

**Министерство образования Российской Федерации**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

---

**Г. Я. Булатов**

**ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург  
Издательство СПбГУ  
2004**

# Оглавление

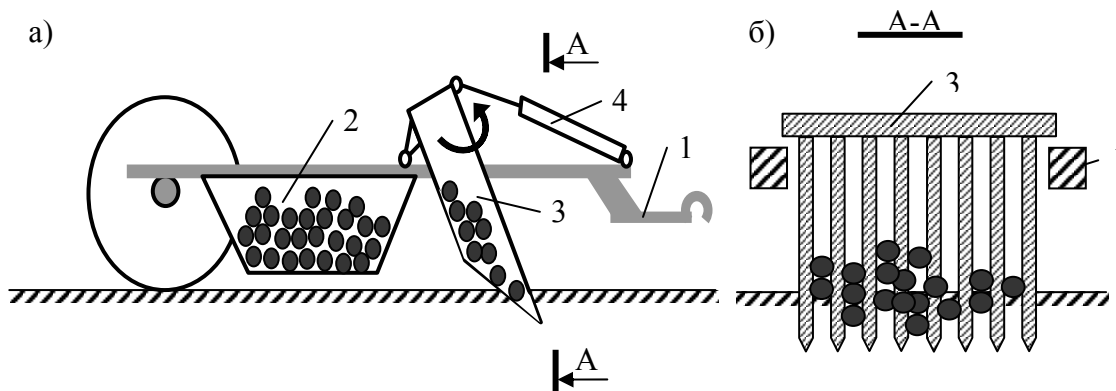
Введение.....	
<b>ГЛАВА 1. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....</b>	
1.1 Выбор машин для удаления камня с полей.....	
1.2. Удаление (сводка) леса.....	
1.2.1. Удаление леса.....	
1.2.2. Раздельная уборка.....	
1.2.3. Корчевание пней.....	
1.3. Удаление кустарника.....	
1.4. Уборка древесных остатков.....	
1.5. Окультуривание земель.....	
1.6. Обработка почвы.....	
1.7. Планировка полей.....	
1.7.1. Ликвидация земляных сооружений.....	
1.7.2. Первичная строительная планировка.....	
<b>ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЕНАЖНЫХ СИСТЕМ.....</b>	
2.1. Классификация, приближенные параметры и сравнение технологий.....	
2.2. Траншейный способ укладки дрен.....	
2.3 Расчет эксплуатационной производительности дренаукладчиков.....	
2.4. Схема бестраншейного дренаукладчика (БДУ).....	
2.5. Бестраншейный дренаж.....	
2.6. Способы обеспечения гидравлической связи.....	
2.7. Методы оценки и снижения сопротивления пропахиванию щели... 2.7.1. Метод расчета оценки сопротивления по прорезанию щели бестраншейным дренаукладчиком.....	
2.8. Способы выдерживания уклона дренажной трубки.....	
2.9. Сравнение технологий строительства закрытого дренажа и основные выводы.....	
2.10. Технологии зимней укладки дренажа.....	
2.11. Строительство гончарного дренажа в зимних условиях.....	
2.12. Состав работ по строительству дренажных систем..... 2.12.1. Состав основных работ.....	
2.12.2. Состав работ по строительству закрытого траншейного дренажа.....	
2.13. Расчет производительности траншейных экскаваторов.....	
<b>ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИИ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ.....</b>	
3.1. Классификация технологий.....	
3.2. Метод непрерывной прокладки (метод упругой линии).....	
3.3. Технологические процессы и расчеты скоростей их выполнения.....	
3.4. Циклическая укладка трубопровода.....	
3.5. Смешанная технология.....	

3.6. Технология продавливания.....	
3.7. Микротоннелирование.....	
3.8. Бетонирование на месте.....	
3.9. Бестраншейная закрытая прокладка труб.....	
3.10. Соединения и компенсаторы.....	
3.10.1. Соединение металлических труб.....	
3.10.2. Соединение бетонных и ж/б труб.....	
3.10.3. Компенсаторы деформаций на трубах.....	
3.11. Зимняя технология строительства водопроводов.....	
<b>ГЛАВА 4. РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДОВ.....</b>	
4.1. Открытый способ.....	
4.2. Прокладка новой трубы меньшего диаметра внутри поврежденной	
4.3. U-линер – труба в трубе.....	
4.4. Прокладка жесткой сплюсненной трубы внутри старой.....	
4.5. Метод вдувания новой трубы.....	
4.6. Сохранение пропускной способности трубопровода .....	
4.7. Восстановление трубопроводов.....	
4.7.1. Трубопроводы питьевой воды.....	
4.7.2. Трубопроводы для сточных вод.....	
4.7.3. Газопроводы.....	
<b>ГЛАВА 5. СТРОИТЕЛЬСТВО ОТКРЫТЫХ КАНАЛОВ.....</b>	
5.1. Бетонирование откосов каналов.....	
5.2. Строительство лотковой сети.....	
5.3. Способы производства лотков.....	
5.4. Гидродинамический способ создания подземных	
противофильтрационных экранов.....	
<b>ГЛАВА 6. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ</b>	
<b>ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН.....</b>	
6.1. Основные положения.....	
6.2. Классификация надежности или отказа грунтовых плотин.....	
6.3. Технология – основа качества и надежности грунтовых	
плотин.....	
6.4. Неоднородность грунта сооружения и основания и ее влияние на	
надежность .....	
6.5. Неидеальности исполнения сооружений на примере грунтовых	
плотин.....	
<b>ГЛАВА 7. ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ.....</b>	
7.1. Свободный размыв грунта.....	
7.2. Напорный размыв грунта.....	
7.3. Универсальный плавучий экскаватор с обратной лопатой	
Watermaster 650 финской фирмы L NNEN ENGINEERING.....	
7.4. Основные преимущества гидромеханизации при возведении	
насыпей.....	

# ГЛАВА 1. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

## 1.1. Выбор машин для удаления камня с полей

### 1. Универсальный камнеподборщик УКП-0.6 ( $d_k=12...65$ см).



**Рис. 1.1.1.** Универсальный камнеподборщик УКП-0.6. ( $d_k=12...65$  см):

а – вид сбоку; б – гребенка; 1 - упряжная рама; 2 - кузов решетчатый; 3 - гребенка для вычесывания камней; 4 - гидроцилиндры управления гребенкой;  $h_{зак}$  - приведенная глубина закаменелости

Это машина циклического действия, эксплуатационная производительность определяется по выражениям:

$$\boxed{\Pi^9 = \Pi^T \times k_B} \quad \text{при} \quad \boxed{\Pi^T = \frac{Q_{ц}}{T_{ц}}} \quad \text{и} \quad Q_{ц} = \frac{G_k}{\rho_k}, \quad (1)$$

где  $Q_{ц}$  – объем камня в кузове;  $k_B$  – коэффициент использования рабочего времени (0.6);  $G_k$  – грузоподъемность кузова;  $\rho_k$  – плотность камня ( $\approx 1.6$  т/м<sup>3</sup>).

$$T_{ц,3} = t_3 + t_{ГХ} + t_{МВ} + t_B + t_{ПХ} + t_{МЗ} + t_{пов} \cdot n_{пов}, \quad (2)$$

здесь  $t_{МЗ}$  – маневр перед загрузкой ( $\approx 1$  мин.);  $t_3$  – время загрузки;  $t_{ГХ}$  – груженный ход;  $t_{МВ}$  – маневр перед выгрузкой ( $\approx 2$  мин.);  $t_{ПХ}$  – порожний ход;  $t_B$  – выгрузка ( $\approx 1$  мин.);  $t_{пов}$  – поворот ( $\approx 1$  мин.);  $n_{пов}$  – число поворотов.

$$t_3 = (t_3^1 + t_{ог}) \cdot m \quad \text{и} \quad t_3^1 = \psi \frac{l_3^1}{V_3}, \quad (3)$$

$$l_3^1 = \frac{Q_r}{(b - \Delta b) h_{зак} \eta_3} \quad \text{и} \quad Q_r = \frac{Q_k}{m}, \quad (4)$$

где  $t_3^1$  – загрузка одной гребенки;  $t_{ог}$  – опрокидывание одной гребенки в кузов;  $m$  – число загрузок;  $l_3^1$  – длина одного хода гребенки;  $\psi$  – коэффициент, учитывающий разгон и торможение;  $V_3$  – скорость загрузки гребенки;  $Q_r$  – объем камня на одной гребенке;  $b$  – ширина гребенки;  $\Delta b$  – перекрытие полос вычесывания камня (0.2-0.3 м);  $\eta_3$  – КПД захвата камней ( $\approx 0.9$ ).

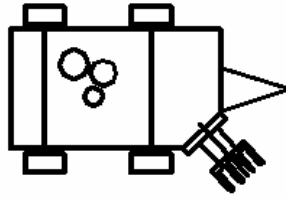


Рис. 1.1.2. Подборщик средних и крупных камней ПСК-1. План

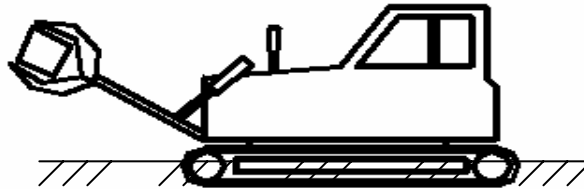


Рис. 1.1.3. Корчеватель-бульдозер-погрузчик КБП-2 ( $d_k < 100$  см)



Рис. 1.1.4. Малых камней подборщик МКП-1.5 ( $d_k = 10 \dots 15$  см).  
1-гребенка; 2-валы с квадратными дисками; 3-кузов решетчатый

МП-12 – корчеватель мелких пней – аналогичен предыдущему.

УСК-07 – машина, подобная КБП-2, только на колесном тракторе «Беларусь» ( $d_k$  до 60 см).

Бульдозер-корчеватель-собиратель.

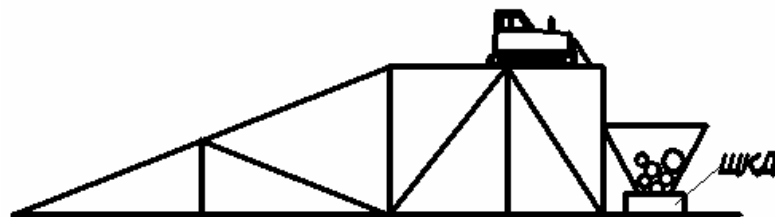


Рис.1.1.5. Щековая камнедробилка ЩКД

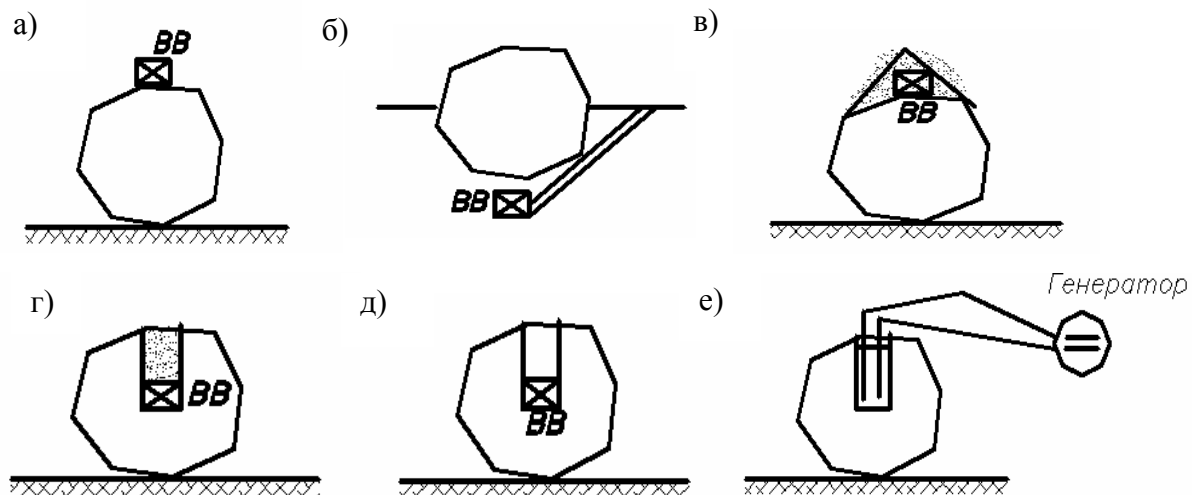


Рис.1.1.6. Взрывание крупных камней ( $d_k > 100$  см)

Расход взрывчатого вещества (ВВ) определяется выражением:

$$Q_{\text{ВВ}} = q \cdot V \cdot k \quad \text{при } k = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \quad (5)$$

где  $q$  - удельный расход ВВ;  $V$  - объем камня;  $k$  - коэффициент учета других факторов.

Разновидность взрыва - электрогидравлический эффект (молния в воде) (рис 1.1.6 е.). Специальный автомобиль имеет электрогенератор, цистерну с водой, электропроводку, оборудование для бурения шпура. При электрическом разряде камень раскалывается на несколько частей без их разлета.

## 1.2. Удаление (сводка) леса

Классы:

Полное удаление наземных и подземных частей.

Раздельное удаление.

Древесная растительность: диаметр ствола менее 8 см - кустарник; 8...12 см - мелколесье, более 12 см - лес.

