

## **ЛЕКЦИЯ 6.**

### **ТЕМА. СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

#### **Рассматриваемые вопросы**

- 6.1. Виды линейно-протяженных сооружений.
- 6.2. Технологические схемы строительства мелиоративных каналов.
- 6.3. Способы разработки выемки одноковшовыми экскаваторами.
- 6.4. Бульдозерные работы при строительстве каналов.
- 6.5. Особенности строительства каналов в зимнее время.
- 6.6. Способы и технология строительства закрытого дренажа.
- 6.7. Виды ремонтных и эксплуатационных работ на дренажных системах.
- 6.8. Технология строительства закрытых напорных трубопроводов.

#### **6.1. Виды линейно-протяженных сооружений**

Линейные объекты – это линейно протяженные объекты, длина которых во много раз превосходит другие размерные характеристики.

В мелиоративном и водохозяйственном строительстве к линейно-протяженным сооружениям относят: каналы, дороги, дренажные системы, мосты, дамбы обвалования, плотины.

Данные сооружения могут быть надземными или подземными, выполняются в выемки и насыпи.

Линейно-протяженные сооружения относятся к профильным и возводятся в соответствии с заданными проектными размерами в плане и с определенными требованиями (плотность, прочность, водонепроницаемость, статическая устойчивость)

#### **6.2. Технологические схемы строительства мелиоративных каналов**

Строительству каждого из видов каналов (магистральных, коллекторных, нагорных, ловчих и регулирующих) должна соответствовать определенная рациональная технология, так как производство земляных работ на болотах и заболоченных землях является наиболее сложным и трудоемким процессом в комплексе мелиоративного строительства. Земляные работы часто выполняются в водонасыщенных грунтах относительной влажностью 90–93 % при высоком состоянии грунтовых вод.

В таком состоянии грунты обладают малой устойчивостью, а устраиваемые в них каналы начинают разрушаться даже в процессе строительства вследствие действий гидродинамического давления и осадки торфа.

Строительство каналов объемом выемки более 10 м<sup>3</sup> на погонную длину 1 м на болотах и заболоченных землях при второй – третьей категориях

сложности обычно выполняют в две стадии. Технология предусматривает вначале создание временного водоприемника в виде пионерной траншеи, составляющей часть поперечного сечения проектного русла, с последующей доработкой его до проектных размеров канала. Это позволяет одновременно с доработкой пионерной траншеи строить транспортирующую и регулирующую сети и сооружения на каналах, а также выполнять культуртехнические работы по освоению осушенных земель.

По классификации Института мелиорации каналы, выполняемые при осушении земель, разделены на пять групп по площади поперечного сечения проектного русла: 1-я группа – до 10 м<sup>2</sup>, 2-я – 10–20 м<sup>2</sup>, 3-я – свыше 20 до 35 м<sup>2</sup>, 4-я – 35–50 м<sup>2</sup>, 5-я группа – свыше 50 м<sup>2</sup>.

Применительно к этим группам разработаны рекомендуемые технологические схемы организации работ при строительстве каналов в зависимости от их размеров и категории сложности производства работ. Использование этих схем при строительстве позволяет уменьшить деформации поперечного сечения проектного русла, возникающие под гидродинамическим воздействием потока грунтовых вод в процессе его прокопки, выполнить поперечное сечение русла с минимальными отклонениями от проектных размеров, обеспечить высокую производительность землеройных машин, а в торфяных грунтах вследствие его осадки в строительный период – уменьшить проектный объем земляных работ.

Рассмотрим содержание технологических схем (ТС).

Каналы сечением до 10 м<sup>2</sup>.

**Технологическая схема № 1 (ТС-1)** применима на объектах *первой и второй категории сложности*. Канал при этом устраивается полным сечением за одну проходку экскаватора или каналокопателя.

**ТС-2** применяется на объектах *третьей категории сложности*. С целью предварительного осушения прокладывается временный канал (пионерная траншея) глубиной 1,2–1,5 м на расстоянии 8–10 м от оси канала с укладкой грунта на внешнюю сторону от нее. Через 30–40 дней устраивается канал с укладкой грунта в отвал между каналом и траншеей или на обе стороны, после чего пионерная траншея засыпается.

Каналы сечением до 10–20 м<sup>2</sup>.

На трассах *первой категории сложности* работы ведут в соответствии с технологическими схемами **ТС-3**, **ТС-4** или **ТС-5**. В зависимости от наличия различных типоразмеров экскаваторов, сроков производства работ, других условий канал устраивается за одну проходку экскаватора (ТС-3), одновременным проходом двух экскаваторов, работающих на расстоянии 100–200 м (ТС-4), или две проходки одного экскаватора: первый – против течения воды, второй – по течению (ТС-5).

На трассах *второй и третьей категории сложности* русло канала устраивается за две проходки экскаватора в две стадии в соответствии с технологической схемой **ТС-6**. На первой стадии устраивается пионерная траншея, составляющая часть русла проектного канала и выполняющая

функцию предварительного осушения. На второй стадии (через 30–40 дней) пионерная траншея уширяется и углубляется до размеров проектного канала.

3) Каналы сечением 20–35 м<sup>2</sup>.

На трассах *первой категории сложности* русло устраивается в порядке, предусмотренном **ТС-4**.

На трассах *второй и третьей категории сложности* русло устраивается в две стадии (**ТС-8**). На первой стадии проходом экскаватора против течения воды устраивается пионерная траншея с заложением откосов 1:1. На второй стадии проходом двух экскаваторов, работающих с интервалом 100–200 м, по течению воды пионерная траншея расширяется и углубляется до размеров проектного русла. Работы второй стадии выполняются через 30–40 дней после первой.

### **Технология и организация строительства пионерных траншей**

При многостадийном строительстве каналов на первой стадии строится временный водоприемник – пионерная траншея. Пионерные траншеи прокладывают в наиболее трудных условиях, поэтому необходимо стремиться выполнять их с минимальным объемом выемки.

Строительство пионерных траншей можно производить на протяжении всего года, исключая время весеннего паводка. Особенно целесообразно эти работы выполнять зимой. На всех участках трассы канала, где была начата прокладка траншеи, эту работу надо завершить и соединить отдельные участки в сплошное русло до наступления весеннего паводка.

В зависимости от размеров поперечного сечения и категории сложности пионерную траншею прокладывают экскаватором, с помощью взрыва или специализированного каналокопателя последовательно снизу вверх против течения воды от пересечения проектной трассы с существующим руслом. Это позволяет самотеком отвести воду из пионерной траншеи при ее строительстве, в сжатые сроки создавать по всей трассе или по ее части временный водоприемник и создать необходимые условия для проведения других работ на объекте.

При пересечении со староречьем или существующим руслом экскаватором или бульдозером засыпают входные отверстия этого русла. Участки старого русла, вошедшие в проектную трассу, расширяют и углубляют поперечным способом. Если ширина русла не позволяет углубить его гусеничным экскаватором, русло углубляют экскаватором, поставленным на понтон и оборудованным грейфером.

В глине, тяжелом суглинке, сцементированном мелкозернистом песке траншею следует устраивать на полную глубину канала. Оставлять недоборы нежелательно, так как в последующем дно приходится углублять продольно-поперечным способом из-под воды при более низкой производительности экскаватора.

На участках трассы с высоким уровнем воды при отсутствии стока траншею устраивают с оставлением перемычек для предупреждения затопления забоя во время работы и уменьшением объема выемки грунта из-под воды. Гребень перемычки должен быть выше на 10–15 см горизонта воды

в нижнем бьефе. По окончании разработки забоя экскаватор удаляет перемычку и переходит на очередной забой.

При укладке грунта в кавальеры на пониженных местах в них оставляют разрывы для стока поверхностной воды в траншею. Кавальеры разравнивают или используют для засыпки староречий, устройства насыпей.

### **Технология и организация доработки пионерных траншей**

Доработку пионерных траншей до проектных размеров канала следует вести в соответствии с требованиями технологической схемы. При этом верхний более сухой грунт укладывается с внутренней стороны кавальера в виде валика высотой 0,6–0,8 м, а за ним – влажный.

Разработка мелкозернистых пылеватых песков экскаваторами из-под воды сопровождается снижением производительности из-за резкого ухудшения наполняемости ковша (коэффициент наполнения снижается до 0,2). Для улучшения эффективности работы машин в таких условиях рекомендуется вести доработку русла с понижением уровня воды в забое передвижной насосной станцией. Производительность экскаваторов при этом повышается в 1,4–2,0 раза, сокращаются технологические разрывы между доработкой и разравниванием кавальеров, улучшаются условия работ по расчистке трасс от кустарника, подготовке основания под ограждающие дамбы или дороги, создаются более благоприятные условия для обслуживания машин.

В местах строительства сооружений на канале одновременно с доработкой целесообразно выполнить водоотводные каналы для пропуска строительных расходов, отсыпать в русле верховые и низовые перемычки для ограждения котлованов, устроить котлованы под сооружения.

На торфяных участках, где вдоль канала устраивают дорожное полотно или ограждающую дамбу, при прокладке пионерной траншеи торф укладывают на одну сторону, а минеральный грунт, пригодный для использования, – на другую, где устраивается насыпь. После просыхания торф отодвигают за пределы рабочей полосы и разравнивают, минеральный грунт перемещают в насыпь. При доработках грунт разрабатывают отдельно только на той стороне, где будет дорога. Торф в этом случае отсыпают в отвал на полный вынос стрелы экскаватора, а минеральный грунт укладывают ближе к берме. Чтобы не допустить оплывания мокрого грунта в канал, устраивают валики. После просыхания отвала торф передвигают бульдозером за пределы дорожной трассы, а минеральный грунт перемещают в земляное полотно и уплотняют. Одновременно с устройством канала проводится нанесение на откосы гумусового слоя с трассы канала.

Во избежание разрушения канала и скопления воды за кавальером в пониженных местах предусматривают воронки, обеспечивающие поступление поверхностного стока в русло без разрушения канала, дно и откосы их крепят посевом трав или одерновкой.

### 6.3. Способы разработки выемки одноковшовыми экскаваторами

Способы устройства и ремонта каналов различаются в зависимости от расположения экскаватора (оси его хода) относительно оси канала. Разработка грунта при устройстве каналов драглайном или обратной лопатой в зависимости от размеров поперечного сечения канала и рабочих параметров экскаватора может осуществляться *продольным, продольно-поперечным* или *поперечным способами*.

При **продольном способе** ось хода экскаватора располагается на оси канала. Ковш экскаватора при наборе грунта движется преимущественно в вертикальной плоскости, параллельной оси выемки. Это обстоятельство позволяет наиболее точно выполнять проектный профиль выемки, обеспечивая, таким образом, высокое качество устраиваемого канала. Вместе с тем размеры поперечного сечения канала относительно невелики.

При необходимости устройства канала с параметрами  $B, m, H, m_0, h_0$  (рис. 6.1) требуемые значения рабочих параметров определяются следующим образом:

$$R_B \geq A = \frac{B}{2} + C + m_0 h_0;$$

$$B_{\text{ковш}} \leq B;$$

$$H_B = h_0 + 0,5 \text{ м};$$

$$H_k^r \geq H \text{ (с учетом принятой величины шага при смене забоя)}.$$

Средний угол поворота платформы при укладке грунта в односторонний отвал (рис. 6.1)

$$\beta_{\text{ср}} = \arcsin \frac{A}{R}.$$

При укладке на обе стороны средний угол несколько меньше.

Наибольшие значения ширины канала по верху и его глубины, которые может обеспечить конкретный экскаватор при разгрузке на одну сторону, определяются следующим образом:

$$B = b + 2 mH;$$

$$\omega = (b + mH) H;$$

$$h_0 = \sqrt{\omega K_p \frac{1}{m_0}};$$

$$R_B = \frac{B}{2} + C + m_o h_o;$$

$$R_B = \frac{B + 2mH}{2} + C + m_o \sqrt{(B + mH)HK_o \frac{1}{m_o}}.$$

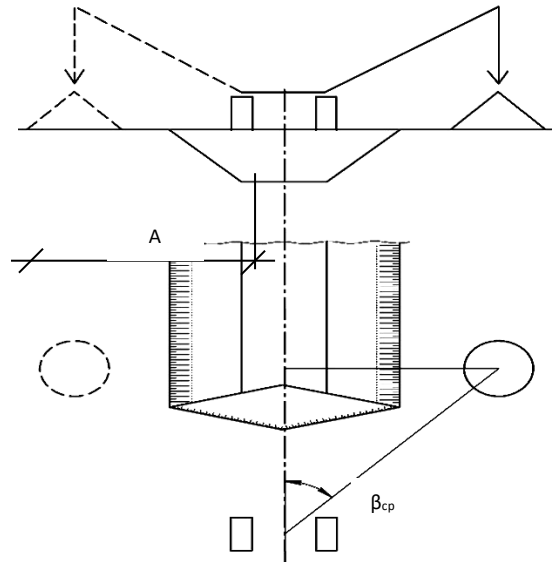


Рис. 6.1. Продольный способ устройства канала экскаватором

Необходимо решить это уравнение относительно  $H$ , что позволяет определить и  $V_{\max}$ . Заметим, что в таком случае средний угол поворота платформы достигает максимального значения –  $90^\circ$ .

