Библиотека СОК

Е. М. АВДОЛИМОВ,
А. П. ШАЛЬНОВ

ВОДЯНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ

МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1984

ББК 31.38
А 18
УДК 697.34:697.4

Печатается по решению секции литературы по жилищно-коммунальному хозяйству редакционного совета Стройиздата

Рецензент: канд. техн. наук И. Т. Лебедев (доцент ВЗИСИ)

Авдолимов Е. М., Шальнов А. П.

А 18 Водяные тепловые сети. — М.: Стройиздат, 1984. — 288 с., ил.

Приведены классификация, устройство теплопроводов, конструктивные элементы водяных тепловых сетей канального и бесканального типа, технология их строительства с учетом использования последних достижений науки и техники, а также опыта передовых специализированных строительно-монтажных организаций страны. Описана современная система эксплуатации и ремонта водяных тепловых сетей различных типов.

Для инженерно-технических работников, занятых строительством и эксплуатацией систем теплоснабжения.

ББК 31.38
6С9.4

ЕВГЕНИЙ МАКСУТОВИЧ АВДОЛИМОВ
АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ ШАЛЬНОВ

Водяные тепловые сети

Редакция литературы по жилищно-коммунальному хозяйству
Зав. редакцией *В. И. Киселев*
Редактор *А. А. Широкова*
Младший редактор *Г. А. Морозова*
Технический редактор *Г. Н. Орлова*
Корректоры *Н. П. Чугунова* и *Л. П. Бирюкова*

ИБ № 3279

Сдано в набор 13.06.84 Подписано в печать 22.11.84 Т-19373
Формат 84×108/32 Бумага тип. № 2 Гарнитура Литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 15,12 Усл. кр.-отт. 15,33 Уч.-изд. л. 17,12
Тираж 17.500 экз. Изд. № AVI—9866 Заказ 384 Цена 1 р. 10 к.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а
Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли, 142110, Подольск, ул. Кирова, 25

А $\frac{2303040000-313}{047(01)-84}$ 32—84

© Стройиздат, 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теплоэнергетика является важнейшей отраслью народного хозяйства, играющей огромную роль в создании материально-технической базы коммунизма. За последние годы в Советском Союзе значительно возросли темпы развития систем централизованного теплоснабжения городов, населенных мест, промышленных предприятий и объектов сельскохозяйственного назначения. В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года, принятых XXVI съездом КПСС, предусмотрено обеспечить дальнейшее развитие централизованного теплоснабжения потребителей путем строительства теплоэлектроцентралей и крупных районных котельных, снижение удельных расходов топлива и себестоимости электрической и тепловой энергии.

Важной составной частью систем централизованного теплоснабжения являются тепловые сети, предназначенные для транспортирования и распределения теплоносителя. В Советском Союзе протяженность магистральных тепловых сетей общего пользования от ТЭЦ Минэнерго составляет в настоящее время около 20 тыс. км. Протяженность же всех действующих тепловых сетей, питаемых от ТЭЦ Минэнерго (магистральных, распределительных и ответвлений к абонентам), составляет 180—200 тыс. км. Связывая источник тепла с большим числом потребителей, тепловые сети должны обеспечить согласованную работу всех звеньев систем теплоснабжения. Соблюдение этого требования достигается не только рациональным проектированием и строительством тепловых сетей, но также и правильной эксплуатацией, поддержанием соответствующих режимов, организацией контроля и профилактических мероприятий.

Тепловые сети являются весьма дорогостоящими сооружениями, на их строительство и эксплуатацию затрачиваются значительные средства. В связи с повышением требований к чистоте воздушного бассейна городов и поселков крупные тепловые станции стали сооружать за пределами городской черты на значительном расстоянии от районов теплового потребления. Это вызывает необходимость стро-

ительства протяженных транзитных магистралей, что в свою очередь требует увеличения капитальных затрат. Бесперебойная и экономичная работа систем централизованного теплоснабжения зависит главным образом от качества строительства тепловых сетей и от того, насколько правильно осуществляется их техническая эксплуатация.

Основным фактором снижения стоимости строительства тепловых сетей является применение новых эффективных конструкций и материалов, прогрессивных методов строительства при комплексной механизации строительно-монтажных работ. В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 18 августа 1983 г. «О мерах по ускорению научно-технического прогресса в народном хозяйстве» было указано на то, что резервы повышения эффективности производства надо искать в ускорении научно-технического прогресса, широком и быстром внедрении в производство достижений науки, техники и передового опыта. Отечественная практика строительства тепловых сетей и научные разработки последних лет выявили целый ряд новых высокоэффективных индустриальных конструкций теплопроводов и способов их прокладки. Данная книга имеет целью ознакомить широкий круг инженерно-технических работников с конструкциями тепловых сетей, прогрессивными методами их строительства, а также с организацией эксплуатации и ремонта.

Авторы выражают глубокую благодарность канд. техн. наук, доценту И. Т. Лебедеву за ценные замечания и предложения, сделанные при подготовке рукописи к изданию.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

ГЛАВА I. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

1.1. Общие положения

Система централизованного теплоснабжения включает производство, транспортирование, распределение между потребителями и использование тепла. Современные системы централизованного теплоснабжения классифицируют: 1) по источнику теплоснабжения — теплофикация и районное теплоснабжение; 2) по теплоносителю — водяные и паровые; 3) по способу отпуска тепла потребителям — открытые и закрытые; 4) по числу параллельно идущих теплопроводов — однотрубные, двухтрубные и многотрубные. В настоящее время применяются в основном две системы централизованного теплоснабжения: 1) теплофикация, т. е. централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепла и электроэнергии; 2) централизованное теплоснабжение от районных и промышленно-отопительных котельных.

При **теплофикации** источником выработки электрической и тепловой энергии является теплоэлектроцентраль (ТЭЦ). В настоящее время ТЭЦ удовлетворяют около 50% всего коммунального и промышленного теплопотребления нашей страны. Интенсивные темпы развития теплофикации в СССР обусловлены высокой народнохозяйственной эффективностью этой отрасли энергетики, ее положительным влиянием не только на экономику энергоснабжения, но и на организацию рационального энергоснабжения городов, способствуя их благоустройству и улучшению санитарного состояния. В СССР сооружено и работает свыше 1000 ТЭЦ, снабжающих теплом свыше 800 городов, промышленных районов и населенных пунктов. Тепловые мощности крупных ТЭЦ достигают 2300—3500 МВт (2000—3000 Гкал/ч). В связи с повышением требований к чистоте воздушного бассейна многие вновь сооружаемые ТЭЦ размещают на окраине и даже за пределами городов на расстоянии 10—30 км.

Наряду с теплофикацией широкое развитие в городах и рабочих поселках получают системы **централизованного теплоснабжения** от мощных районных и промышленных котельных теплопроизводительностью свыше 100 МВт. Строительство районных котельных, оснащенных крупны-

ми высокоэкономичными котлами, позволяет ликвидировать маломощные, неэкономичные котельные — очаги загрязнений воздушного бассейна. Для нужд городского теплоснабжения районные котельные сооружают также в тех городах, где намечено строительство ТЭЦ, или же в тех районах города, которые должны быть охвачены магистральными тепловыми сетями от действующих ТЭЦ. Такое решение принимают в случаях, когда ввод в действие ТЭЦ или тепловых магистралей, питающихся от нее, значительно отстает по срокам от окончания строительства жилых массивов или кварталов — будущих потребителей ТЭЦ. В этих случаях, после включения в работу теплофикационной системы, районные котельные могут быть использованы для покрытия пиковых тепловых нагрузок. Размещение и мощность ТЭЦ или районных котельных определяют с учетом местных условий на основании сравнительного технико-экономического анализа.

Транспортирование тепловой энергии от ТЭЦ или котельных к потребителям (т. е. к жилым домам, общественным, административным зданиям, фабрикам, заводам и другим объектам) осуществляется по *тепловым сетям.* По видам теплового потребления сети делят на промышленные, коммунальные и смешанные. К *промышленным* относятся сети, несущие исключительно технологическую нагрузку; *коммунальные* — сети, по которым снабжаются жилые дома, административные и другие здания; *смешанные* — сети, предназначенные для снабжения теплом как предприятий, так и коммунальных зданий. К коммунальным потребителям тепла относятся местные системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий, а к промышленным потребителям — производственно-технологические системы.

В СССР в соответствии со СНиП II- 36-73 «Тепловые сети. Нормы проектирования» для целей отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, как правило, в качестве теплоносителя применяют горячую воду, а для технологических нужд—пар. В некоторых случаях на технологические нужды промышленных предприятий в качестве теплоносителя также используют горячую воду. Вода как теплоноситель по сравнению с паром имеет ряд существенных преимуществ: позволяет легко изменять ее температуру в зависимости от температуры наружного воздуха (т. е. создаются удобства осуществления центрального качественного регулирования отпуска тепла); обладает значительной плотностью по сравнению с другими теплоносителями, что

позволяет передавать на большие расстояния значительные количества тепла при небольшом объеме теплоносителя. Кроме того, водяные системы отопления и горячего водоснабжения очень просты при их монтаже и демонтаже. Основной недостаток воды как теплоносителя состоит в том, что на ее перекачку расходуется большое количество электроэнергии.

В целях повышения экономичности теплофикации необходимо совершенствовать технологические процессы промышленных предприятий в направлении максимального использования в качестве теплоносителя горячей воды, а не пара. В двухтрубных водяных тепловых сетях, как правило, теплоноситель имеет расчетную температуру в подающем трубопроводе 150°С. Проведенные во Всесоюзном теплотехническом институте им. Ф. Э. Дзержинского научно-исследовательские работы показали целесообразность повышения начальной температуры до 180—190°С. Для этого рекомендовано перейти на независимое присоединение систем отопления потребителей путем установки в центральных тепловых пунктах (ЦТП) отопительных водоподогревателей и циркуляционных насосов, полностью сохраняя внутриквартальные сети с начальной температурой 150°С.

В Институте высоких температур АН СССР под руководством С.Ф. Копьева были проведены работы, показывающие целесообразность применения еще более высоких начальных температур 200—225°С и даже 250°С (при однотрубных тепловых сетях). Повышение температур теплоносителя приводит к уменьшению диаметров тепловой сети и снижению расходов по перекачке. Однако такие высокие температуры предполагают повышенные давления воды в тепловой сети, что требует применения труб, арматуры и другого оборудования из высококачественной стали.

Водяные системы теплоснабжения, в зависимости от способа присоединения систем горячего водоснабжения, применяются двух типов: закрытые и открытые. В *закрытых* системах вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только в качестве греющей среды, т. е. как теплоноситель, но из сети не отбирается. В *открытых* системах циркулирующая вода частично или полностью разбирается у абонентов для горячего водоснабжения. В закрытых системах теплоснабжения установки горячего водоснабжения присоединяются к тепловым сетям при помощи водоводяных подогревателей, а в открытых осуществляют непосредственное присоединение.

Основные преимущества открытой системы: отсутствие необходимости в водо-водяных подогревателях, что значительно удешевляет абонентские теплоподогревательные установки и упрощает их эксплуатацию; повышение долговечности местных установок горячего водоснабжения (так как для них отбирается из сети деаэрированная вода), а также возможность использования для транзитного транспорта тепла однотрубных систем. Основные недостатки открытых систем водяных тепловых сетей: необходимость их подпитки в больших и резко меняющихся по часам суток количествах, соответствующих разбору горячей воды из сети; усложнение и удорожание водоподготовки на ТЭЦ или котельной в связи с тем, что вся вода, поступающая на открытый водоразбор горячего водоснабжения, должна подвергаться обработке и деаэрации на теплоисточнике; усложнение эксплуатации из-за нестабильности гидравлического режима тепловой сети, связанной с переменным расходом воды в обратной линии. Кроме того, разбираемая из сетей после ее прохождения через отопительные приборы горячая вода часто отличается от подпиточной по содержанию взвешенных веществ и запаху.

В настоящее время во вновь сооружаемых водяных тепловых сетях примерно в равной мере распространены обе системы, причем применению открытой системы отдается предпочтение в тех случаях, когда ТЭЦ может быть обеспечена достаточным количеством воды питьевого качества из городского водопровода, а закрытой системы — при составе водопроводной воды, исключающей необходимость в ее умягчении и деаэрации в абонентских теплоподготовительных установках. В остальных случаях выбор системы тепловых сетей обосновывается технико-экономическими расчетами.

В зависимости от количества параллельно проложенных труб для теплоснабжения системы делятся на *однотрубные, двухтрубные и многотрубные.* Для централизованного теплоснабжения городов и поселков наибольшее распространение получили *двухтрубные* системы, в которых тепловые сети состоят из двух трубопроводов — подающего и обратного. В этой системе сетевая вода циркулирует по замкнутому контуру от ТЭЦ или котельной по подающему трубопроводу к потребителям, откуда, отдав часть тепла, возвращается по обратному трубопроводу снова на ТЭЦ или в котельную. В двухтрубных открытых сетях такой возврат осуществляется частично, а в двухтрубных закрытых полностью, за исключением незначительной утечки теплоносителя через неплотности в сетях и в местных системах. Двух-

трубные тепловые сети применяются при подаче теплоносителя одного потенциала.

В некоторых случаях при подаче тепла коммунальным потребителям и на технологические цели применяются *трехтрубные* системы, при которых две трубы используются в качестве подающих для транспортирования теплоносителя с разными тепловыми потенциалами, а одна — в качестве общей обратной. Например, по одной из подающих труб может подаваться вода для целей отопления и вентиляции, а по другой — для технологических нужд и горячего водоснабжения. В этом случае вода в первой подающей трубе может иметь переменную температуру в зависимости от температуры наружного воздуха, а во втором постоянную. Такое разделение труб позволяет легче проводить центральное регулирование различных нагрузок. Кроме того, в летний период, когда отопительная нагрузка отключена, имеется возможность проведения ремонтных работ без отключения всей теплотрассы. Однако трехтрубные водяные сети дороже двухтрубных. *Четырехтрубные* водяные сети представляют собой сочетание двух двухтрубных сетей; одна пара служит для подачи тепла на отопление и вентиляцию, вторая — для подачи тепла тем же потребителям на горячее водоснабжение или на технологические нужды.