### 1.2.1. Удаление леса

Используются следующие машины:

- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Бульдозеры;                  | 6. Специальные древовалы с |
| 2. Корчеватели-собиратели;      | зубьями(клыками);          |
| 3. Краны;                       | 7. Взрыв;                  |
| 4. Драглайны в качестве кранов; | 8. Химическое разрушение.  |
| 5. Специальные древовалы со     |                            |
| стрелой;                        |                            |

### 1.2.2. Раздельная уборка

Удаление наземной части:

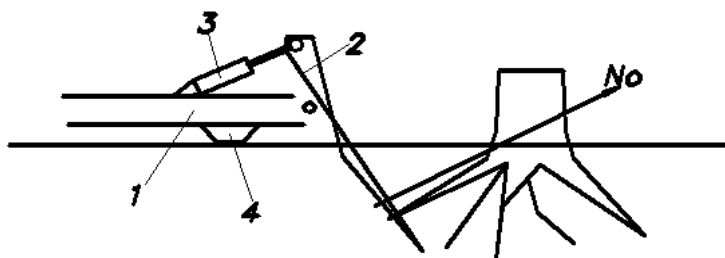
- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 1) Топор.       | 3) Цепная пила.     |
| 2) Ручная пила. | 4) Циркульная пила. |
- 5) Валочно-пакетирующая машина МТП-13 ( $d_{\text{ств}}$  до 350 мм) включает следующие элементы: 1-трактор; 2-параллелограмная подвеска; 3-гидроцилиндр управления; 4-мачта; 5-гидравлические захваты; 6-дисковая пила.

### 1.2.3. Корчевание пней

Большинство машин для удаления деревьев применимы и для корчевания.

К специальным способам и машинам отнесем следующие:

1. ДП-8А вертикальное извлечение пней.
2. Рычажная гребенка Д-695 (Д-608).



**Рис.1.2.1.** Рычажная гребенка Д-695 (Д-608): 1-стрела; 2-зубья (клыки) гребенки; 3- гидроцилиндры управления клыками; 4-опорная плита;  $N_0$ —усилие корчевания

3. Размочаливание пней.
4. Химическое разрыхление древесины.
5. Биологическое разложение.

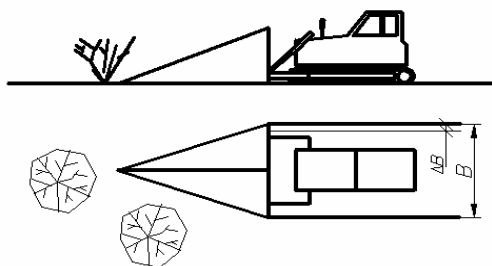
Для культуртехнических работ, корчевания и строительства лесовозных дорог применяется комплект ЛД-4:

- 1) Трактор Т-130Г.
- 2) Универсальный отвал ЛД-10 с гидравлическим управлением: ширина захвата  $B = 3.6$  м; высота отвала  $h_0 = 1.1$  м.
- 3) Корчеватель ЛД-9 для любых диаметров стволов и камней. Усилие  $N = 50$  т, число зубьев  $n = 7$ , ширина гребенки  $b = 2.8$  м, 4 крайних зуба –откидные, выдвигная опорная плита с помощью гидроцилиндра опирается на грунт.

### 1.3. Удаление кустарника

Стволы кустарника  $\varnothing$  до 80 мм. Для их удаления можно использовать:

- 1) Корчеватель-сборатель (бульдозерный отвал заменяют зубьями).
- 2) Бульдозер (зимой при наличии среднего снежного покрова 10-20 см).
- 3) Кусторезы (например, с пирамидальным отвалом).



**Рис 1.3.1.** Кусторез с пирамидным отвалом:  
 $B$ -ширина отвала;  $\Delta B$ -перекрытие полос очистки

- 4) Сжигание.
- 5) Запашка тяжелыми болотными плугами с оборотом пласта на  $180^\circ$ .

б) Фрезерование (резание слоя почвы вместе с растительностью).

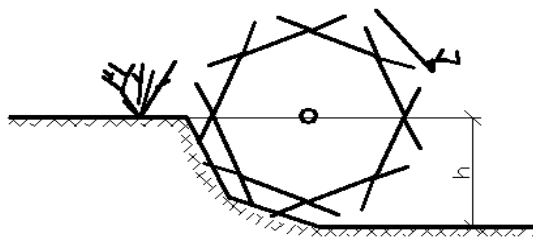


Рис. 1.3.2. Фрезерование

7) Спиливание (сегментной пилой).

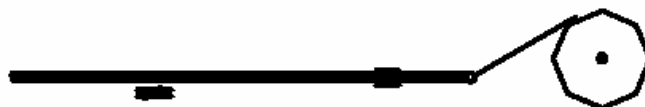


Рис 1.3.3. Спиливание сегментной пилой

Применяются также дисковые пилы (круглые, серповидные, цепные).

#### 1.4. Уборка древесных остатков

Обломки корней, деревьев, веток  $\varnothing 5-10$  см, длиной 30 см убирают следующими способами и машинами:

- 1) Вручную (остатки складываются на стальной лист-ПЭН).
- 2) Грабли из серповидных зубьев.
- 3) Роторные грабли.

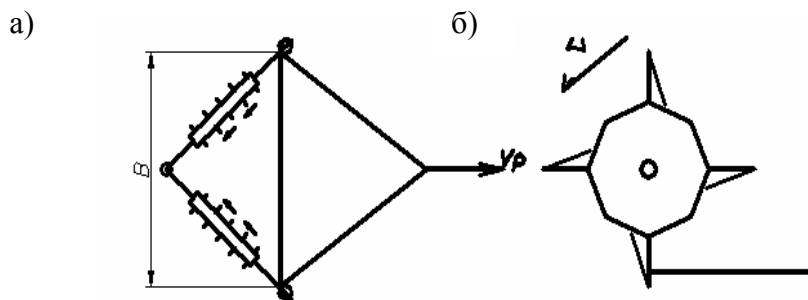


Рис. 1.4.1. Роторные грабли: а – план; б – разрез по ротору

4) Иглонакалявающая машина с жестким креплением игл.

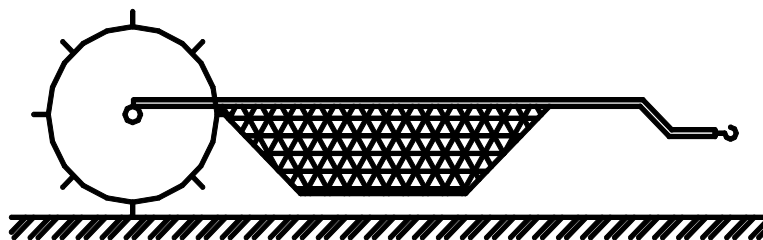


Рис. 1.4.2. Схема прицепа иглонакалявающей машины



5) Шарнирное крепление игл.

## **1.5.Окультуривание земель**

Это выполнение системы следующих мероприятий по повышению плодородия почв:

- 1.Обработка почвы.
- 2.Известкование кислых и гипсование солонцеватых почв.
- 3.Внесение удобрений.
- 4.Добавка минерального грунта (для торфяных почв).

Мероприятия п.1 выполняются мелиоративно-строительными организациями. Остальные мероприятия выполняются объединениями типа «Союзсельхозхим». Окультуривание земель проводят и хозяйства землепользователи.

## **1.6.Обработка почвы**

Выделяются следующие виды обработок:

- 1.Первичная обработка, создающая пахотный слой 18-22 см.
- 2.Агромелиоративная, улучшающая почву.

1.Первичная обработка почвы включает следующие операции:

- |                                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| – обработка корчевальной бороной; | – дискование, возможно         |
| – дискование;                     | фрезерными боронами;           |
| – фрезерование; вспашка           | – рыхление культурными плугами |
| кустарниково-болотными плугами, в | (культиваторами) без отвалов;  |
| том числе камнестойкими;          | – боронование.                 |

2.Агломелиоративная обработка включает в себя следующие операции:

- |                               |                             |
|-------------------------------|-----------------------------|
| – узкозагонная вспашка;       | – гребневание и грядование; |
| – профилирование поверхности; | – кротование;               |
| – выборочное бороздование;    | – глубокое рыхление.        |
| – планировка;                 |                             |

## **1.7. Планировка полей**

Планировочные работы делят на следующие виды:

- 1.Ликвидация земляных сооружений.
- 2.Первичная строительная планировка.
- 3.Эксплуатационная планировка.

### **1.7.1. Ликвидация земляных сооружений**

Сооружения (каналы, валы, дамбы, ямы) разравниваются с применением:

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| – автосамосвалов; | – бульдозеров; |
|-------------------|----------------|

- грейдеров;
- автогрейдеров;
- скреперов;
- длиннобазовых планировщиков.

### **1.7.2. Первичная строительная планировка**

Включает в себя следующие комплексы работ:

1. Выборочная капитальная планировка.
2. Капитальная планировка под проектную плоскость.
3. Выравнивание микрорельефа.

После планировки бессточные понижения должны быть не более 5 см – на тяжелых, и 10 см – на легких грунтах.

#### **Выборочная капитальная планировка**

Предназначена для расширения (выпуска) или засыпки бессточных (замкнутых) понижений.

#### **Капитальная планировка под проектную плоскость**

Применяется при неровностях более 12 см. При этом почвенный слой сгребается в валы или кучи бульдозером, подстилающий слой рыхлят и планируют капитально, надвигают почвенный слой и разравнивают его длиннобазовыми планировщиками Д-719, ДЗ-602, ДЗ-603.

#### **Выравнивание микрорельефа**

Производится после первичной обработки. При малых неровностях (менее 2см) применяются:

- а) легкие рельсовые волокуши;
- б) цепные приспособления в агрегате с тяжелыми дисковыми боронами.

При неровностях высотой менее 20 см и длиной менее 20 м используют планировщики – выравниватели многоотвальные ПВМ-3,0 (ПВМ-5,0).

Траектории движения:

1. диагонально-перекрестная (в несколько следов);
2. двухзагонная (при однократном проходе).

## ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

### 2.1. Классификация, приближенные параметры и сравнение технологий

1) При  $V_T \leq 100$  м/ч -траншейный метод укладки дренажа дренаукладчиком ЭТЦ-202А.

2) При  $V_T \geq 1000$  м/ч -укладка пластмассового дренажа с помощью мелиоративного дренаукладчика МД-4;5 или 12 (бестраншейный метод).

3) При  $l_2 \leq 100$  м –гончарный дренаж; при  $l_2 > 100$ м – пластмассовый дренаж.

Закрытый дренаж делится на 3 вида:

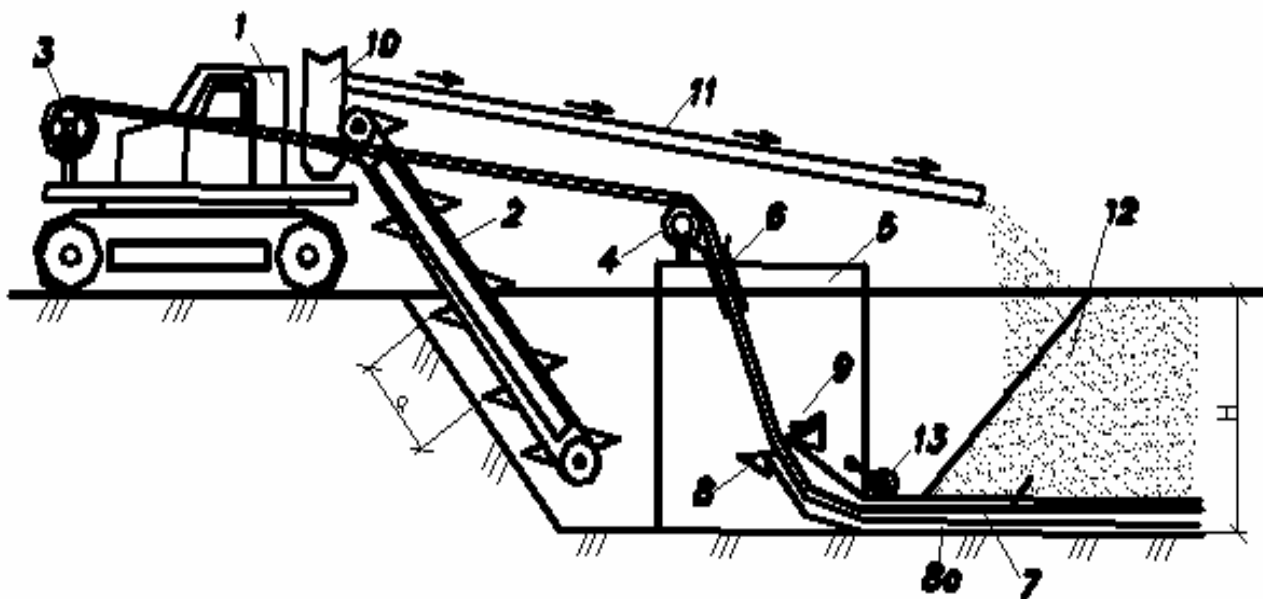
1) траншейный дренаж  $B \geq 0.5$  м (полость траншеи разработана методом выемки (экскавации) ковшами, скребками и т.д.);

2) узкотраншейный дренаж  $B \geq 0.25$  м (полость траншеи разработана методом выемки (экскавации) ковшами, скребками и т.д.);

3) бестраншейный дренаж  $B \leq 0.25$  м (осуществляется прорезанием щели (раздвижка грунта в стороны) с помощью ножа).