При **продольно-поперечном способе** (рис. 3.12), благодаря запасу по радиусу копания, экскаватор может обеспечить устройство канала большей ширины, чем при продольном способе. Ось хода экскаватора в таком случае оказывается смещенной относительно оси канала на величину  $E$ .

Наибольшая ширина канала по верху в этом случае может быть

$$V_{\max} = R_{K1} + R_B - C - m_o h_o,$$

где  $R_{K1}$  – радиус копания экскаватора на уровне стоянки (рис. 6.2), зависящий от принятого шага  $S$  при смене забоя;

$$R_{K1} = \sqrt{R_K^2 - S^2}.$$

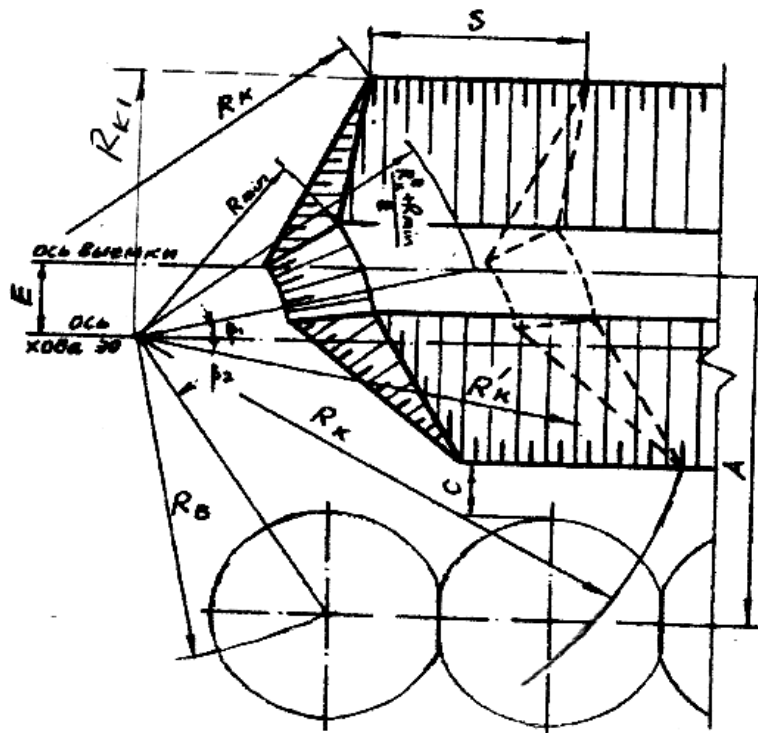


Рис. 6.2. – Схема работы экскаватора для определения среднего угла поворота платформы и наибольшего шага передвижки

При устройстве выемки наибольшей ширины ось хода экскаватора должна быть смещена от оси канала на величину:

$$E_{\max} = R_{к1} - \frac{B_{\max}}{2}.$$

Если экскаватор устраивает канал шириной по верху меньшей, чем  $B_{\max}$ , при укладке грунта на одну сторону его ось хода может располагаться на полосе, удовлетворяющей условию

$$E_{\min} \leq E \leq E_{\max}.$$

Величина  $E_{\min}$  определяется из условия укладки грунта в отвал:

$$E_{\min} = A - R_{в}.$$

Изменение  $E$  влияет на величину среднего угла поворота платформы экскаватора, которая является суммой углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (рис. 3.11), определяемых значениями:

$$\beta_1 = \arcsin \frac{E}{R_{к} - 0,5S};$$

$$\beta_2 = \arcsin \frac{A - E}{R_k}.$$

Таким образом,

$$\beta_{cp} = \arcsin \frac{E}{R'_k - 0,5S} + \arcsin \frac{A - E}{R_k}.$$

При продольно-поперечном способе грунт, как правило, укладывается на одну сторону. В порядке исключения возможна укладка небольших объемов грунта на противоположную сторону канала. Такая необходимость возникает в случае, когда нельзя смешивать в одном отвале разные грунты по сечению канала (например, растительный и основной грунт выемки).

Возможность укладки грунта на обе стороны может быть реализована при соблюдении условий, выраженных формулой  $E_{min} \leq E \leq E_{max}$ .  $E_{min}$  и  $E_{max}$  при этом соответствуют условиям (рис. 6.3):

$$E_{min} = A_2 - R_b;$$

$$E_{max 1} = R_k - 0,5B;$$

$$E_{max 2} = R_{min} + 0,5B;$$

$$E_{max 3} = R_b - A_1;$$

$$E_{max} = \min (E_{max 1}, E_{max 2}, E_{max 3}).$$

Оптимальное значение  $E$ , соответствующее наименьшей величине средневзвешенного угла поворота платформы экскаватора, определяется по одной из следующих формул, полученных по результатам нашего анализа:

– для экскаваторов с оборудованием обратная лопата

$$E_{opt} = 0,2\omega + 2,3 - (0,257\omega + 3,952) a^c;$$

$$c = 0,769 - 0,021\omega;$$

– для драглайна с нормальной стрелой

$$E_{opt} = 0,543\omega + 0,17 - (0,643\omega + 2,18) a^c;$$

$$c = 2,197\omega^{-0,557};$$

– для драглайна с удлиненной стрелой

$$E_{\text{опт}} = 0,33\omega - 1,03 - (0,267\omega + 2,13) a^c;$$

$$c = 1,78 - 0,04\omega,$$

где  $\omega$  – площадь поперечного сечения канала;

$$a = \frac{\omega_1}{\omega},$$

$\omega_1$  – часть площади поперечного сечения канала, грунт которого укладывается налево (в сторону  $A_1$  – рис. 6.3), остальной – направо.

Наибольшая величина шага экскаватора при смене забоя определяется по следующим формулам:

$$S'_{\text{max}} = \sqrt{R_k'^2 - (E_{\text{опт}} - 0,5B)^2} - \sqrt{R_{\text{min}}^2 - (E_{\text{опт}} - 0,5B)^2}$$

(по условию отсутствия недоборов на дне канала);

$$S''_{\text{max}} = \sqrt{R_k^2 - (0,5B + E_{\text{опт}})^2}$$

(по условию отсутствия недоборов у дальней бровки канала);

$$S_{\text{max}} = \min (S'_{\text{max}}, S''_{\text{max}}).$$

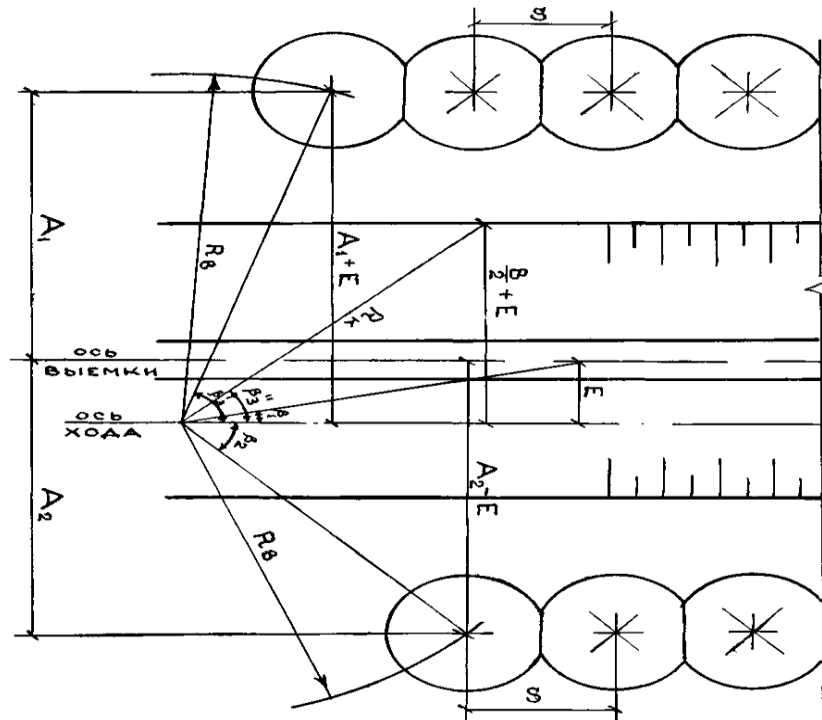


Рис. 6.3. Определение характерных углов рабочей зоны платформы экскаватора

Практически величина шага выбирается исходя из удобства разработки грунта, обеспечения хорошего обзора забоя.

Рабочая зона поворотной платформы определяется углами  $\beta_1, \beta_2, \beta'_3, \beta''_3, \beta_{\text{ср. вэв}}$  (рис. 6.3):

$$\beta_1 = \arcsin \frac{E}{R_K};$$

$$\beta_2 = \arcsin \frac{A_2 - E}{R_B};$$

$$\beta'_3 = \arcsin \frac{A_1 + E}{R_B};$$

$$\beta''_3 = \arcsin \frac{0,5B + E}{R_K};$$

$$\beta_{\text{ср. вэв}} = a (\beta'_3 - \beta_1) + (1 - a) (\beta_1 + \beta_2).$$

Заметим, что средний угол поворота платформы при продольно-поперечном способе практически всегда больше  $90^\circ$  и может достигать значений  $120\text{--}150^\circ$ .

При **поперечном способе** экскаватор располагается на берме канала и разрабатывает грунт движением ковша в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси канала (или близкой к этому положению) (рис. 3.13). Ввиду того, что средний угол поворота платформы при этом на  $20\text{--}40\%$  больше, чем при продольном способе, а производительность соответственно меньше, применение поперечного способа при устройстве новых каналов весьма ограничено.

#### 6.4. Бульдозерные работы при строительстве каналов

При строительстве и ремонте мелиоративных каналов бульдозерные работы выполняются с целью разравнивания новых и срезки существующих кавальеров, засыпки временных и ликвидируемых каналов.

Разрабатываемый при строительстве новых и ремонте существующих каналов грунт отсыпается в кавальеры конической формы. Объем отсыпки в кавальер (в естественном сложении) равен объему выемки на одной позиции экскаватора:

$$W = \omega S,$$

где  $\omega$  – площадь поперечного сечения выемки устраиваемого нового или подчистки (углубления и уширения) существующего канала;

$S$  – шаг передвижки экскаватора при смене забоя.

В зависимости от сочетания объема выемки и шага экскаватора соседние кавальеры могут как не перекрываться, так и частично перекрываться (рис. 6.4, а, б).

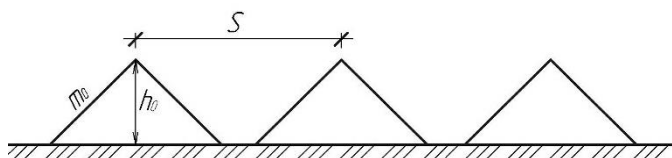
В первом случае (рис. 6.4, а) при  $S \geq mh$

$$h \leq \sqrt{\frac{3\omega}{\pi m^2}},$$

где  $h$  – высота образуемого кавальера;

$m$  – коэффициент заложения откоса кавальера, зависящий от угла естественного откоса отсыпаемого грунта.

а



б

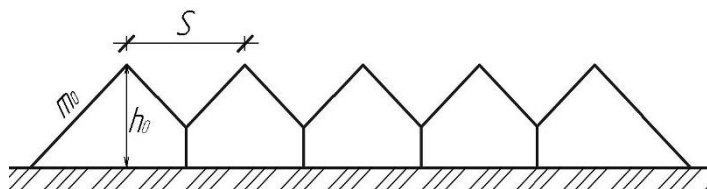


Рис. 6.4. – Расположение кавальеров:  
а – без перекрытия; б – с перекрытием

Во втором случае (рис. 6.4, б) высота кавальера не может быть выражена простым алгебраическим выражением. Наши расчеты и выполненный анализ позволили выразить высоту образуемого кавальера в графическом виде в зависимости от объема выемки на погонную длину 1 м канала, коэффициента разрыхления грунта, угла естественного откоса отсыпаемого грунта ( $m = \text{ctg } \varphi$ ) и шага экскаватора при смене забоя (рис. 6.5).

Практически значение высоты отсыпаемого кавальера состоит в том, что она влияет на ширину отвала по основанию и вместе с шириной бермы должна учитываться при подборе экскаватора и в определенной мере определяет эффективность использования машины.

**Засыпка временных каналов** осуществляется поперечно-челночными ходами бульдозера вначале грунтом выемки, затем растительным грунтом. Средние расстояния перемещения грунта при этом будут следующими:

$$L_{\text{ср.п.г}} = m_{\text{о п.г}} h_{\text{о п.г}} + C_1 + 0,5B;$$

$$L_{\text{ср}} = m_0 h_0 + C_2 + 0,5B.$$

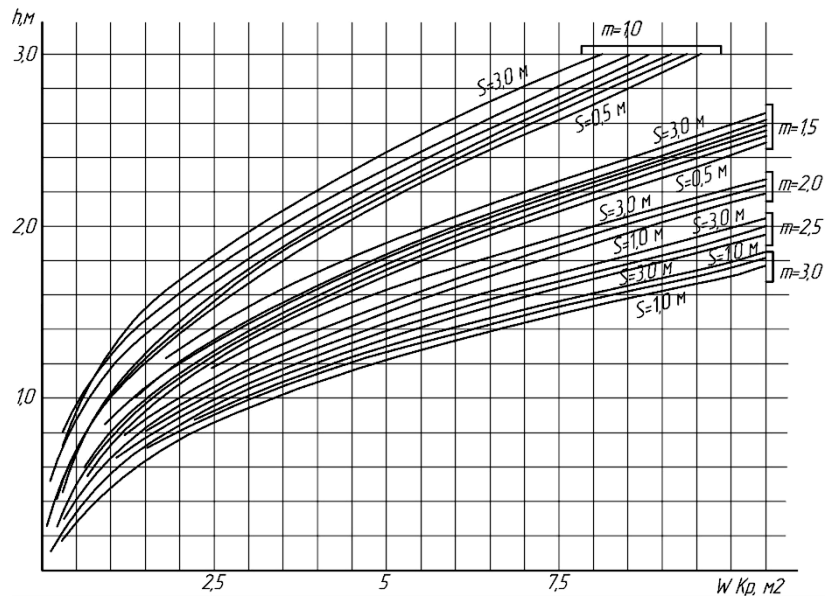


Рис. 6.4. – График для расчета высоты кавальеров, отсыпаемых одноковшовыми экскаваторами при устройстве каналов

Аналогично выполняется засыпка ликвидируемых каналов существующей старой сети. Для засыпки используется грунт существующих кавальеров, если они сохранились, или срезка с прилегающей к каналу территории.