При закрытых системах теплоснабжения получили широкое распространение центральные тепловые пункты, в которых устанавливаются водо-водяные подогреватели для систем горячего водоснабжения, а при независимых схемах присоединения и для отопления. От этих тепловых пунктов к зданиям отходят четырехтрубные сети: две трубы (подающая и обратная) для присоединения систем отопления и вентиляции и две (подающая и циркуляционная) для присоединения систем горячего водоснабжения.

Широкое распространение открытых систем создало условия для применения однотрубных тепловых сетей, при которых сетевая вода после систем отопления и вентиляции должна полностью использоваться для горячего водоснабжения. В противном случае неиспользованную горячую воду приходится сливать в канализацию, что нерентабельно. Более перспективным является применение однотрубной сети только для транзитного транспортирования тепла от источника тепла в районы теплового потребления при сохранении внутри районов двухтрубных систем. Однотрубные системы позволяют снизить расход металла, получить значительную экономию капитальных вложений и трудовых затрат на сооружение тепловых сетей, сократить эксплуатационные затраты и увеличить темпы их строительства.

1.2. Устройство теплопроводов

Тепловые сети являются одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих элементов систем теплоснабжения. Они представляют сложные сооружения, состоящие из соединенных между собой труб, тепловой изоляции, компенсаторов линейных температурных деформаций, подвижных и неподвижных опор, запорной и регулирующей арматуры, строительных конструкций, камер и колодцев, дренажных устройств.

Первоочередной задачей проектирования тепловых сетей является выбор трассы, конструкций теплопроводов и способа прокладки. Проектное решение принимают на основании материалов гидрогеологических изысканий и съемки местности, перспективного развития системы теплоснабжения и очередности строительства тепловых сетей, а также технико-экономического сравнения отдельных возможных решений с учетом последних достижений науки и техники в этой области. Проектирование производят с учетом требований СНиП II-36-73 «Тепловые сети. Нормы проектирования».

Водяные тепловые сети по назначению и диаметрам труб подразделяют на магистральные и распределительные. К *магистральным сетям* обычно относятся теплопроводы, соединяющие источники тепла с районами теплового потребления, а также соединяющие источники тепла (ТЭЦ или котельные) между собой. Общее направление трассы магистральных тепловых сетей следует принимать с учетом ее минимальной протяженности и прокладки в районах с наиболее плотной тепловой нагрузкой. Теплоноситель поступает из магистральных тепловых сетей в *распределительные сети,* по которым подается через центральные тепловые пункты или местные тепловые пункты (МТП) к теплопотребляющим установкам абонентов (рис. 1.1).

Магистральные тепловые сети прокладывают из труб большого диаметра (400—1400 мм). Как правило, мелких ответвлений от магистральных тепловых сетей не делают, для этого используют распределительные сети, которые обычно имеют диаметр от 100 до 300 мм. Непосредственно к магистральным тепловым сетям допускается присоединение крупных промышленных предприятий. Диаметр труб ответвлений, ведущих к потребителям, в зависимости от величины тепловой нагрузки, колеблется от 50 до 150 мм и выше. Подразделение тепловых сетей на магистральные и распределительные является вполне четким и однозначным только в тех случаях, когда магистральные сети имеют бо-

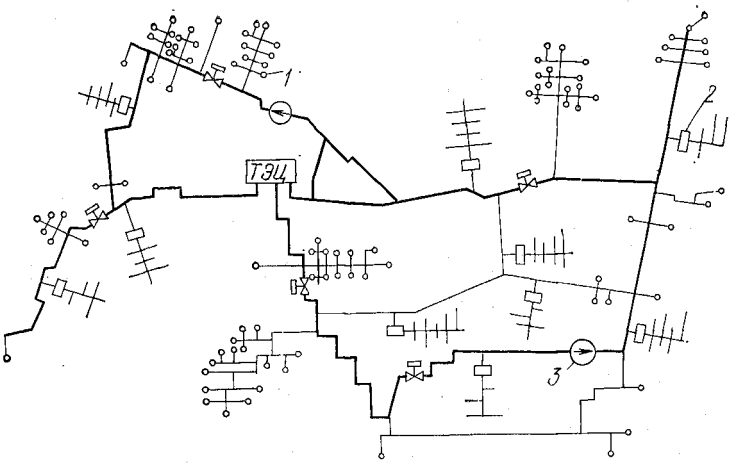


Рис. 1.1. Схема тепловой сети от ТЭЦ с индивидуальными и центральными тепловыми пунктами

1 — индивидуальные тепловые пункты; *2* — центральные тепловые пункты; *3* — насосные подстанции

лее высокие расчетные параметры, чем принятые для присоединенных к ним распределительных сетей. Другим признаком магистральных тепловых сетей является транзит тепла в них (т. е. транспортирование тепла без его попутного отпуска потребителям). Однако оба эти признака в тепловых сетях выражены гораздо слабее, чем, например, в газовых или электрических сетях.

Снижение параметров воды при переходе от магистральных тепловых сетей к распределительным требует сооружения специальных тепловых пунктов. Проведенными технико-экономическими исследованиями для жилых районов установлено, что оптимальным является отпуск тепла от центральных тепловых пунктов в пределах 10—50 МВт, что примерно соответствует сооружению одного теплового пункта на микрорайон. Такие микрорайонные тепловые пункты рассматриваются как граничные между магистральными и распределительными тепловыми сетями.

Магистральные тепловые сети по конфигурации, особенностям расчета и эксплуатации могут быть радиальными и кольцевыми (рис. 1.2). *Радиальная (или тупиковая) сеть* предусматривает прокладку отдельных магистралей от одного источника тепла в районы размещения тепловых потребителей. Радиальные сети сооружают с постепенным уменьшением диаметров труб в направлении от источника

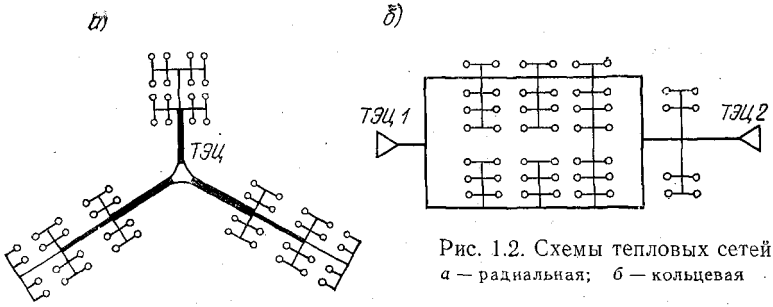


Рис. 1.2. Схемы тепловых сетей
а — радиальная; *б* — кольцевая

тепла. Такие сети наиболее просты, экономичны по начальным затратам, требуют наименьшего расхода металла на сооружение и удобны в эксплуатации. Но при аварии на магистрали радиальной сети прекращается теплоснабжение абонентов, присоединенных за аварийным участком. Неудобны радиальные сети и при ремонте магистральных линий, так как на весь период ремонтных работ все потребители за ремонтируемым участком должны быть отключены. Этот недостаток частично может быть устранен, если в радиальную схему ввести резервные перемычки, соединяющие отдельные лучи попарно. Радиальные водяные сети допускается сооружать при диаметре магистральных трубопроводов до 700 мм со сроком ликвидации аварии до 24 ч.

При теплоснабжении крупных городов от нескольких ТЭЦ целесообразно предусматривать взаимную блокировку ТЭЦ путем соединения их магистралей блокировочными связями. В этом случае может быть создана в принципе объединенная *кольцевая тепловая сеть* с несколькими источниками питания. Кольцевая схема образуется прокладкой от источника тепла к одной группе потребителей не менее двух магистралей, соединяющихся между собой в районе размещения потребителей, обеспечивая двустороннюю подачу тепла. Кольцевые сети самые дорогие, поэтому они сооружаются в крупных городах. Технико-экономические исследования специалистов показали, что дополнительные затраты на сооружение кольцевых сетей, выполненных из труб постоянного диаметра, зачастую компенсируются снижением капитальных вложений на установку меньших суммарных резервов мощностей тепловых станций.

При двухтрубных водяных тепловых сетях отпуск теплоносителя в системы теплоиспользования определяется не давлением его в подающем трубопроводе на входе в эти си-

стемы, а разностью между этим давлением и соответствующим в обратном трубопроводе на выходе из системы. Регулирование отпуска тепла в тепловых сетях применяется в основном качественное (изменением температуры теплоносителя), так как при количественном регулировании значительное сокращение расходов подаваемого теплоносителя резко нарушает нормальную работу систем теплоиспользования, в особенности водяного отопления. Эти обстоятельства существенно затрудняют применение закольцованных схем при нормальных режимах эксплуатации двухтрубных водяных тепловых сетей, поэтому такие схемы пока не нашли широкого распространения. Таким образом, применяемые схемы как небольших, так и крупных двухтрубных тепловых сетей могут быть охарактеризованы как радиальные, обычно с частичным кольцеванием за счет устройства перемычек между магистралями. Эти перемычки при нормальных режимах отключены и включаются в работу только при авариях или в летний период во время ремонта отдельных участков тепловой сети. В связи с этим сети с перемычками фактически работают по тупиковой схеме.

Для повышения надежности систем теплоснабжения Н. К. Громовым была предложена новая схема присоединения распределительных тепловых сетей к магистральным через контрольно-распределительные пункты (КРП) (рис. 1.3). Схема с КРП предусматривает укрупнение центральных тепловых пунктов с доведением их расчетной тепловой нагрузки до 35—60 МВт (30—50 Гкал/ч), что примерно соответствует нагрузке одного крупного или двух небольших микрорайонов. На КРП устанавливают секционирующие задвижки (для разделения сети на участки), головные задвижки распределительных сетей, задвижки на блокирующих связях, регуляторы давления и температуры, насосные подкачивающие или смесительные установки, а также при необходимости и водоподогреватели. Принципиальная схема КРП приведена на рис. 1.4. Устанавливаемое оборудование позволяет создавать в распределительных сетях за КРП требуемые режимы.

Секционирующие задвижки необходимо устанавливать не менее чем через 1 км теплотрассы. Распределительные сети при этом присоединяют к магистральным сетям в КРП с обеих сторон секционирующих задвижек. Магистрали соединены между собой блокировочными перемычками, диаметры которых рассчитывают на пропуск аварийного расхода воды, принимаемого не менее 70% расчетного. Перемычки в целях сокращения капитальных вложений могут

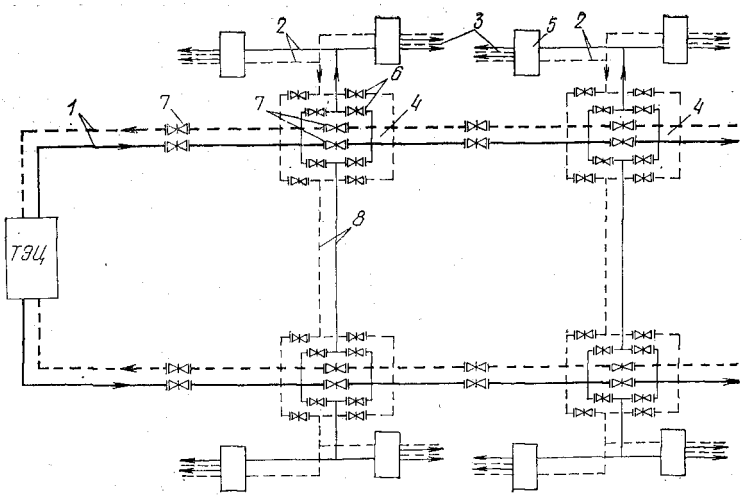


Рис. 1.3. Схема тепловой сети с КРП

1 — магистральная сеть; *2* — распределительная сеть; *3* — квартальная сеть; *4* — КРП; *5* — ЦТП; *6* — головная задвижка распределительных сетей; *7* — секционная задвижка; *8* — блокировочная перемычка

быть однотрубными и использоваться попеременно как подающие, так и обратные линии, для чего предусматривается соответствующее переключение. Однако однотрубные перемычки могут включаться только при авариях и присоединение к ним тепловых потребителей исключено. Секционирование магистралей и устройство блокировочных перемычек позволяют производить ремонтные работы на отключенном участке тепловой сети без прекращения подачи тепла потребителям на других участках.

Во ВНИПИэнергопроме разработана новая схема теплоснабжения, при которой магистральные водяные тепловые сети работают как закрытые, а распределительные как открытые. При этой схеме двухтрубные распределительные сети присоединены к двухтрубным магистральным сетям через водоподогреватели, установленные в районном тепловом пункте (РТП), в котором предусмотрена также установка оборудования химводоочистки, деаэрации и аккумулирования подпиточной воды, идущей на восполнение расхода воды в системах горячего водоснабжения потребителей и утечек. В этом случае местные системы отопления и горячего водоснабжения присоединены к двухтрубным распределительным сетям, работающим аналогично тепловым сетям с непосредственным водоразбором, т.е. по открытой системе.

