

ЛЕКЦИЯ 14

ТЕМА. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАКРЫТЫХ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Рассматриваемые вопросы

- 14.1. Состав рабочих операций
- 14.2. Устройство траншей и оснований под трубопроводы
- 14.3. Монтаж трубопроводов и защита труб
- 14.4. Испытание трубопроводов
- 14.5. Особенности строительства трубопроводов в зимнее время

14.1. Состав рабочих операций

Закрытые напорные трубопроводы широко распространены в мелиорации и используются в закрытых оросительных системах, водоснабжении и др. Для строительства трубопроводов чаще всего используют пластмассовые, железобетонные, стальные трубы. Укладка трубопроводов относится к скрытым работам, поэтому их приемка оформляется специальным актом. Глубина укладки принимается не менее глубины промерзания грунтов.

Строительство закрытой оросительной сети включает следующие операции: геодезическая разбивка трасс; подготовительные работы по трассе; доставка материалов и оборудования; устройство траншей; монтаж трубопроводов и арматуры; антикоррозийная защита металлических труб; предварительные испытания; обратная засыпка траншей; окончательные испытания; монтаж вантузов и гидрантов.

Разбивку трассы трубопровода выполняют линейным измерением от репера. По оси трубопровода устанавливают вехи высотой 1,5–2,0 м. На расстоянии 2,0–2,5 м от оси на стороне, которая не будет занята кавальером, разбивают пикетаж через 50 м и закрепляют места устройства гидрантов, вантузов, колодцев, разветвлений и изменений диаметров, уклонов трубопровода, переломов рельефа колышками высотой около 0,5 м с указанием на них пикетов, номеров гидрантов, вантузов, колодцев, диаметров труб и т. п. Это облегчает распределение труб, фасонных частей, гидрантов при их развозке и раскладке на трассе на расстоянии 1,0–1,5 м от бровки будущей траншеи.

Подготовительные работы включают: расчистку трассы от древесно-кустарниковой растительности, пней, валунов; снятие растительного грунта с перемещением во временный отвал на расстояние, достаточное для размещения отвала грунта из траншеи; планировку трассы

универсальным бульдозером, грейдером или скрепером с отклонением от проектных отметок не более 5 см. Если экскаватор оборудован лазерной системой поддержания глубины и уклона, планировка не производится. Не требуется также ручная доработка дна.

14.2. Устройство траншей и оснований под трубопроводы

Для устройства траншей под трубопроводы предпочтительнее использовать траншейные экскаваторы непрерывного действия – цепные или роторные, которые обеспечивают точное профилирование выемки и ровность поверхности.

Эксплуатационная производительность траншейного экскаватора определяется площадью F поперечного сечения траншеи и скоростью рабочего передвижения машины, т. е.

$$P_3 = 60Fv_n K_B.$$

Производительность по транспортирующей способности рабочего органа экскаватора

$$P_3 = \frac{60}{1000} qn_n \frac{K_n}{K_p} K_B,$$

где q – геометрическая вместимость ковша, л;

n_n – частота разгрузок ковшей, зависящая от линейной скорости рабочего органа и шага ковшей;

K_n , K_p – коэффициенты соответственно наполнения ковшей и разрыхления грунта.

Наибольшая эффективность использования экскаватора наблюдается в случае, когда скорость рабочего передвижения выбрана из равенства производительностей, выражаемых вышеприведенными формулами. Максимальная скорость соответствует минимальной глубине траншеи в самых легких грунтовых условиях. В других условиях скорость должна быть меньше. Целесообразно комплектовать траншейный экскаватор приспособлением для вырезки ложа под трубопровод вместо зачистного устройства.

При отсутствии экскаваторов непрерывного действия или невозможности устройства ими траншеи требуемых размеров (по глубине, ширине) можно использовать одноковшовые экскаваторы с оборудованием обратной лопаты, предпочтительнее с гидроприводом.