Разравнивание кавальеров в зависимости от объема выемки на погонную длину 1 м выполняется универсальным бульдозером движением машины вдоль оси канала (при удельном объеме выемки до 1,0–1,5 м<sup>3</sup>/п.м) или в два этапа бульдозером с неповоротным отвалом при значительных удельных объемах (рис. 6.5). Последнее обстоятельство объясняется тем, что ширина бермы, как правило, не позволяет разместиться бульдозеру перпендикулярно оси канала (ширина бермы меньше габаритной длины бульдозера). В таком случае на первом этапе бульдозер косыми ходами перемещает грунт во временный отвал на расстояние  $L_{\text{ср}}^{\text{вп}}$ , а на втором – поперечно-челночными – разравнивает грунт слоем заданной толщины или при необходимости перемещает его в насыпь (дамбу, земляное полотно дороги).

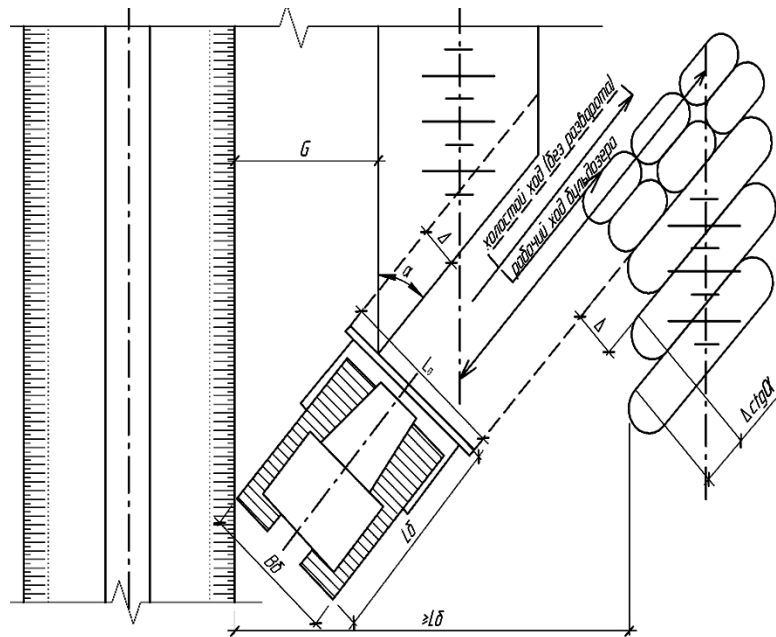


Рис. 6.5. – Схема перемещения кавальера во временный отвал бульдозером

Наш анализ показывает, что требуемый угол  $\alpha$  перемещения грунта на первом этапе определяется выражением

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C\sqrt{L_6^2 - C^2} + B_1^2 - L_6 B_1}{L_6^2 - C^2},$$

где  $C$  – ширина бермы, м;

$L_6$  – габаритная длина используемого бульдозера, м;

$$B_1 = \Delta - \frac{L_6 - B_6}{2},$$

где,  $B_6$  – колея базового трактора бульдозера по наружным кромкам гусениц;

$\Delta$  – ширина полосы срезания кавальера бульдозером, определяемая исходя из тяговых возможностей базового трактора;

$$\Delta = \frac{2}{\omega};$$

где,  $\omega$  – удельный объем выемки грунта, уложенного в разравниваемый кавальер.

Минимальное расстояние перемещения грунта косым ходом бульдозера, исходя из размещения продольного габарита бульдозера на втором этапе работы:

$$L_{\text{ср}}^{\text{вр}} = \frac{L_{\text{б}} - C}{\sin \alpha}.$$

Кавальер разравнивается по полосе, ширина которой

$$L = \frac{1}{t} \omega_p K_p,$$

где  $t$  – толщина слоя разравнивания, м;

$\omega_p$  – удельный объем разравнивания грунта, м<sup>3</sup>/п.м;

$K_p$  – коэффициент разрыхления грунта, уложенного в кавальер.

### 6.5. Особенности строительства каналов в зимнее время

При отрицательной температуре воздуха часть воды в порах грунта превращается в лед, который связывает минеральные частицы грунта в твердое тело. В результате повышается прочность грунта и сопротивление его резанию, грунт намерзает на ковши землеройных машин. Это снижает производительность землеройных машин, часто делает невозможной разработку грунта без соответствующей подготовки. В зимнее время усложняется эксплуатация машин, увеличивается их износ, снижается трудоспособность рабочих.

Исходя из этого, а также ввиду снижения объемов по строительству каналов устранение сезонности в производстве мелиоративных работ чрезвычайно актуально.

Внедрение технологии строительства открытых каналов в зимний период позволяет относительно равномерно распределить объемы выемки грунта одноковшовыми экскаваторами в течение года, а значит, обеспечить стабильную занятость механизаторов; повысить годовую выработку экскаваторов; создать фронт работ для последующего устройства дренажа и проведения культуртехнических мероприятий ранней весной; понизить уровень грунтовых вод (УГВ) в зоне действия каналов, что уменьшает трудность прокладки закрытых коллекторов (меньше обрушение траншей); сбросить талые поверхностные воды с пониженных мест, что особенно важно при развертывании дренажных и культуртехнических работ ранней весной; расширить номенклатуру работ, выполняемых в зимних условиях (строительство сооружений на сети, разравнивание грунта, крепление русла каналов).

Своевременно подготовленная открытая сеть позволяет в течение одного года выполнить весь комплекс мелиоративно-строительных работ и подготовить объект для сельскохозяйственного использования.

Устойчиво мерзлое состояние грунт приобретает через 5–20 суток после наступления периода с отрицательными среднесуточными температурами и сохраняет его в течение 15–30 суток после наступления периода с

положительными среднесуточными температурами. Глубина сезонного промерзания грунтов и характер ее колебания зависит от температуры воздуха и продолжительности периода с отрицательными температурами, от влажности грунта, уровня грунтовых вод и скорости их движения, характера естественного покрова и плотности грунта, от времени выпадения первого снега, интенсивности роста снегового покрова и его толщины, силы и направления ветра. Водонасыщенные, а также мелкопористые плотные грунты промерзают интенсивней и глубже, чем сухие и рыхлые. Наибольшая глубина промерзания наблюдается при 30–40 % влагонасыщенности пор грунта. При дальнейшем влагонасыщении глубина промерзания уменьшается в связи с увеличением скрытой теплоты замерзания.

Глубина промерзания незащищенного снегом грунта ориентировочно определяется по формуле

$$H_{\tau} = \frac{3ZT}{50} \cdot \left( 4 - \frac{TZ}{1000} \right),$$

где  $H_{\tau}$  – глубина промерзания разрабатываемого грунта при 30%-ной влажности, см;

$Z$  – число дней с отрицательной температурой для рассчитываемого периода зимы;

$T$  – среднемесячная отрицательная температура.

Если грунт покрыт снегом, то следует вводить коэффициенты 0,85, 0,7 и 0,65 при толщине покрова соответственно 0,25, 0,5 и 0,75 м.

Быстрее замерзают песчаные грунты, содержащие гравитационную воду, медленнее – глинистые, содержащие молекулярно-связную воду. Еще медленнее замерзает торф, так как при его разложении выделяется тепло. Обычно болото начинает промерзать спустя 1,0–1,5 месяца после наступления периода отрицательных температур.

При этом неосушенные торфяники промерзают на глубину, примерно в 2 раза меньшую, чем осушенные. На меньшую глубину промерзают также участки низинного расположения, с плотной дерниной, кочками, кустарником, мхом, со снеговым покровом, льдом, которые являются природными утеплителями грунта, замедляющими теплообмен между грунтом и открытым воздухом.

#### **Предохранение грунта от промерзания.**

Мероприятия по предохранению грунта от промерзания выполняют осенью после окончания периода осенних дождей, но до выпадения снега осенью и наступления устойчивых заморозков. Предохранение осуществляют: без нарушения поверхности грунта; с нарушением поверхности грунта; комбинированным способом.

В первом случае поверхность грунта покрывают теплоизоляционными материалами и грунт сохраняет пластичное состояние благодаря аккумулированному летом теплу. В качестве теплоизоляционных материалов

используют опилки, торф, солому, шлак, листву, быстро-твердеющий пенопласт, воздушную прослойку под слоем льда. Защитный слой убирают по мере разработки площадки.

Для защиты грунта от промерзания искусственно создают снежный покров путем снегозадержания. Для этого предварительно снежные валы высотой 0,4–0,5 м располагают перпендикулярно направлению господствующих ветров или применяют щиты.

Надежно предохраняет грунты от промерзания химическая обработка их хлористыми солями натрия или кальция, отходами Солигорских калийных комбинатов. Сухой реагент или в виде водного раствора при отсутствии дождей вносится до наступления устойчивых отрицательных температур за 5–10 суток (песок и супесь) или 20–25 суток (глина и суглинки), чтобы соль к моменту разработки участка растворилась и проникла в грунт. Расход соли составляет 10–15 кг/м<sup>2</sup> (для суглинка).

Предохранение грунта от промерзания с нарушением его поверхности производят вспашкой на глубину не менее 35 см, боронованием на глубину 15–20 см. Ширина обрабатываемой полосы должна быть на 2–3 м больше ширины канала. Слой взрыхленного и боронованного грунта является хорошим теплоизолятором для нижележащего грунта, а взрыхленный грунт имеет малую прочность, и его можно разрабатывать любым экскаватором.

Для разработки грунта в первой трети зимы достаточна вспашка на глубину 25 см, при этом глубина промерзания уменьшается в 4–5 раз. Рыхление должно быть за один проход рыхлителя или перекрестным, с перекрытием полос до 0,2 м или параллельными ходами со сдвигом на 0,4 м – во второй половине зимы.

При вспашке и одновременном наталкивании на всю утепляемую площадь рыхлого грунта слоем до 80 см можно разрабатывать грунт во второй трети зимы.

Участок для разработки в последней трети зимы утепляют перелопачиванием грунта экскаватором после первых морозов с рыхлением на глубину до 1,5 м.

Комбинированные способы предохранения грунтов чаще всего представляют собой сочетание вспашки (рыхления) со снегозадержанием. Если толщина снежного покрова недостаточна, ее увеличивают, сгребая снег бульдозером с приканальной полосы на трассу канала.

Сгребать снег на трассу надо с двух сторон с наименьшим его уплотнением, так как теплопроводность уплотненного снега значительно выше, чем рыхлого. В связи с этим следует избегать движения техники по трассе до начала производства работ. С целью снегозадержания и предохранения трасс каналов от глубокого промерзания срубленный и срезанный кустарник и мелколесье оставляют на трассе. Уборку их с трассы периодически производят корчевателем-собирателем или бульдозером перед работой экскаватора.

Для предохранения от промерзания трасс каналов, оросительных трубопроводов предложено применять обвалование их трасс (если густой

травяной покров) в октябре плугом ПБН-75 при глубине вспашки 0,30–0,35 м с отваливанием пласта в сторону трассы (рис. 6.6).

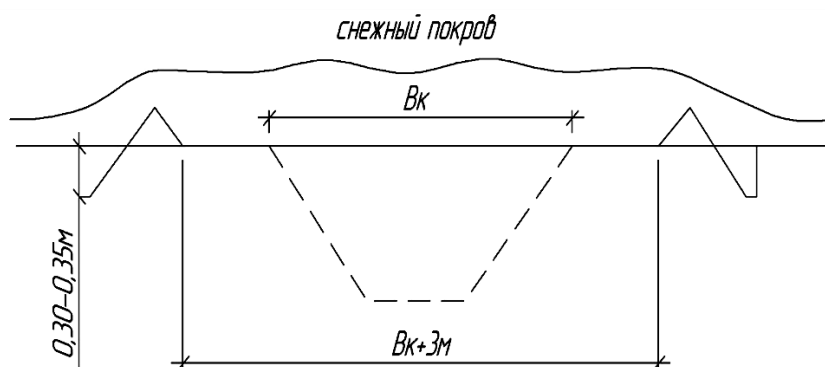


Рис. 6.6. – Уменьшение глубины промерзания обвалованием трассы канала

На участках с УГВ > 0,7 м и незначительным травяным покровом рекомендуется проводить дискование БДМ-2,5 в сочетании с обвалованием трасс. Борозды препятствуют попаданию воды на трассу осенью, зимой обеспечивают снегозадержание. На обвалованных трассах глубина  $h$  снега в 1,5–2,0 раза, а температура поверхности грунта  $t$  на 0,6–1,5 °С выше, чем на прилегающей территории. Глубина промерзания при этом меньше в 1,4–3,0 раза и составляет 0,06–0,20 м.