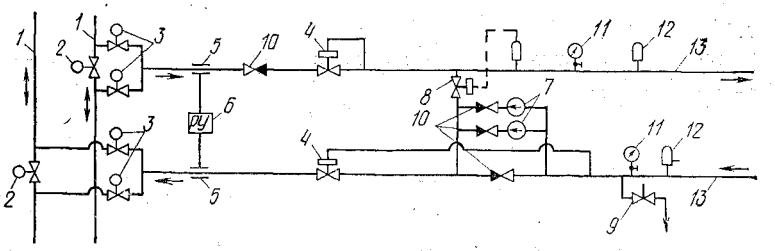


Рис. 1.4. Схема контрольно-распределительного пункта

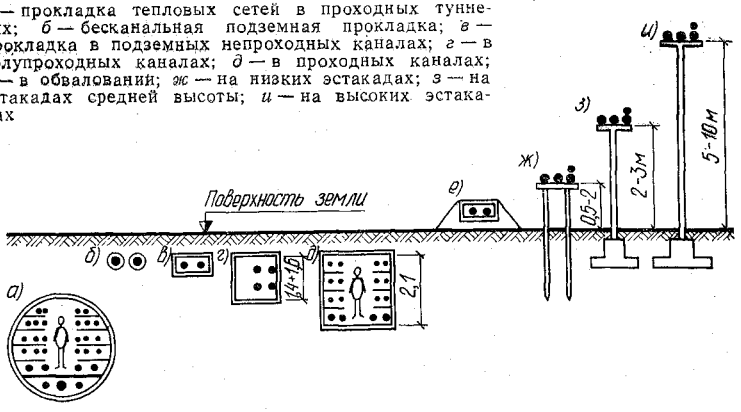
1 — тепловая магистраль; *2* — секционные задвижки с телеуправлением; *3* — переключающие задвижки с телеуправлением; *4* — регуляторы давления; *5* — индукционные расходомеры; *6* — реле утечки с телесигнализацией; *7* — центробежные насосы с телеуправлением; *8* — регуляторы температуры с дистанционным задатчиком; *9* — сбросной предохранительный клапан; *10* — обратный клапан; *11, 12* — манометры и термометры с телеизмерением; *13* — распределительная тепловая сеть

Указанная схема независимого присоединения распределительных тепловых сетей к магистральным обеспечивает: полную гидравлическую изоляцию магистральных тепловых сетей от распределительных; исключение строительства ЦТП и четырехтрубных распределительных тепловых сетей в микрорайонах; стабилизацию гидравлического и температурного режимов в тепловых сетях и абонентских установках; защиту трубопроводов систем горячего водоснабжения от коррозии; стабилизацию режимов работы оборудования ТЭЦ; частичную разгрузку водопроводной сети города в часы максимального водопотребления за счет аккумулирования горячей воды. Эта новая схема, очевидно, является перспективной и может быть эффективно использована при сооружении современных систем теплоснабжения, в том числе и от атомных ТЭЦ.

В последние годы были разработаны самые разнообразные способы прокладки тепловых сетей (рис. 1.5). Выбор того или иного способа определяется местными условиями, как, например, характером грунта, наличием и уровнем грунтовых вод, требуемой надежностью, экономичностью строительства, а также эксплуатационными затратами на содержание тепловой сети. Способы прокладки разделяют на надземные и подземные. *Надземную* прокладку тепловых сетей применяют редко, так как она нарушает архитектурный ансамбль местности, имеет при прочих равных условиях более высокие, по сравнению с подземной, тепловые потери, не гарантирует от замерзания теплоносителя при неполадках и авариях, стесняет проезды. Ее применяют при высоком уровне грунтовых вод, в условиях вечной мерзлоты и при неблаго-

Рис. 1.5. Прокладка тепловых сетей под землей и надземно

а — прокладка тепловых сетей в проходных туннелях; *б* — бесканальная подземная прокладка; *в* — прокладка в подземных непроходных каналах; *г* — в полупроходных каналах; *д* — в проходных каналах; *е* — в обвалований; *ж* — на низких эстакадах; *з* — на эстакадах средней высоты; *и* — на высоких эстакадах



приятном рельефе местности, а также там, где не нарушая движения транспорта и архитектурного ансамбля, можно получить существенный экономический эффект.

Большинство тепловых сетей прокладывается *подземным способом.* Недостатком подземных прокладок теплопроводов являются опасность увлажнения и разрушения тепловой изоляции от воздействия грунтовых или поверхностных вод, что приводит к резкому увеличению тепловых потерь, а также опасность внешней коррозии труб вследствие воздействия блуждающих электрических токов, влаги и агрессивных веществ. Подземные прокладки теплопроводов связаны с необходимостью вскрытия улиц, проездов и дворов при строительстве и капитальных ремонтах теплосетей.

1.3. Надземная прокладка теплопроводов

Надземную прокладку тепловых сетей применяют на территориях промышленных предприятий, на площадках, свободных от застроек, вне пределов города или в местах, где она не влияет на архитектурное оформление и не мешает движению транспорта. Надземная прокладка имеет ряд преимуществ: доступность для осмотра и удобство эксплуатации; возможность в кратчайшие сроки обнаружить и ликвидировать аварию в теплопроводах; отсутствие электрокоррозии от блуждающих токов и коррозии от агрессивных грунтовых вод; меньшая стоимость сооружения по сравнению со стоимостью подземных прокладок тепловых сетей. Надземную прокладку тепловых сетей осуществляют: на отдельно стоящих опорах (мачтах); на эстакадах с пролетным

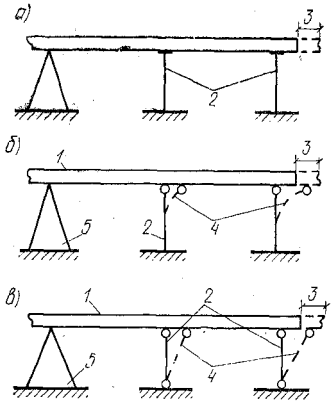
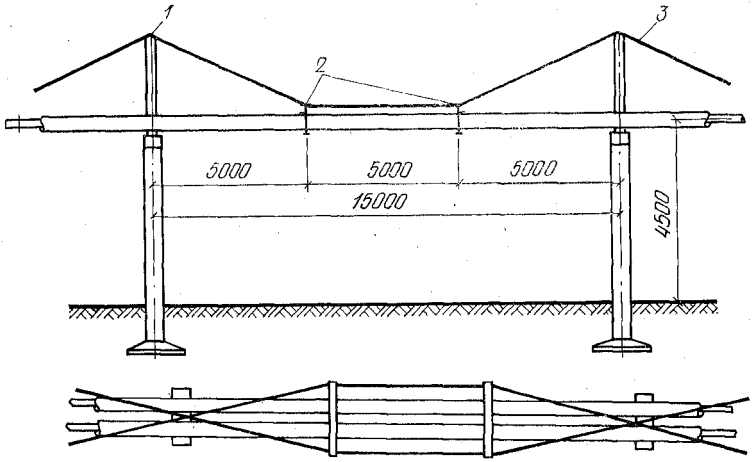


Рис. 1.6. Виды отдельно стоящих опор

а — жесткая опора; *б* — гибкая опора; *в* — двухшарнирная (качающаяся) опора; *1* — трубопровод; *2* — промежуточные опоры; *3* — температурная деформация; *4* — положение промежуточных опор при температурной деформации теплопровода; *5* — анкерная опора

Рис. 1.7. Надземный теплопровод подвесной конструкции на мачтах

1 — металлическая вершина; *2* — подвесные опоры; *3* — тяги



строением в виде прогонов, ферм или подвесных (вантовых) конструкций; по стенам зданий.

Низкие опоры применяют в основном для надземной прокладки тепловых сетей на свободных от застроек площадках. При прокладке на низких опорах расстояние в свету от поверхности земли до низа тепловой изоляции теплопроводов должно быть не менее 0,35 м. Высокие отдельно стоящие опоры подразделяют на жесткие, гибкие и качающиеся (рис. 1.6). *Жесткие* опоры представляют собой отдельные колонны или рамы, жестко соединенные с фундаментом. Гибкие опоры — это стальные стойки, жестко заделанные в фундамент. Верхушка гибких опор шарнирно соединяется

Управление самостоятельно

с трубопроводом и при температурном удлинении последнего перемещается совместно с трубой. Перемещение верхушки происходит за счет упругого изгиба стойки. *Качающиеся* высокие опоры состоят из стальной или железобетонной стойки, шарнирно соединенной с фундаментом. Верхушка стоек шарнирно соединяется с опирающимся трубопроводом и за счет поворота стойки вокруг нижнего шарнира может свободно перемещаться в горизонтальном направлении при перемещении трубопроводов вследствие изменения температуры.

Высоту мачт определяют исходя из заданных габаритов для проездов. Мачту рассчитывают на массу пролета труб, горизонтальные осевые и боковые усилия, возникающие от трения теплопроводов на подвижных опорах, а также на ветровую нагрузку. При прокладке труб небольшого диаметра на отдельных опорах, промежуточные опоры создают посредством вантовых растяжек и подвесок (рис. 1.7). Отдельно стоящие мачты или опоры выполняют из дерева, стали или железобетона. Деревянные мачты дешевле других, но они недолговечны и применяются для временных прокладок тепловых сетей. При небольших объемах строительства надземных тепловых сетей применяют стальные мачты из профильной стали, однако они дороги и трудоемки и поэтому вытесняются железобетонными. Мачты из железобетона особенно целесообразно применять при массовом строительстве тепловых сетей на промышленных площадках, когда рентабельно организовать их изготовление в заводских условиях.

Для совместной прокладки тепловых сетей с другими трубопроводами различного назначения применяют эстакады, изготовляемые из металла или железобетона. В зависимости от количества одновременно прокладываемых трубопроводов пролетные строения эстакад могут быть одноярусными или многоярусными. Примеры размещения трубопроводов на эстакадах показаны на рис. 1.8. Теплопроводы обычно прокладывают на нижнем ярусе эстакады, при этом трубопроводы с более высокой температурой теплоносителя размещают ближе к краю, обеспечивая тем самым лучшее расположение П-образных компенсаторов, имеющих разные размеры. При прокладке тепловых сетей на территории промышленных предприятий применяют также способ надземной прокладки на кронштейнах, укрепляемых в стенах зданий (рис. 1.9). Выбор пролета теплопроводов (т. е. расстояний между кронштейнами) производят с учетом несущей способности конструкции здания.

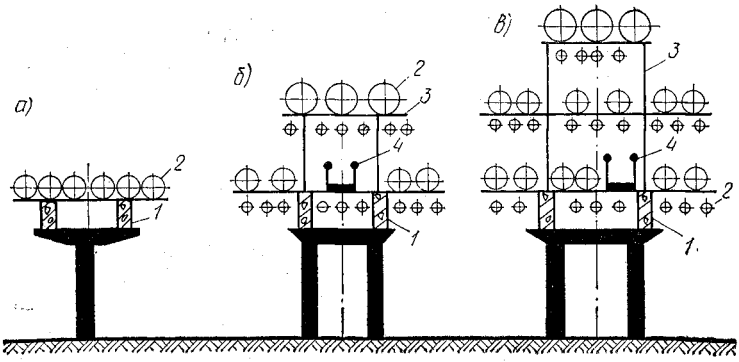


Рис. 1.8. Сечения эстакад

а — одноярусное; *б* — двухъярусное; *в* — трехъярусное; *1* — продольные балки; *2* — трубопроводы; *3* — надстройка; *4* — настил для прохода и обслуживания

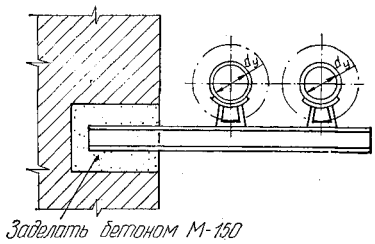


Рис. 1.9. Прокладка теплопроводов на кронштейнах

1.4. Подземная прокладка теплопроводов

В городах и населенных пунктах для тепловых сетей в основном применяют подземную прокладку, которая не портит архитектурного ансамбля, не мешает движению транспорта и позволяет снизить теплопотери за счет использования теплозащитных свойств грунта. Промерзание грунта не опасно для теплопроводов, поэтому их можно прокладывать в зоне сезонного промерзания грунта. Чем меньше глубина заложения тепловой сети, тем меньше объем земляных работ и ниже стоимость строительства. Подземные тепловые сети чаще всего прокладывают на глубине от 0,5 до 2 м ниже поверхности земли. Всегда стремятся прокладывать тепловые сети выше уровня грунтовых вод. При отсутствии такой возможности следует предусматривать попутный дренаж для понижения уровня вод в зоне заложения, а для наружных поверхностей строительных конструкций и закладных деталей — обмазочную битумную изоляцию. При невозможности применения попутного дренажа предусматривают оклеечную гидроизоляцию из битумных рулонных материалов с защитными ограждениями на высоту, превышающую максимальный уровень грунтовых вод на 0,5 м, или другую эффективную гидроизоляцию.

Трассу тепловых сетей в городах и других населенных пунктах располагают в отведенных для инженерных сетей технических полосах параллельно красным линиям улиц, дорог и проездов вне проезжей части и полосы зеленых насаждений. Внутри микрорайонов и кварталов трассу тепловых сетей, как правило, предусматривают вне проезжей части дорог. Заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия следует принимать не менее: а) до верха перекрытий каналов и тоннелей — 0,5 м; б) до верха перекрытий камер — 0,3 м; в) до верха оболочки бесканальной прокладки — 0,7 м. Уклон тепловых сетей независимо от направления движения теплоносителя и способов прокладки должен быть не менее 0,002. Расстояние по горизонтали и вертикали от тепловых сетей до зданий, сооружений и инженерных сетей принимается в соответствии со СНиП II-36-73 «Тепловые сети. Нормы проектирования».

Конструктивно подземные тепловые сети делят на два принципиально различных вида: **канальные** и **бесканальные**. Каналы для теплопроводов бывают проходные, полупроходные и непроходные. Конструкция канала полностью разгружает теплопроводы от механического воздействия массы грунта и временных транспортных нагрузок и ограждает трубопроводы и тепловую изоляцию от коррозионного влияния почвы. Прокладка в каналах обеспечивает свободное перемещение трубопроводов при температурных деформациях как в продольном (осевом), так и в поперечном направлении, что позволяет использовать их самокомпенсирующую способность на угловых участках трассы тепловой сети.

Прокладка в проходных каналах (тоннелях) — наиболее совершенный способ, так как при этом обеспечивается постоянный доступ обслуживающего персонала к трубопроводам для осуществления контроля за их работой и производства ремонта, что наилучшим способом обеспечивает их надежность и долговечность. Однако стоимость прокладки теплопроводов в проходных каналах весьма высокая, а сами каналы имеют большие габариты (высотой в свету не менее 1,8 м и проход между трубами — 0,7 м). Проходные каналы устраивают обычно при прокладке большого числа труб в одном направлении, например на выводах с ТЭЦ.