Ширина траншеи по дну зависит от способа укладки трубопрово-

дов и диаметра трубы D . При укладке стальных и пластмассовых труб плетями или секциями $B = D + 0,3$ м, а отдельными трубами – $D + 0,5 \dots D + 1,0$ м. Меньшие значения соответствуют $D \leq 0,5$ м, большие – $D > 0,5$ м. Минимальная ширина, исходя из удобства работы в траншее, – 0,7 м. Подробные данные приведены в СНиП «Земляные сооружения. Правила производства и приемки работ». СНиП содержат также необходимые данные о крутизне откосов траншей, устраиваемых без креплений.

Крепления можно не устраивать при глубине, не превышающей: 1,0 м – при насыпных грунтах; 1,25 – в супесях; 1,5 – в суглинках и глинах; 2,0 м – в особо плотных грунтах.

При большей глубине крепление вертикальных откосов обязательно. Для этой цели удобно использовать инвентарные крепления в виде стальных винтовых рам и ограждения из досок, жердей и т. п.

Грунт из разрабатываемой траншеи следует укладывать только на одну сторону. Другая сторона оставляется свободной с расчетом выполнения последующих работ. Для размещения раструбов, муфт, обеспечения доступа к сварному стыку при монтаже стыковых соединений труб на дне траншеи устраиваются приямки глубиной 0,2–0,4 м (для сварных стыков – 0,7 м), длиной 0,55–1,2 м, шириной $D + (0,5-1,2)$ м. Для этой работы, а также для зачистки дна можно использовать экскаватор с планировочным ковшом обратной лопаты. Известно также специализированное оборудование для устройства приямков. При отсутствии оборудования или невозможности его применения приямки устраивают вручную.

Все работы должны вестись в сухой траншее. При наличии грунтовых вод применяется водоотлив – открытый или грунтовой. Разрыв во времени между устройством траншей и укладкой труб должен быть минимальным.

При разработке траншеи допускается недобор грунта по дну до 10 см, переборы не допускаются. Случайные переборы устраняются послойной засыпкой песком, гравием с трамбованием каждого слоя. В качестве естественного основания для трубопроводов пригодны песчаные, гравелистые или суглинистые грунты, не подверженные пучению и просадке. На слабо пучинистых, болотистых и пльвунных грунтах, а также на скальных грунтах требуется устройство искусственного основания из слоя песка, гравия или щебня толщиной не менее 10–20 см. Каждое звено трубопровода по всей длине и на 1/4 длины окружности должно плотно соприкасаться с основанием. Разгрузка и

раскладка труб осуществляется гусеничным краном с клещевым захватом в виде траверсы с механическим приводом. В момент подъема приспособление захватывает трубу, а после укладки ее освобождает. Существует специализированное оборудование к экскаватору ЭО-3322А для разгрузки и складирования труб, подачи их в траншею и стыковки.

14.3. Монтаж трубопроводов и защита труб

Строительство трубопроводов начинают с магистральных, затем переходят к распределительным. После подготовки основания и проверки труб приступают к монтажу трубопроводов. Одновременно с трубами монтируют фасонные части и арматуру, кроме гидрантов, вантузов и предохранительных клапанов. При монтаже должна обеспечиваться надежная герметичность стыков.

Монтаж стальных и пластмассовых трубопроводов

Стальные и пластмассовые трубы соединяют в трубопровод чаще всего сваркой. Учитывая их определенную гибкость, сварку удобно вести на поверхности рядом с траншеей или над ней на подкладках. Сваренные плети длиной до 100–200 м или непрерывную нить опускают в траншею. Опускать и укладывать трубы в траншею надо осторожно, чтобы не повредить их, используя мягкие стропы, канаты, мягкие чехлы на крючьях стропов.

Стальные трубы сваривают ручной электродуговой сваркой с помощью хомутов-центраторов, через окна которых стык прихватывается, реже применяется полуавтоматическая сварка под слоем флюса или в среде углекислого газа.

Пластмассовые трубы сваривают встык или врасруб специальными агрегатами. Применяются также резьбовые соединения и расрубные с резиновыми уплотнительными кольцами.

Плети или отдельные трубы опускают в траншею автомобильными или тракторными кранами при помощи треног с лебедками или вручную при малой массе труб.