### **Рыхление мерзлых грунтов**

Рыхление мерзлых грунтов осуществляется взрывным и механическим способами. Первый из них рассмотрен выше.

Опыт работы в зимнее время показал, что механическое рыхление экономически выгодно в том случае, когда мерзлый грунт составляет не более 20–25 % общего объема выемки.

Разработка грунтов без предварительного рыхления экскаваторами с рабочим оборудованием драглайн с ковшем вместимостью 0,5 м<sup>3</sup> возможна при глубине промерзания до 10 см (минеральные) или 15 см (торфяные грунты), если не проведены работы по предохранению грунта от промерзания. Экскаваторами с ковшем вместимостью 0,65–1,0 м<sup>3</sup> – соответственно до 15 и 20 см. Экскаваторы с оборудованием обратная лопата могут разрабатывать слой мерзлого грунта на 5 см больше, чем с драглайном. Прямая разработка экскаваторами мерзлых грунтов большей толщины приводит к преждевременному износу и поломкам машин.

Рыхление мерзлых грунтов при толщине мерзлого слоя грунта до 0,7 м можно производить с помощью тракторных рыхлителей (рыхлители на тракторах класса 60–100 кН обеспечивают глубину рыхления 0,35 м) ходами, параллельными оси канала, а затем под углом 45° к ней. Крупные глыбы необходимо удалять с трасс канала корчевателем или бульдозером. При небольших объемах работ в этих же условиях можно использовать

гидромолоты как сменное оборудование одноковшовых экскаваторов с гидроприводом.

При глубине промерзания 0,4–0,5 м разрушение мерзлого грунта можно производить дроблением при помощи шар-молотов, а при глубине 0,6–0,8 м – скалыванием клин-молотами. Экскаваторы третьего типоразмера могут работать с молотом массой 0,5–0,8 т, четвертого – 1,5–2,0, пятого – 2,0–3,5 т.

Монолитность мерзлого грунта при строительстве каналов можно разрушить баровыми и дискофрезерными машинами, нарезая при глубине промерзания до 0,7 м продольные щели на расстоянии 0,7 м одна от другой, а при глубине свыше 0,7 м – и поперечные с расстоянием между ними 1,2 м.

При разработке грунта экскаватор движется вдоль оси канала при глубине промерзания до 0,45 м, при большей – перпендикулярно ей (зигзагообразно). Для рыхления на глубину до 1,0–1,3 м можно использовать дизель-молоты с массой ударной части 0,6–1,2 т, навешиваемые на трактор или экскаватор, при небольших объемах работ – буровые установки на тракторах МТЗ в комплексе с одноковшовыми экскаваторами (позволяют нарушить монолитность мерзлого грунта).

### **Технология строительства каналов в зимний период**

В подготовительный период к устройству каналов в зимнее время необходимо выполнить следующие работы: разбивка трасс; доставка машин, оборудования, стройматериалов, ГСМ; оборудование полевого стана для обогрева и питания рабочих, ремонтных и складских хозяйств; организация связи объекта с базой; проведение мероприятий по предохранению грунта от глубокого промерзания.

Технология зависит от глубины промерзания грунта и имеющихся машин для его рыхления и разработки. Необходимо заблаговременно подобрать труднодоступные в летний период участки с наименьшим промерзанием грунта. Объекты по возможности должны находиться вблизи дорог общего пользования на минимальном удалении от центральной производственной базы и населенных пунктов. Не рекомендуются объекты с погребенной древесиной и включением камней более 5–10 м<sup>3</sup>/га.

В качестве первоочередных следует выбирать объекты по переустройству и реконструкции сети на болотных массивах; естественные болота, покрытые кустарником, тростником, мхом или травой, с мощностью торфа свыше 0,5 м и стоянием грунтовых вод на уровне поверхности или близко к ней; заболоченные земли, заросшие кустарником и травой, с высоким стоянием грунтовых вод; чистые болота с высоким УГВ и малой плотностью торфа (до 100 кг/м<sup>3</sup>).

В зимний период целесообразно строить каналы с площадью поперечного сечения свыше 8 м<sup>2</sup>.

Трудоемкость и себестоимость разработки грунта экскаваторами зимой всегда больше, чем в летнее время, что обусловлено многими факторами: толщиной мерзлого слоя; размерами русла; средствами, применяемыми для рыхления; полнотой и своевременностью выполнения всего комплекса

подготовительных мероприятий. Рекомендуется откосы выполнять менее крутыми, глубину – на 0,1 м больше проектной, так как при оттаивании грунт на откосах оплывает, летом требуется очистка с доработкой откосов. Количество объектов должно быть минимальным, чтобы создать максимальную концентрацию машин.

В зависимости от глубины промерзания и прочности грунта предлагаются три технологические схемы (с использованием предзимнего рыхления) с рекомендациями:

ТС-1 при  $h \leq 0,7$  м,  $C \leq 15$  ударов динамического плотномера – очистка трассы от снега перпендикулярно оси канала, разработка экскаватором (ковш с зубьями);

ТС-2 при  $h \leq 0,5 \dots 0,7$  м,  $C = 16 \dots 40$  – очистка трассы от снега, рыхление рыхлителем РК-1,2 перпендикулярно оси канала, разработка экскаватором;

ТС-3 при  $h = 0,5 \dots 1,2$  м,  $C = 40 \dots 60$  – то же, но рыхление двумя слоями с удалением верхнего разрыхленного слоя бульдозером.

При всех технологических схемах возможно применение дискофрезерных или баровых машин с нарезкой продольных или продольных и поперечных (под углом  $60^\circ$  к оси канала) щелей с послойным рыхлением рыхлителем РУ-65-2,5 или РНТ-1 и перемещением разрыхленного грунта бульдозером на расстояние до 10 м.

Технология зимнего строительства каналов принципиально не отличается от летней. Если технологическая схема предусматривает строительство каналов в одну стадию одним или двумя – тремя проходками экскаватора, то строительство ведется полным сечением в зимнее время, расстояние между экскаваторами должно составлять 15–20 м (не более 1–2 суток), между экскаватором и бульдозером – 20–25 м. Зачистку откосов при этом выполняют сразу за экскаватором, пока грунт не промерз. При строительстве каналов в неустойчивых грунтах, когда технологическая схема предусматривает технологические перерывы, в зимнее время устраивается только пионерная траншея (первая стадия) одним, двумя проходками экскаватора или взрывом. Последующие стадии выполняются в летне-осенний период.

Разравнивание кавальеров, во избежание их промерзания, следует выполнять не позднее 1–2 суток после выемки грунта.

Во всех случаях – разравнивают грунт или нет – в кавальерах делают разрывы в пониженных местах для беспрепятственного стока поверхностных вод в канал. При необходимости в зимнее время допускается частичное разравнивание кавальеров с окончательной доработкой их в весенне-летний период.

## **6.6. Способы и технология строительства закрытого дренажа**

Известны три основных способа строительства дренажа: траншейный, узкотраншейный и бестраншейный.

**Траншейный способ** предусматривает укладку труб в заранее открытую траншею. Траншеи прокладываются экскаваторами непрерывного действия

(чаще всего) или одноковшовыми (при наличии камней диаметром до 35 см или погребенной древесины, в пльвунах) и при глубине укладки, недоступной для дреноукладчиков.

*Достоинства траншейного способа:* хорошие водоприемные свойства дрен; возможность визуального контроля и устранения препятствий и помех в ходе строительства дрены; возможность разделения технологических операций во времени; малая зависимость от грунтовых и других условий объекта; возможность использования легких машин различной мощности; практически неограниченная глубина прокладки дрен; наличие большого количества дреноукладчиков.

*Недостатки траншейного способа:* относительная сложность и низкая надежность машин; необходимость переработки сравнительно больших объемов грунтов (0,4–0,6 м<sup>3</sup>/п.м); невысокая рабочая скорость, а значит, невысокая производительность траншеекопателей (в среднем 50–60 м/ч на среднесписочную машину, или 40–45 км в год); необходимость обратной засыпки траншей; повреждение на трассах дрен плодородного слоя почвы (10–25 % осушаемой площади), что приводит к снижению урожайности.

В слабоводопроницаемых грунтах требуется большой объем фильтрующих засыпок, при этом их стоимость составляет около половины стоимости строительства, с учетом значительных транспортных затрат. К тому же наблюдается недостаток средств механизации, дефицитность материалов.

**Узкотраншейный способ** предусматривает укладку труб в траншею шириной 0,10–0,25 м. При этом в определенной мере сохраняются достоинства траншейного способа и ослабляются его недостатки, однако узкие траншеи трудно засыпать, усложняется устройство устьевых сооружений и исправление дефектов. Так, объем земляных работ сокращается на 40–50 %, на 50–70 % – объем фильтрующих засыпок, значительно меньше повреждается пахотный слой.

Особенно перспективен узкотраншейный способ в зимних условиях (при разработке мерзлых грунтов). Сокращение объемов подготовительных работ (утепление трасс, их вскрытие и разработка мерзлых грунтов специализированными машинами), составляющих значительную долю общих объемов строительства, позволяет существенно снизить стоимость прокладки дренажа в зимнее время. Узкотраншейный способ применяется в грунтах без каменистых и древесных включений.

При массовом строительстве дренажа наиболее перспективен **бестраншейный способ**. При этом резко снижаются объемы земляных работ, не требуется обратная засыпка. Главное *достоинство* – большая рабочая скорость (до 1,0–1,5 км/ч), что обеспечивает сменную выработку до 5 км и годовую – до 300 км. Исключается тяжелый физический труд, меньше объемы предварительного осушения, не требуется засыпка дренажа, нет потерь гумусового слоя, эффективность применения лазерной установки.

Применение этого способа позволяет решить проблему укладки дренажных труб при высоком уровне грунтовых вод.

*Недостатки бестраншейного способа:* пониженные водоприемные

свойства дрены (можно применять в грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 0,3 м/сут); невозможность визуального контроля и устранения повреждений дрены в ходе строительства; неудобство соединений дрен и устройства устьев; невозможность работы с включениями крупных камней и погребенной древесины; уплотнение и «зализывание» стенок щели; заиливание защитно-фильтрующего материала поверхностными мутными водами, проникающими через щель (заделка щели обработкой пахотного слоя).

### **Производство подготовительных работ**

Подготовка трассы включает разбивку, нивелировку и очистку трассы от лесокустарниковой растительности и камней, а при необходимости прокладку временных борозд для сброса поверхностных вод и рыхление грунта с извлечением погребенных (скрытых) камней.

При бестраншейном способе в состав подготовительных работ включается устройство приемков, предназначенных для опускания рабочего органа дреноукладчика у коллектора. Приемки устраиваются многоковшовым или одноковшовым экскаватором второго типоразмера.

Работы по подготовке трасс следует частично или полностью совместить с культуртехническими работами по освоению земель объекта, что позволит свести расходы на подготовку трасс к минимуму. Там, где осуществить это невозможно, подготовительные работы начинают с расчистки трасс для коллекторов шириной не менее 5 м с обязательной планировкой ее поверхности бульдозером за два прохода.

Рекомендуется соблюдать минимальный разрыв во времени между планировкой трасс и основными работами. В противном случае при выпадении обильных дождей трассы размокают, что отрицательно сказывается на проходимости дреноукладчиков.

По подготовленной трассе производят провешивание, разбивку пикетажа на расстоянии 1,65 м вправо от оси дрены, установку и нивелирование стоек копирного троса (рис. 6.7). Обычно стойки (упоры) выставляют через 10 м, а при уклонах более 0,007 интервал между ними допускается увеличивать до 20 м. Существенно, что трудоемкость установки копирного троса с выставлением стоек через 10 м составляет 10–12 % общей трудоемкости работ.

Копирный трос навешивается на штативы в соответствии с заданным уклоном, натяжение его осуществляется лебедкой, грузом или другим способом. Усилие натяжения влияет на стрелу провисания троса, а в соответствии с этим – на точность поддержания уклона. Ограничивается это усилие не столько прочностью троса, сколько податливостью в грунте концевых колец его крепления.

Высота  $h$  подвеса копирного троса над точкой пикета дрены (коллектора) определяется по формуле

$$h = K - H,$$

где  $K$  – постоянная (коэффициент) дреноукладчика;

$H$  – глубина дрены (коллектора) на пикете.