Фильтрующий жгут обеспечивает гидравлическую связь пахотного слоя грунта ( $h_{\text{пах}}$ ) с дренаем.

### 2.2. Траншейный способ укладки дрен



**Рис.2.2.1.**Схема прокладки закрытого траншейного дренажа: 1-тягач (трактор); 2- многоковшовая непрерывная цепь; 3-барабан с пластмассовой дренажной трубкой; 4-направляющий ролик для трубки; 5-патрубок с направляющей воронкой; 7-уложенная

дренажная трубка; 8-кассета с нижней подстилающей лентой защитного фильтрующего материала; 9-то же с верхней лентой; 8а-уложенная лента (нижняя); 9а-уложенная лента (верхняя); 10-приемный конвейер для грунта; 11-конвейер-засыпатель траншеи; 12-обратная засыпка; 13-прижимной ролик; 14-магазин с гончарными трубками; 15-полоски ленточного ЗФМ (защитный фильтрующий материал); накладывается вручную на стыки звеньев гончарных трубок; 16-уложенный гончарный дренаж; В- ширина траншеи; Н- глубина траншеи; а-шаг ковшей

– **2.3. Расчет эксплуатационной производительности дренаукладчиков**

$$\Pi^3 = \Pi^T \cdot k_B \quad \text{или} \quad \boxed{V^3 = V^T \cdot k_B} \quad (1)$$

$$\text{при} \quad \boxed{k = \frac{1 - \sum \theta_j}{1 + \sum \Theta_i}}, \quad \theta_j = \frac{T_{nj}}{T_j}, \quad \Theta_i = \frac{V_i^0}{V_{wi}} \quad \text{и} \quad V_i = \frac{l_i}{T_{i1}}, \quad (2)$$

где  $V^T$  – скорость непрерывной укладки дренажа;  $V_i$  – приведенная скорость выполнения прочих ( $i$ -ых) операций;  $\theta_j$  – относительное время выполнения  $j$ -ой операции;  $T_{Pi(j)}$  – время выполнения прочей  $i$  – ой ( $j$ - ой) операции;  $T_j$  – период календарного времени, к которому относится выполнение  $j$ -ой операции.

**$i=1$** : переход с одной дрены на укладку следующей,

$$T_{i1} = \frac{L_{\text{а\ddot{o}}} + a_{\text{а\ddot{o}}}}{V_{i\ddot{o}}} + \Delta T_{i1} \quad \text{и} \quad l_1 = L_{\text{др}}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{пх}}$  – скорость порожнего хода ( $\approx 5$  км/час);  $T_{\text{п1}}$  – время выполнения дополнительных операций;  $L_{\text{др}}$  – длина дрены ( $\approx 100$  м);  $a_{\text{др}}$  – расстояние между дренами ( $\approx 10 \dots 15$  м).

**$i=2$** : работа по замене барабана с дренажной трубкой или магазина,

$$T_{\text{п2}} = T_{\text{замены}} \quad \text{и} \quad l_2 = l_{\text{бор}}, \quad (4)$$

где  $l_{\text{бор}}$  – длина дрены, укладываемой с использованием одного барабана.

**$i=3$** : замена ЗМФ,

$$T_{\text{п3}} = T_{\text{зам. змф}} \quad \text{и} \quad l_3 = l_{\text{змф}}, \quad (5)$$

$$T_{\text{п3}} = T_{\text{зам. жг}} \quad \text{и} \quad l_3 = l_{\text{жг}}, \quad (5a)$$

где  $l_{\text{змф}}$  – длина дрены, уложенная с одного запаса ЗМФ (для траншейного дренаукладчика);

$l_{\text{жг}}$  – длина жгута (для бестраншейного дренаукладчика).

**$i=4$** : замена фильтрационного жгута (ФЖ), укладываемого по синусоиде между дренай и почвенным слоем для немедленного отвода дождевых вод.

**$i=5$** : переход на новый коллектор,

**$i=6$** : переход на новый участок работ и т.д.

$$\mathbf{j=1}$$
: отдых 1-го рода,  $T_{\text{п1}} = T_{\text{отд}}^1 \quad \text{и} \quad T_{\text{п1}} = T_{\text{период}}^1 \quad (6)$

$$\mathbf{j=2}$$
: отдых 2-го рода,  $T_{\text{п2}} = T_{\text{отд}}^{11} \quad \text{и} \quad T_{\text{п2}} = T_{\text{период}}^1 \quad (6a)$

$$\mathbf{j=3}$$
: заправка топливом,  $T_{\text{п3}} = T_{\text{заправки}} \quad \text{и} \quad T_{\text{п3}} = T_{\text{период}} \quad (7)$

$$\dot{Q}_{\text{с\ddot{a}}\text{т}\ddot{a}} = \frac{V_{\text{а\ddot{a}}\text{е\ddot{a}}}}{Q} + \Delta \dot{Q}, \quad (7a)$$

где  $Q$  – расход топлива.

**$j=4, 5, \dots$**  : (смазка машины, уход, контроль и т.д.).

## 2.4. Схема бестраншейного дреноукладчика (БДУ)

БДУ могут составлять следующие основные системы:

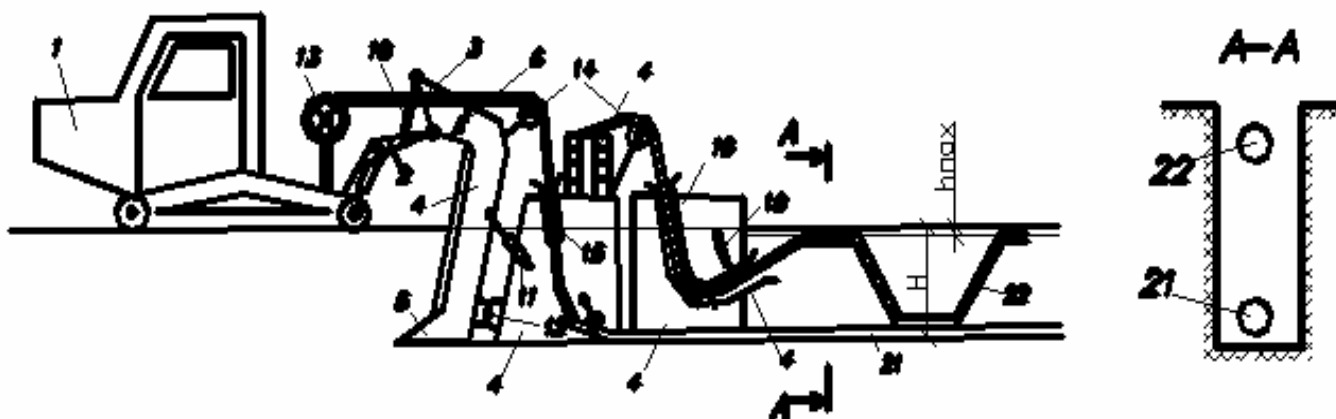
Т – система тягача;

ЗРО – землеройный рабочий орган;

ТУ – трубоукладчик;

ЖУ – жгутоукладчик;

УЗФМ – укладчик защитного фильтрующего материала.



**Рис. 2.4.1.** Схема бестраншейного дреноукладчика: 1-гусеничный трактор; 2-стрела; 3-рукоять; 4-стойный нож; 5-клиновое соединение; 6-шарнирное соединение; 7-бункер трубоукладчика; 8-бункер жгутоукладчика; 9-гидроцилиндры управления стрелой; 10-гидроцилиндры управления рукоятью; 11-гидроцилиндры управления бункером трубоукладчика; 12-шарнирное соединение стоечного ножа с бункером трубоукладчика; 13-барабан с пластмассовой дренажной трубкой; 14-направляющие ролики; 15-спусковой патрубков для дренажной трубки; 16-спусковой патрубков для жгута; 17-бухта с фильтрующим жгутом; 18-маятниковый патрубков для укладки жгута в виде синусоиды; 19-гидроцилиндр, обеспечивающий качение вверх-вниз; 20-прижимной ролик для дренажной трубки; 21-уложенная пластмассовая дренажная трубка; 22-уложенный по синусоиде фильтрующий жгут

## 2.5. Бестраншейный дренаж

Состав технологических процессов:

1. Устройство открытых каналов и коллекторов (ОЭ  $q=0.5...1 \text{ м}^3$ ).
2. Устройство профилированного пути (корыта) для дреноукладчика (скрепер  $q=8...10 \text{ м}^3$ ), например Д-374Б.
3. Устройство окон в кавальерах (отвалах) открытого коллектора для прокладки дрен (бульдозер).
4. Устройство заходных шурфов (Э-352 с уширенными гусеницами,  $q=0.3...0.4 \text{ м}^3$  или Э-304В).
5. Погрузка и доставка фильтрующего материала ОЗФМ (ОЭ или фронтальный погрузчик Д-574 или присыпатель, автосамосвал  $q=1.8...2.5 \text{ м}^3$ , ЗИЛ ММЗ-555).

6. Укладка дрен (МД-4(5;12), БДМ-301А, ДЭТ-250) с развозкой и раскладкой дренажных труб (трактор с прицепом).
7. Сцепка или расцепка дреноукладчика с тягачем.
8. Переезд дреноукладчика на новую трассу дрены.
9. Закатка щели (ДЭТ-250).
10. Устройство сооружений с развозкой деталей и монтажом (колесный трактор с тележкой, автокран г/п-7.5т).
11. Обратная засыпка коллектора и общая планировка площади (бульдозер на базе трактора тяги 6 – 10 тс).
12. Восстановление отвалов (коллектор открытый). Засыпка траншеи (закрытый коллектор).

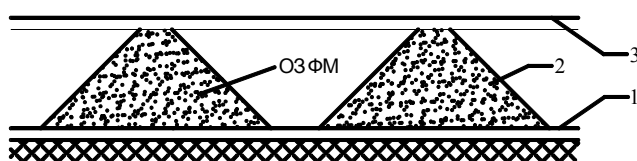
При сопряжении дрен с закрытым коллектором отпадает устройство и заделка окон в его кавальерах. Грунт из корыта разгружается в 10 м от дрены при шаге между скрепером и БДУ в 1 сутки. Конец трубы заправляется в спускной желоб рабочего ЗРО и бункер заполняется фильтрующим материалом. ЗРО опускается в заходный шурф (с устья дрены) или заглубляется на ходу с поверхности (с истока дрены). МД-5 и БДМ-301А работают с дополнительным тягачом ДЭТ-250.

Закатку щели производят 3...4-мя проходками ДЭТ-250 во время ерехода БДМ на новую трассу и замены барабана с трубами. Схема работы – челночная, без холостых ходов (гусеница слева от щели, справа и посередине).

В истоке дрен (для их очистки) оформляется мелкий (1 м) колодец из асбоцементной трубы  $\varnothing 300$  мм с бетонным днищем и вводом в дренау.

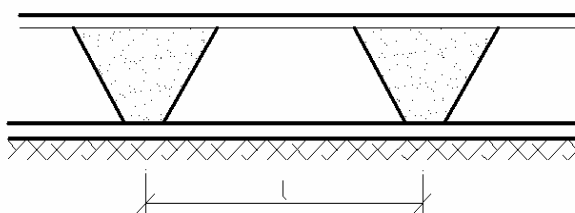
## 2.6. Способы обеспечения гидравлической связи

- 1.Засыпка всей траншеи объемным ЗФМ (песок, гравий).
- 2.Засыпка траншеи отдельными участками (колонками) объемным ЗФМ.



**Рис 2.5.1.** Засыпка траншеи отдельными участками (колонками) объемным ЗФМ: 1- дренажная трубка; 2-колонки; 3-пахотный слой

- 3.Применение фильтрующих пакетов.



**Рис. 2.5.2.** Применение фильтрующих пакетов

4. Фильтрующие блоки (пенопласт, торфоблоки, пористый бетон).

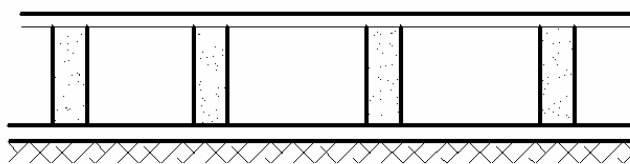


Рис. 2.5.3. Фильтрующие блоки (пенопласт, торфоблоки, пористый бетон)

5. Трубчатая связь (через пластмассовые дренажные трубки, отрезки фильтрующего жгута).

6. Синусоида, в виде которой уложен жгут. Внутренняя часть жгута выполнена из стеклохолста с  $K_f > 30$  м/сут, наружная – из нетканого фильтрующего полотна (фильнит). Длина волны синусоиды - 2.5 м, длина контакта вверху и внизу – по 0.6 м.

7. Применяются пластмассовые дренажные трубки, завернутые в сетчатую оболочку (чулок) на 5-6 см больше диаметра трубки. Зазор заполнен отходами местной промышленности (льна «костра», опилки, щепа, солома, гранулированный торф, тканые и нетканые материалы).

