, а 4-ю, очищенную дрена в это время заделывают и засыпают шурф. После выполнения работ на одной дрены звенья переходят на следующие.

По продолжительности элементы цикла приблизительно равны. Поточно-циклическая технология требует строгой организации труда, правильного распределения элементов цикла по затратам труда и машинного времени.

При соблюдении этих условий выработка за счет лучшего использования машинного времени и сокращения межоперационных простоев увеличивается в 2—4 раза.

Для рытья шурфов во всех случаях целесообразно иметь трактор с экскаваторным оборудованием (ПЭ-0,8, Э-153 и др.) или легкий экскаватор (Э-157, Э-158 и др.), используемый для транспортирования дренопромывочной машины, очистки колодцев и других работ на объекте. Затраты и простои, связанные с доставкой воды, можно уменьшить, используя 2—3 цистерны и трактор, выделенный специально для доставки воды.



Коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  формулы Хеннинга

| Коэффициенты | В минеральных грунтах |             | В торфяных грунтах |             |
|--------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------|
|              | заилнение             | заохривание | заилнение          | заохривание |
| $a$          | 0,62                  | 0,85        | 2,36               | 1,1         |
| $b$          | 0,02                  | 0,02        | 0,005              | 0,005       |
| $c$          | 1,78                  | 0,55        | 0,88               | 0,61        |

Большое значение имеет экономное расходование воды на промывку, применение таких приемов, как введение шланга в незаиленную дрена без подачи воды, работа при малых расходах и т. п.

Наряду со способами рационального применения известных механизмов и приемов, совершенствование механизации эксплуатационно-ремонтных работ требует создания новых машин и методов. Среди них наибольший интерес представляют:

устройства для нахождения дренажных линий и определения их состояния без вскрытия дрен;

способы устранения неисправностей дрен без их вскрытия;

устройства для автоматического управления траншекопателем при вскрытии дренажных линий;

способы увеличения тягового усилия и размывающей способности промывочных головок;

дреноочистные машины с малым водопотреблением и с пониженными требованиями к воде, в том числе машины с повторным использованием воды, с механической или гидромеханической очисткой и т. п.;

рациональные наборы машин и приспособлений для проведения комплекса эксплуатационно-ремонтных дренажных работ в различных условиях.

По сложности решения ряда технических вопросов механизация ремонта и эксплуатации дренажных систем не уступает строительству дренажа, а значение ее с ростом площади дренированных земель, эффективное использование которых она должна обеспечить, возрастает. Поэтому освоение и совершенствование существующих, а также создание новых способов и механизмов для выполнения эксплуатационно-ремонтных работ заслуживают серьезного внимания как мелиораторов, так и машиностроителей.



## ЛИТЕРАТУРА

Антонов В. И., Головки Д. Г. Осушение земель закрытым дренажем и их освоение. Сельхозгиз, М., 1963.

Бейлин Д. Х. Механизированная укладка гончарных дренажных труб. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 8, 1967.

Бейлин Д. Х. 1) Производительность дренажных траншеекопателей и факторы, ее определяющие. 2) О выборе механизмов для строительства дренажа. Труды ЛатНИИГиМ № 5 (12). Изд. «Звайгзне», Рига, 1967.

Бейлин Д. Х. Гидравлическое автоматическое устройство для поддержания требуемой глубины (уклона) дренажных траншей. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 1, 1968.

Бобров В. П. Проектирование загрузочно-транспортных устройств к станкам и автоматическим линиям. М., 1964.

Богатов Е. А., Кондрашов А. С. Машина для закладки закрытого дренажа МЗД-1. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 11, 1965.

Борщов Т. С. Механизация и технология расчистки полей и лугов от кустарника и камней. Лениздат., 1966.

Временная техническая инструкция по строительству закрытого дренажа в нечерноземной зоне РСФСР. Изд. ВНИИГиМ, М., 1962 г.

Гарбузов З. Е. и др. Землеройные машины непрерывного действия. «Машиностроение», М—Л., 1965.

Даншев Т. И., Санников Г. П. Эксплуатация осушительных систем. Лениздат, 1964.

Дренаж сельскохозяйственных земель. Перевод с английского. Изд. «Колос», М., 1964.

Жилин Г. В. и др. Механизированная закладка дренажа из



пластмассовых труб. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 3, 1967 г.

Защита горизонтального трубчатого дренажа от заиливания (Временные рекомендации). МСХ БССР, Изд. «Урожай», Минск, 1965.

Зубец В. М. Содержание и ремонт осушительных систем. Изд. «Урожай», Минск, 1963.

Иванов Е., Камышенцев Л. А. Автоматическое управление движением землеройных машин (ПУЛ). Журн. «Сельскохозяйственное производство нечерноземной зоны» № 11, 1966.

Коковин Е. В. и Незнаев М. Ф. Механизация мелиоративных работ. Изд. с.-х. литературы, М., 1950.