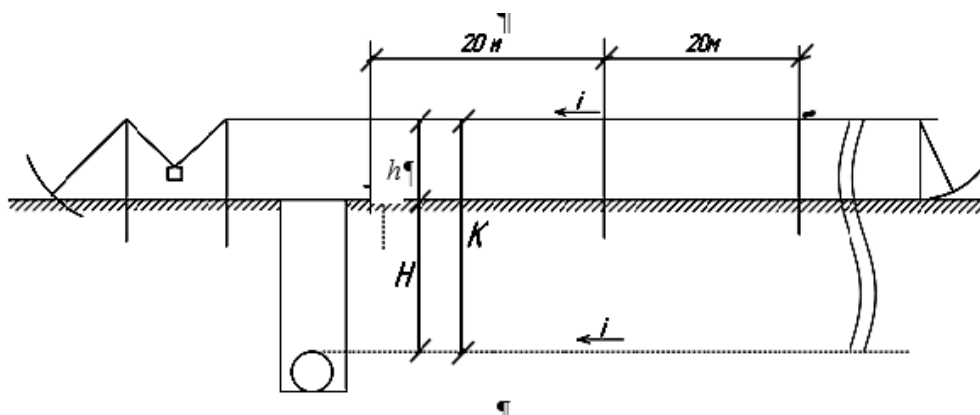


Рис. 6.7. – Схема установки копирного троса дреноукладчика

Постоянная (коэффициент) дреноукладчика определяется опытным путем при устройстве трех пробных траншей различной глубины, соответствующих минимальной (1,0 м), максимальной (1,8 м) и промежуточной (~ 1,4 м) глубинам устройства дренажа.

Пробные траншеи прокладываются длиной 5 м без уклона, после чего нивелированием определяется расстояние по вертикали от копирного троса до дна траншеи (превышение троса над дном). Измеренное расстояние и есть величина  $K$ , причем во всех трех случаях она должна быть одинаковой. Допускается отклонение  $\Delta K = 1$  см. Большая величина отклонений говорит о необходимости регулировки системы подвески датчика уклоноуказателя.

Для уменьшения трудоемкости по подготовке технических данных и для устранения искажений уклона из-за провисания тросика целесообразно применять специальное устройство – люнет, позволяющее увеличить расстояние между стойками до 30–50 м. Применение люнета облегчает работу звена многоковшового экскаватора, не требуется сильное натяжение тросика. Однако люнет практически невозможно применять при наличии камней, так как при встрече рабочего органа с камнем трос начинает колебаться, что вызывает ошибку по глубине траншеи.

Трудоемкость работ, связанных с обеспечением регулирования планового и высотного положений рабочего органа дреноукладчика в процессе укладки, можно снизить в 2–3 раза, используя лазерные указатели уклона. При их использовании отпадает необходимость в разбивке пикетажа и нивелировании трассы.

### **Основные работы при строительстве дренажа**

Основные работы при устройстве дренажа включают устройство траншей (прокладку щелей); укладку труб; защиту их от заиления; присыпку уложенных труб грунтом; проверку уложенных дрен; окончательную засыпку траншей.

В первую очередь начинают устраивать основные коллекторы – от канала к истоку (прежде всего устанавливаются устья), затем боковые коллекторы от основных, дрены от коллекторов. В начале устройства боковых коллекторов и дрен выполняют сопряжения. Отверстия в уложенных трубах коллекторов делают коловоротом или в керамических трубах пробивают специальным молотком. Одна его сторона коническая, другая клиновидная. Конической

прибивается отверстие, клиновидной выравниваются края. Первую трубу со специальным отверстием и закрытым торцом присоединяют с помощью пластмассовой муфты-фиксатора.

Если коллекторная труба для устройства отверстия не вынимается (отверстие устраивается в уложенной трубе), труба очищается от осколков специальной ложечкой. Узел соединения обкладывается боем керамических труб, а в местах, где грунт разжиженный и возможна просадка, подкладывают под трубы с плотной утрамбовкой камни или другие материалы.

Керамические трубы в траншею опускают по лотку бункера (для ЭТЦ-202 – диаметром до 150 мм). Рабочий-монтажник, находясь в бункере, поворачивает дренажные трубы вокруг оси, поправляя, приспособливая и прижимая одну к другой, чтобы зазор был минимальным.

При использовании пластмассовых водоприемно-соединительных муфт или пластмассовых труб исключаются необходимость поправки труб на дне траншеи и, следовательно, трудные условия работы трубоукладчика.

Пластмассовые трубы укладываются как бестраншейным, так и траншейным способом. При этом бухта трубы, защищенной фильтрующим материалом, устанавливается на барабан, труба пропускается через направляющие кольца с выпуском из трубоукладчика на длину 0,5–1,0 м и заякоривается прижимной вилкой. После укладки 8–10 м дрены на дно щели или траншеи выполняют ее сопряжение с коллектором посредством пластмассового тройника или через керамическую трубу, изолируют ЗФМ и засыпают место соединения растительным грунтом слоем 0,2 м.

В процессе укладки пластмассовой дрены труба прижимается к дну щели или траншеи специальным роликом, установленным в трубоукладчике (рис. 6.8).

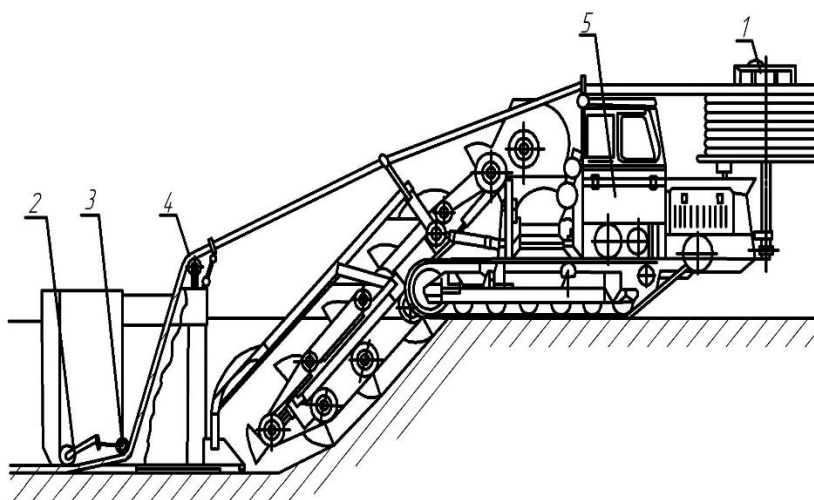


Рис. 6.8. Комплект приспособлений к дреноукладчику для укладки пластмассовых труб: 1 – барабан; 2 – прижимной ролик; 3, 4 – направляющие ролики; 5 – экскаватор-дреноукладчик

При приближении к истоку дрены труба обрезается, свободный торец закрывается заглушкой. Допускается перегиб конца трубы и обвязка мягкой проволокой.

В легких (песчаных и супесчаных) и пылеватых грунтах для предотвращения заиления труб пылевыми частицами их защищают стеклохолстом по схеме, предусмотренной проектом (две ленты, одна лента «чулок», подстилочная лента и полосы на стыки и т. д.).

Стеклохолст имеет ряд недостатков: со временем уменьшается его фильтрующая способность, при обкладке он пылит. Поэтому возможно использование фильтрующего материала, изготовленного из остатков синтетического волокна.

Защита от химического и биологического заиления осуществляется обработкой защитно-фильтрующего материала ингибиторами или добавкой их в околосредный грунт. В этом случае дрены укладывают на водонепроницаемую или обработанную ингибиторами подстилочную ленту и присыпают сначала слоем грунта толщиной 15–20 см, а затем смесью грунта с ингибитором (известь, гипс, медный огарок). Для этого ингибитор в пылевидном или жидком виде вносят в грунт кавальера со стороны внутреннего откоса с помощью механизмов, применяемых при известковании и удобрении полей.

**Присыпка уложенных труб.** Уложенные трубы присыпают пахотным слоем почвы толщиной не менее 20 см. Пахотный слой увеличивает поглощающую способность дрен, предохраняет трубы от заиления и предотвращает повреждения труб при засыпке. На присыпку труб расходуют значительный объем пахотного слоя почвы – примерно 60 м<sup>3</sup>/га. Столько же перемешивается с подпахотным слоем при разработке траншей. Однако заменять пахотную почву другим материалом невозможно, так как это ухудшит работу дренажа.

Присыпка осуществляется присыпателями на базе бульдозеров или приспособлением к дреноукладчику. Этот же бульдозер можно использовать для планировки трасс и засыпки траншей.

**Засыпка траншей.** После присыпки дрен и проведения контрольно-приемочных испытаний траншеи засыпают универсальным бульдозером за один или два прохода от верховья к устью не позже трех дней после укладки труб. Учитывая последующую осадку грунта, над траншеей оставляют резервный валик высотой 0,2–0,3 м.

### **Технологические схемы строительства дренажа**

**Строительство керамического дренажа** осуществляют по следующим технологическим схемам.

**ТС-1.** Применяется при УГВ ниже дна разрабатываемых траншей, когда вертикальный откос в связных грунтах находится в равновесии. После отрывки траншеи бригада трубоукладчиков может укладывать трубы в этих условиях как непосредственно вслед за экскаватором, так и отдельным способом, но без существенного разрыва между разработкой траншеи и

укладкой труб. Траншейные экскаваторы можно использовать в этих условиях на повышенных скоростях, причем укладывать трубы можно как через трубоукладчик, так и без него.

**ТС-2.** Применяется при положении УГВ на период строительства выше дна траншей. При этом использование экскаваторов при строительстве керамического дренажа ограничено в связи с возможным обрушением откосов и поступлением воды в траншею (обычно вода после отрывки траншеи начинает выступать со стенок и дна через 3–5 мин). В таких случаях трубы укладывают непосредственно вслед за экскаватором, не допуская разрыва между устройством траншеи и укладкой труб. Учитывая, что в процессе устройства траншей проектный уклон может быть выполнен с отклонениями, для уменьшения и исключения ручных работ по подчистке неровностей дна траншей трассы дрен тщательно планируют с удалением корней, пней, камней и других препятствий.

Стыки между трубами делают минимальными. Для этого трубы предварительно сортируют и подгоняют одну к другой. При использовании деформированных труб с косыми поверхностными торцами получаются недопустимо большие зазоры, которые вызывают преждевременное заиливание дрен.

Закрытые коллекторы глубиной более 2 м в водонасыщенных грунтах целесообразно строить при этом одноковшовыми экскаваторами. Технология устройства дренажа в этих условиях следующая. Экскаватор устраивает траншею, один рабочий подчищает неровности, другой по визиркам проверяет качество выполненного дна, третий укладывает трубы и обкладывает их фильтрующим материалом, четвертый и пятый засыпают траншею. Сменная выработка бригады – 300 м дренажа.

**ТС-3.** Применяется при устройстве дренажа в торфяных грунтах. В этом случае необходимо учитывать, что при осушении происходит неравномерная осадка торфа и применять короткие керамические трубы нельзя. В случае необходимости их применения трубы укладываются на деревянное основание из досок или брусков (стеллажи). Стеллаж укладывается с разрывом 4–5 м от экскаватора после подчистки и проверки дна и сбивается с ранее уложенным звеном. На соединенные звенья укладывают трубы, остальные операции те же, что при обычной укладке. При выравнивании стеллажа подсыпают неразмокаемый жесткий грунт (песок или гравий). При установке копирной линии (тросика или луча лазера) вносится поправка на толщину стеллажа.

Следует заметить, что устройство дренажа на стеллажах является весьма трудоемким и дорогостоящим, отличается тяжелыми условиями труда и низким уровнем механизации. В связи с этим большой интерес представляют различные конструкции водоприемно-соединительных пластмассовых муфт. Муфты обладают определенной эластичностью, позволяющей прохождение дренажной плети по спускному лотку трубоукладчика.

Использование муфт позволяет вести укладку дренажных линий в порядке, предусмотренном ТС-2. Существенно также то, что при этом возможна укладка дренажа узкотраншейным способом. Для неустойчивых

грунтов разработана также конструкция дренажной плети, которая собирается из керамических труб и соединительных муфт на поверхности дренажной трассы до начала процесса разработки дренажной траншеи. Сборка дренажной линии осуществляется с помощью муфт внутренней или внешней стыковки, гибкого армирующего элемента, состоящего из металлического или капронового троса с пружинными вставками и фиксирующей арматуры.

**ТС-4.** Применяется при устройстве дренажа в пльвунах, где обычная технология невозможна. Если позволяют условия, дрены укладывают над прослойками пльвуна. В противном случае проводят предварительное осушение с понижением УГВ ниже дна дрен.

Каналы предварительного осушения выполняются в три этапа: на первом этапе каналы устраиваются через один от проектной трассировки, на втором – через 1–2 месяца – в промежутке между ними, на третьем – еще через 1–2 месяца – углубляются каналы, выполненные на первом этапе.

После этого одноковшовым экскаватором устраивается траншея и на ее дно или на «полку» укладываются дренажные трубы. Стенки траншеи для предотвращения обрушения крепятся опалубкой из досок с распорками. Зазоры в стыках труб допускаются не более 1 мм, защищаются мхом, дерниной (травой вниз) и сверху присыпаются пахотным слоем.

Для понижения УГВ в исключительных случаях можно использовать также иглофильтровые установки.

**ТС-5.** Применяется при устройстве дренажа в грунтах, засоренных камнями. По степени сложности мелиоративного строительства в зависимости от генезиса (происхождения), механического состава грунтов, закаменности, а также рельефа выделяют четыре основные категории сложности района.

На объектах I категории (при наличии камней до 5 м<sup>3</sup>/га) дренаж строят по обычной технологии.

На объектах II и III категорий при наличии валунов соответственно от 5 до 25 и от 25 до 100 м<sup>3</sup>/га также используются экскаваторы-дреноукладчики. Для удаления поверхностных и скрытых камней применяют корчеватели или рыхлители.

В грунтах IV категории (включение валунов более 100 м<sup>3</sup>/га) дренаж строят одноковшовыми экскаваторами с укладкой труб на дно траншеи или на «полку» (в водонасыщенных грунтах). Ложе для труб следует дорабатывать вручную.