В целях удешевления строительства подземных коммуникаций, улучшения эксплуатации, повышения надежности и удлинения их срока службы в больших городах строят так называемые городские коллекторы, в которых прокладывают теплопроводы, водопровод, электрические и телефонные кабели и другие коммуникации. Такие коллекторы на-

зывают *общими*. Городские проходные коллекторы оборудуют вентиляционными и дренажно-откачивающими средствами, электрическим освещением и другим оборудованием. Применение городских коллекторов позволяет организовать комплексное проектирование, строительство и эксплуатацию инженерных коммуникаций; вести строительство индустриальными методами с применением комплексной механизации, узлов и конструкций повышенной заводской готовности, монтажа с колес. При ремонте коммуникаций исключается разрытие городских территорий. Все это значительно улучшает систему инженерного оборудования городов и поселков в целом.

Полупроходные каналы являются переходной ступенью между проходными и непроходными каналами и имеют габариты, меньшие по сравнению с проходными. Их высота в свету 1,4 м, ширина прохода между трубами 0,4—0,5 м. Полупроходные каналы применяют для двухтрубных тепловых сетей в исключительных случаях на отдельных участках, например для прокладки теплопроводов под железнодорожными путями, а также под центральными проездами городов с интенсивным уличным движением, где затруднено вскрытие поверхности земли для осмотра и ремонта теплопроводов. Осмотр теплопроводов и производство ремонтных работ в полупроходных каналах допускаются только при отключении теплоносителя.

Непроходные каналы получили наибольшее распространение в практике строительства тепловых сетей. Этот тип прокладки применяют в любых грунтовых условиях, в том числе с устройством в зоне высоких грунтовых вод попутного дренажа. Насчитывается большое количество различных конструкций непроходных каналов, каждая из которых имеет те или иные преимущества и недостатки. Конструкции непроходных каналов отличаются большим разнообразием как по форме (прямоугольные, полуцилиндрические, цилиндрические), так и по материалу (кирпичные, бетоноблочные, железобетонные).

Конструкции теплопроводов в непроходных каналах разделяют на две группы: с воздушным зазором между поверхностью тепловой изоляции и стенками канала и без воздушного зазора. Применение теплопроводов *без воздушного зазора* между тепловой изоляцией и стенками канала, равно как и бесканальных прокладок, возможно в условиях, когда тепловая деформация трубопровода происходит только в осевом направлении. На участках, где имеет место боковое перемещение трубопровода при тепловой деформации, следует применять прокладки в каналах с воздушным за-

зором. Теплопроводы без воздушного зазора не нашли широкого применения и из-за интенсивной наружной коррозии стальных трубопроводов, развивающейся в условиях высокой влажности тепловой изоляции, так как отсутствие воздушного зазора ухудшает вентиляцию воздуха и подсушку изоляции.

В непроходных каналах с *воздушным зазором* между поверхностью тепловой изоляции и стенками канала тепловая изоляция в меньшей степени подвержена увлажнению, поэтому и коррозия трубопроводов в таких каналах значительно меньше. Габариты непроходных каналов определяются: диаметрами прокладываемых теплопроводов, расстоянием между осями труб и зазором между поверхностью тепловой изоляции трубопроводов и внутренней поверхностью каналов. Условия работы теплопроводов в непроходных каналах резко отличаются от условий в проходных каналах. Отсутствие вентиляции приводит к высокой влажности воздуха в канале. Влага конденсируется на холодном потолке канала, увлажняет тепловую изоляцию труб, а затем снова испаряется. Для защиты от капель конденсируемой воды ее следует отводить в сторону от тепловой изоляции. Сводчатая форма перекрытия наиболее удобна для организованного стока влаги на дно канала. Для этой цели может применяться также устройство наклона в одну сторону плоского перекрытия канала.

Наряду с прокладкой в непроходных каналах все большее развитие получают бесканальные прокладки теплопроводов. **Бесканальные прокладки** тепловых сетей можно разделить на следующие виды: засыпные, сборные, сборно-литые, литые, монолитные. Отказ от применения каналов при прокладке подземных тепловых сетей весьма перспективен и является одним из путей удешевления их стоимости. Однако в бесканальных прокладках теплоизолированный трубопровод вследствие непосредственного контакта с грунтом находится в условиях более активных физико-механических воздействий (влажность грунта, давление грунта и внешних нагрузок и т. п.), чем в канальных прокладках. Впервые бесканальные прокладки были применены еще в первые годы развития теплофикации в СССР, хотя опыт эксплуатации их еще не был изучен. Прокладку осуществляли чрезвычайно просто: трубы укладывали в вырытую траншею, сваривали и засыпали слоем теплоизоляционного материала, а затем грунтом.

В период строительства тепловых сетей 1932—1940 гг. при бесканальной прокладке тепловых сетей в ряде городов — Москве, Ленинграде, Иванове, Ярославле, Кирове и

других — использовали упрощенные засыпные конструкции из фрезерного торфа, шлака, опилок и других материалов. Однако уложенные таким способом теплопроводы быстро выходили из строя вследствие разрыва стыков труб из-за защемления их грунтом, а также вследствие наружной коррозии. В дальнейшем бесканальные прокладки постепенно совершенствовались, трубы стали покрывать теплоизоляционным материалом в виде сегментных блоков, поверх изоляции накладывали цементную корку и гидрозащитный слой. Но и эти конструкции оказались неудовлетворительными.

Бесканальная прокладка тепловых сетей возможна при использовании механически прочной теплогидроизоляционной оболочки, способной защитить трубопроводы от потерь тепла и выдерживать нагрузки, передаваемые грунтом. Создание качественных бесканальных прокладок потребовало применения новых технических решений и новых материалов. За последние годы были разработаны и испытаны новые теплоизоляционные материалы, позволившие вновь обратиться к бесканальным прокладкам. Среди бесканальных прокладок наибольшее распространение получили прогрессивные прокладки с использованием в качестве монолитной теплоизоляции армопенобетона, битумоперлита, асфальтокерамзитобетона, фенольного поропласта с самоспекающимся порошком (асфальтоизолом) и другими теплоизоляционными материалами. Распространение получила бесканальная прокладка тепловых сетей из асбестоцементных труб. Бесканальные прокладки тепловых сетей постоянно продолжают совершенствоваться и получают все более широкое распространение в практике строительства. Тепловые сети с диаметром трубопроводов до 500 мм рекомендуется прокладывать преимущественно бесканальным способом.

ГЛАВА II. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

2.1. Трубы и их соединения

Трубопроводы являются основным и наиболее ответственным видом конструкций тепловых сетей. Они должны обладать следующими основными свойствами: высокой механической прочностью и герметичностью при рабочих параметрах теплоносителя; коррозионной стойкостью; неизменя-

емостью свойств материала труб при длительном воздействии теплоносителя; иметь малую шероховатость внутренней поверхности; малый коэффициент линейного температурного удлинения и высокое сопротивление теплопередаче стенок труб; простоту, надежность и герметичность соединений отдельных элементов; отличаться простотой хранения, транспортировки и монтажа; небольшой стоимостью. Однако применяемые в строительстве типы труб отвечают далеко не всем предъявляемым требованиям.

В настоящее время для строительства тепловых сетей в основном применяют стальные трубы из стали марок Ст2, Ст3, Ст10сп, Ст20сп, 10Г2С1, 15ГС, 16ГС. Преимущественное применение стальных труб для тепловых сетей обусловлено их высокими механическими качествами и эластичностью, а также возможностью использования сварки, которая обеспечивает надежность и герметичность соединения. Выбор материалов для трубопроводов и арматуры тепловых сетей следует производить в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» Госгортехнадзора СССР.

Согласно этим правилам трубы, запорно-регулирующая арматура, фланцы и другие устройства подбирают по условным давлениям и проходам. Под условным давлением p_y понимают наибольшее избыточное давление, допустимое для длительной эксплуатации трубы или изделия при температуре 20°С. С повышением температуры теплоносителя допустимое давление должно уменьшаться, и это фактическое допустимое давление называется рабочим. Рабочее (расчетное) давление — это наибольшее давление при заданной температуре среды. Для температуры теплоносителя до 200°С условное давление равно рабочему. Под условным проходом D_y подразумевают номинальный внутренний диаметр трубы или изделия. Трубы с определенным условным диаметром имеют постоянный наружный диаметр и отличаются лишь толщиной стенки.

Трубопроводы разделяют по параметрам теплоносителя на категории. Для тепловых сетей определяющими являются следующие параметры: 1) для подающих и обратных линий водяных тепловых сетей — максимальная температура в подающей линии и наибольшее давление воды в трубопроводах с учетом рельефа местности и работы подкачивающих насосных подстанций на тепломагистрали; 2) для трубопроводов систем горячего водоснабжения — температура 75°С, наибольшее давление в подающем трубопроводе.

В тепловых сетях применяют в основном бесшовные горячекатаные и электросварные трубы. Бесшовные горячека-

таные трубы (ГОСТ 8732—78) выпускают с наружными диаметрами 32—426 мм. Электросварные прямошовные (ГОСТ 10706—76) и со спиральным швом (ГОСТ 8696—74) изготовляют с наружным диаметром более 426 мм. Трубы водогазопроводные (ГОСТ 3267—75) — обыкновенные и усиленные — допускается применять в тепловых сетях после центральных тепловых пунктов (ЦТП). Основные размеры и технические характеристики стальных труб тепловых сетей приведены в табл. 2.1.

Бесшовные горячекатаные и электросварные прямошовные трубы с калиброванными торцами допускается использовать при всех способах прокладки тепловых сетей. Электросварные со спиральным швом рекомендуются для воздушных и канальных прокладок. Для трубопроводов тепловых сетей при температуре горячей воды 115°С и ниже применяют стальные электросварные трубы; для тепловых сетей горячего водоснабжения — оцинкованные стальные трубы. Стальные трубы при монтаже тепловых сетей соединяют электрической или газовой сваркой. Фланцевое соединение применяется только при установке фланцевой арматуры.

При изготовлении и монтаже стальных трубопроводов используют приварные детали, которые предназначены для изменения направления потока теплоносителя (отводы) или изменения диаметра трубопровода (переходы), устройства ответвлений (тройники), закрытия свободных концов трубопроводов (заглушки). Все детали рекомендуется выполнять по размерам междуведомственных нормалей (МВН). Толщина стенок фасонных деталей не должна превышать толщину стенки трубы более чем на 3 мм; в противном случае усложняется подгонка торцов трубы и детали при сварке.

Отводы бывают гнутыми и сварными (рис. 2.1). Для гибких компенсаторов, поворотов и других гнутых элементов трубопроводов применяют крутоизогнутые отводы заводского изготовления с радиусом гиба не менее одного диаметра трубы. Допускается использовать нормально изогнутые отводы с радиусом гиба 3,5 диаметра трубы. Их изготовляют при нагреве трубы порядка 1100°С и с набивкой песком. Отводы с радиусом гиба более 3,5 диаметра трубы изготовляют на трубогибочных станках путем изгиба труб в холодном состоянии и без набивки песком. В пространственных конструкциях трубопроводов между гладкими нормальными отводами предусматривают прямой отрезок трубы длиной больше D_y, а при D_y меньше 100 мм прямой отрезок трубы принимают равным не менее 100 мм. Круто-

Таблица 2.1. **Технические характеристики стальных труб тепловых сетей**

Условный диаметр $D_у$, мм	Наружный диаметр $D_н$, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр $D_{вн}$, мм	Масса 1 м, кг	Площадь поперечного сечения стенки трубы, см²	Внутренний объем 1 м трубы, л	Момент инерции, см⁴	Момент сопротивления, см³	Площадь наружной поверхности 1 м трубы, м²
32	38	2,5	33	2,19	2,79	0,855	4,41	2,32	0,12
40	45	2,5	40	2,62	3,30	1,26	7,56	3,36	0,14
50	57	3,5	50	4,62	5,92	1,96	21,1	7,42	0,18
70	76	3,5	69	6,26	7,96	3,74	52,5	13,8	0,24
80	89	3,5	82	7,38	9,41	5,28	86,1	19,3	0,28
100	108	4,0	100	10,26	13,11	7,85	177	32,8	0,34
125	133	4,0	125	12,73	16,2	12,27	338	50,8	0,42
150	159	4,5	150	17,15	21,9	17,67	652	82	0,50
175	194	5,0	184	23,31	29,70	26,59	1327	137	0,61
200	219	6,0	207	31,52	40,2	33,65	2279	208	0,69
250	273	7,0	259	45,92	58,4	52,69	5177	379	0,86
300	325	8,0	309	62,54	79,4	74,99	10 014	616	1,02
350	377	9,0	359	81,68	104	101,2	17 624	935	1,18
350	377	10,0	357	90,51	115	100,1	19 426	1031	1,18

Продолжение табл. 2.1

400	426	9,0	408	92,56	118	130,7	25 640	1204	1,34
400	426	6,0	414	62,15	79	134,6	17 460	820	1,34
450	480	6,0	469	69,84	89	170,6	24 780	1037	1,51
500	529	6,0	517	77,39	99	209,9	33 711	1275	1,66
500	529	7,0	515	90,11	115	208,3	39 160	1479	1,66
600	630	7,0	616	107,5	137	298	66 478	2110	1,98
600	630	8,0	614	122,7	156	296	75 612	2400	1,98
700	720	7,0	706	123,1	157	391	99 648	2768	2,26
700	720	8,0	704	140,5	179	389	110 200	3150	2,26
700	720	9,0	702	157,8	202	387	127 052	3529	2,26
800	820	8,0	804	160,2	204	508	168 213	5077	2,58
900	920	9,0	902	179,9	258	639	287 239	5810	2,89
1000	1020	10	1000	199,7	317	788	404 638	7934	3,20
1200	1220	11	1198	328	417	1127	784 192	12 857	3,83
1200	1220	14	1192	416,4	530	1116	998 063	16 364	3,83
1400	1420	11	1398	382,2	486	1520	$1{,}23 \cdot 10^6$	17 420	4,45
1400	1420	14	1392	485,4	618	1530	$1{,}57 \cdot 10^6$	22 170	4,45

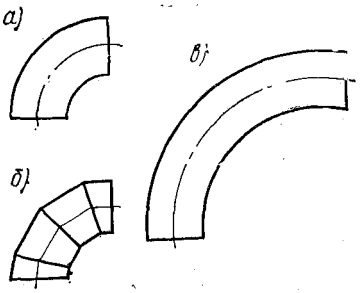


Рис. 2.1. Отводы

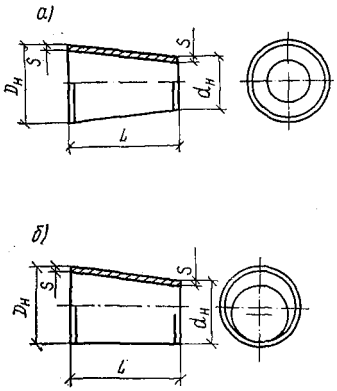
а — бесшовный крутоизогнутый; *б* — сварной; *в* — бесшовный гнутый

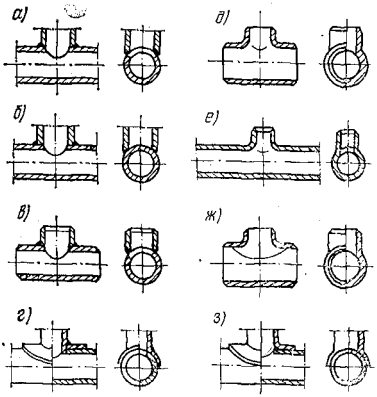
Рис. 2.2. Переходы

а — концентрический; *б* — эксцентрический

Рис. 2.3. Ответвления и тройники

а — врезка без укрепляющих элементов; *б* — врезка с усиленным штуцером; *в* — врезка с усиленным корпусом (сварной тройник); *г* — врезка с накладным воротником; *д* — штампованный тройник; *е* — отбортованный в трубе штуцер; *ж* — врезная седловина; *з* — накладная седловина





изогнутые отводы допускается сваривать между собой без прямого участка. Вваривать отводы непосредственно в трубу без штуцера запрещается.