Трубопровод из расрубных стальных спиральношовных оцинкованных труб монтируется только в траншее расрубными вперед по ходу монтажа. Герметизация стыка осуществляется резиновым кольцом круглого сечения диаметром 17 мм (рис. 14.1), установленным в ка-

навку раструба. В процессе монтажа следует обеспечивать требуемую глубину ввода втулочной части трубы в раструб (для труб ТСЦ – 55 м), что контролируется по метке карандашом или мелом на втулочной части трубы. Для уменьшения трения и возможного повреждения уплотнительного кольца при монтаже рекомендуется использовать соответствующие смазки (графито-глицериновую, мыльный раствор).

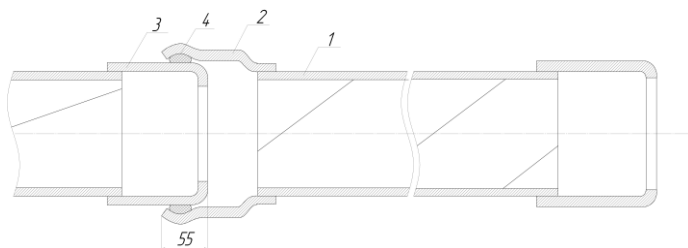


Рис. 14.1. Соединение труб ТСЦ-250:

1 – стальной цилиндр; 2 – раструб; 3 – втулка; 4 – уплотнительное кольцо

Асбестоцементные трубопроводы

Трубы соединяют между собой при помощи муфт: самоуплотняющихся (САМ), фланцевых, двухбуртных, а также специальных для «гибких» стыков (рис. 14.2). В муфтах САМ, применяемых при давлении 0,6 МПа и более, герметичность достигается монтажным обжатием резиновых манжет (САМ, но не колец круглого сечения) и давлением воды на стенки манжеты (рис. 14.3). При монтаже концы труб и муфту смачивают водой, мыльным раствором или графито-глицериновой смазкой, закладывают в муфту манжеты и муфту надвигают ломиком на уложенную трубу. Использовать в качестве смазки нефтепродукты запрещено. Удерживая муфту ломиком, в нее вдвигается стыкуемая труба. Для труб диаметром более 200 мм при монтаже используют рычажные или винтовые устройства.

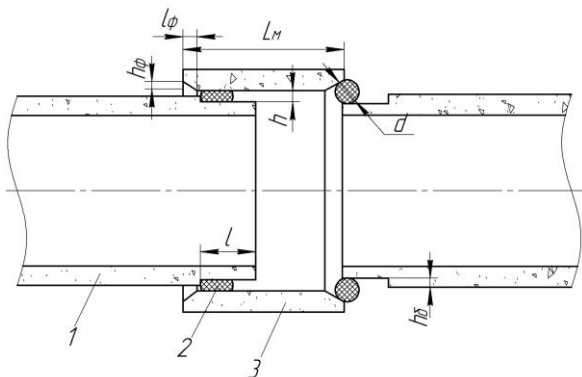


Рис. 14.2. Монтаж асбестоцементного трубопровода:
 1 – асбестоцементная труба; 2 – резиновое кольцо круглого сечения диаметром d ; 3 – асбестоцементная муфта; L_M – полная длина муфты;
 l_ϕ, h_ϕ – длина и высота конической фаски; h – радиальный зазор между стыкуемыми поверхностями трубы и муфты;
 l – длина обточенного конца трубы; h_b – высота упорного буртика

Сухие асбестоцементные трубы после заполнения их водой разбухают, в течение первых 8–10 ч их длина интенсивно увеличивается: приращение к концу 2 суток составляет 6–8 мм. Поэтому должен быть обеспечен зазор между торцами труб 20 мм при монтаже, так как при эксплуатации может произойти разгерметизация.