## 2.7. Методы снижения сопротивления пропахиванию щели

1) Острый инструмент (нож).

2) Нож ступенчатый (типа пилы).

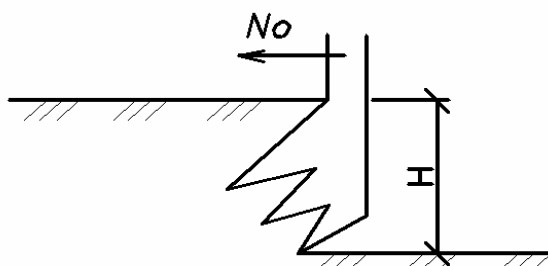


Рис.2.7.1. Нож ступенчатый (типа пилы)

3) Использование виброножей.

4) Смазка ножа водой.

5) Воздушная смазка ножа.

6) Покрытие ножа специальными пластмассами с малым коэффициентом трения.

7) Использование трения качения.

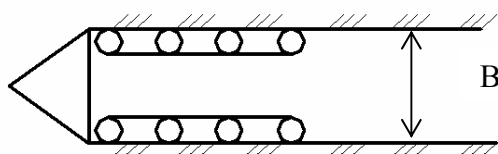
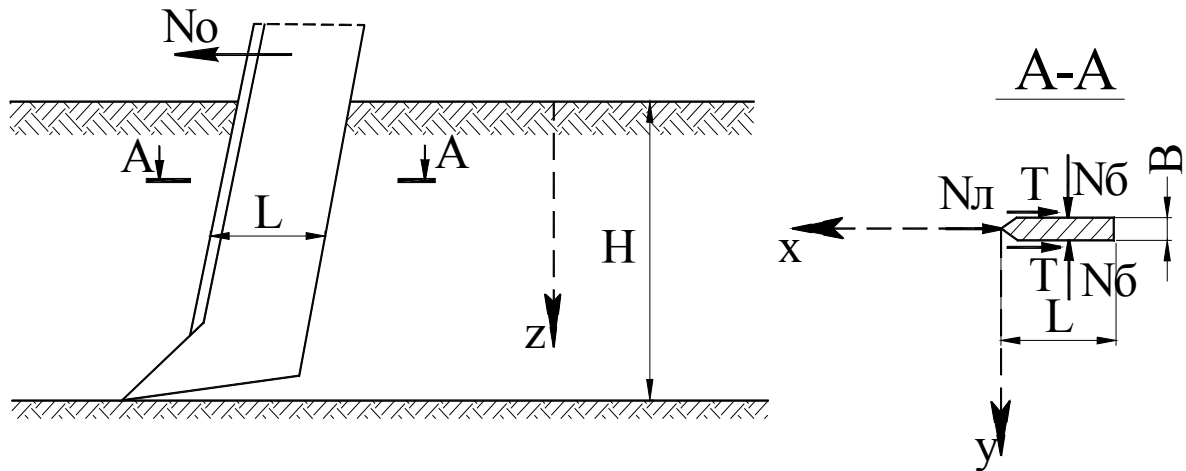


Рис. 2.7.2. Использование трения качения



8)Использование эффекта утюга.

**2.7.1. Метод расчета оценки сопротивления по прорезанию щели бестраншейным дреноукладчиком**



**Рис. 2.7.3.** Расчетная схема

$$N_o = 2T + N_{\text{лоб}}, \quad (1)$$

где  $N_o$  - общая сила сопротивления по прорезанию щели;  $T$  - сила трения;  $N_{\text{лоб}}$  - лобовое давление.

$$T = N_{\text{б}} \cdot f_{\text{ст}}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{б}}$  - боковое давление (пассивное);  $f_{\text{ст}}$  - коэффициент трения.

$$N_{\text{б}} = E_{\text{п}} \cdot L \cdot K_{\text{фб}} \cdot K_{\text{вб}} \cdot \eta_{\text{пб}} \cdot (1 - \eta_{\text{wb}}), \quad (3)$$

где  $L$  - ширина ножа;  $K_{\text{фб}}$  - коэффициент формы ножа;  $\eta_{\text{пб}}$  - степень развития пассивного давления;  $\eta_{\text{wb}}$  - степень развития пор в грунте.

$$N_{\text{лоб}} = E_{\text{п}} \cdot B \cdot K_{\text{фл}} \cdot K_{\text{вл}} \cdot \eta_{\text{пл}} \cdot (1 - \eta_{\text{wл}}), \quad (4)$$

где  $B$  - толщина ножа.

$$E_{\text{п}} = 0,5 \gamma_{\text{гр}} \cdot H^2 \cdot \lambda_{\text{п}} + 2c \cdot H \cdot \lambda_{\text{п}}^{0,5}, \quad (5)$$

где  $\gamma_{\text{гр}}$  - удельный вес грунта;  $H$  - глубина прорезания грунта;  $\lambda_{\text{п}}$  - коэффициент пассивности давления грунта;  $c$  - удельное сцепление.

$$\lambda_{\text{п}} = \text{tg}^2 \beta_{\text{п}} \text{ при } \beta_{\text{п}} = \pi/4 + 0,5\varphi, \quad (6)$$

$$K_{\text{в}} = 1 + H \cdot \text{tg} \varphi / (3d \cdot \lambda_{\text{п}}^{0,5}), \quad (7)$$

1)  $K_{\text{вл}} = K_{\text{в}}$  при  $d=B$ ;

2)  $K_{\text{вб}} = K_{\text{в}}$  при  $d=L$ .

## **2.8. Способы выдерживания уклона дренажной трубки**

- 1) Устройство по трассе дрены выемки (корыта) с помощью бульдозеров или скреперов.
- 2) Установка копирного троса вдоль трассы на телескопических инвентарных стальных опорах – столбиках. На дреноукладчике устанавливается щуп.
- 3) Геодезический (теодолит, нивелир).
- 4) Применение прибора управления лучом (ПУЛ), разработанного ЛОМО. Применение монохроматического луча света. Фотоприемник устанавливается на дреноукладчике.
- 5) Применение лазерного луча.

## **2.9. Сравнение технологий строительства закрытого дренажа и основные выводы**

1. В целом бестраншейный пластмассовый дренаж обеспечивает высокую мелиоративную эффективность. Модули дренажного стока при промывке засоленных земель достигают 0.4 л/(с·га), а в эксплуатационный период – 0.25 л/(с·га). УГВ понижается со скоростью 0.1 м/сут. За периоды промывок происходит рассоление 2м почвогрунтов. Эксперименты проводились на тяжелых лесовидных суглинках в Голодной степи.
2. Бестраншейная технология более производительна (в 10 раз) и более экономична (в 3 раза) по сравнению с траншейным способом строительства дренажа, в частности, на легких грунтах.
3. Как и всякая технология, бестраншейный метод имеет свои ограничения:
  - неприменим при наличии крупных фракций грунта (более 0,3м)
  - в тяжелых грунтах щель смыкается и нарушается связь дрены с поверхностью земли;
  - затирание стенок щели;
  - затруднение контроля;
  - невозможность исправления;
  - осенью БДУ работает только до  $-10^{\circ}\text{C}$ .
4. Однако любой метод подвержен также и совершенствованию. Можно предвидеть следующие направления развития бестраншейного метода:
  - снижение тягового усилия;
  - регулирование уклона с помощью автоматов;
  - установление гидравлической связи с поверхностью земли;
  - применение физических методов для проходки щели.

## **2.10. Технологии зимней укладки дренажа**

- 1) Предупреждение промерзания грунта.
- 2) Оттаивание грунта.

- 3) Снижение точки замерзания грунта.
- 4) Разработка мерзлого грунта.

### **Способы предупреждения промерзания**

- 1) Рыхление (предварительное) траншеи летом с последующей ее засыпкой.
- 2) Покрытие подручным материалом (снег, опилки, щепа, солома, торф фрезерный, пенолед, пенопласт).

### **Способы оттаивания**

- 1) Костры вдоль трассы.
- 2) Упорядоченные костры. Вдоль трассы укладывается полутруба, в которую с одного конца вдувается пламя.
- 3) Электрообогрев.

### **Снижение точки замерзания грунта**

Внесение хлористых солей, бишофита (природный материал, не наносящий экологического вреда).

### **Прямая разработка**

- 1) При  $h_{\text{пром}}$  – до 15 см траншейные экскаваторы работают успешно.
- 2) При  $h_{\text{пром}}$  – до 0.4 м применяется трехлапчатый рыхлитель на тракторе.
- 3) При  $h_{\text{пром}}$  – до 0.5 м используется рыхлитель-щелеватель однолапчатый.
- 4) При  $h_{\text{пром}}$  – более 0.5 м применяют фрезерную дисковую машину (две щели на расстоянии 0.6 м, в одну из которых закладывают взрывчатку).

## **2.11. Строительство гончарного дренажа в зимних условиях**

1. Хороший результат дало применение калийной соли (0,4-0,5 кг на 1 м траншеи).
2. Наиболее подходят площади с грунтами оторфованными до 0.3 м, легкими песчаными, супесчаными и суглинистыми, а также торфяники, предварительно осушенные открытым способом. От глубокого промерзания грунт предохраняют и природные факторы- кустарник, мелколесье, высокая стерня, кочки с мхом. Гончарный дренаж строят комплексные бригады. Каждые 5-6 бригад объединены в механизированный отряд. Большинство бригад работают по злобинскому методу.

3. Первой заботой строителей на объекте в зимнее время является рыхление грунта, – применяют различные механизмы в зависимости от глубины промерзания почвы.
4. При промерзании на 7-12 см грунт поддается разработке экскаватором ЭТЦ-202 без вспомогательных средств.
5. Для разработки мерзлоты глубиной 0.35 м в произвольных направлениях применяется также рыхлитель однолапчатый производительностью 1180 м/час.
6. Для разработки грунта, промерзшего на глубину до 0.4 м, используют рыхлитель трехлапчатый на тракторе Т-100 производительностью 780 м/час.
7. Рыхлитель-щелеватель на тракторе Т-130 применяют для разрушения мерзлого слоя до 0.5 м. В этом случае производительность составляет 1210 м/час. Агрегат одновременно рыхлит мерзлый грунт и очищает от него трассу. Оба рыхлителя могут работать в одну сторону. Ширина разрабатываемой полосы составляет 0.6 м.
8. Разработаны и изготовлены:
  - виброгидрорыхлители мерзлого грунта;
  - треугольный очиститель траншеи от разрыхленного грунта;
  - приспособление на трактор МТЗ-50 для сверления гончарных трубок;
  - электростартер с механическим приводом для заводки двигателей Д-50 зимой;
  - полевая печь, работающая по принципу самовара для подогрева воды и спецодежды на объекте.
9. Все технологии защиты от промерзания.
10. Все технологии для оттаивания грунта.

## **2.12. Состав работ по строительству дренажных систем**

### **2.12.1. Состав основных работ**

Укрупненный график выполнения основных работ включает следующие периоды:

1. Подготовительный период.
2. Период основных работ:
  - 2.1. Устройство открытых каналов.
  - 2.2. Строительство труб-переездов, ГТС на открытых каналах.
  - 2.3. Устройство дренажной системы (коллекторы, дрены).
  - 2.4. Установка дренажной арматуры (устья, колодцы).
3. Ликвидационный период.

### **2.12.2. Состав работ по строительству закрытого траншейного дренажа**

Работы выполняются в следующей последовательности:

1. Геодезическая разбивка трасс коллекторов и дрен.
2. Расчистка и выравнивание полосы по трассам.
3. Транспортировка и распределение материалов по трассам.

4. Устройство заходных шурфов.
5. Копание траншеи с заданным уклоном; выравнивание дна, устройство желобка (траншейный дреноукладчик ЭД-3,0).
6. Укладка трубок с обкладкой стыков фильтрующим материалом (для гончарных:  $d=50\text{мм}$ ,  $l=333\text{мм}$ ).
7. Начальная присыпка трубок грунтом-гумусом с помощью плужного засыпателя.
8. Геодезический контроль уклона дрен.
9. Обратная засыпка траншеи грунтом.
10. Строительство смотровых колодцев, устьев закрытых коллекторов.

При работе вручную на укладке дренажных труб операции выполняются последовательно. При работе специализированных дреноукладчиков операции 4,5 и 6 выполняются одновременно с полной или частичной автоматизацией.

В методе вырезания грунта траншеи применяются активные землеройные рабочие органы (ЗРО):

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| а) ковши;  | в) скребковые цепи;           |
| б) баровые (зубовые) цепи с закрывающими аппаратами; | г) дисковые роторы;           |
|  | д) винтовые (шнековые) фрезы. |

### 2.12.3. Засыпка траншей и оборудование

- |   |  |
|---|--|
| 1) вручную;   | 5) конвейер-засыпатель на землеройном органе дреноукладчика. |
| 2) бульдозеры;  |  |
| 3) экскаваторы;   |  |
| 4) присыпатель ТБ-1 в виде бункера на прицепе к тягачу; |  |

## 2.13. Расчет производительности траншейных экскаваторов ЭТЦ (ЭТР)

$$P^3 = P^T k_B \quad (1)$$

$$\text{при а) } P^T = \frac{Q_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}} \quad \text{- для машин циклического действия,} \quad (2)$$

$$\text{б) } P^T = V_s \Omega \quad \text{- для машин непрерывного действия,} \quad (3)$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{a}{V_k} \quad (4)$$

$$\Omega = BH \quad (5)$$

где  $Q_{\text{ц}}$  – объем грунта в ковше (в плотном состоянии);  $a$  – шаг ковшей;  $V_k$  – скорость движения ковшей (ковшевой цепи);  $V_s$  – скорость экскаватора;  $\Omega$  – площадь сечения траншей;  $B$  – ширина траншеи;  $H$  – глубина траншеи.