Костяков А. Н. Механическое дренирование почвы (кротовый дренаж). Акад. с/х. наук им. В. И. Ленина — ВНИИГиМ, М., 1935 г.

Ласточкин Д. С. Крепление стенок кротовин для подпочвенного орошения и дренажа. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 10, 1964.

Логинов И. Г. Автоматическое вождение тракторных агрегатов. Алма-Ата, 1965.

Мер И. И. Мелиоративные машины. Изд. «Колос», М., 1964.

Молоков М. В. Машины и оборудования для прочистки канализационных сетей (обзор). НИИинформации Стройдоркоммунмаш, 1965.

Нагла Я. Я., Бейлин Д. Х. Экспериментальная машина для механизации строительства дренажа. Труды ЛатНИИГиМ, № 1, Елгава, 1962.

Нестеров Е. А. Закрытый дренаж в США. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 5, 1965.

Пресс Г. Практика сельскохозяйственных мелиораций. Перевод с немецкого. Сельхозиздат, М., 1963.

Соколовская Л. Н. Осушение земель закрытым комбинированным дренажем. Изд. «Колос», М., 1966 г.

Солопов С. Г. и др. Машина МГД-6Н для устройства в торфяных пнистых залежах глубокого трубчатого дренажа из пластика. Журн. «Торфяная промышленность» № 4, 1967.

Технические условия по сдаче и приемке в эксплуатацию мелиоративно-строительных работ. МСХ ЛатвССР — ЛатНИИГиМ, Рига, 1965.



Технологические карты на мелиоративно-строительные работы. СевНИИГиМ, изд. 2, Лениздат, 1966.

Томин Е. Д., Богатов Е. А. Строительство пластмассового дренажа в зоне избыточного увлажнения. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1967.

Турецкий Р., Никифоров В. Резервы повышения производительности мелиоративных машин. Журн. «Техника в сельском хозяйстве» № 7, 1967.

Тынисоо А. Новое в строительстве открытых коллекторов дренажных систем. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 3, 1967.

Успенский В. П. и др. Автоматизация рытья траншей с заданным уклоном дна. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 3, 1962.

Шрейдер В. А. Современные способы очистки закрытых дренажных систем. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 9, 1966.

Шилейка В. Ю. Повреждения закрытого дренажа из гончарных и бетонных труб и мероприятия по их предупреждению и устранению. Каунас, 1959.

Henning H. Aufwendung zur Instandhaltung und Instandsetzung von Dränanlagen mit Rostoker Dränpül — und Ortungsgerät B765. H. 4. 1966.



## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>I. Общие сведения о дренаже .....</b>                                                                  | <b>3</b>   |
| Назначение и конструкция закрытого дренажа.....                                                           | 4          |
| Применяемые материалы .....                                                                               | 11         |
| Технология строительства .....                                                                            | 22         |
| <b>II. Механизация процессов строительства дренажа.....</b>                                               | <b>26</b>  |
| Трассоподготовительные работы .....                                                                       | 26         |
| Доставка материалов к месту работ.....                                                                    | 30         |
| Рытье траншей и щелей .....                                                                               | 45         |
| Поддержание требуемой глубины и уклона траншей (щелей)<br>и автоматизация дренажных траншеекопателей..... | 70         |
| Укладка дренажных труб.....                                                                               | 108        |
| Контроль за качеством работ.....                                                                          | 134        |
| Обратная засыпка траншей.....                                                                             | 139        |
| Устройство сооружений .....                                                                               | 147        |
| Совершенствование способов механизации строительства дренажа .....                                        | 148        |
| <b>III. Механизация технической эксплуатации и ремонта закрытого дренажа .....</b>                        | <b>164</b> |
| Неисправности дренажа, их причины и способы устранения..                                                  | 164        |
| Механизация процессов эксплуатации и ремонта.....                                                         | 167        |
| Организация и технология работ, повышение производительности и выбор механизмов.....                      | 189        |



**Бейлин Давид Хаймович**  
**МЕХАНИЗАЦИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАБОТ**  
М., «Колос», 1968.

(197 с. с илл. УДК 631.171 : 631.62)

Редактор *Г. А. Стольникова*  
Художник *Ю. А. Боярский*  
Художественный редактор *С. Н. Томили*  
Технический редактор *Л. М. Володченкова*  
Корректор *А. И. Кудрявцева*

---

Сдано в набор 4/IX-1968 г. Подписано к печати  
13/XI 1968 г. Т-14772. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>.  
Бумага тип. № 2. Печ. л. 6,25 (10,50).  
Уч.-изд. л. 10,51. Изд. № 25 Т. п. 1968 г. № 203.  
Тираж 7000 экз. Заказ № 1056. Цена 32 коп.

---

Издательство «Колос»,  
Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19,

Владимирская типография Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б