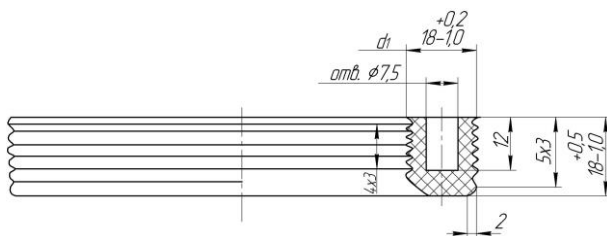


Рис. 14.3. Кольцо САМ

Основное требование к асбестоцементным трубам – бережное обращение при погрузочно-разгрузочных, транспортных и монтажных операциях. При падении с высоты 30 см труба теряет до 5 % прочности, возможно появление трещин, в том числе внутренних. Должен быть входной контроль всех труб до укладки.

Чугунные трубопроводы

Чугунные трубопроводы при новом строительстве практически не применяются.

Трубы соединяются чаще всего раструбным соединением с резиновой самоуплотняющей манжетой (как в муфтах САМ) или резьбовой муфтой с резиновым кольцом. Трубы укладывают раструбом вперед по ходу укладки. Раструбы ориентируют в сторону более высоких отметок независимо от направления движения воды. Для облегчения необходимо зачистить канавку раструба и гладкий конец вводимой трубы и смазать графито-глицериновой смазкой или мыльным раствором. Герметизация чеканкой стыка применяется только при ремонтах существующих трубопроводов.

Бетонные и железобетонные трубопроводы

Бетонные и железобетонные трубопроводы имеют раструбные, гладкие или фальцевые стыки. Напорные железобетонные трубы изготавливаются с рабочим давлением до 1 МПа диаметром 200–3500 мм.

Наиболее простым для монтажа является фальцевое соединение. При этом поверхности соприкосновения обеих труб очищают металлическими щетками, промывают водой и наносят на них асбестоцементный или цементный раствор. Затем укладываемую трубу плотно придвигают к ранее уложенной. Выступивший из шва раствор зачищается, шов штукатурят. Стыки гладких железобетонных труб на муфтах и раструбах герметизируют конопаткой паза или раструба смоляной прядью с заделкой асбестоцементным или цементным раствором либо асфальтовой мастикой. Стыки труб РТНС герметизируются резиновыми кольцами круглого сечения диаметром $(16 \pm 0,6)$ мм. Внутренний диаметр кольца равен 0,9 диаметра канавки втулочного конца трубы.

Для стыковки тяжелых труб используются различные приспособления. Приспособление на базе роторного экскаватора устанавливается на раме задней опоры экскаватора и состоит из гидроцилиндра, упора, гидрораспределителя, вынесенного к задней опоре экскаватора, ручной лебедки для удержания рабочего цилиндра в горизонтальном положении (рис. 14.4). Во время стыковки труб экскаватор останавливается. Продолжительность укладки и стыковки одной трубы сокращается до 30 %, освобождается один рабочий. На рис. 14.5 показано стыковочное приспособление к экскаватору ЭО-2624.

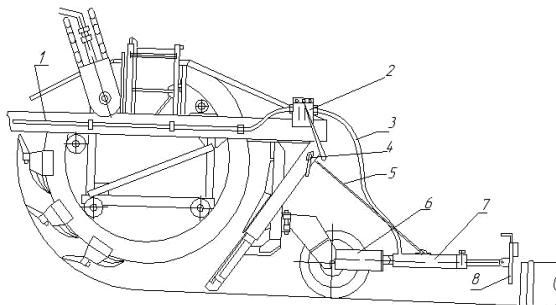


Рис. 14.4. Стыковочное приспособление на роторном экскаваторе:
 1 – трубопровод гидросистемы экскаватора; 2 – распределитель;
 3 – рукав высокого давления; 4 – лебедка; 5 – трос;
 6 – упорная рама; 7 – гидроцилиндр; 8 – упор

При укладке трубопроводов из любых типов труб необходимо обращать внимание на тщательную подбивку пазух между трубой и стенками траншеи с послойным трамбованием (слоями 20 см) до естественной плотности, пневмо- или электротрамбовками на высоту 0,5Д, засыпать приямки также с трамбованием, так как возможна неравномерная осадка и нарушение стыка. Уложенные трубы засыпают грунтом (кроме стыков) слоем над верхом труб 0,3–0,5 м. При засыпке необходимо соблюдать осторожность, подавая грунт экскаватором с грейферным ковшом малой вместимости или вручную без уплотнения, возможно грейфером. Частичная засыпка выполняется сразу после укладки участка трубопровода между соседними гидрантами. Окончательная засыпка траншеи выполняется после предварительных испытаний и устранения выявленных дефектов. Грунт надвигается без уплотнения, но с отсыпкой над траншеей валика с учетом последующей естественной осадки и покрытия его растительным грунтом, снятым при подготовке трассы.