Из сравнения выражений (2) и (3) получим

$$V_i = V_k \cdot \frac{Q_{\text{ц}}}{a \cdot \Omega} \quad (6)$$

## ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИИ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ

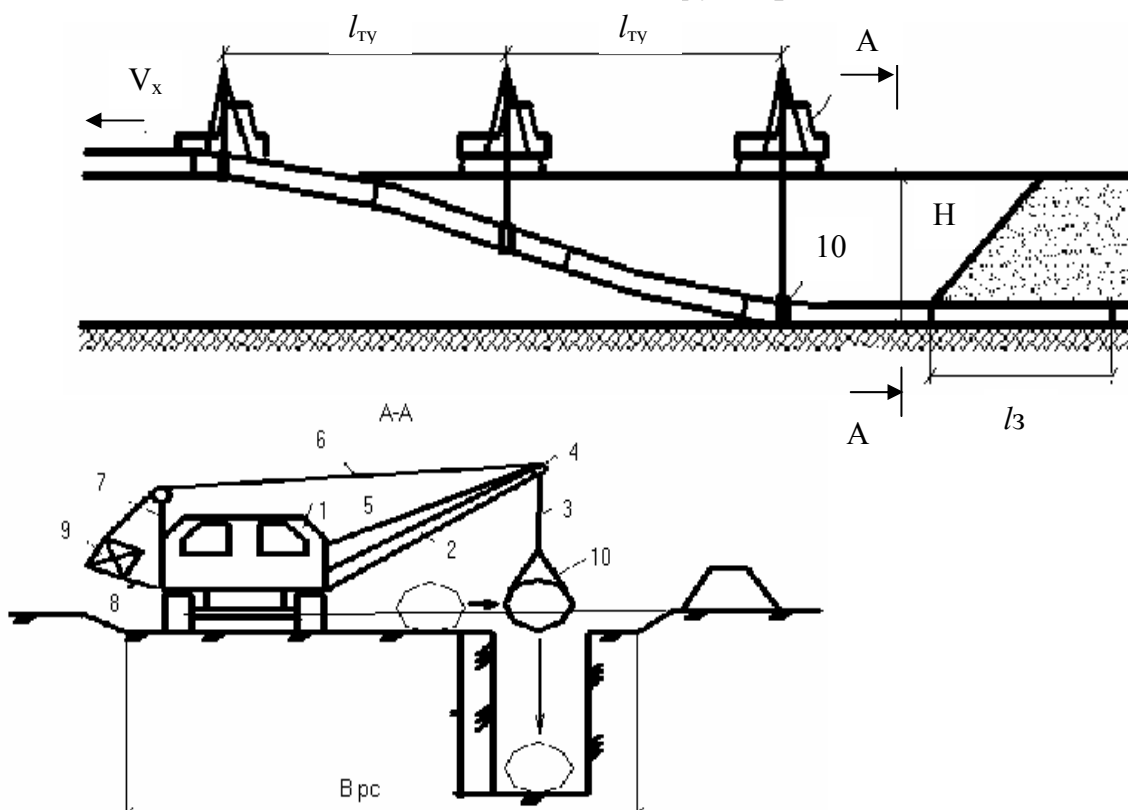
### 3.1. Классификация технологий

Основные технологии прокладки приведены ниже.

1. Непрерывная (метод упругой линии).
2. Цикличная (укладка звеньев).
3. Смешанная (укладка удлиненных звеньев).
4. Метод прокола.
5. Метод забуривания.
6. Бетонирование на месте.
7. Бестраншейная укладка.
8. Метод тоннелирования (проходка тоннелей).

### 3.2. Метод непрерывной прокладки (метод упругой линии)

Этот метод применяется при укладке достаточно гибких стальных небольшого диаметра и пластмассовых трубопроводов



**Рис 3.2.1.** Схема укладки: 1-трактор, приспособленный для укладки труб; 2-стрела; 3-грузовой полиспаht; 4-кронблок (головной блок); 5-канат подъема груза; 6-канат подъема стрелы; 7-стойка; 8-кронштейн; 9-контргруз (противовес) для защиты от опрокидывания; 10-полотенце для подъема (опускания) трубы;  $l_{тв}$  –расстояние между соседними трубоукладчиками;  $l_{зв}$  –длина звена

### 3.3. Технологические процессы и расчеты скоростей их выполнения

- 1- Разбивка трассы трубопровода.
- 2- Удаление древесной растительности.
- 3- Удаление камней.
- 4- Удаление растительного слоя.

$$V_x = V_{\delta_{\delta.\tilde{n}}} = \frac{\dot{I} \dot{y}}{\hat{A}_{\delta.\tilde{n}} h_{\delta.\tilde{n}}}, \quad (1)$$

где  $V_{\delta}$  - скорость удаления растительного слоя вдоль трассы (ось X);  $\Pi^3$  - эксплуатационная производительность удаления слоя;  $B_{p.c}$  - ширина полосы удаления;  $h_{p.c}$  - толщина полосы удаления.

4а- Проходка траншеи.

5- Доставка труб к месту строительства.

$$V_{x.дост} = l_{зв} \cdot \Pi_{дост}^3 \quad \text{при} \quad \dot{I} \dot{y}_{\tilde{n}\delta} = \frac{N_{\zeta\hat{a}}}{\dot{O}_{\delta}} \quad \text{и} \quad T_{ц} = (t_{ц.крана} + t_{перех.}) \cdot N_{зв} + t_{зам}, \quad (2)$$

где  $N_{зв}$  - число звеньев; доставляемое одним трубовозом;  $T_{ц}$  - время цикла разгрузки 1-го трубовоза;  $t_{ц.крана}$  - подача краном 1-го звена;  $t_{зам}$  - время замены трубовозов;  $t_{перех.}$  - время перехода крана (или трубовоза) на длину 1-го звена.

6- Сварка звеньев (наращивание трубопровода).

$$V_{\delta.\tilde{n}} = \frac{l_{\zeta\hat{a}}}{\dot{O}_{\tilde{n}}} \quad \text{при} \quad T_c = T_{цент} + T_{св} + T_{кон} + \dots, \quad (3)$$

где  $T_c$  - время соединения;  $T_{цент}$  - время центровки;  $T_{св}$  - время сварки;  $T_{кон}$  - время контроля качества.

$$T_{св} = \frac{l_{ш}}{V_{ш}} \quad \text{при} \quad l_{ш} = \pi D_{тр} \quad \text{и} \quad V_{ш} = \frac{\Pi_{св}^3}{\omega_{ш}}, \quad (4)$$

где  $l_{ш}$  - длина сварного шва;  $V_{ш}$  - скорость накладки шва;  $D_{тр}$  - диаметр трубы;  $\omega_{ш}$  - площадь поперечного сечения шва.

$$\Pi_{св}^3 = N_{св} \eta_{св} c, \quad (5)$$

где  $N_{св}$  - мощность сварочного аппарата;  $\eta_{св}$  - КПД сварки;  $c$  - постоянная сварочного аппарата.

7- Очистка трубопровода перед изоляцией.

$$V_{x_{OR}} = \frac{l_{\zeta\hat{a}}}{\dot{O}_{OR}} \quad \text{при} \quad \dot{O}_{OR} = \frac{S_{\zeta\hat{a}}}{\dot{I} \dot{y}_{OR} N_{OR}} \quad \text{и} \quad S_{зв} = \pi D_{тр} \cdot l_{зв}, \quad (6)$$

где  $N_{OR}$  - число очистных аппаратов или рабочих;  $S_{зв}$  - площадь очистки одного звена.

8- Изоляция трубопровода.

Для защиты от коррозии в виде покрытия пластмассовой лентой, применяются специальные обмоточные машины.

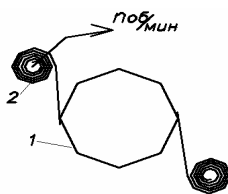


Рис. 3.3.1. Схема обмоточной машины: 1-труба; 2-кассета с изоляционной лентой

$$V_{x_{зв}} = \frac{(b - \Delta b)nN_k}{m}, \quad (7)$$

где  $b$  – ширина ленты;  $\Delta b$  – перекрытие соседних лент;  $n$  – частота (круговая) вращения кассет;  $N_k$  – число кассет в машине;  $m$  – число слоев изоляционного покрытия.

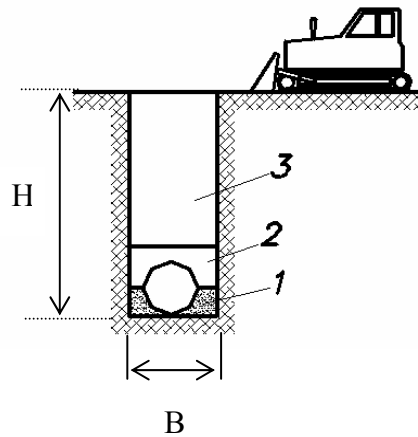
9-Опускание трубы в траншею.

$$V_{x_{оп}} = \frac{a_{ту}}{T_{цту}} \quad \text{при} \quad a_{ту} = l_{ту} \cdot N_{ту} \quad \text{и} \quad T_{цту} = T_{осв} + T_{перех} + T_{полот} + T_{опуск} + \dots, \quad (8)$$

где  $a_{ту}$  – шаг трубоукладчика (длина одного перехода трубоукладчика);  $N_{ту}$  – число трубоукладчиков.

$$T_{перех} = \frac{a_{ту}}{V_{перех}} + T_{маневр} \quad \text{и} \quad T_{опуск} = \frac{H}{V_{опуск}} \quad (9)$$

10-Первичная засыпка трубопровода (1+2).



**Рис. 3.3.2.** Схема первичной засыпки трубопровода: 1-тщательная подбивка грунта под трубу со штыкованием, с трамбованием ручными трамбовками; 2-первичная присыпка стыки звеньев остаются неприсыпанными); 3-окончательная засыпка

$$V_{x3} = \frac{\dot{I} \dot{y}}{\hat{A} \Delta h_{1+2}} \quad (10)$$

11-Гидравлические испытания.

$$V_x = \frac{l_{исп}}{T_{исп}} \quad \text{при} \quad T_{исп} = T_{кна} + T_{загл} + T_{зап} + T_{выд} + T_{сбр} + T_{опор} + T_{перех} + \dots, \quad (11)$$

где  $l_{исп}$  – длина испытываемого участка;  $T_{исп}$  – время испытания этого участка;  $T_{кна}$  – время установки контрольно-измерительной аппаратуры;  $T_{загл}$  – время установки заглушек;  $T_{зап}$  – время заполнения участка жидкостью;  $T_{выд}$  – время выдерживания под давлением;  $T_{сбр}$  – сброс давления;  $T_{опор}$  – опорожнение;  $T_{перех}$  – переход на другой участок.

$$T_{зап} = \frac{V}{Q_{нас}} \quad \text{при} \quad V = 0,785 \cdot D^2 \cdot l_{исп} \quad (12)$$

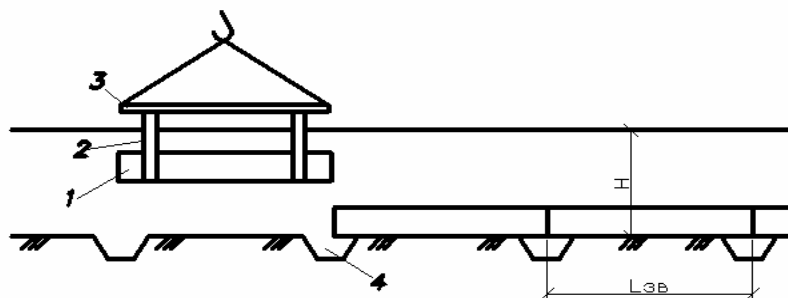
12-Засыпка (окончательная) траншеи.

13-Окончательные гидравлические испытания.

14-Рекультивация трассы трубопровода (надвижка растительного слоя).