Для трубопроводов тепловых сетей больших диаметров ($D_у$>400 мм) с рабочим давлением теплоносителя до 2,16 МПа (22 кгс/см²) и температурой до 350°С допускается применять сварные секторные отводы. Отводы изготовляют из электросварных труб и собирают с помощью сварки из секторов с углами скоса 11°15′ и 15°. Гидравлическое сопротивление сварных колен с углами скосов 11°15′ несколько меньше, чем с углами 15°. Радиусы отводов принимают равным $R=(1\div3)D_н+50$ мм. По гибкости сварные отводы мало уступают гладкоизогнутым, а по компактности намного превосходят их.

Переходы применяют для стыкования труб различ-

ных диаметров. По конструкции их подразделяют на концентрические и эксцентрические (рис. 2.2). Концентрические переходы применяют преимущественно для линий трубопроводов, расположенных вертикально, а эксцентрические — для расположенных горизонтально. Применение эксцентрических переходов облегчает удаление теплоносителя из трубопровода при его отключении. Переходы должны быть плавными, внезапное изменение диаметра трубопровода не допускается. Угол наклона поверхности переходов не должен превышать 15°. При подземной прокладке тепловых сетей переходы от труб одного диаметра к трубам другого диаметра должны находиться в тепловой камере.

Тройники и ответвления (рис. 2.3) по конструкции подразделяют на равнопроходные — без изменения диаметра ответвления и переходные — с уменьшением диаметра ответвления.

Заглушки используют для отключения участков теплопроводов и ответвлений на период ремонтов или гидравлических испытаний сетей, а также для заглушения торцов труб. В зависимости от назначения заглушки бывают концевые и промежуточные. Концевые заглушки устанавливают на конечных и тупиковых участках трубопроводов, они могут быть фланцевыми и приварными. Промежуточные заглушки, представляющие собой стальной диск, применяют лишь при ремонте трубопроводов и оборудования. Их устанавливают на любом фланцевом соединении. Эти заглушки имеют специальный «хвостик», показывающий место их установки. После окончания ремонта заглушки убирают. Приварные заглушки по конструкции подразделяют на эллиптические, плоские и плоские ребристые (рис. 2.4). Заглушки эллиптические изготовляют из листовой стали холодной и горячей вытяжкой в штампах. Заглушки плоские и плоские ребристые изготовляют вырезкой из листовой стали с последующей сваркой на месте монтажа трубопровода.

Фланцы (рис. 2.5) применяют для присоединения на трубопроводах различной фланцевой арматуры или элементов тепловых сетей (грязевиков, элеваторов, подогревателей и др.). С целью обеспечения взаимозаменяемости фланцев всех типов их присоединительные размеры (наружный диаметр, диаметр болтовой окружности, число и диаметры болтовых отверстий) стандартизованы и установлены одинаковыми для одних и тех же условных давлений и проходов независимо от конструкции фланца. Фланцы выбирают по условному проходу трубы или арматуры и условному давлению. Тип фланцев для присоединения трубопроводной

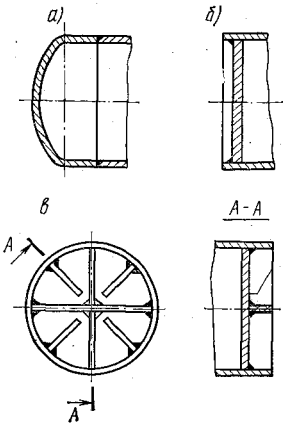


Рис. 2.4. Заглушки

а — эллиптическая; *б* — плоская; *в* — плоская ребристая

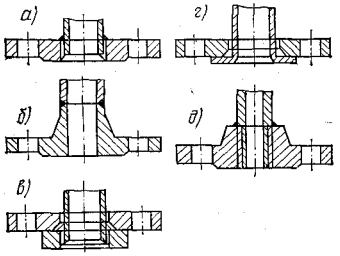


Рис. 2.5. Типы фланцев

а — плоский приварной; *б* — приварной встык; *в* — свободный на приварном кольце; *г* — свободный на отбортованной трубе; *д* — с шейкой на резьбе

арматуры должен соответствовать типу входных фланцев этой арматуры.

Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и шайбы) предназначены для сборки фланцевых соединений арматуры и оборудования. Для фланцев и фланцевых заглушек, рассчитанных на p_y до 2,45 МПа (25 кгс/см^2) включительно и температуру до 300°С, применяют болты с шестигранной головкой или шпильки и гайки. Шпильки имеют преимущества перед болтами, так как у шпилек при затяжке напряжения распределяются более равномерно, а у болтов в местах перехода стержня в головку происходит концентрация напряжений. Кроме того, шпильки можно устанавливать в труднодоступных местах.

Прокладочные материалы и прокладки применяют для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов и арматуры. Они должны обладать достаточной упругостью и прочностью для восприятия внутреннего давления и при температурных изменениях трубопровода, а также теплостойкостью. Тип и материал прокладок выбирают в зависимости от параметров теплоносителя. Формы и размеры прокладок определяются конфигурацией уплотняемых соединений и их типоразмерами. Плотность фланцевых соединений при давлении до 4 МПа (40 кгс/см^2) и температуре до 450°С в основном обеспечивается прокладками из паронита толщиной 1—2 мм. Применение толстых прокладок не рекомендуется, так как при этом увеличивается опас-

ность их разрыва давлением теплоносителя и возникают перекосы фланцевых соединений.

Большим недостатком применяемых для строительства тепловых сетей стальных труб является подверженность их как внешней, так и внутренней коррозии. Как известно, нормативный срок службы стальных трубопроводов установлен 25—30 лет. Однако во многих случаях из-за разрушающих действий коррозии, возникающей при контакте металла с влагой, кислородом и другими агрессивными компонентами окружающей среды, фактический срок службы теплопроводов не превышает 8—10 лет, а в некоторых случаях повреждения на трубах встречаются по истечении 2—3 лет эксплуатации. Особо следует отметить быструю коррозию трубопроводов горячего водоснабжения при закрытой схеме теплоснабжения. Кроме наружной коррозии они подвержены активной внутренней коррозии вследствие воздействия растворенного в водопроводной воде кислорода.

Для защиты тепловых сетей от наружной коррозии в соответствии со СНиП II-36-73 «Тепловые сети. Нормы проектирования» применяют различные противокоррозионные покрытия. Ввод в эксплуатацию тепловых сетей без наружного противокоррозионного покрытия стальных труб и металлических конструкций не разрешается.

2.2. Компенсаторы

Компенсаторы служат для восприятия деформаций стальных трубопроводов при изменениях температуры теплоносителя и для разгрузки их от возникающих температурных напряжений, а также для предохранения от разрушения установленной на теплопроводах арматуры. При повышении температуры теплоносителя на 100°С удлинение стальных труб составляет порядка 1, 2 мм на один метр длины. Если в трубопроводе отсутствует компенсация температурных деформаций, то при сильном нагревании в стенке трубопровода могут возникнуть напряжения, недопустимые по прочности. При наличии продольного изгиба возможно обойтись без компенсации, так как в этом случае труба не получает больших сжимающих напряжений. Однако значительная величина прогиба (в 10—15 раз превышающая удлинение трубы) делает практически неприемлемым такое решение не только при подземных, но и при надземных прокладках.

Для восприятия дополнительных нагрузок, возникающих

при изменении температуры, трубопроводы тепловых сетей проектируют и конструктивно выполняют так, чтобы они могли свободно удлиняться при нагревании и укорачиваться при охлаждении без перенапряжения материала и соединений трубопровода. Температурные удлинения трубопроводов при температуре теплоносителя от 50°С и выше воспринимаются специальными компенсирующими устройствами, предохраняющими трубопровод от возникновения недопустимых деформаций и напряжений.

Надежность и безаварийность работы тепловых сетей во многом зависят от правильного решения вопросов компенсации температурных удлинений теплопроводов, выбора способа прокладки тепловых сетей и других местных условий. Для безаварийной работы тепловых сетей необходимо, чтобы компенсирующие устройства были рассчитаны на максимальные удлинения трубопроводов. Поэтому при расчете удлинений температуру теплоносителя принимают максимальной, а температуру окружающей среды — минимальной и равной: 1) расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления — для надземной прокладки тепловых сетей на открытом воздухе; 2) расчетной температуре воздуха в канале — для канальной прокладки сетей; 3) температуре грунта на глубине заложения бесканальных теплопроводов при расчетной температуре для проектирования отопления.

Способы компенсации температурных удлинений, применяемые в тепловых сетях, весьма разнообразны. По принципу работы компенсаторы можно разделить на две группы: 1) радиальные и гибкие устройства, воспринимающие удлинения теплопроводов изгибом (плоских), кручением (пространственных) криволинейных участков труб или изгибом специальных эластичных вставок различной формы; 2) осевые устройства скользящего и упругого типов, в которых удлинения воспринимаются телескопическим перемещением труб или сжатием пружинящих вставок. Радиальную компенсацию выполняют с помощью П-образных компенсаторов, углов поворота трубопроводов, *Z*-образных участков; осевую — с помощью осевых (сальниковых и линзовых) компенсаторов.

Наибольшее распространение в стальных тепловых сетях получила *радиальная компенсация*, которая может быть использована при любой конфигурации трубопроводов. Радиальная компенсация широко применяется на теплопроводах, прокладываемых на территориях промышленных предприятий, а при небольших диаметрах теплопроводов — до 200 мм также и в городских тепловых сетях. Гибкие

компенсаторы из стальных труб (П-образные и др.), а также углы поворотов трубопроводов от 90 до 120° (самокомпенсация) применяются для компенсации тепловых удлинений трубопроводов независимо от параметров теплоносителя, способа прокладки и диаметров труб. Все части гнутых компенсаторов соединяют сваркой. Диаметр, толщина стенки и марка стали труб для гнутых компенсаторов должны быть такими же, как и для трубопроводов основных участков.

На теплопроводах большого диаметра, прокладываемых под городскими проездами, устанавливаются главным образом *осевые компенсаторы.* Осевые компенсаторы могут быть сальниковыми и выполняются скользящего типа. Температурные удлинения воспринимаются телескопическим перемещением труб внутрь корпуса компенсатора, имеющего сальниковое уплотнение. Допускается применять осевые линзовые или волнистые компенсаторы шарнирного типа.

Наиболее надежной в эксплуатации является так называемая *естественная компенсация*, или *самокомпенсация*, которая допускается к применению для всех способов прокладки тепловых сетей и находит широкое применение на практике (рис. 2.6). Естественная компенсация температурных удлинений достигается на поворотах и изгибах трассы теплопровода за счет гибкости самих труб. Преимуществами ее перед другими видами компенсации являются: простота устройства, надежность, отсутствие необходимости в надзоре и уходе, разгруженность неподвижных опор от усилий внутреннего давления. Для ее устройства не требуется дополнительного расхода труб и специальных строительных конструкций. Недостатки естественной компенсации: поперечное перемещение деформируемых участков трубопровода, требующее увеличения ширины непроходных каналов и затрудняющее применение засыпных изоляций и бесканальных конструкций.

Габариты гибких компенсаторов и длины плеч трубопровода при самокомпенсации определяют расчетом на компенсацию. Полученные в результате расчета длины плеч проверяют на боковое тепловое смещение трубопровода, которое должно быть не более величины зазора (с учетом запаса около 50 мм) между наружными поверхностями тепловой изоляции или между строительной конструкцией и наружной поверхностью изоляции. Максимальное боковое смещение будет в точке поворота трассы.