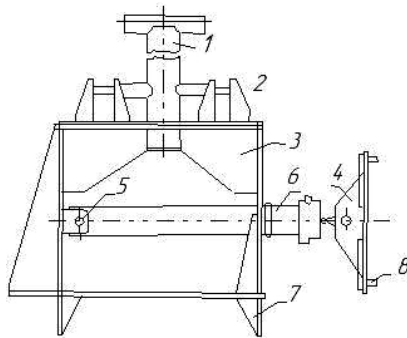


Рис. 14.5. Стыкователь звеньев труб
на экскаваторе ЭО-2624:

- 1 – удлинительная штанга; 2 – подвеска;
3 – корпус стыкователя; 4 – упор; 5 – кронштейн;
6 – гидроцилиндр; 7 – шипы; 8 – фиксаторы

При необходимости ремонтов на трубопроводах приходится заменять отдельные звенья труб. Если применялись стыки на муфтах, особых затруднений при замене отдельной трубы не возникает. Достаточно лишь сдвинуть муфты в стороны от стыка, извлечь трубу, подлежащую замене, из траншеи и уложить на ее место новую. Герметизация стыка осуществляется в обычном порядке.

Сложнее выполняется замена раструбных труб, особенно тяжелых.

Относительно легкие – тонкостенные спиральношовные трубы – можно заменить в следующем порядке. Вскрыть трубопровод, расширить траншею до 2,0–2,5 м. Сдвигая трубопровод в поперечном направлении, добиться расстыковки бракованной трубы со смежными и извлечь ее из траншеи. Уложить на ее место новую трубу и сдвинуть трубопровод в прежнее положение. Устранять течь по спиральному шву сваркой нельзя, так как при этом сгорает защитный слой цинка и такая труба из-за усиленной коррозии быстро выйдет из строя.

Замена тяжелых раструбных труб (например, РТНС) в таком порядке невозможна. Следует извлечь бракованную трубу (как описано выше или просто разрушив ее), смонтировать стыки со смежными трубами, уложить стальную трубу подходящего диаметра и нужной длины и состыковать ее с торцовыми трубами (например, чугунными муфтами) (рис. 14.6), выполнить антикоррозийную защиту всех элементов.

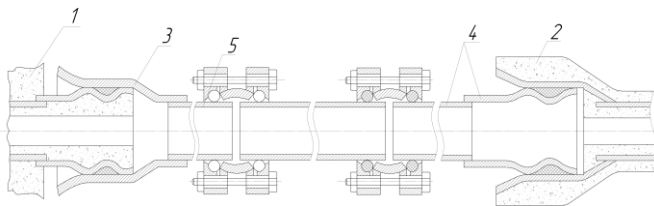


Рис. 14.6. Ремонт трубопровода из труб РТНС:
 1, 2 – трубы РТНС; 3 – стальная труба с приварной раструбной обечайкой;
 4 – стальная труба с втулочной обечайкой; 5 – чугунная муфта

14.4. Испытание трубопроводов

Предусмотрено два вида испытаний напорных трубопроводов: предварительное – на прочность и окончательное – на плотность (герметичность).

Испытание на прочность проводят после частичной присыпки трубопровода, до установки арматуры, на плотность – после полной засыпки траншеи и окончания работ на испытуемом участке, но до установки гидрантов, вантузов и предохранительных клапанов (на их место устанавливают заглушки). Прочность трубопровода проверяют созданием в нем давления, равного испытательному. Его величина устанавливается строительным проектом, а при отсутствии указаний принимается равной: для чугунных труб – рабочее плюс 0,5 МПа, для асбестоцементных и железобетонных – рабочее плюс 0,3 МПа, для полиэтиленовых – рабочее с коэффициентом 1,5, для стальных – рабочее плюс 0,5 МПа, но не менее 1 МПа.