**Строительство бестраншейного пластмассового дренажа** в зависимости от условий производства работ осуществляется в соответствии со следующими технологическими схемами (ТС) (рис. 6.9).

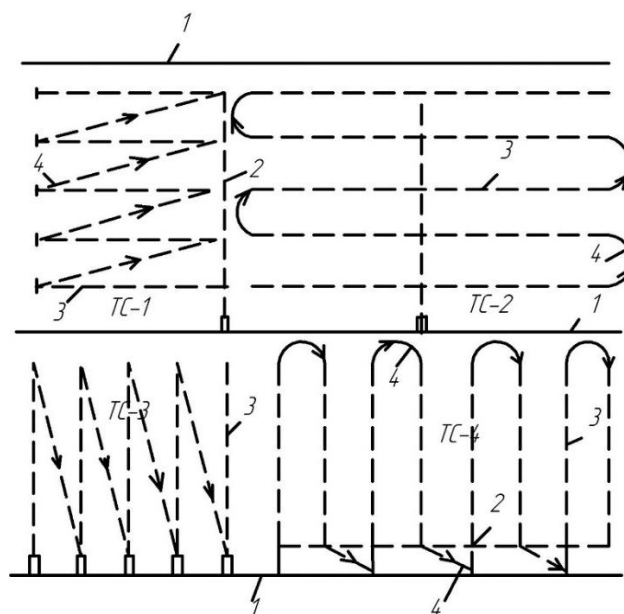


Рис. 6.9. – Технологические схемы устройства закрытого дренажа:  
 1 – открытый канал; 2 – закрытый коллектор; 3 – бестраншейная дрена; 4 – холостой ход дреноукладчика

**ТС-1.** При работе по этой схеме для заглубления рабочего органа дреноукладчика до отметок коллектора в устье дрены многоковшовым или одноковшовым экскаватором устраивается приямок (рис. 6.10) с недобором 5–10 см и ручной доработкой. Следует заметить, что устройство приямков связано с большими неудобствами и резко снижает производительность бестраншейных дреноукладчиков, которые вынужденно простаивают в период подготовительных работ. Заблаговременная подготовка приямков в большинстве случаев невозможна из-за их обрушения. В результате для обслуживания одного бестраншейного дреноукладчика требуется два траншейных: один – для прокладки коллекторов, а другой – для устройства приямков. Затраты времени на устройство приямков составляют 20–35 % времени строительства всей дрены. В связи с этим предпочтительнее схема (ТС-3), при которой бестраншейная дрена непосредственно впадает в открытый канал (однако требуется большее количество устьев, что приводит к большей длине открытой сети и увеличивает трудоемкость). Устье может быть простейшим – асбестоцементная или гладкая пластмассовая труба длиной 1,5 м с одерновкой откоса шириной до 1 м. Схема удобна в эксплуатации, так как можно наблюдать за работой каждой дрены.

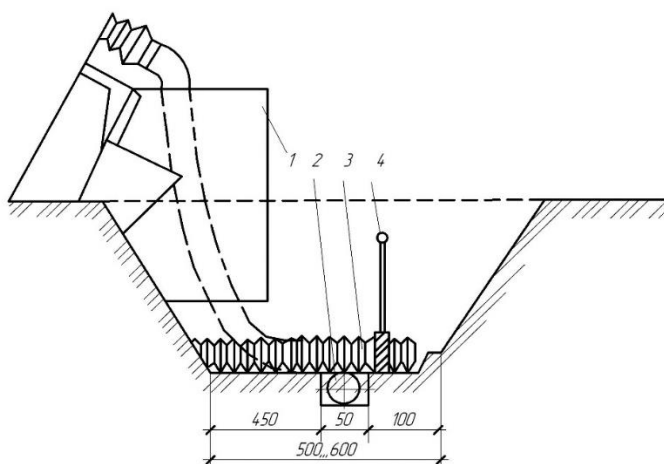


Рис. 6.10. Прямок:  
 1 – бункер дреноукладчика; 2 – коллектор; 3 – пластмассовая труба;  
 4 – прижимная вилка

**ТС-2.** В ряде производственных организаций в случае двухстороннего впадения дрен в закрытый коллектор под прямым углом применяется «глухая» прокладка дрен (если дрены укладываются до укладки коллектора при запаздывании работы по коллекторам (при этом меньше длина холостых перегонов). В этом случае укладку дрены начинают от ее истока без отрывки прямков и заканчивают в истоке противоположной дрены. Затем экскаватором-дреноукладчиком устраивается коллектор. Ковши экскаватора перерезают пластмассовые трубы в створе коллектора, которые при помощи дополнительных вставок и тройников соединяются с коллектором.

Применять эту схему следует осторожно, а именно, при отсутствии гравитационной воды в дренируемом слое, если УГВ залегает ниже коллекторов, в противном случае из-за интенсивного поступления воды в траншею невозможно осуществлять качественное присоединение дрены к коллектору; требуется особо точное выдерживание глубины дрен в створе коллектора.

Представляет интерес схема **ТС-4**, при которой бестраншейные дрены через одну укладываются от канала, а промежуточные сопрягаются с модульным коллектором, устраиваемым после укладки дрен. Схема отличается отсутствием прямков, минимумом холостых переездов.

## 6.7. Виды ремонтных и эксплуатационных работ на дренажных системах

Ремонт закрытого дренажа приходится выполнять при необходимости очистки его от наносов и корней растений, при повреждении дренажных труб, устьев, смотровых и поглощающих колодцев. К ремонту дренажа можно приступать после ремонта открытых собирателей, освобождая устья от подпора воды, затем – ремонтируют смотровые и поглощающие колодцы, после чего – дренажные линии.

На подготовительном этапе выполняют поиск и трассировку на местности дренажных линий. Для этого используется картографический материал и имеющиеся сооружения – устья коллекторов, смотровые и поглотительные колодцы. В случае, если дренажные устья не сохранились, занесены наносами, заросли травой, их местонахождение устанавливают по косвенным признакам – выклиниванию воды на откосе канала, наличию на откосе промоин, понижений, отложений железистых соединений и др.

При наличии картографического исполнительного материала по углу, измеренному на исполнительном (проектном) плане между кол-лектором и каналом, а также ориентируясь по смотровым и поглотительным колодцам, определяют предполагаемую трассу коллектора и закрепляют ее вешками.

Кроме того, трассы дренажных водотоков можно отыскать по материалам аэрофотосъемки – полосы поверхности почвы, прилегающие к закрытому коллектору, на снимке отмечаются более светлым оттенком, отыскиваемая дренажная линия проходит по центру светлой полосы.

Существенно также, что над коллектором почва более сухая, наблюдается выраженный микрорельеф с линейными впадинами, возможными промоинами. Дренажная засыпка в сравнении с естественным грунтом имеет меньшую плотность, что можно обнаружить шу-пом. Положение закрытых дрен определяют по расстоянию первой дрены от канала и междренним расстоянием.

Положение трасс дрен и коллекторов уточняется устройством поисковых траншей в верховьях дренажных линий поперек их предполагаемых осей. Поисковые траншеи прокладываются одноковшовым или многоковшовым экскаватором на глубину, меньшую глубины дрены, во избежание повреждения дренажных труб. По длине поисковой траншеи анализируется однородность грунта, выявляется возможное наличие осколков керамических труб и другие характерные признаки. Точное положение дренажной линии устанавливается зондированием щупом вдоль поисковой траншеи.

По результатам обследования составляют схему закрытой сети, включающую все элементы – открытые каналы, устья, коллекторы, дренажи, смотровые и поглотительные колодцы, другие сооружения и коммуникации.

Существуют многочисленные способы и приборы обнаружения мест повреждений трубопроводов, в том числе и дренажных линий, однако их практическое применение при ремонте дренажа ограничено, во-первых, их сложностью, во-вторых, не всегда востребованностью в применении. Так, если при промывке дренажной линии встречается непреодолимое препятствие, место его расположения определяется по длине промывочного шланга, находящегося в этот момент в дрене (коллекторе).

Основной этап предусматривает промывку дренажных линий при заилении или заохривании труб рыхлым наилком до 80 % их сечения, ликвидацию повреждений. Оптимальная область промывки дренажных линий при заилении полости дрен диаметром до 100 мм – до 50 %, коллекторов диаметром более 100 мм – до 30 %.

Промывка дренажных линий осуществляется машинами Д-910А, УПД-

120 Пинского завода средств малой механизации или ДП-10А конструкции РУП «Институт мелиорации».

Технологический процесс очистки закрытых водотоков начинают из устья коллектора и постепенно передвигаются к его истоку. При промывке дренажных коллекторов диаметром 150 мм и более и незначительном заилении (до 1/3 сечения) ее можно вести сверху вниз.

Для ведения работ дренапромывочную машину устанавливают на противоположной от устья стороне канала так, чтобы барабан со шлангом располагался в створе коллектора (рис. 6.11). Разматывая шланг с барабана, вводят промывочную головку со шлангом в полость коллектора и под напором подают воду. Рекомендуемое давление в головке при заилении полости более 50 % – 1,5–2,0 МПа, при меньшей степени – 1,0–1,5 МПа. Под действием реактивной силы струи воды промывочная головка со шлангом продвигается вперед, размывая отложения в коллекторе, которые в смеси с водой стекают в сторону устья. При необходимости рабочий подталкивает шланг, помогая продвижению промывочной головки по коллектору. При степени заилениа более 50 % от площади сечения промывают участок длиной 20–30 м от устья и при работающем насосе извлекают шланг из устья. Затем выполняют очередной проход на 40–60 м с последующим извлечением шланга до устья и т. д.

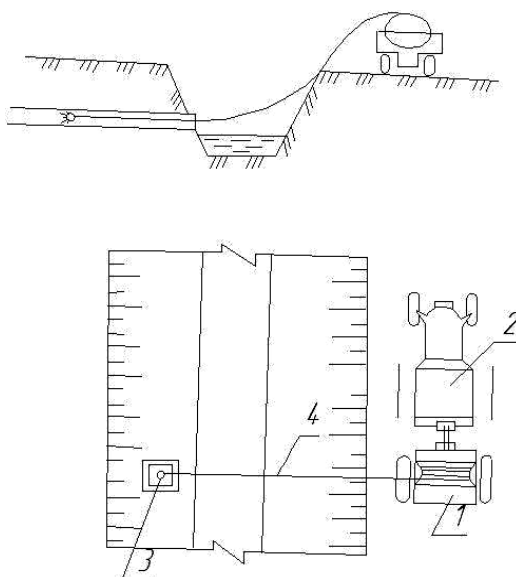


Рис. 6.11. – Схема промывки закрытого коллектора:

1 – дренапромывочная машина; 2 – трактор;

3 – устье; 4 – напорный шланг

При степени заилениа менее 50 % число проходов может быть уменьшено, а их длина увеличена.

При остановке головки (встреча с препятствием) шланг следует от-тянуть назад и снова проталкивать вперед, повторяя эту процедуру до ликвидации препятствия.

Если препятствие непреодолимо, шланг извлекают из коллектора и,

ориентируясь по меткам на нем, определяют место расположения препятствия на местности. Для этой цели может быть использовано поисковое устройство ПКТ-110 (РУП «Институт мелиорации»). Вскрыв коллектор, извлекают несколько дренажных труб и устанавливают причину остановки при промывке. Закупоренные отложениями или корневищами трубы очищают и укладывают на место. Разрушенные трубы заменяют новыми, а сдвинутые поправляют, после чего стыки защищают фильтрующим материалом и присыпают трубы грунтом вручную слоем 0,10–0,15 м, далее продолжают промывку. Если длина коллектора больше длины шланга, дальнейшую промывку выполняют следующим образом.

В конце промытого участка на трассе коллектора устраивают шурф длиной 1,5–2,0 м, шириной 1,0 м, с недобором до труб 5–10 см, а рядом с ним – приямок с заглублением на 0,5 м относительно коллектора (рис. 4.13). Вынимают две – три трубки, торец промытой части коллектора защищают сеткой с ячейками размером не более 5 × 5 мм. Дрено-промывочную машину устанавливают у шурфа так, чтобы ось барабана была перпендикулярной направлению коллектора и продолжают промывку в порядке, аналогичном описанному. Независимо от длины штатного шланга дренопромывочной машины фактическая длина промываемого участка обычно не превышает 120 м (при промывке коллектора диаметром 75 м) из-за его скручивания и трения о внутреннюю полость труб.

Продукты промывки собираются в приямке, частично осветленная вода через сетку уходит в промытый ранее участок коллектора. Возможно удаление воды из приямка-отстойника откачкой насосом. В таком случае вместо сетки торец промытого ранее участка коллектора закрывают пробкой (заглушкой). Восстанавливают коллектор укладкой ранее извлеченных труб на искусственное уплотненное основание из песка или гравия, а в случае неустойчивого грунта – на деревянные стеллажи.

Регулирующие дрены промывают в аналогичном порядке, начиная от мест сопряжения дрен с коллектором (рис. 4.14).

Очистка сооружений на закрытых системах – колодцах смотровых, поглочительных и др. – осуществляется механизированным или полумеханизированным способом.

Существуют машины и технологии, основанные на размыве и захвращении гидросмеси (вода и грунтовый осадок) в колодце потоком воды, подаваемой в сооружение. Гидросмесь отсасывается из колодца и отстаивается в специальной емкости, откуда осветленная вода направляется для повторного использования.