В бесканальных прокладках для использования

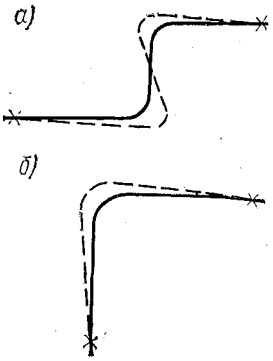


Рис. 2.6. Самокомпенсация трубопроводов
а — Z-образной схемы; *б* — Г-образной схемы

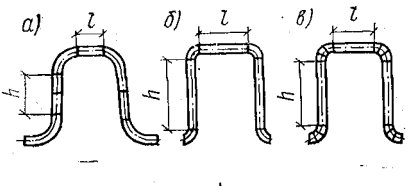


Рис. 2.7. П-образные компенсаторы
а — гнутые; *б* — крутоизогнутыми отводами; *в* — со сварными отводами

естественной компенсации на участках поворотов теплотрассы должны быть сооружены непроходные каналы соответствующих поперечных размеров. При сооружении теплопроводов следует максимально использовать все естественные повороты и изгибы трубопроводов для компенсации температурных удлинений. К устройству искусственных компенсаторов следует обращаться лишь после использования всех возможностей естественной компенсации. Такие компенсаторы применяют в случаях, когда невозможно использование естественной компенсации трубопроводов — при наличии длинных прямых участков и стесненных условий.

К преимуществам гибких компенсаторов относятся: большая компенсирующая способность, надежность работы, передача на неподвижные опоры только сил упругости компенсаторов, отсутствие необходимости в сооружении камер для размещения компенсаторов. Эти компенсаторы просты в изготовлении и не нуждаются в постоянном обслуживании и ремонте. Случаи повреждения гибких компенсаторов наблюдаются в эксплуатации довольно редко, как правило, из-за дефектов сварных швов или наружной коррозии стальных труб. К недостаткам гибких компенсаторов относятся: дополнительный расход труб на их сооружение, что увеличивает стоимость тепловых сетей; повышенное гидравлическое сопротивление сетей; значительные габаритные размеры, затрудняющие их применение в городских условиях при насыщенности трассы другими подземными инженерными коммуникациями; боковое смещение трубопроводов, приводящее к сходу корпусов скользящих опор с опорных конструкций.

Наибольшее распространение получили *компенсаторы П-образной формы.* Их применяют во всех случаях, когда по условиям местности невозможно использовать естественную компенсацию, другой вид компенсации менее целесообразен. Устройство П-образных компенсаторов предусматривают независимо от вида прокладки, диаметра трубопровода и параметров теплоносителя. П-образные компенсаторы имеют преимущественное применение для труб диаметром до 200 мм. Это объясняется тем, что на трубах малого диаметра вследствие большой гибкости осевые компенсаторы работают неудовлетворительно. П-образные компенсаторы изготовляют с применением гнутых, крутоизогнутых и сварных отводов (рис. 2.7). Их различают по соотношению длины прямого участка спинки l и длины прямого участка h: компенсаторы с большим вылетом при $l=0{,}5h$, со средним при $l=h$ и с малым при $l=2h$. Большей компенсирующей способностью обладают компенсаторы с большим вылетом.

Компенсаторы гнутые и сварные с крутоизогнутыми отводами устанавливают на трубопроводах для любых давлений и температур. При этом компенсационная способность компенсаторов с крутоизогнутыми отводами при тех же габаритных размерах выше, чем гнутых, за счет более длинного участка h. П-образные компенсаторы из сварных отводов используют преимущественно для трубопроводов с $Д_у$ более 500 мм. П-образные компенсаторы, как правило, устанавливают в горизонтальном положении с соблюдением необходимого уклона трубопровода.

При ограниченной площади компенсаторы можно устанавливать в вертикальном и наклонном положении петлей вверх или вниз, при этом они должны быть снабжены дренажными штуцерами и воздушниками. Конструкция П-образных компенсаторов, размеры и максимальная компенсирующая способность обычно указаны в проекте.

Компенсирующая способность П-образных компенсаторов может быть увеличена вдвое при предварительной растяжке их в холодном состоянии во время монтажа на величину, равную половине теплового удлинения теплопровода. Для размещения П-образных компенсаторов предусматривается устройство специальных ниш, представляющих собой расширение каналов. Размеры ниш по высоте точно соответствуют размерам канала, а в плане определяются размерами компенсаторов и зазоров, необходимых для свободных перемещений при температурной дефор-

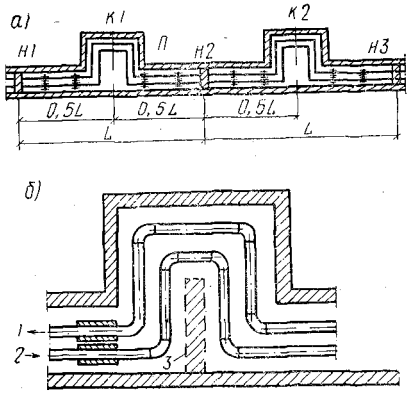
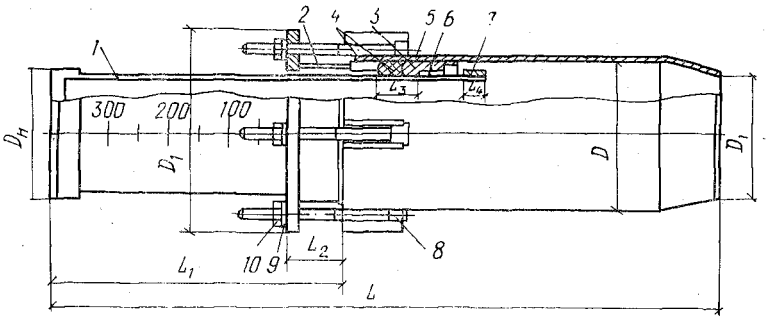


Рис. 2.8. Компенсаторные ниши

а — размещение ниш по трассе теплопроводов; *б* — размещение компенсатора в нише; *К* — компенсаторная ниша; *Н* — неподвижная опора; *П* — подвижная опора; *1* — подающий трубопровод; *2* — обратный трубопровод; *3* — стенка

Рис. 2.9. Компенсатор сальниковый

1 — патрубок; *2* — грунбукса; *3* — набивка-шнур; *4* — кольцо уплотнительное; *5* — корпус; *6* — контрбукса; *7* — кольцо; *8* — болт; *9* — шайба; *10* — гайка



мации компенсатора. Расположение П-образного компенсатора в нише показано на рис. 2.8.

Значительное преимущество перед П-образными компенсаторами имеют гибкие *S-образные симметричные компенсаторы,* которые обычно свободно размещаются в полосе, занимаемой камерами тепловых сетей, и не мешают параллельной прокладке соседних трубопроводов и кабелей, что очень важно при размещении тепловых сетей в технических зонах и в пределах городских проездов. Эти компенсаторы хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации, но не получили широкого распространения в связи с тем, что изготовляются кустарно. По этой же причине не получили распространения лирообразные и омегообразные компенсаторы. На магистральных и распределительных трубопроводах тепловых сетей при невозможности использовать естественную компенсацию и гибкие компенсаторы широко применяются *стальные сальниковые компенсаторы.*

Сальниковые компенсаторы относятся к осевым скользящего типа. Они работают строго вдоль оси теплопровода; какое-либо смещение их продольной оси по отношению к оси трубы компенсирующего участка недопустимо. Сальниковые компенсаторы по своей конструкции делятся на односторонние и двусторонние. Эти компенсаторы устанавливают при подземной прокладке на трубопроводах диаметром $D_y \geqslant 100$ мм, при надземной прокладке на низких опорах — на трубопроводах $D_y \geqslant 300$ мм с параметрами теплоносителя $p_y \leqslant 2{,}45$ МПа (25 кгс/см²) и $t < 300$°С. Типы конструкций сальниковых компенсаторов на условное давление до 1,6 МПа (16 кгс/см²), температуру до 300°С и условный проход 100÷1000 мм нормализованы.

На рис. 2.9 показан односторонний стальной сальниковый компенсатор, состоящий из патрубка (стакана), грундбуксы, контрбуксы и корпуса. Между наружной стенкой патрубка и внутренней стенкой корпуса размещен сальник, в который уложена набивка из прографиченного асбестового шнура и теплостойкой резины в виде колец. Скосы кромок на буксах способствует более плотному прижатию набивки к поверхности стакана. Набивку и наружную поверхность стакана необходимо периодически смазывать, что способствует удлинению срока службы компенсаторов. Компенсирующая способность одностороннего сальникового компенсатора равна 250—400 мм.

Двусторонний сальниковый компенсатор (рис. 2.10) имеет удлиненный корпус и два подвижных стакана. Его компенсирующая способность в 2 раза больше, чем у одностороннего. Перед присоединением сальникового компенсатора к трубопроводу следует тщательно выверить линию во избежание перекосов и заеданий стакана в корпусе. Компенсатор непосредственно вваривают в трубопровод, поэтому его установка не приводит к увеличению количества фланцевых соединений. Во избежание возникновения растягивающих усилий в трубопроводе при установке компенсатора оставляют монтажный зазор между буртом стакана и упорным кольцом корпуса компенсатора на возможное растяжение после монтажа. При этом, согласно СНиП II-36-73 «Тепловые сети. Нормы проектирования», компенсирующую способность, предусмотренную конструкцией сальникового компенсатора, необходимо уменьшать на 50 мм.

Сальниковые компенсаторы имеют высокую компенсирующую способность, небольшие габариты и малое гидравлическое сопротивление. Вследствие малых габаритов

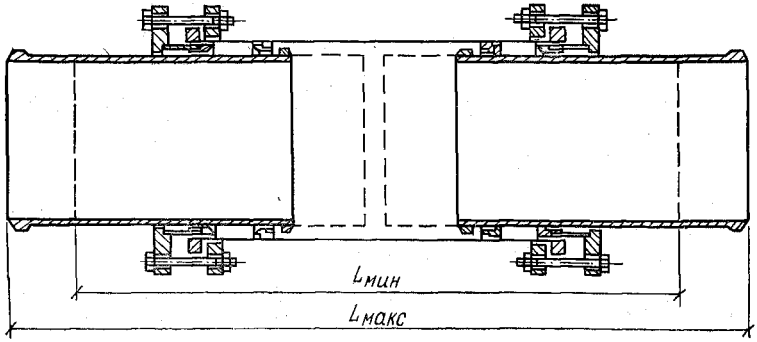


Рис. 2.10. Двусторонний сальниковый компенсатор

сальниковые компенсаторы легко размещаются в камерах и проходных каналах (тоннелях). Основным недостатком сальниковых компенсаторов является необходимость систематического наблюдения и ухода за ними в процессе эксплуатации. Набивка со временем изнашивается, теряет свою упругость и начинает пропускать теплоноситель. Для восстановления плотности конструкции производят подтяжку сальника. Многократные подтяжки значительно увеличивают силы трения в сальнике, в результате частично или полностью утрачивается компенсирующая способность, поэтому через определенные периоды времени сальники приходится перенабивать.

Сальниковые компенсаторы обладают повышенной чувствительностью к перекосам осей. Практика эксплуатации показала, что несовпадение геометрических осей корпуса и стакана компенсатора приводит к его заклиниванию. При подземной прокладке для сальниковых компенсаторов сооружают специальные камеры с люками для их обслуживания. Устройство камер удорожает стоимость строительства тепловых сетей. В случае же использования существующих камер компенсаторы требуют увеличения их габаритов и увеличения расстояния между трубами (подающей и обратной) для возможности их обслуживания и устранения утечек.

Для уменьшения числа камер предусматривают двусторонние сальниковые компенсаторы. Устройство одного двустороннего компенсатора дешевле устройства двух односторонних. Кроме того, гидростатические усилия и усилия от трения в сальниках компенсаторов вызывают необходимость строить сложные и дорогостоящие конструкции не-

подвижных опор. Для устранения указанных недостатков сальниковых компенсаторов проводятся работы по их усовершенствованию.

Во Всесоюзном теплотехническом институте им. Ф. Э. Дзержинского была разработана конструкция компенсатора с самоуплотняющимися манжетами из теплостойкой резины (рис. 2.11). Компенсаторы состоят из цилиндрического корпуса с приваренными обечайками, двух подвижных стаканов и двух манжет из теплостойкой резины. Они работают аналогично двусторонним сальниковым компенсаторам. Преимущества этих компенсаторов по сравнению с сальни-

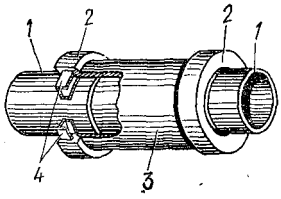


Рис. 2.11. Компенсатор ВТИ

1 — подвижные стаканы компенсатора; *2* — кольцевые камеры, служащие для вставки манжет; *3* — корпус; *4* — самоуплотняющиеся манжеты из теплостойкой резины

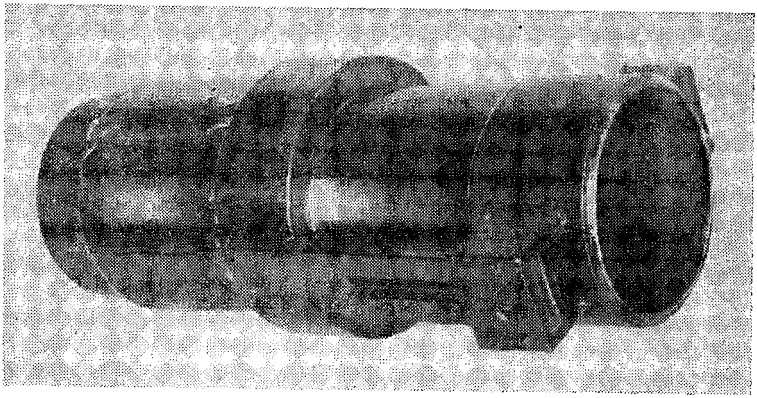


Рис. 2.12. Манжетный компенсатор типа КМ

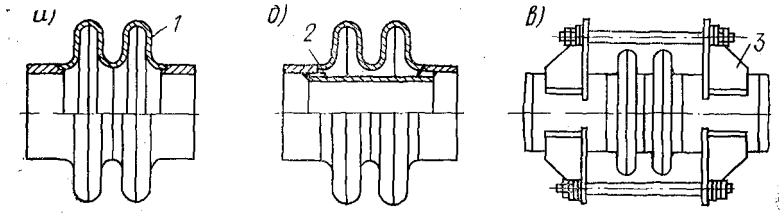


Рис. 2.13. Линзовые двухволновые компенсаторы

а — без стакана; *б* — со стаканом; *в* — со стяжкой; *1* — полулинза; *2* — стакан; *3* — стяжка

ковыми: отсутствие сальников с натяжными шпильками: отсутствие необходимости в регулярном наблюдении и обслуживании; сохранение компенсирующей способности при небольших перекосах осей корпуса и стаканов; простота изготовления и сборки и др.