### 3.4. Циклическая укладка трубопровода



**Рис.3.4.1.** Схема циклической укладки трубопровода: 1-опускаемое звено; 2-полотенце; 3-траверса; 4-прямок для осуществления операции стыковки звеньев

Скорость укладки трубопровода:

$$V_x = \frac{l_{зв}}{T_{зв}} \text{ при } T_{зв} = T_{строп} + T_{под} + T_{гор.пер} + T_{опуск} + T_{центр} + T_{соед} + T_{осв} + T_{перех}, (13)$$

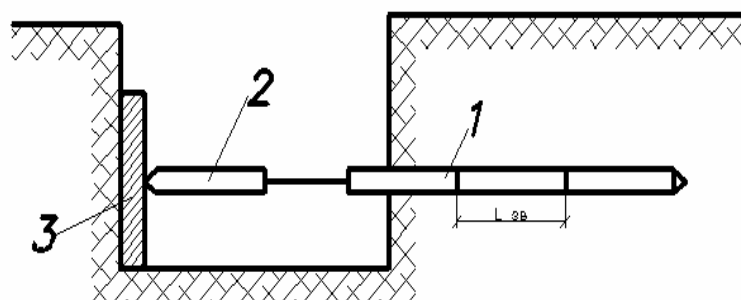
где  $T_{строп}$  –подводка полотенца (строповка);  $T_{под}$  –подъем;  $T_{гор.пер}$  –горизонтальный перенос;  $T_{опуск}$  –опускание;  $T_{центр}$  –центрирование;  $T_{соед}$  –соединение;  $T_{осв}$  –освобождение трубы от стропов;  $T_{перех}$  –переход на следующее звено.

### 3.5. Смешанная технология

На бровке откоса сваривают несколько звеньев, образуя плеть (30-40 м), которую затем опускают в траншею по циклической схеме.

### 3.6. Технология продавливания

Длина прокола – 20-30 м.



**Рис.3.6.1.** Схема продавливания: 1-звено трубы; 2-гидроцилиндр (гидродомкрат); 3-поршневая плита; испытываемая пассивное давление грунта

### 3.7. Микротоннелирование

При проходке тоннелей грунт размывается гидромониторами и выносится на поверхность. Проталкивание звеньев осуществляется домкратами. Возможно механическое удаление грунта (горизонтальное бурение, сверление).

### 3.8. Бетонирование на месте

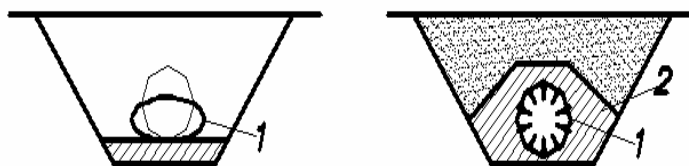


Рис 3.8.1. Схема бетонирования: 1-воздухонепроницаемая камера; 2-бетон

Применяется воздухоопорная опалубка. На дно траншеи укладывается бетон и расстилается воздухонепроницаемая камера (1), которая надувается и принимает форму цилиндра. Затем этот цилиндр заливают бетонной смесью (2) и выдерживают до схватывания, после чего давление из оболочки сбрасывается и камера извлекается.

Аналогичным образом возводят купальные или цилиндрические армоцементные

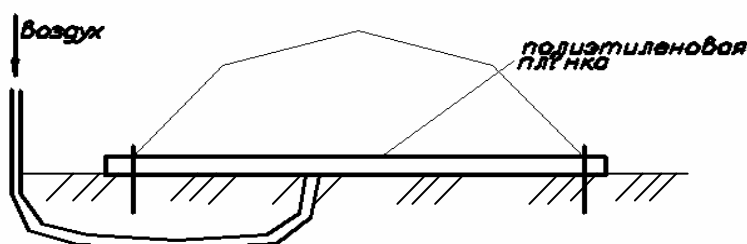


Рис. 3.8.2. Возведение купальных или цилиндрических армоцементных конструкций оболочек

### 3.9. Бестраншейная закрытая прокладка труб

Технологии микротоннелирования:

1. Диаметр труб от 0.25 до 2...3 м, в основном канализационных. Это метод продавливания секций из шахты синхронно за проходческим щитом на основе гидромеханизации. Управление – ПК. Шаг проходки – до 150 м (и до 500 м). Скорость – 50 м/сут при  $D = 400$  мм. Мосинжстрой, Мосводоканал применяют эту технологию, а фирма «Элкид» поставляет стеклопластиковые трубы  $D=0.4...1.2$  и до 3 м.
2. Горизонтальное направленное бурение.  
Для напорных труб  $D \leq 1.4$  м,  $L \leq 1.5$  км. За рубежом щиты с закрытой головной частью, что снимает угрозу для окружающей среды.
3. Там же применяется шнековое бурение для прокладки труб  $D=0.2...1.5$  м при небольших углах к горизонту.

### 3.10. Соединения и компенсаторы

#### 3.10.1. Соединение металлических труб

- 1) Сварка.
- 2) Фланцевое соединение.
- 3) Сальниковое соединение.
- 4) Фитинговое соединение:
  - фланцевое и резьбовое
- 5) Бандажное соединение.

#### 3.10.2. Соединение бетонных и ж/б труб

- 1) Раструбное.
- 2) Муфтовое.
- 3) клеевое:
  - в стык и обмоточное (лентой из стеклоткани, пропитанной клеем).

#### 3.10.3. Компенсаторы деформаций на трубах

Открытые трубопроводы подвергаются перепаду температур. Деформациям подвергаются, в основном, трубопроводы с большим коэффициентом линейного расширения от температуры. Температурное напряжение

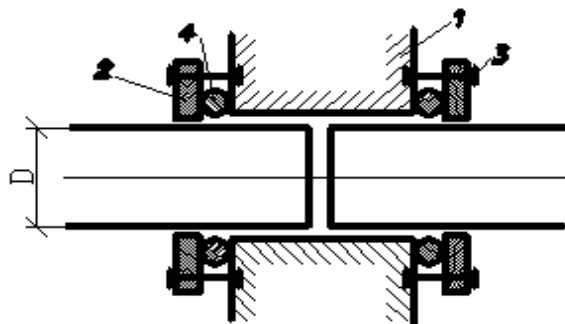
$$\sigma = E\varepsilon_t \text{ при } \varepsilon_t = \alpha_{\Delta} t^{\circ}, \quad (14)$$

где  $E$  - модуль деформации материала трубы;  $\varepsilon_t$  - относительная деформация при температуре;  $\alpha$  - коэффициент температурного расширения;  $\Delta t^{\circ}$  - перепад температур.

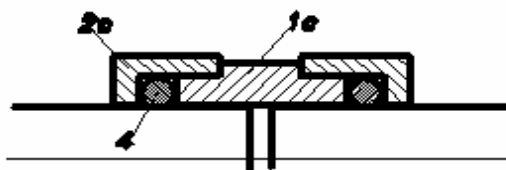
Компенсаторами деформаций могут быть некоторые конструкции стыков:

- муфтовые (изменение зазора между стыками) ;
- раструбные;
- фитинговые.

а)



б)



**Рис 3.10.1.** Схемы фиктивных соединений: а-фланцевое; б-резьбовое; 1-фитинг (отрезок трубы с фланцем); 2-прижимное кольцо; 3-фланцевые болты; 4-уплотняющее кольцо; 1а-фитинг резьбового типа; 2а-гайка

Компенсаторы также бывают следующих видов:

1) Петлевое устройство.



Рис 3.10.2. Схема петлевого устройства

2) Гофрированная вставка из нержавеющей стали.



3.10.3. Схема гофрированной вставки из нержавеющей стали

3) Синусоидальная укладка трубопровода.

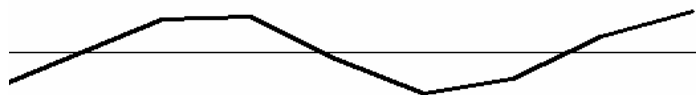


Рис 3.10.4. Схема синусоидальной укладки трубопровода

### 3.11. Зимняя технология строительства водопроводов

Технология строительства водопроводов в зимнее время ведется в следующей последовательности:

1. Снятие растительного слоя бульдозером ДЗ-27С с трассы водопроводов и складирование во временный кавальер с одновременной планировкой трассы по заданным проектами уклонам.
2. Предзимнее рыхление грунта путем глубокой вспашки вдоль оси трассы, с последующим боронованием.
3. Разработка траншей роторным экскаватором ЭТР-223 на глубину 1.5-1.8 м в предзимнее время.
4. Обратная засыпка бульдозером ДЗ-27С на базе трактора Т-130.
5. Разгрузка заизолированных в плети в стационарных условиях трубопроводов длиной 33 м вдоль оси трассы водопровода.

6. Сварка неповоротных стыков труб в нитку, рентгеномагнитографический контроль качества сварных швов.
7. Очистка и изоляция сварных соединений липкой пленкой или битумно-резиновой мастикой.
8. Разработка траншей одноковшовыми экскаваторами до проектной глубины в расчете на дневную выработку комплекта экскаваторов (2-3 штук) с одновременной ручной зачисткой низа траншей под укладку трубы.
9. Спуск труб в траншею 3-мя трубоукладчиками ТО-1224 и ТГ-6,3, сварка труб.
10. Обратная засыпка траншеи бульдозерами, сразу после спуска трубы в траншею.
11. Монтаж водопроводных колодцев, установка арматуры и приборов
12. Электрозащита стальных трубопроводов (установка КиК, монтаж СКЭ, строительство ЛЭП).
13. Контрольное испытание гидравлическим способом.
14. Рабочее испытание трубопровода, хлорирование, промывка.

## ГЛАВА 4. РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДОВ

### 4.1. Открытый способ

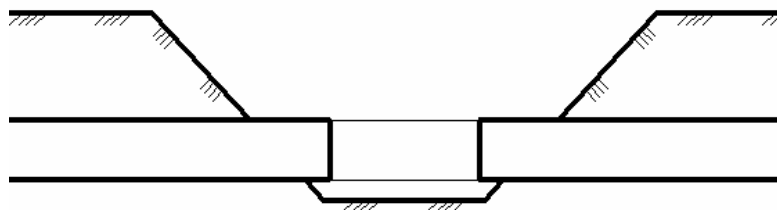


Рис 4.1.1. Открытый способ

### 4.2. Прокладка новой трубы меньшего диаметра внутри поврежденной

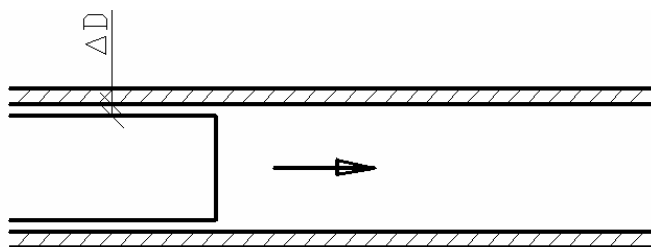


Рис 4.2.1. Прокладка новой трубы меньшего диаметра внутри поврежденной

### 4.3. U-линер – труба в трубе

Пришедший из США способ «U-линер» введен в Европе в 1989 г. Приняв эту систему, возможно быстро, просто и экономично восстанавливать сломанные трубы. Труба U-линер производится из высокопрочного полиэтилена. Производится на прессах в длинах до 1600 м и после этого подвергается специальной термомеханической обработке и получает U-образную форму. Из-за этого диаметр уменьшается на 25-30%. После изготовления трубу наматывают на барабаны и транспортируют на стройплощадку. Для процесса втягивания U-линера в старую трубу нужны только минимальные подготовительные работы. В сфере канализации они вообще не нужны, т.к. входные шахты (колодцы) используются как рабочие помещения. Трубу тянут с помощью лебедки от барабана в трубопровод, который надо ремонтировать. После этого её обрезают, монтируют специальные крышки и получают замкнутую систему для введения пара. Затем в трубу направляют пар под давлением так, чтобы труба расширилась и получила свою исходную форму (эффект памяти). При хорошо подобранном отношении между внешним диаметром трубы U-линер и внутренним диаметром ремонтируемой трубы, между ними не остается никаких щелей.

После установки трубы U-линер отвления от исходной трубы открывают изнутри с помощью телеуправляемого робота.

#### 4.4. Прокладка жесткой сплющенной трубы внутри старой



Рис 4.4.1. Прокладка жесткой сплющенной трубы внутри старой

#### 4.5. Метод вдувания новой трубы

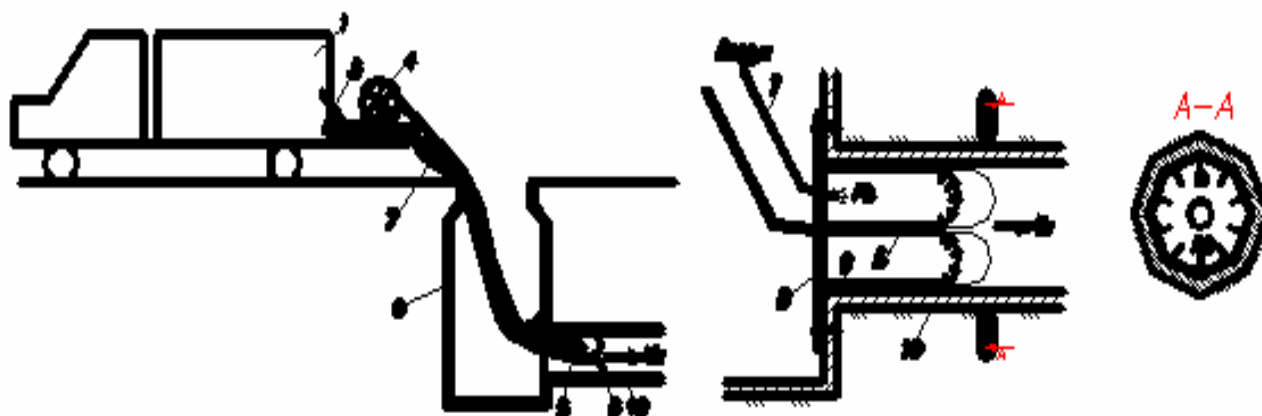


Рис 4.5.1. Схема вдувания новой трубы в полость старой: 1-спецмашина для осуществления технологии; 2-консоль откидная; 3-гидроцилиндр; 4-барабан с гибким сложенным сплюсненным шлангом; 5-новая труба (в сложенном состоянии); 6-новая труба (в раскрытом состоянии) под действием сжатого воздуха P<sub>в</sub>; 7-трубка от компрессора (сжатый воздух); 8-герметизирующая крышка; 9-колодец; 10-старый трубопровод

Шланги выполнены из полиэтилена, армированного стеклотканью.