Если к очищаемому колодцу примыкают коллекторы, перед промывкой колодца их закрывают заглушками во избежание заиливания.

## 6.8. Технология строительства закрытых напорных трубопроводов

Трубопроводы широко используют в закрытых оросительных системах, для водоснабжения, отвода использованных и избыточных вод. Их устраивают из различных материалов: металлических и неметаллических.

Стальные трубопроводы применяют для устройства трубопроводов в условиях высокого рабочего давления и температур транспортируемого продукта, при больших статических или динамических нагрузках, заболоченных и других слабых и насыщенных водой грунтах, а также на дне водоемов. Наружные трубопроводы укладывают в грунт ниже глубины промерзания. Временные трубопроводы и трубопроводы, используемые только в летний период, укладывают на меньшую глубину.

Строительство трубчатых водоводов складывается из следующих процессов: геодезическая разбивка трасс; подготовительные работы на трассах трубопроводов; завоз материалов и оборудования для строительства; разработка грунта в траншеях под трубы; крепление при необходимости откосов траншей; монтаж трубопровода с соединением звеньев и заделкой стыков; гидроизоляция металлических трубопроводов; предварительные испытания смонтированных участков; засыпка траншей и уплотнение грунта в них; окончательное испытание трубопровода; монтаж вантузов и гидрантов.

*Подготовительные работы.* Заключаются в расчистке полосы от деревьев, кустарника, пней, валунов с помощью обычных механизмов, применяемых для этих целей: мотопил, корчевателей, кусторезов, бульдозеров. Трассу освобождают от сооружений и построек, подлежащих сносу или переносу на новое место.

*Разработку грунта в траншеях* под трубопроводы ведут в соответствии с проектной глубиной заложения труб. Ширину траншеи назначают с учетом диаметра труб и запаса от 0,3 до 1,2 м, в зависимости от материала труб, способа соединения стыков и укладки труб. Минимальная ширина траншей по условиям техники безопасности составляет 0,7 м. При большой глубине траншей и во всех неустойчивых грунтах предусматривают уположение откосов либо крепление стенок.

Для разработки грунта в траншеях следует использовать специализированные траншейные многоковшовые экскаваторы с цепным или роторным рабочим органом. В тех случаях, когда необходимые размеры траншеи превышают предельную глубину и ширину разработки траншейными экскаваторами, применяют одноковшовые экскаваторы обратной лопата или драглайн.

Для прокладки трубопроводов диаметром до 0,2 м на небольшую глубину (до 1 м) траншеи можно отрывать плужными каналокопателями на тяге нескольких тракторов.

*Крепление вертикальных стенок траншей* выполняют в неустойчивых грунтах и когда глубина траншей превышает допустимую по правилам безопасности ведения работ. Для крепления обычно применяют древесину

(доски, брусья, жерди, деревянные щиты), реже листовые материалы (фанеру, стальные волнистые листы).

*Монтаж трубопроводов* выполняют в траншее после подготовки и проверки основания.

При укладке звеньев труб необходимо соблюдать следующие требования: грунт основания должен быть ненарушенной структуры, дно траншеи должно иметь проектные отметки, каждое звено трубопровода должно плотно соприкасаться с основанием по всей длине, недоборы грунта по дну траншеи (до 5–10 см) должны быть ликвидированы, случайные переборы должны быть устранены засыпкой (песком, щебнем, гравием) с тщательным уплотнением, уклоны дна траншей для самотечно-напорных линий закрытых оросительных систем должны быть не менее 0,003, на слабых грунтах (болотистых, плавунных, пучинистых) обязательна подготовка основания из слоя песка, гравия, щебня толщиной 0,1–0,25 м.

При монтаже трубы соединяют в одну нитку трубопровода, обеспечивая его герметичность в стыках. Одновременно с трубами следует монтировать фасонные части и арматуру на линии трубопровода (кроме вантузов и гидрантов). При монтаже в более поздний срок затрудняется и усложняется соединение фасонных частей, а также герметизация соединений.

В зависимости от материала труб и конструкции стыков применяют различные *способы их соединения и герметизации*. Стальные и полиэтиленовые трубы соединяют чаще всего сваркой, их соединяют в секции (плети) длиной до 100–200 м на поверхности земли рядом с траншеей или на подкладках над траншеей, после чего опускают в готовую траншею. Трубы большого диаметра соединяют только в траншеях. Все остальные трубы и соединения не выдерживают деформации при изгибе и их стыки заделывают непосредственно в траншее. Опускать трубы в траншею можно с помощью передвижных кранов, кранов-трубоукладчиков на базе гусеничных тракторов, треног с лебедками, а также – вручную. При использовании треног необходимо: над траншеей уложить брусья-поперечины; закатить на них трубу; установить треноги над траншеей; приподнять трубу; убрать брусья-поперечины; опустить трубу на дно траншеи. Треноги применяют при небольших объемах строительных работ.

Уложенные на дно трубы тщательно центрируют с помощью простейших приспособлений, изготавливаемых на месте (ломики, рычаги, центраторы), и сразу выполняют соединение и герметизацию. Наибольшее распространение в практике строительства трубопроводов получили соединения: сварные (для стальных труб), раструбные (для бетонных, железобетонных и керамических труб), муфтовые (для асбестоцементных труб).

*Герметизацию* раструбных соединений проводят смоляными или битумизированными пеньковыми прядями или резиновыми кольцами круглого или специального сечения (самоуплотняющиеся).

*Асбестоцементные трубы* чаще всего соединяют муфтами с резиновыми кольцами. Для правильного монтажа на концах соединяемых труб делают разметку и устанавливают резиновые кольца. После тщательной центровки

труб надвигают муфту в рабочее положение. При диаметре труб до 125 мм это выполняют ломиками, а при больших диаметрах – рычажными устройствами, винтовыми или гидравлическими домкратами.

*Засыпку траншей* после монтажа труб следует выполнять в летнее время в два этапа. Вначале необходимо засыпать приямки, сделанные под стыками для удобства монтажа, и подбить грунт под бока труб с тщательным уплотнением. Одновременно нужно засыпать трубы сверху на 0,3–0,5 м, оставляя открытыми все стыки. Дальнейшую засыпку ведут после предварительного испытания трубопровода и устранения всех выявленных дефектов. Засыпку на первом этапе следует вести вручную либо грейферными ковшами экскаваторов. Для окончательной засыпки применяют бульдозеры или специальные траншеезасыпатели. Засыпку ведут послойно с уплотнением грунта механизированными ручными трамбовками. При строительстве трубопроводов в зимнее время вслед за отрывкой грунта выполняют монтаж труб, а затем ведут подсыпку и засыпку траншей на всю глубину до замерзания грунта в отвалах. Предварительные испытания трубопроводов в зимнее время проводят пневматическим способом.

*Гидроизоляция и антикоррозийная защита стальных труб* предохраняет их от преждевременного разрушения и выхода из строя. Гидроизоляция является надежным способом защиты стальных труб, ее тип и конструкцию выбирают при проектировании трубопроводов с учетом свойств материала и агрессивности окружающей среды в грунте.

В качестве дополнительных средств применяют электрозащиту, обеспечивающую сохранность металла.

Технология гидроизоляции стальных труб определяется видом и свойствами принятых для гидроизоляции материалов. Для снижения трудоемкости и повышения качества гидроизоляцию стальных труб следует проводить в стационарных условиях (на заводах-изготовителях труб, в цехах предприятий, ПМК). На месте устройства трубопроводов допускается делать гидроизоляцию только при небольших объемах работ.

В стационарных условиях заводов, цехов, мастерских применяют стендовый способ со специальным оборудованием, обеспечивающим непрерывно-поточную технологию нанесения гидроизоляционного покрытия. В полевых условиях изоляционные покрытия наносят на отдельные звенья труб или предварительно сваренные в плети и уложенные вдоль траншей участки трубопроводов.

Большинство гидроизоляционных материалов для труб применяют в разжиженном виде, что и предопределяет способ их нанесения на поверхность. Применяют методы окраски распылением сжатым воздухом, кистями, поливкой, погружением всей трубы в ванну (только в стационарных условиях).

Устройство гидроизоляционного покрытия из битумных мастик требует выполнения следующих операций: очистки от грязи, ржавчины механическим или химическим способом; наложения слоя грунтовки толщиной 0,1–0,2 мм из разжиженного битума; нанесения слоя мастики толщиной 1,5–2,0 мм;

намотки слоя стеклоткани с перекрытием; нанесения второго слоя мастики; обертки слоем прочной тарной бумаги для защиты покрытия от повреждения. Усиленная и весьма усиленная гидроизоляция образуется путем обмотки двумя и тремя слоями стеклоткани с нанесением мастики между каждым слоем.

При устройстве гидроизоляции контролируют: равномерность толщины покрытия, отсутствие пропусков, отслоений, пузырей, механических повреждений. Не допускаются подтеки, сгустки, «сосульки». Контроль осуществляют визуально или с применением электрических приборов, оценивающих качество по электрическому сопротивлению изоляционного слоя. Все выявленные дефекты устраняют до засыпки траншей.

*Испытания трубопроводов* проводят для проверки прочности и герметичности труб и стыков одним из двух способов: гидравлическим или пневматическим. С этой целью испытываемые участки трубопровода длиной до 1 км оборудуют приборами для поднятия давления до испытательного и манометрами.

Испытательное давление при гидравлическом способе превышает рабочее обычно на 0,3–0,5 МПа и позволяет оценить не только прочность трубопровода, но и размер утечек из него.

Пневматический способ испытания менее надежен и более опасен. Его применяют в безводных районах, а также зимой, когда вода замерзает. Герметичность трубопровода при пневматических испытаниях оценивают по падению давления воздуха за нормированный промежуток времени.

### **Технология устройства траншей и оснований под трубопроводы**

Перед укладкой трубопровода проверяют глубину и уклоны дна траншеи, крутизну откосов, правильность установки крепления траншеи, обращая особое внимание на плотность прилегания щитов к стенкам траншей.

Необходимым условием для надежной эксплуатации трубопровода является укладка его на проектную отметку с обеспечением плотного его опирания на дно траншеи по всей длине, а также сохранность труб и их изоляции при укладке. Поэтому подготовке траншей к укладке труб следует уделять особое внимание. При прокладке трубопроводов в городских условиях траншею часто пересекают действующие подземные коммуникации (трубопроводы, кабели). Если они находятся ниже строящегося трубопровода, то это не осложняет его прокладку, а если выше, то необходимо принимать меры по заключению их в специальные короба с надежным креплением. Пряжки в траншеях для заделки раструбных и муфтовых стыковых соединений, а также сварки неповоротных стыков стальных труб отрывают для труб диаметром до 300 мм непосредственно перед их укладкой, а для труб больших диаметров – за 1–2 дня до их укладки.

Трубопроводы в системах водоснабжения и водоотведения укладывают на естественное или искусственное основание.

При естественном основании трубы укладывают непосредственно на грунт ненарушенной структуры, обеспечивая поперечный и продольный профиль основания по проекту.

При несущей способности грунтов оснований менее 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) необходимо устраивать искусственные основания – бетонные или железобетонные, сборные лекальные, свайные. Для увеличения плотности грунтов оснований широко применяют метод уплотнения.

Несущая способность труб в значительной мере зависит от характера опирания их на основании. Так, трубы, уложенные в грунтовое ложе с углом охвата 120°, выдерживают нагрузку на 30–40 % большую, чем трубы, уложенные на плоское основание. При укладке труб на искусственное бетонное основание с углом охвата 120° несущая способность труб повышается в 1,7 раза и более.

Кроме того, величина угла охвата для одних и тех же условий влияет на несущую способность труб.

Устройство основания – один из главных факторов, обеспечивающий долговечность и надежность эксплуатации трубопроводов.

При укладке железобетонных труб больших диаметров (1,5–3,5 м) в песчаных грунтах устраивается ложе без нарушения естественной структуры грунта, которое должно охватывать 1/4–1/3 поверхности трубы. В глинистых грунтах трубы укладывают на песчаные подушки толщиной 0,1–0,3 м. В тех случаях, когда трубопроводы прокладывают в твердых (скальных) грунтах, необходимо устройство песчаной подушки с тщательным уплотнением толщиной не менее 0,1 м над выступающими неровностями основания.

Для укладки труб в недостаточно устойчивых сухих грунтах на дно траншеи отсыпают слой из гравия, гравийно-песчаной смеси или песка толщиной не менее 0,1 м на всю ширину траншеи. На этом слое устраивают бетонную подливу в виде лотка высотой не менее 0,1 м наружного диаметра трубы и толщиной в средней части ее не менее 0,1 м. В водонасыщенных грунтах железобетонные трубы больших диаметров укладывают на бетонное основание, располагаемое на гравийно-песчаной или щебеночной подготовке толщиной 0,20–0,25 м с устройством в ней дренажной линии. В грунтах и плавунах, плохо отдающих воду, бетонное основание укладывают на железобетонные плиты, которые, в свою очередь, кладут на щебеночную подготовку.

Если водонасыщенные грунты содержат органические включения или являются слабыми и могут вызывать неравномерные осадки, устраивают жесткие основания в виде ростверков на сваях.