Трестом Алтайцелинмонтаж Главспецсельстроя Минсельстроя РСФСР разработана, изготовлена и опробована опытная партия новой конструкции манжетного компенсатора КМ (рис. 2. 12). Компенсатор состоит из корпуса, стакана, ограничителя перемещений и гильзы. В корпусе компенсатора установлено самоуплотняющееся кольцо из теплостойкой резины, в котором перемещается стакан при температурных удлинениях трубопровода. Ограничитель перемещения обеспечивает предельное осевое смещение. Гильза защищает пространство между корпусом и стаканом от попадания грунта. При использованных марках теплостойкой резины манжетные компенсаторы апробированы и показали достаточную надежность при температуре теплоносителя до 100°С и давлении $p_у \leqslant 1$ МПа (10 кгс/см^2). При применении более теплостойких марок резины параметры теплоносителя могут быть увеличены.

В тепловых сетях иногда применяют *линзовые* компенсаторы, несмотря на относительно небольшую их компенсирующую способность и большую осевую реакцию, передаваемую на неподвижные опоры. Линзовые компенсаторы относятся к осевым компенсаторам упругого типа. Компенсатор собирается с помощью сварки из полулинз, изготовленных штамповкой из углеродистой стали. Компенсирующая способность одной полулинзы составляет 5—6 мм. Линзовые компенсаторы в зависимости от необходимой компенсирующей способности применяют с одной, двумя, тремя и четырьмя линзами. Большее число линз нежелательно вследствие потери упругости и выпучивания линз. На рис. 2.13 показаны двухлинзовые компенсаторы.

Линзовые компенсаторы выполняют без внутренних стаканов и со стаканами, которые устанавливают для уменьшения гидравлического сопротивления. Компенсаторы со стаканами используют на прямых участках трубопроводов для восприятия только осевых нагрузок и без стаканов при их работе в качестве шарниров. В последнем случае каждая линза допускает угловое перемещение труб до 2—3°. Линзовые компенсаторы сварного типа находят основное применение на трубопроводах низкого давления, рассчитанных на $p_у$ до 0,6 МПа (6 кгс/см^2). При установке их на трубопроводах с более высоким давлением воз-

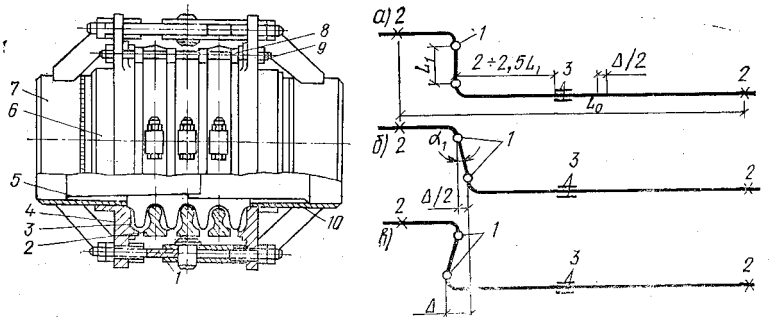


Рис. 2.14. Волнистый компенсатор шарнирного типа

1 — шарнир; *2* — полукольцо ограничительное; *3* — гибкий элемент; *4* — кольцо опорное; *5* — обечайка коническая; *6* — кольцо бандажное; *7* — патрубок; *8* — проставка; *9* — шпилька; *10* — обечайка цилиндрическая

Рис. 2.15. Z-образная схема трубопровода с двумя шарнирными компенсаторами

а — в состоянии монтажа; *б* — предварительная растяжка; *в* — в рабочем состоянии; *1* — универсальный компенсатор шарнирного типа; *2* — неподвижная опора; *3* — направляющая опора; L_1 — расстояние между осями шарниров; L_0 — расстояние между неподвижными опорами; α_1 — односторонний угол изгиба компенсатора; Δ — полная компенсирующая способность компенсатора при предварительной растяжке; $\Delta/_2$ — величина предварительной растяжки

можно выпучивание линз. Для придания большей жесткости во избежание выпучивания линзы делают из листов большой толщины, однако это ведет к понижению их компенсирующей способности.

Для теплопроводов диаметром D_y до 500 мм и давлении до 1,6 МПа (16 кгс/см^2) целесообразно (особенно при бесканальной прокладке) применять *волнистые* (сильфонные) *компенсаторы* как осевого, так и шарнирного типа, которые получили в последние годы широкое распространение в трубопроводном строительстве, особенно за рубежом. Эти компенсаторы отличаются компактностью и легко размещаются в стесненных условиях камер тепловых сетей, имеют малую массу, не требуют регулярного обслуживания. Волнистые осевые компенсаторы с защитными футлярами устанавливают непосредственно в грунт, что позволяет избежать устройства камер.

Компенсаторы шарнирного типа (рис. 2,14), встроенные в трубопроводы различной конфигурации, обеспечивают компенсацию значительных температурных удлинений, изгибаясь вокруг осей своих шарниров. На рис. 2.15 показан пример размещения двух шарнирных компенсато-

ров на участке Z-образной конфигурации. Компенсирующая способность их зависит от количества волн и расстояния между шарнирами. Одна волна компенсатора позволяет получить угол изгиба 2°, что при расстоянии между шарнирными компенсаторами 1 м позволяет получить компенсирующую способность около 65 мм. По сравнению с линзовыми компенсаторами они имеют более широкий диапазон допускаемых давлений, большую компенсирующую способность и значительно меньшие продольные усилия, передаваемые на неподвижные опоры.

Волнистые компенсаторы пока не получили широкого распространения в практике строительства тепловых сетей по причине ограниченного выпуска их отечественной промышленностью. При более широком выпуске волнистых компенсаторов их применение в тепловых сетях может дать значительный экономический эффект.

2.3. Опорные конструкции

Опоры служат для восприятия усилия от трубопроводов и передачи их на несущие конструкции или грунт, а также для обеспечения организованного совместного перемещения труб и изоляции при температурных деформациях. Опоры являются одними из ответственных даталей теплопроводов. От конструктивного решения и качества выполнения опорных конструкций во многом зависит надежность работы стальных тепловых сетей в целом. При сооружении теплопроводов применяют опоры двух типов: подвижные и неподвижные.

Подвижные опоры воспринимают вес теплопровода и обеспечивают его свободное перемещение на строительных конструкциях при температурных деформациях. При перемещении трубопровода подвижные опоры перемещаются вместе с ним. Подвижные опоры используют при всех способах прокладки, кроме бесканальной. При бесканальной прокладке теплопровод укладывается на нетронутый грунт или тщательно утрамбованный слой песка. При этом подвижные опоры предусматривают только в местах поворота трассы и установки П-образных компенсаторов, т. е. на участках, где трубопроводы прокладывают в каналах.

Подвижные опоры испытывают главным образом вертикальные нагрузки от массы трубопроводов, но, кроме того, всегда получают и некоторые горизонтальные усилия, возникающие за счет трения; величина этих горизонтальных нагрузок на опору будет зависеть от конструктивного ре-

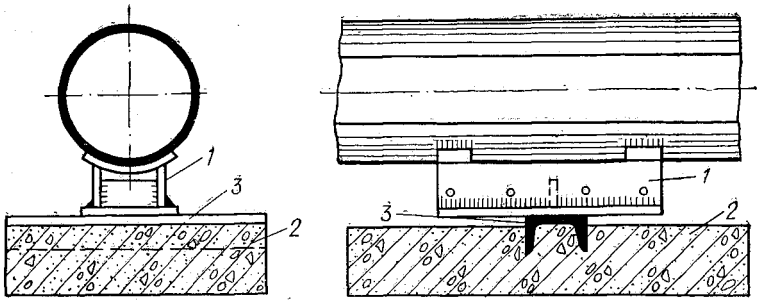


Рис. 2.16. Типовая скользящая опора

1 — башмак (или корпус опоры); *2* — опорная подушка из неармированного бетона (для труб малого диаметра) или железобетона; *3* — металлическая подкладка

шения опоры. Расстояния между подвижными опорами определяют расчетом на прочность. По принципу свободного перемещения различают опоры скольжения, качения и подвесные. *Скользящие* опоры (рис. 2. 16), получившие наибольшее распространение, применяют независимо от направления горизонтальных перемещений трубопроводов при всех способах прокладки и для всех диаметров труб. Эти опоры просты по конструкции и надежны в эксплуатации.

Типовые конструкции опор выполняют высокими и низкими. Высокие опоры (140 мм) применяют для трубопроводов с толщиной теплоизоляции более 80 мм; низкие опоры (90 мм) используют для прокладки трубопроводов с толщиной тепловой изоляции до 80 мм и при прокладке в мокрых грунтах. При монтаже трубопроводов опоры устанавливают на железобетонные подушки, в верхней части которых закреплены специальные металлические закладные элементы, выступающие из бетона на высоту до 20 мм и обеспечивающие беспрепятственное скольжение стальных опор. Размеры подушек в плане и их армирование определяют расчетом на прочность из условия передачи нагрузки от труб с изоляцией и теплоносителем через бетонное дно канала на грунт.

Катковые опоры (рис. 2. 17) применяют для труб диаметром 175 мм и более при осевом перемещении труб, при прокладке в тоннелях, коллекторах, на кронштейнах и на отдельно стоящих опорах. Применение катковых опор в непроходных каналах нецелесообразно, так как без надзора и смазки они быстро корродируют, перестают вра-

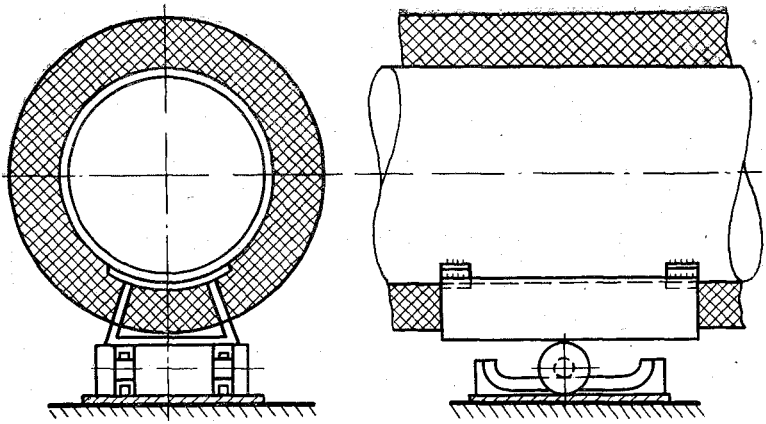


Рис. 2.17. Катковая опора

щаться и начинают работать фактически как скользящие опоры. Катковые опоры обладают меньшим трением, чем скользящие, однако при плохом уходе катки перекашиваются и могут заклиниваться. Поэтому им необходимо дать правильное направление. Для этого в катках предусматривают кольцевые выточки, а на опорной плите — направляющие планки.

Роликовые опоры (рис. 2. 18) применяют редко, так как трудно обеспечить вращение роликов. При установке роликовых опор важно хорошо централизовать оси цапф в опорных угольниках во избежание заеданий. Опорные угольники, в которых вращается ролик, приваривают непосредственно к несущей конструкции. Катковые и роликовые опоры надежно работают на прямолинейных участках сети. На поворотах трассы трубопроводы перемещаются не только в продольном, но и в поперечном направлении. Поэтому установка катковых и роликовых опор на криволинейных участках не рекомендуется.

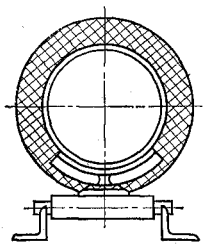


Рис. 2.18. Роликовая опора

В этом случае используют *шариковые опоры* (рис. 2.19), которые, как и катковые, предусматриваются при прокладке в тоннелях, коллекторах, на кронштейнах и на отдельно стоящих опорах для труб диаметром 175 мм и более, но при гори-

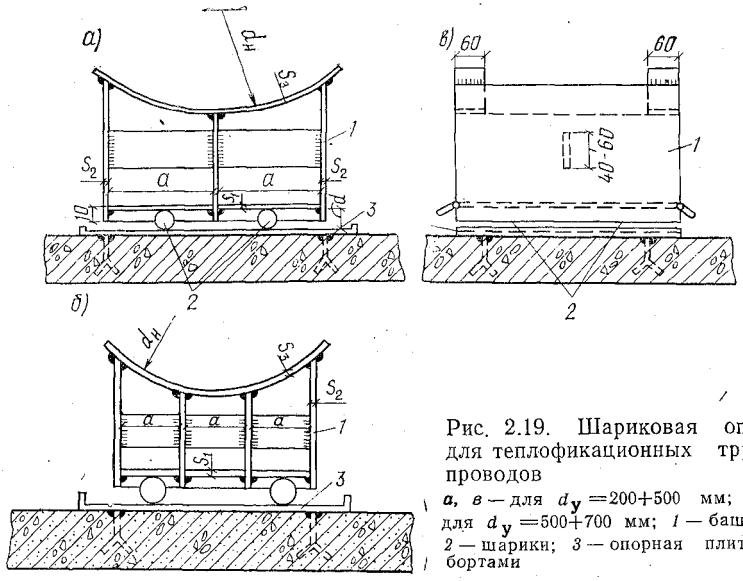


Рис. 2.19. Шариковая опора для теплофикационных трубопроводов

а, в — для d_y =200+500 мм; *б* — для d_y =500+700 мм; *1* — башмак; *2* — шарики; *3* — опорная плита с бортами

зонтальных перемещениях труб под углом к оси трассы. В этих опорах шарики свободно перемещаются вместе с башмаками по подкладному листу, удерживаются от выкатывания за пределы опоры выступами опорного листа и башмака. Установка шариковых опор рациональна на самокомпенсирующихся участках теплопроводов, так как участки около углов поворота имеют перемещения не только в продольном, но и поперечном направлениях.