#### 4.6. Сохранение пропускной способности трубопровода

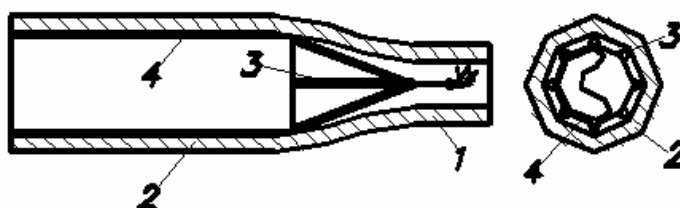


Рис. 4.6.1. Сохранение пропускной способности трубопровода: 1 - старая труба; 2 - старая труба после расширения; 3 – ломающий трубу расширитель

## **4.7. Восстановление трубопроводов**

Для восстановления трубопроводов обширная программа услуг охватывает области питьевой воды, сточных вод и газа.

### **4.7.1. Трубопроводы питьевой воды**

Трубопроводы с помощью специальных очистных приспособлений очищаются от инкрустаций, осадков или остатков любого рода и контролируются с помощью самой современной телевизионно-видеотехнологии. Локализируются поврежденные места, анализируется состояние трубопровода и выбирается способ восстановления.

а) Применяется, например, способ облицовки цементом в трубопроводах диаметром между 800 и 2000 мм с помощью специально подобранного оборудования.

б) Путем втягивания пластмассовой трубы в существующий трубопровод выполняется так называемый «релейнинг» (повторная облицовка).

в) Применяется способ «судж лайн» (втягивание труб), при котором сначала в очищенную трубу втягивается термически деформированная полиэтиленовая труба. Во время охлаждения труба расширяется и таким образом прижимается к существующей трубе. Этим способом можно восстанавливать трубопроводы диаметром от 80 до 400 мм.

### **4.7.2. Трубопроводы для сточных вод**

а) **Проходимые трубопроводы** для сточных вод диаметром от 800 до 2000 мм в зоне повреждения можно облицевать и восстановить с помощью специального раствора. Негерметичные муфты уплотняются специальными манжетами.

б) Для восстановления непроходимых труб диаметром между 100 и 400 мм употребляется способ «Инпайп». Речь идет о способе повторной облицовки шлангом, выполняемым без земляных работ, между двумя колодцами. При способе «Инпайп» сплетенный гибкий шланг из стекловолокна, насыщенный специальной смолой, под воздушным давлением способом выворачивания вводится в восстанавливаемую трубу. Смола твердеет под действием ультрафиолетовой лампы и, после этого, шланг «Инпайп» плотно прилегает к внутренней стороне восстанавливаемой трубы. С помощью резального устройства с дистанционным управлением можно вырезать отверстия, например, для вводов в дом.

в) В трубах диаметром от 300 до 900 мм также выполняется повторная облицовка короткими трубами из жесткого полиэтилена или стеклопласта.

### **4.7.3. Газопроводы**

Восстановление газопроводов диаметром 100...400 мм выполняется после тщательной очистки труб с помощью уже упомянутого способа



втягивания трубы или с помощью повторной облицовки пленками. При повторной облицовке полиуретановые пленки в виде заполненных специальным клеем шлангов с помощью сжатого воздуха методом выворачивания вводятся (вдуваются) в трубопровод. Таким образом, можно выполнять восстановление труб на участке длиной до 200 м.

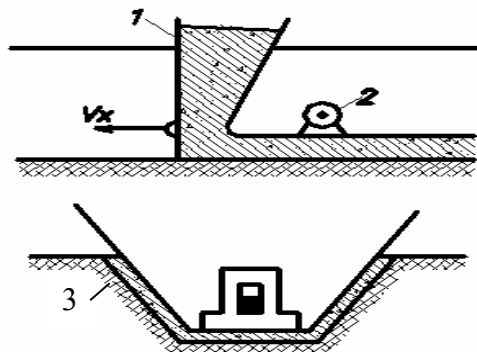
*Специалисты по восстановлению.*

Под руководством филиала Зондербай фирма «Тербау» осуществляет работы по восстановлению труб для сточных вод по способу «Инпайп». Дочерняя компания фирмы Тербау-Тевего Занирунгс-Сервис Гмбх в городе Оснабрюк занимается работами восстановления труб для питьевой воды и сточных вод. Компания Нидунг Рорзанирунг Гмбх в городе Ганновер работает в области восстановления трубопроводов питьевой воды, сточных вод и газопроводов.

## ГЛАВА 5. СТРОИТЕЛЬСТВО ОТКРЫТЫХ КАНАЛОВ

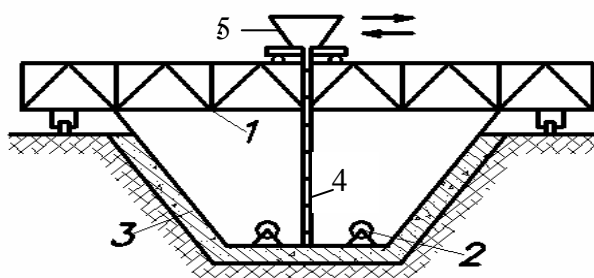
### 5.1. Бетонирование откосов каналов

1) При малых глубинах каналов применяется метод вибропрессования.



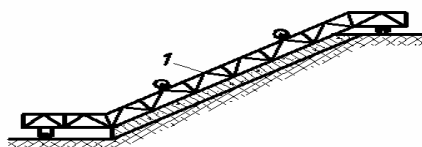
**Рис.5.1.1.** Схема вибропрессования: 1-бункер для подачи бетонной смеси; 2-вибратор ненаправленного действия; 3-бетон отделки канала.

2) Для больших каналов применяются специальные машины, перемещаемые по рельсам вдоль канала.



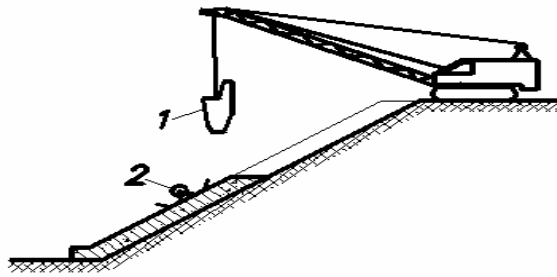
**Рис. 5.1.2.** Схема специальной бетоноукладочной машины, перемещаемой по рельсам вдоль канала: 1-передвижной мост; 2-вибратор; 3-бетон; 4 – виброробот; 5-бункер

3) Для очень больших каналов можно бетоноукладочные мосты разрезать на части и бетонировать сначала один откос, а затем другой.



**Рис. 5.1.3.** Схема откосного бетоноукладочного моста 1

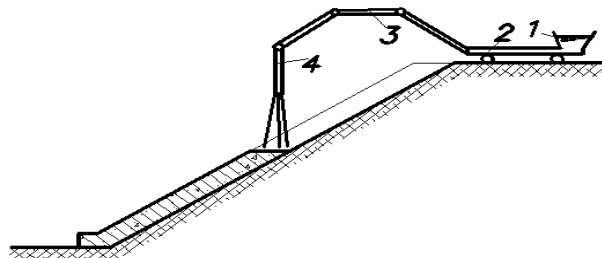
4) Укладка бетонной смеси на откосы краном с помощью рассеивающей бадьи – вибролотка.



**Рис.5.1.4.** Схема укладки бетонной смеси на откосы краном: 1- рассеивающая бадья – виброток; 2-вибробалка

Для разравнивания поверхности бетона применяются вибробалки, уложенные на рельсы

5) Укладка бетонной смеси на откосы бетононасосом.



**Рис. 5.1.5.** Схема применения бетононасоса: 1-приемный бункер; 2-насос; 3-звенья бетоновода; 4-гибкий рукав

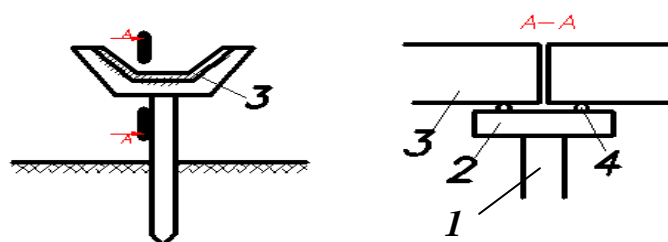
## 5.2. Строительство лотковой сети

а) Вдавливание свай и установка седел.



**Рис. 5.2.1.** Очередность устройства опор

б) Установка звена лотка в седле.



**Рис.5.2.3.** Установка звена лотка в седле: 1-свая; 2-седло; 3-звено лотка; 4- гидроизоляционная прокладка

### 5.3. Способы производства лотков

- 1) Бетонирование в прямом положении методом вибропрессирования.
- 2) Бетонирование методом вибропроката.
- 3) Бетонирование в перевернутом виде.

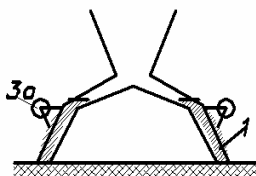


Рис 5.3.1. Бетонирование в перевернутом виде: 1-двусторонняя опалубка; 2-вибратор

- 4) Бетонирование в вертикальном положении.

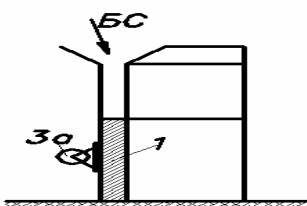


Рис.5.3.2. Бетонирование в вертикальном положении

- 5) Набрызгивание бетонной смеси на внутреннюю поверхность односторонней опалубки.

### 5.4. Гидродинамический способ создания подземных противофильтрационных экранов

Высокую эффективность в мелиоративном и водохозяйственном строительстве обеспечивает гидродинамический способ резания грунтов и новая технология создания подземных противофильтрационных вертикальных и наклонных экранов под откосами и дном каналов и водоемов, внутри плотин и дамб, для защиты котлованов от грунтовых вод, при создании диафрагмы, понура, шпунта гидросооружений, для строительства подземных ирригационно-дренажных систем. Для производства этих работ изготавливается машина «Экран».

Сущность гидродинамического способа (иначе, струйная инъекция) создания подземных противофильтрационных экранов заключается в том, что при помощи вылетающих из сопла высоконапорных струй, скорость которых составляет 75-100 м/с, и перемещения рабочего органа (штанги), в грунте образуется полость (щель, кротовина, траншея – в зависимости от конструкции и расположения сопел рабочего органа). В образованную полость вводятся битумно-полимерная эмульсия, глинистые суспензии или цементные растворы, создающие надежную противофильтрационную завесу. Основные узлы и агрегаты машины – серийного производства, рабочие органы просты и надежны в эксплуатации.

## ГЛАВА 6. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

### 6.1. Основные положения

**Качество продукции** – совокупность свойств продукции, удовлетворяющих определенным потребностям в соответствии с ее назначением.

**Свойства (показатели) продукции:**

- технические
- эксплуатационные
- конструкторско-технологические
- надежность
- долговечность
- художественно-эстетические
- экономические (стоимость производства и эксплуатации)
- экологические

Все изделия должны обладать требуемым качеством. Низкое качество – высокая стоимость (т.к. увеличиваются затраты на эксплуатацию). Высокое качество – высокая стоимость (большие затраты на выполнение). **Качество должно быть оптимальным.** Но оно может быть оптимальным только на сегодняшний день. Завтра сдвиг в сторону повышения качества. Т.о. в принципе качество растет, оставаясь оптимальным, т.к. совершенствуются техника и технология. Основной показатель качества - надежность. Зависимость от стоимости – аналогичная: существует оптимальная степень надежности.

**Надежность** – свойство объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования.

Свойства надежности:

- безотказность
- долговечность
- ремонтпригодность
- сохраняемость
- устойчивость
- режимная управляемость
- живучесть
- безопасность

**Безотказность** – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность (надежность) в течении некоторого времени или некоторой наработки.

**Отказ** – нарушение безотказности.

**Авария** – отказ с частичным или полным разрушением объекта.

**Критерии надежности** – условия, в соответствии с которыми принимаются решения относительно надежности объекта.

**Показатель надежности** – количество характеристик одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта.

Ими могут быть:

- коэффициенты запаса (надежности)

- вероятность безотказной работы (вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникнет).

**Наработка** – продолжительность или объем работы объекта.

## 6.2. Классификация надежности или отказа грунтовых плотин

### По принципу:

- статистическая (вероятностная) – статистика аварий
- феноменологическая – изучение физических явлений, происходящих в плотине.