Железобетонные трубы диаметром 2–3,5 м рекомендуется укладывать на сборные основания (лекальные блоки или плиты с подбетонкой стула). Кроме того, под такие трубы основания выполняются также из плит и брусьев, соединяемых между собой сваркой, с замоноличиванием стыка бетоном.

При прокладке трубопроводов в сухих пучинистых грунтах искусственное основание под ними выполняют в виде песчаной подушки слоем 0,20–0,25 м на предварительно уплотненном пучинистом грунте.

Согласно ТНПА основание под трубопроводы должно быть принято заказчиком и оформлено актом на скрытые работы. В процессе устройства основания необходимо проверять соответствие продольного и поперечного уклонов проектным данным путем нивелирования дна траншеи. При устройстве ложа необходимо шаблоном проверять его глубину и угол охвата. При гравийно-щебеночном основании измеряют толщину его отдельных участков.

При устройстве бетонного основания проверяют все его элементы: толщину и высоту на уровне лотка трубы, марку бетона. В железобетонных монолитных основаниях контролируют укладку арматуры и соответствие ее проекту. При производстве работ в зимнее время необходимо следить, чтобы в момент укладки грунт не был заморожен.

### **Технология монтажа трубопроводов**

*Монтаж трубопроводов из полимерных (пластмассовых) труб.* Для прокладки трубопроводов системы водоснабжения и канализации используют преимущественно трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД), высокого давления (ПВД) и из поливинилхлорида (ПВХ), причем для целей водоснабжения применяют полиэтиленовые трубы.

*Типы соединений пластмассовых труб и способы их устройства.* При прокладке наружных водопроводов из ПНД и ПВД основным способом соединения труб является их сварка нагревательным инструментом встык. При устройстве самотечных трубопроводов канализации трубы из ПНД соединяются таким же способом.

Трубы из ПВХ соединяются в основном на клею враструб. Однако учитывая, что требуется тщательная очистка склеиваемых поверхностей и аккуратное нанесение клея, не допускаются деформации стыков, наблюдается воздействие клея на долговременную прочность ПВХ, а в процессе работ выделяются вредные вещества. В последнее время для соединения труб из ПВХ широко используются раструбные соединения, уплотняемые резиновыми манжетами различного профиля, а также кольца круглого сечения. В этом случае трубы выпускаются с раструбами, имеющими внутри кольцевые пазы. Для присоединения пластмассовых труб к металлическим применяются преимущественно фланцевые соединения. В местах прохода канализационных труб из ПВХ через стенки колодцев в качестве гильз используются соединительные муфты с одним резиновым кольцом.

Сварка полиэтиленовых труб, чаще всего контактная, осуществляется встык (стыковая), в раструб с литыми фасонными частями и в формовочный раструб (раструбная сварка). При сварке труб особо следует обращать внимание на наружный диаметр труб и их эллипсность (овальность). При стыковой сварке максимальное несовпадение кромок не должно превышать 10 % толщины стенки. Концы труб при раструбной сварке должны иметь наружную фаску под углом 45°.

Контактная сварка труб осуществляется в такой последовательности: установка и центрирование труб в зажимном центрирующем приспособлении;

торцовка труб и обезжиривание торцов; нагрев и оплавление свариваемых поверхностей; удаление сварочного нагревателя; соединение разогретых свариваемых торцов труб под давлением (осадка); охлаждение сварного шва под осевой нагрузкой. Для получения прочных и качественных стыков труб необходимо строго соблюдать основные параметры сварки – температуру и продолжительность нагрева, глубину оплавления, контактное давление при оплавлении и осадке.

Склеивание поливинилхлоридных (винипластовых) труб осуществляется в основном в раструб.

*Процесс склеивания труб и соединительных частей из ПВХ* состоит из подготовки концов труб и раструбов под склеивание, склеивание и отверждение соединений. Склеиваемые поверхности труб и раструбов обезжиривают метиленхлоридом. После этого клей наносят тонким слоем на раструб и толстым – на конец трубы. Склеивать трубы и фасонные части можно при температуре наружного воздуха не ниже 5 °С. Склеенные стыки в течение 5 мин не должны подвергаться никаким механическим воздействиям. Склеенные плети и узлы перед монтажом должны выдерживаться не менее 24 ч после склеивания.

*Соединение труб из ПВХ на раструбах с резиновыми кольцами.* Напорные раструбные трубы в траншее соединяют в следующем порядке: очищают от грязи и масел гладкий конец и раструб соединяемых труб; на гладком конце карандашом или мелом размечают глубину вдвигания его в раструб; в паз раструба вставляют резиновое кольцо, смазывают его и гладкий конец жидким мылом, после чего вдвигают его в раструб до отметки.

При соединении безнапорных канализационных труб из ПВХ наряду с раструбом применяют муфты. Технология их соединения с использованием резиновых колец аналогична вышеописанной. Для сборки раструбных соединений напорных и канализационных труб применяют натяжные приспособления.

*Оборудование для сварки и монтаж пластмассовых трубопроводов.* Для сварки труб из полиэтилена разработаны и выпускаются передвижные установки и монтажные приспособления.

Укладка пластмассовых трубопроводов в траншею выполняется по двум основным схемам организации сварочно-монтажных работ – базовой и трассовой. При базовой схеме сварку труб выполняют вблизи объектного их склада с предварительным соединением труб в секции длиной до 18–24 м и более, которые доставляют на трассу и там их спаривают в плети или непрерывную нитку для укладки в траншею. При трассовой схеме трубы раскладывают вдоль траншеи и сваривают с применением передвижных сварочных установок в непрерывную нитку методом наращивания.

*Укладка трубопроводов отдельными трубами.* Перед укладкой трубы тщательно осматривают и отбраковывают. Количество раскладываемых вдоль траншеи труб зависит от достигнутой сменной выработки. Трубы на берме траншеи часто сваривают в секции или плети, которые затем опускают в траншею на мягких полотенцах. Однако в производственных условиях,

особенно в зимний период, монтаж трубопроводов ведут из отдельных труб и соединяют их в траншее склеиванием их на резиновых кольцах методом наращивания.

Укладка звеньями (секциями) и плетями позволяет значительно сократить количество сварных стыков на трассе, повысить производительность труда, темпы прокладки трубопровода и качество работ.

Секции доставляют на трассу и раскладывают вдоль траншеи.

Плеть в траншею опускают вручную (при небольшом диаметре труб) или с помощью кранов. Укладывать плеть в траншею допускается не ранее, чем через 2 ч после сварки последнего стыка. Опускают ее в траншею плавно с помощью пеньковых канатов, мягких полотенец или ремней, располагаемых на расстоянии 5–10 м друг от друга, не допуская резких перегибов плети. Сбрасывать сварные плети на дно траншеи не допускается.

Прокладка пластмассовых трубопроводов больших диаметров (до 1000 мм и более) производится способом протягивания плети по дну траншеи или опускания подвешенных к крану труб. Каждый из этих способов имеет свои особенности и область применения. Способом протягивания чаще всего укладывают полиэтиленовые трубопроводы в сухих грунтовых условиях. При этом сварочную установку стационарного типа и направляющие размещают в траншее, после чего трубу последовательно соединяют в непрерывную нитку. Отторцованные трубы спускают в траншею и укладывают на зажимы сварочной установки, затем их сваривают, после чего трубопровод протягивают вперед лебедкой или другими механизмами.

*Монтаж бетонных и железобетонных трубопроводов.* Бетонные и железобетонные трубы укладывают на естественное или искусственное основание. Стыки напорных труб (раструбные или муфтовые) заделывают резиновыми уплотнительными кольцами, а безнапорных (раструбные или фальцевые) – смоляной или битумизированной пряжей, асбестоцементным или цементным замком, а также асфальтовой мастикой. Перед укладкой труб в траншею их так же, как и муфты, в ходе приемки подвергают наружному осмотру для выявления дефектов и проверки размеров.

Бетонные и железобетонные трубы раскладывают вдоль траншеи различными способами (перпендикулярно к траншее, под углом и др.), выбор которых зависит от типа и грузоподъемности применяемых монтажных кранов.

*Монтаж напорных трубопроводов.* Напорные трубопроводы монтируют из раструбных и гладких железобетонных напорных труб на муфтовых соединениях, что вносит разнообразие в технологию работ по их прокладке.

Монтаж трубопроводов из раструбных труб ведут в такой последовательности: доставка труб и раскладка их вдоль траншеи, подача их на место укладки, подготовка конца трубы и установка на него резинового кольца; введение его вместе с кольцом в раструб ранее уложенной трубы; придание уложенной трубе проектного положения; окончательная заделка стыка; предварительное испытание готового незасыпанного участка

трубопровода (при трубах больших диаметров только стыковых соединений); засыпка этого участка; окончательное его испытание.

Монтаж труб ведут стреловыми кранами, причем трубы с бермы траншеи подают раструбами вперед по ходу монтажа и обязательно против течения жидкости. Перед укладкой первой трубы в начале трассы устанавливают бетонный упор, обеспечивающий устойчивое положение первым двум-трем трубам при их соединении в раструб. При укладке трубы вначале по шаблону отмечают на ее гладком конце глубину заводки его в раструб уложенной трубы. Установив кран посередине укладываемой трубы и застропив ее полуавтоматическим захватом, с помощью стропов либо траверсы трубу подают в траншею.

На высоте 0,5 м от ее дна опускание трубы приостанавливают и на гладкий конец ее надевают резиновое кольцо, после чего заводят ее в раструб ранее уложенной трубы и опускают на подготовленное основание. При этом особое внимание уделяют центрированию втулочного конца вводимой трубы с резиновым кольцом относительно заходной фаски раструба ранее уложенной трубы.

Для выверки положения укладываемой трубы на ее лоток опирают ходовую визирку и затем следят, чтобы верх этой визирки находился на общей линии визирования с двумя неподвижными визирками на обносках. После выверки трубы по вертикали с нее снимают захват, освобождают кран для монтажа следующей трубы и приступают к выверке положения трубы в плане. С этой целью устанавливают по отвесу инвентарные вешки: одну из них на конец укладываемой трубы, а другую – на ранее уложенную. По установленной неподвижной вешке проверяют правильность укладки трубы в плане. При необходимости ее смещают в нужную сторону.

В заключение с помощью натяжного приспособления вводят гладкий конец трубы в раструб ранее уложенной, следя при этом за равномерностью закатывания резинового кольца в раструбную щель. При этом нельзя допускать, чтобы торец втулочного конца был задвинут в раструб до полного упора; между ними должен быть оставлен зазор (для чего и делается разметка), причем для труб диаметром до 1000 мм – величиной 15 мм, а для труб больших диаметров – 20 мм. Соединив трубы, снимают натяжное приспособление и подбивают трубу с боков грунтом на высоту 1/4 ее диаметра с послыйным его уплотнением ручными трамбовками.

При монтаже трубопроводов из раструбных железобетонных труб наиболее трудоемкой операцией является введение втулочного конца трубы с резиновым кольцом в раструб ранее уложенной. Для облегчения ее применяют различные приспособления, устройства и механизмы (двух-трехтросовые наружные натяжные приспособления, реечные и гидравлические домкраты, внутренние натяжные приспособления, рычажные и шестеренчатые лебедки, бульдозеры и экскаваторы).

*При выборе способа монтажа труб* учитывают наличие необходимого оборудования и механизмов, а также условия строительства трубопровода. Монтаж труб с помощью бульдозера может производиться, если бульдозер

используется при планировке (зачистке) дна траншеи, т. е. когда совмещаются эти две операции. Монтаж труб диаметром 1000–1200 мм в траншеях шириной по дну 2,2 м осуществляют с помощью бульдозера.

Монтаж трубопровода с помощью ковша экскаватора ведут при прокладке труб в водонасыщенных грунтах или в стесненных городских условиях строительства, когда траншею отрывают по мере прокладки труб, и экскаватор, расположенный рядом, используется для их монтажа поворотом ковша.

Применяемые средства механизации монтажа железобетонных и бетонных трубопроводов зависят в основном от типа стыкового соединения и диаметра труб. Тип стыкового соединения определяет технические требования к монтажному оборудованию, а диаметр труб и размеры траншеи – возможные схемы размещения монтажного оборудования и вытекающие отсюда технологической схемы (ТС) производства монтажных работ.

Технические требования к оборудованию для монтажа труб на резиновых уплотнительных кольцах: обеспечение соосности труб и создание необходимого осевого усилия для их стыковки. При монтаже труб с раструбно-винтовым соединением дополнительно нужно обеспечить завинчивание укладываемой трубы в ранее уложенную. Для монтажа труб с зачеканкой стыковых соединений следует обеспечить механизированное уплотнение волокнистых материалов в раструбной щели.

Монтаж бетонных и железобетонных труб в настоящее время ведут в основном по двум технологическим схемам:

ТС-1 – применяют навесное оборудование к крану-трубоукладчику для выполнения всех операций: захвата трубы на берме и ее спуска на дно траншеи, центровки укладываемой трубы к уложенному участку трубопровода и стыковки труб;

ТС-2 предусматривает выполнение центровочных и стыковочных операций перемещающейся по дну траншеи базовой машиной с соответствующим оборудованием.

Каждая из этих схем имеет свои области применения, обусловленные длиной и диаметром труб и шириной траншеи.

Существующие методы монтажа железобетонных труб, особенно больших диаметров (1000, 1200 мм) не обеспечивают точной соосности при монтаже укладываемой и ранее уложенной трубы.