Длина испытуемого участка трубопровода должна быть не более: из асбестоцементных и чугунных труб – 1 км, пластмассовых – 0,5 км, стальных – 1–3 км.

Испытанию подвергается только полностью смонтированный участок, с выполненными анкерными и угловыми упорами. Бетон и раствор, уложенные при монтаже трубопровода, должны приобрести проектную прочность. На торцах участка устанавливаются заглушки и временные упоры. Задвижки, имеющиеся на испытуемом участке, должны быть открыты, ответвления – заглушены фланцами, но не задвижками. Подача воды в трубопровод осуществляется снизу вверх, чтобы обеспечить постепенное вытеснение воздуха, так как его присутствие в процессе испытания исказит картину режима изменения давления в трубопроводе и результат испытания будет недостоверен.

Опрессовочный узел (рис. 14.7) состоит из подводящего трубопровода, гидравлического пресса, манометров, мерного сосуда и вентилялей.

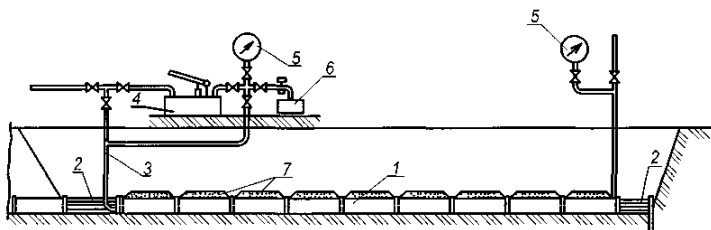


Рис. 14.7. Опрессовочный узел:

- 1 – испытуемый трубопровод; 2 – упоры; 3 – соединительные трубки;
4 – гидравлический пресс; 5 – пружинные манометры; 6 – мерный бачок
для оценки утечек; 7 – начальная присыпка труб

Предварительное испытание проводится под наблюдением мастера (прораба). Испытание заключается в подъеме давления до испытательного ступенями по 0,2 МПа с выдержкой на каждой ступени в течение 5 мин для стабилизации давления по всей длине трубопровода. При испытательном давлении трубопровод выдерживается 10 мин, далее давление снижается до рабочего и трубопровод осматривают. Если при испытательном давлении не произошло разрушения трубопровода, фасонных частей и арматуры, а при рабочем не обнаружено утечек в стыках, трубопровод считается выдержавшим испытание.

Окончательное испытание можно начинать, когда после полной засыпки траншеи и заполнения трубопровода водой прошло не менее 24 ч, а для железобетонных трубопроводов – не менее 72 ч. Должны быть выполнены все работы, вплоть до благоустройства трассы за исключением установки гидрантов, вантузов, предохранительных клапанов. Проводит испытание рабочая комиссия в составе представителей заказчика, строительной и эксплуатационной организации.

Порядок проведения испытания. Поднимают давление до испытательного, как и при предварительном испытании, отключают пресс и включают секундомер. Трубопровод диаметром до 400 мм считается выдержавшим испытания, если в течение 10 мин давление в нем снизится не более чем на 0,05 МПа. При большем снижении давления, но не ниже $P_{\text{раб}}$ и для труб большего диаметра определяют величину утечки. При падении давления за 10 мин ниже $P_{\text{раб}}$ считают, что трубопровод не выдержал испытания.

Величина расхода утечки из трубопровода определяется в следующем порядке. Подкачкой воды в трубопровод поднимают давление до испытательного и поддерживают его в течение 10 мин, отметив начальное положение уровня воды в мерном бачке и конечное – по истечении 10 мин. По разнице уровней определяют объем взятой из бачка воды, а значит, объем естественной утечки из трубопровода.

Фактический расход утечки (л/мин)

$$y = \frac{Q}{T},$$

где Q – объем воды, взятой из мерного бачка, л;

T – продолжительность подкачки – 10 мин, определяемая по секундомеру, мин.