Статистика просто обобщает данные об авариях. Физический подход анализирует причины отказа, повреждения, разрушения.

### По функции:

- структурная (разрушение структуры объекта)
- функциональная (невыполнение назначения объекта)
- параметрическая (понижение некоторых параметров)

### По жизненному циклу:

- |  |   |
|--|---|
| – предпостроечная (для перемычек плотин) | – основная эксплуатационная (наработка) |
| – строительная                           | – заключительная (отработка)            |
| – начальная (приработка)                 | – восстановительная                     |
|  | – утилизационная                        |

### По генезису:

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| – исследовательская              | – эксплуатационная   |
| – конструкторская                | – прогностическая    |
| – технологическая (строительная) | – диагностическая    |
| – приемочная                     | – материаловедческая |

### По природе:

- |                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| – геометрическое | – биологическое             |
| – механическое   | – гидрологическое           |
| – физическое     | – антропогенное             |
| – химическое     | – социально-психологическое |

### По характеру:

- общая
- местная (локальная)

### По месту (локализации):

согласно принципу возможных нарушений отказ может произойти, начиная с любой точки и распространяясь по ее объему в любом направлении, которое окажется наиболее слабым в сопротивлении разрушающему фактору.

Бетонная плотина составлена из искусственного материала – более стабильные свойства.

С грунтами сложнее работать (т.к. это чисто природный материал). На надежность в этом случае проверяется любая точка плотины. Это общий подход. Частный подход в этом случае может оказаться недостаточным.

Нагрузка – давление воды – не распределяется на более прочные элементы, а сосредотачивается в слабых местах. В зоне повышенной проницаемости увеличивается скорость фильтрации, увеличивается смыв частиц грунта. Зона фильтрации расширяется – новое повышение скоростей – еще большая интенсификация размыва – разрушение нарастает лавинообразно, не остается времени на ее спасение.

Размеры напорного фронта велики (длина – километры, высота – сотни метров). Зона повышенной фильтрации может привести плотину к разрушению, пренебрежение качеством укладки грунта представляется катастрофическим.

Непосредственные причины для отказов:

- от веса грунта
- от фильтрации (механическая и химическая)
- от волн
- от проезда по гребню
- от деформации плотины
- от деформации основания (включая горные выработки)
- от карстовых явлений в основании
- от наличия деформируемых прослоек в основании
- от технологических воздействий
- от антропогенных воздействий
- от атмосферных воздействий
- от биологических факторов

Виды нагрузок:

- допустимая
- критическая
- проектная
- фактическая
- оптимальная

Надежность сооружения обеспечивают наука, хороший проект, требуемое качество, технологии строительства (54% аварийных ситуаций на плотинах приходится на строителей).

Разрушение начинается в слабом месте.

### **6.3. Технология – основа качества и надежности грунтовых плотин**

Где тонко, там и рвется,  
где слабо, там и порется.

*Русская пословица*

Швы делятся на классы:

а) контурные или периметральные (межобъектные)

- с основанием
- с берегами
- с др. сооружениями

б) граничные (межэлементные) или контактные

- верховые и низовые (по отношению к водохранилищу)
- осадочные или эксплуатационные (межсекционные)
- строительные (межблочные)
- технологические (межслойные)
- операционные (межпорционные, межтехатомные)
- межагрегатные
- межчастичные
- межминеральные
- межмолекулярные...

Прочность и надежность любого шва должна быть обеспечена на оптимальном уровне. Все швы ограничивают микро- и макроэлементы, составляющие плотину и ее основание. В значительной степени аварии происходят от ошибок. Неоднородность грунта сооружения и основания влияют на надежность.

#### **6.4. Неоднородность грунта сооружения и основания, и ее влияние на надежность**

**Неоднородность материала – это неоднородность его свойств:**

- зерновой состав и форма зерен
- агрегатность (комкование)
- минералогический состав
- водопроницаемость
- прочность
- деформируемость
- размываемость
- температура

Происхождение неоднородности классифицируется как надежность. Неоднородность существенно определяется технологией строительства, каждым из технологических процессов:

подготовка грунта к разработке, разработка грунта экскаватором, транспортирование, отсыпка...

Неоднородность грунтовых материалов характеризуется трещиноватостью. Камень (валун) имеет трещиноватость. Кварц имеет трещиноватость. Железо также имеет трещиноватость – дислокации. Даже атомы имеют дефекты. Трещиноватость – всеобщее явление природы.

#### **6.5. Неидеальности исполнения сооружений на примере грунтовых плотин**

1) **Плотина высотой 10 м** на одном из химических производств. Плотину прорвало в ночь на Новый Год.

Причины аварии.

Варианты:

- прорыв ППЭ и фильтрация через тело плотины под напором воды
- пленка недостаточно плотно прилегала к водосбросной металлической трубе



– потрескался АБЭ из-за неравномерности осадок – фильтрация в песке, песок заполнил трубу и закупорил ее, препятствуя фильтрации – вода шла вдоль трубы снаружи – размыв тела плотины.

Песок вошел в трубу – под АБЭ пустоты образуются, потоки вдоль трубы еще более усилились – проран в плотине (воронка с почти вертикальными стенками)

Кроме того, строители сначала забыли положить трубу (заложили ее потом, разрыв плотину).

Дело было зимой – грунт недостаточно уплотнили. Пленку при этом не соединили с трубой, а просто положили на нее. Проектировщики не дали решение о соединении пленки с трубой.

**2) Плотина той же высоты,** была построена также без прокладки трубы. Строители продавили домкратами трубу и подняли напор. Проталкивая трубу, в некоторых участках полость оказывается больше диаметра трубы (труба имеет выступы и шероховатости), получаются зазоры и щели вдоль трубы. Достаточно иметь щель в 2 мм, чтобы плотина разрушилась (прорыв). Грунт, примыкающий к трубе, неплотный, до мм его трудно подбить, возникают щели, и может быть авария.

Как избежать этих неприятностей? При укладке стального элемента на грунт всегда будут щели. Поэтому на стальных трубах делают противофильтрационные диафрагмы или производят бетонирование на месте фундамента-подушки под трубу и втапливают её в свежееуложенный бетон.

**3) Плотина высотой 20 м** возводилась в дождливых условиях. Применялась осыпка грунта в воду.

Из труб водосброса пошла мутная вода. Уровень удалось сбросить, и стали проводить испытания. В одну из труб пустили окрашенную жидкость, она вышла из другой трубы, стальные трубы водоспуска прорваны внутри. На верхнем откосе провалились ж/б плиты, т.к. образовалась трещина и воронка размыва. Секции железобетонного водосброса разошлись на 0.5 м.

Из теории консолидации известно следующее: в переувлажненном глинистом грунте возникает поровое давление, вес грунта передается на воду – нет трения – сдвиг, грунт скользит, плотина стала садиться и расползаться (грунт не держит). Расползаясь, грунт порвал стальные трубы и водосброс. А лучше, чтобы труба скользила в грунте. Нельзя допускать переувлажнения грунта. Нельзя было применять отсыпку грунта в воду, т.к. основание глинистое (или нужен был внутренний обширный дренаж).

#### **4) Слабое место – контакт грунта с жесткой стенкой.**

Размеры пор на контакте с твердой поверхностью будут больше, чем поры внутри сыпучего материала ( $k_{\phi}^1 \triangleright k_{\phi}^{11}$ ). Начало размыва происходит именно в месте контакта (шва). Если же контактная поверхность неровная, можем получить макропоры. Таким образом, на контакте с твердой поверхностью могут образоваться квазищели. В районе квазищели грунт оказывается недостаточно уплотнен. Например, талый грунт. Бетон от мороза охлажден, грунт от бетона замерзает в комьях – его невозможно уплотнить, образовалась

квазищель. Она никакого сопротивления фильтрации не оказывает – и пробой. Авария обходится на порядок дороже самого сооружения.

На примыкании грунта к скале, даже если уплотнять грунт вручную, еще останется много неуплотненных зон, которые будут играть роль квазищелей

#### **5) Случай на одной из перемычек.**

Суровый климат, гребень и низовой откос замерзли. Но тело перемычки продолжало деформироваться, уплотняться. Замерзший грунт – водонепроницаемый экран. Весной он начал подтаивать и под напором воды сломался. Перемычку мгновенно смыло.

#### **6) Плотина Титон (США).**

Высота плотины – 93 м. Плотина возводилась на одноименной реке.

При наполнении водохранилища в 150 м ниже плотины появились ключи, расход по которым начал увеличиваться. Затем в основании плотины появилось отверстие, через которое стала течь мутная вода с глинистыми частицами. Расход воды увеличился до 20 м<sup>3</sup> /сек. Началась сработка нижежащих водохранилищ и эвакуация населения. На верхней грани появилась воронка, через которую уходила вода, гребень плотины провалился. В течение часа вышло 3000 куб. м грунта, плотина разрушилась.

Стоимость плотины – 40 млн. \$. Ущерб от аварии – 1 млрд. \$. Авария в 25 раз дороже стоимости сооружения.

#### **Версии разрушения:**

- цементную завесу поток обошел сверху на контакте между суглинистым ядром и скалой;
- могли быть трещины наклонные в ядре, которые соединили ВБ с аллювием основания позади ядра;
- фильтрация через цементную завесу ниже ядра.

Положили суглинистое ядро на скалу: суглинистый грунт не будет заполнять впадины и трещины в скале, он зависает и образует полости – пути сосредоточения фильтрации. Смыв, вынос частиц, и авария нарастает катастрофически.

Арочный эффект (грунт зависает над твердыми стенками траншеи, сжимающие напряжения не передавались на дно траншеи) – препятствие для дополнительного уплотнения грунта и обеспечение условия гидравлического размыва суглинка на контакте со скалой.

Постепенно ядро было смыто снизу вверх. Только верхняя часть плотины держалась в виде арки. Не был проложен слой фильтра на контакте с аллювием – это большой недостаток проекта.

Выход ключей ниже плотины. Фильтрация по трещинам, потом они забились суглинком, начали забиваться поры аллювия – потом по контакту аллювия и ядра. Аллювий сверху более крупнозернистый. Это место могло оказаться очень слабым.

Что бы было, если бы ядро было тонкое? Тогда плотина бы устояла, т. к. ядро тонкое, то после его размыва и пустоты в плотине были бы малы.

### 7) **Английская плотина Боулдерхед.**

Фильтрация – приняли решение зацементировать. Но т.к. ядро тонкое, полости не появилось, и разрушения не было. Мутный поток выходил на низовой откос, но разрушения не произошло.

### 8) **Другая причина аварии.**

Отсыпка плотины производится послойно. Крупные частицы при отсыпке слоя откатываются дальше и ниже, т.е. крупнозернистый грунт склонен к **сегрегации** (разделению на фракции). Супеси, суглинки с включением крупных фракций подвержены ей. Чем больше толщина слоя, тем больше возможность ее. Сегрегация приводила в нескольких случаях к авариям. Можно уменьшить толщину слоя, но это удорожает строительство. Авария – это, как правило, результат проявления нескольких неблагоприятных факторов в одно время и в одном месте.

## **ГЛАВА 7. ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ**

### **7.1.Свободный размыв**

Вдоль оси канала направлена вода, при этом должны быть обеспечены условия: а)требуемый уклон местности; б)грунт должен быть легко размываем.

### **7.2.Напорный размыв грунта**

Гидромонитор выбрасывает струю воды, которая ударяет в грунт, образуя гидросмесь – смесь воды с грунтом (пульпу). Грунт вместе с водой стекает по пляжу в понижение (зумпф).

Гидромониторная установка подает чистую воду. Землесосная установка откачивает из зумпфа смесь воды с грунтом.

### **7.3.Универсальный плавучий экскаватор с обратной лопатой Watermaster 650 финской фирмы L NNEN ENGINEERING**

Watermaster 650 оборудован для устойчивости поплавками на выносных боковых консолях вместо аутригеров на сухопутных машинах. В ковше размещено всасывающее устройство земснаряда, снабженного двухсвайным опорным устройством. Watermaster 650 может работать с отбросом пульпы в сторону на десятки метров. Подтягиваясь на ковше с гидравлическим управлением, машина может выходить на берег и самопогружаться на подкатываемую платформу трейлера. Имеются экскаваторы с ковшом, вращающимся относительно оси рукояти. Ковши погрузчиков для снижения прилипания (присоса) снабжены отверстиями.

### **7.4. Основные преимущества гидромеханизации при возведении насыпей**

- 1) Трубопроводный транспорт экономичен.
- 2) Сама вода производит увлажнение, разравнивание и уплотнение грунта.
- 3) Производительность труда выше в 2 раза.
- 4) Качество – не ниже, а фракционирование – еще полезнее.
- 5) Возможно вести работы зимой, в жару и в дождь.
- 6) Применение кускового намыва позволяет использовать также и глинистые грунты.

К недостаткам метода можно отнести:

- ограничение зависит от характера разрабатываемости грунтов, например, с включением крупных камней, которые создают неразмываемый панцирь;
- трудности применения глинистых грунтов при намыве.

Все же гидромеханизация является одним из наиболее экономичных и высокопроизводительных способов комплексной механизации земляных работ, поскольку использует непрерывную технологию.