Фактическая утечка не должна превышать допустимую по СНиП, соответствующую конкретным условиям – в зависимости от диаметра, материала и длины испытуемого участка трубопровода. Если это условие не выполняется, считают, что трубопровод не выдержал испытания и в эксплуатацию его не принимают.

Для **трубопроводов РТНС** рекомендуется несколько иная методика определения утечки. После подъема давления до испытательного включают секундомер и определяют время T_1 падения давления на 0,1 МПа. Снова поднимают давление до испытательного, включают секундомер, создают искусственную утечку (приоткрывая вентиль) и определяют время T_2 падения давления на 0,1 МПа и объем воды, собравшейся в мерном бачке (объем искусственной утечки).

Расход фактической утечки (л/мин)

$$y_{\phi} = \frac{kQ}{T_1},$$

где Q – объем воды в мерном бачке (объем искусственной утечки), л;

k – поправочный коэффициент;

$$k = 1 + \frac{T_2}{T_1}.$$

Полиэтиленовые трубопроводы выдерживают последовательно в

течение 30 мин под испытательным и рабочим давлением. Если в следующие 10 мин выдерживания под рабочим давлением падение давления не превышает 0,01 МПа, трубопровод считается выдержавшим испытание. Результаты испытания оформляют актом, в котором указывают примененное при испытании давление, объем утечки воды, дефекты трубопровода и способ их устранения.

Кроме гидравлического, существует **пневматический способ** испытания. Он применяется при недостатке воды для испытаний, а также зимой, когда возникает опасность замерзания воды. Пневматический способ менее надежен и более опасен, его использование разрешается для стальных и чугунных трубопроводов при испытательном давлении до 0,6 МПа, но не более 1,15 рабочего давления. Для асбестоцементных и полиэтиленовых трубопроводов этим способом разрешается проводить только предварительное испытание.

14.5. Особенности строительства трубопроводов в зимнее время

Исходя из увеличения эффективности зимнего строительства, предпочтительнее выбирать объекты, где грунт меньше промерзает (осушенные торфяники, площади с травяной и кустарниковой растительностью, старопахотные земли с низкой влажностью).

Подготовка трасс трубопроводов и разработка грунта в траншеях при наличии мерзлого слоя проводится теми же способами, которые применяются при строительстве каналов. Трубы следует завозить на трассу лишь непосредственно перед укладкой в траншею. Необходимо предохранять трубы от образования льда на их внутренних и наружных поверхностях, от примерзания к земле и заноса снегом, так как во время оттепелей снег внутри трубы может превратиться в лед.

Не допускается укладка труб на мерзлое основание, исключая случаи, когда в основании залегают сухие песчаные или песчано-гравелистые грунты. Мерзлый грунт в основании необходимо полностью заменить сухим песком, так как под трубой могут образоваться ниши, что приведет к изгибу и разрушению трубы.

Для предупреждения промерзания основания укладку труб необходимо вести без разрыва с устройством траншеи. Присыпать трубу следует сразу после укладки и только талым грунтом, без примесей мерзлых комьев. При монтаже концы труб и муфт прогревают паяльной лампой или газовой горелкой и протирают сухой ветошью от влаги. Резиновые уплотнители, затвердевшие от мороза, использовать нельзя, их необходимо отогреть. В цементный раствор включают противомо-

розные добавки – поташ K_2CO_3 , нитрит натрия $NaNO_2$, аммиачную воду NH_4OH .

Все работы надо сосредоточивать на участках небольшой протяженности и проводить их с минимальными перерывами между отдельными рабочими операциями.

Засыпка выполняется сначала талым грунтом высотой не менее 0,5 м над верхом трубы.

Гидравлические испытания зимой существенно усложняются. Стыки труб необходимо утеплять войлоком, соломенными матами или щитами. Вода во избежание замерзания не должна иметь низкую температуру. После испытания траншея должна быть засыпана грунтом, а трубопровод – полностью опорожнен с удалением воды за пределы траншеи. Вследствие опасности замерзания воды предварительное испытание часто вообще не проводят или используют пневматический способ.