Если по местным условиям прокладки теплопроводов относительно несущих конструкций скользящие и катковые опоры не могут быть установлены, применяются *подвесные опоры* (рис. 2. 20). Нежесткая конструкция подвески позволяет опоре легко поворачиваться и перемещаться вместе с трубопроводом. В результате по мере удаления от неподвижной опоры углы поворота подвесок увеличиваются, соответственно возрастает перекос трубопровода и напряжение в тягах под действием вертикальной нагрузки трубопровода. В результате подвески, расположенные вблизи компенсатора, перегружаются, в то время как подвески, расположенные вблизи неподвижной опоры, недогружены. В силу этого трудно добиться равномерной нагрузки опор и горизонтальности подвешенного трубопровода, поэтому при подвесных опорах недопустимо применение сальниковых компенсаторов, весьма чувствительных к перекосам.

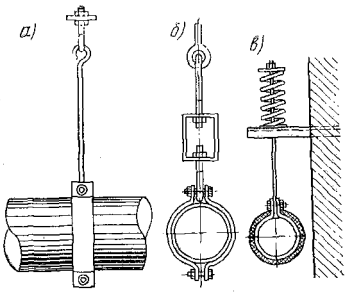


Рис. 2.20. Конструкции подвесных опор

а — опора с неизменяемой длиной подвески; *б* — опора со стяжной скобой; *в* — опора с пружиной

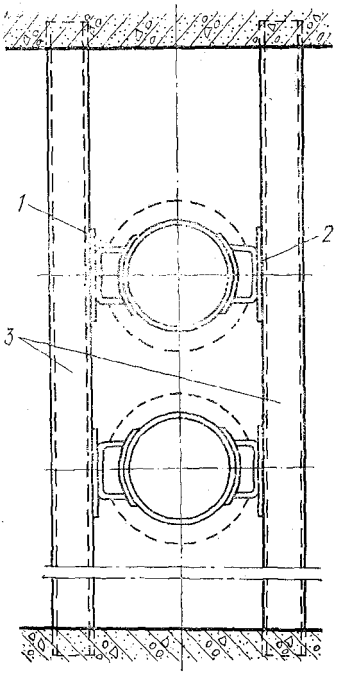


Рис. 2.21. Направляющая опора

1 — скользящая опора; *2* — опорный лист; *3* — балки

В связи с этим на участках с простыми подвесными опорами следует применять компенсаторы, нечувствительные к перекосам — естественную компенсацию, П-образные компенсаторы и др.

Подвесные опоры по сравнению со скользящими создают на горизонтальных участках значительно меньшие усилия вдоль оси трубы. Длина жестких подвесок должна приниматься для водяных тепловых сетей не менее десятикратного теплового перемещения подвески, наиболее удаленной от неподвижной опоры. Для обеспечения регулирования высоты подвески труб применяются подвесные опоры со стяжной скобой (рис. 2.20,*б*). В некоторых случаях во избежание перекосов подвесные опоры снабжаются пружинами (рис. 2.20, *в*), разгружающими теплопровод от неравномерного напряжения. Пружинные подвесные опоры целесообразно применять на участках вертикального перемещения трубопроводов. Подвесные опоры применяются большей частью при воздушной прокладке тепловых сетей, при прокладке на мостах, по стенам и колоннам промышленных сооружений и в других случаях.

В тепловых сетях могут применяться также *направля-*

ющие опоры, регулирующие перемещения теплопроводов при их температурных деформациях (рис. 2. 21). Их применяют при необходимости обеспечения компенсации непрямолинейного участка теплопровода сальниковыми компенсаторами. Типовые конструкции направляющих опор отсутствуют, а разрабатываемые индивидуально не всегда отвечают необходимым требованиям. Направляющие опоры применяют в исключительных случаях, так как они могут вызывать защемление и излишние напряжения в трубах и перекосы в сальниковых компенсаторах.

Неподвижными опорами трубопроводы как бы делятся на самостоятельные участки. С помощью неподвижных опор трубы жестко закрепляют в определенных точках трассы между компенсаторами или участками с естественной компенсацией температурных деформаций, которые воспринимают, кроме вертикальных нагрузок значительные горизонтальные усилия, направленные по оси трубопровода и складывающиеся из неуравновешенных сил внутреннего давления, сил сопротивления свободных опор и реакции компенсаторов. Наибольшее значение имеют силы внутреннего давления. Поэтому для облегчения конструкции опоры стараются расположить ее на трассе таким образом, чтобы внутренние давления в трубопроводе были уравновешены и не передавались на опору. Те опоры, на которые реакции внутреннего давления не передаются, называются *разгруженными* неподвижными опорами; те же опоры, которые должны воспринимать неуравновешенные силы внутреннего давления, называются *неразгруженными* опорами.

Существуют *промежуточные и концевые опоры.* На промежуточную опору действуют усилия с обеих сторон, на концевую — с одной. Горизонтальную осевую нагрузку на неподвижную опору определяют: а) на концевую опору — как сумму сил, действующих на опору; б) на промежуточную опору — как разность сумм сил, действующих с каждой стороны опоры; при этом меньшую сумму сил, за исключением неуравновешенных сил внутреннего давления, принимают с коэффициентом 0,7. Неподвижные опоры труб рассчитывают на наибольшую горизонтальную нагрузку при различных режимах работы теплопроводов, в том числе при открытых и закрытых задвижках. При кольцевой схеме тепловых сетей следует учитывать возможность движения теплоносителя с любой стороны. Кроме усилий, на неподвижные опоры часто передаются также изгибающие и крутящие моменты, действующие на трубопровод. Величины этих силовых моментов определяют

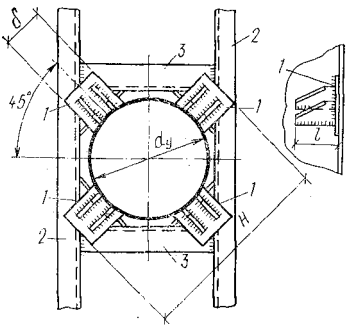


Рис. 2.22. Лобовая неподвижная опора

1 — приварные упоры с двумя ребрами жесткости; *2* — несущая конструкция из швеллеров; *3* — поперечные связи

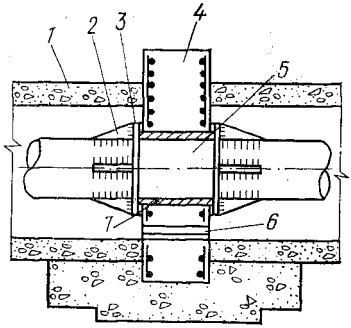


Рис. 2.23. Щитовая неподвижная опора

1 — канал; *2* — приварные упоры; *3* — приварные кольца; *4* — железобетонная плита (щит); *5* — стальные трубы; *6* — дренажное отверстие; *7* — паронитовая прокладка

в каждом конкретном случае для заданной схемы и режима работы теплопровода. Тип неподвижной опоры и ее конструкцию определяют на основании усилий, действующих на нее.

Неподвижные опоры предусматривают на трубопроводах при всех способах прокладки тепловых сетей. От правильного размещения неподвижных опор по длине трассы тепловых сетей во многом зависит величина температурных деформаций и напряжений в трубах. Неподвижные опоры устанавливают на ответвлениях трубопроводов, в местах размещения запорной арматуры, сальниковых компенсаторов. На трубопроводах с П-образными компенсаторами неподвижные опоры размещают между компенсаторами. При бесканальных прокладках тепловых сетей, когда не используется самокомпенсация трубопроводов, неподвижные опоры рекомендуется устанавливать на поворотах трассы.

Расстояние между неподвижными опорами определяют исходя из заданной конфигурации трубопроводов, температурных удлинений участков и компенсирующей способности устанавливаемых компенсаторов. Неподвижные закрепления трубопроводов выполняют различными конструкциями, которые должны быть достаточно прочными и жестко удерживать трубы, не допуская их перемещения относительно поддерживающих конструкций.

Конструкции неподвижных опор состоят из двух основных элементов: несущих конструкций (балок, железобетон-

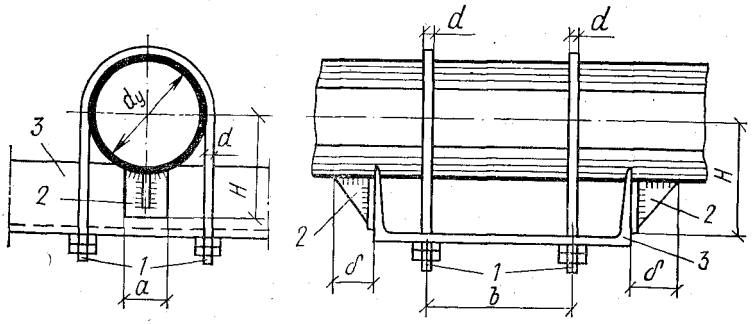


Рис. 2.24. Неподвижная опора с двойными хомутами для труб d_y = =76—700 мм

1 — хомуты из круглой стали; *2* — приварные упоры; *3* — опорная конструкция из швеллера

ных плит), на которые передаются усилия от трубопроводов, и собственно опор, при помощи которых осуществляется неподвижное закрепление труб (приварные косынки, хомуты). В зависимости от способа прокладки и места установки применяют неподвижные опоры: упорные, щитовые и хомутовые. Опоры с вертикальными двусторонними упорами и лобовые (рис. 2.22) применяют при установке их на каркасах в камерах и тоннелях и при прокладке трубопроводов в проходных, полупроходных и в непроходных каналах. Щитовые опоры (рис. 2.23), применяют как при бесканальной прокладке, так и при прокладке теплопроводов в непроходных каналах при размещении опор вне камер.

Щитовые неподвижные опоры представляют собой вертикальные железобетонные щиты с отверстиями для прохода труб. Осевые усилия передаются на железобетонный щит приваренными к трубопроводу с обеих сторон кольцами, усиленными ребрами жесткости. До недавнего времени между трубой и бетоном прокладывали асбест. В настоящее время применение асбестовых набивок не допускается. Нагрузка от трубопроводов тепловых сетей через щитовые опоры передается на днище и стенки канала, а при бесканальной прокладке — на вертикальную плоскость грунта. Щитовые опоры выполняют с двойным симметричным армированием, так как действующие усилия от труб могут быть направлены в противоположные стороны. В нижней части щита делают отверстия для прохода воды (в случае попадания ее в канал). Хомутовые опоры (рис. 2.24), как правило, применяют при надземной прокладке трубо-

проводов и при прокладке в тоннелях. Хомутовые неподвижные опоры удобны для закрепления труб, уложенных на балках, кронштейнах и других устройствах.

2.4. Тепловая изоляция

При современных темпах развития теплофикации и централизованного теплоснабжения на экономичность систем большое влияние оказывает тепловая изоляция тепловых сетей, которая служит для уменьшения тепловых потерь. Благодаря тепловой изоляции тепловые потери снижаются в 5—10 раз и более по сравнению с неизолированными теплопроводами и при транспортировке теплоносителя на большие расстояния составляют порядка 3—8%. При этом обеспечивается допустимая температура изолируемой поверхности, что облегчает условия труда обслуживающего персонала. Одновременно со снижением тепловых потерь уменьшается падение температуры теплоносителя вдоль теплопровода, что повышает качество теплоснабжения.

Тепловую изоляцию трубопроводов тепловых сетей, арматуры, фланцевых соединений, компенсаторов и опор труб применяют при всех способах прокладки независимо от температуры теплоносителя. Допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании обратные трубопроводы водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах и бесканальной прокладывать без тепловой изоляции. Выбор теплоизоляционных конструкций необходимо производить с учетом типов прокладки теплопроводов, расположения и условий эксплуатации изолированных объектов, а также условий монтажа тепловой изоляции. Теплоизоляционные конструкции характеризуются объемной массой основного теплоизоляционного слоя, предельной температурой применения и коэффициентом теплопроводности, в зависимости от которого определяется толщина изоляции.

При расчете тепловых сетей толщину тепловой изоляции определяют исходя из норм потерь тепла, заданного перепада температур на участке тепловой сети, допустимой температуры на поверхности конструкции и технико-экономического расчета. При надземной прокладке водяных тепловых сетей и при прокладке их в тоннелях и коллекторах предельную толщину тепловой изоляции в зависимости от условного прохода трубопровода (25—1400 мм) принимают от 70 до 200 мм, а для прокладки в непроход-

ных каналах — от 60 до 120 мм. Предельная толщина тепловой изоляции при бесканальных прокладках не нормируется. При определении толщины основного слоя теплоизоляционной конструкции по нормам потерь тепла или на основе технико-экономических расчетов за расчетную температуру теплоносителя для водяных сетей принимают среднюю за год температуру воды.

За расчетную температуру окружающей среды при этом принимают: в тоннелях —40°С; для надземной прокладки — среднюю за год температуру наружного воздуха; для подземной прокладки в непроходных каналах или бесканальной — среднюю за год температуру почвы на глубине заложения оси трубопровода. Условия работы теплоизоляционных конструкций подземных теплопроводов, укладываемых в непроходных каналах и особенно бесканальным способом, крайне неблагоприятны, поскольку они характеризуются переменным температурно-влажностным режимом окружающей среды и другими явлениями. Ввиду этого теплоизоляционные материалы и конструкции должны удовлетворять целому ряду требований.

Конструкции должны иметь низкую объемную массу и высокие теплоизоляционные свойства. Коэффициент теплопроводности не должен резко увеличиваться в процессе эксплуатации (от изменения структуры материала или его увлажнения) и превышать для надземной прокладки, прокладки в непроходных каналах, тоннелях и коллекторах 0,1 Вт/м·°С [0,12 ккал/(м·ч·град)] (при объемной массе до 550 кг/м³). При бесканальной прокладке объемная масса и коэффициент теплопроводности основного слоя теплоизоляционных конструкций не нормируются. Материалы должны обладать высокой температуростойкостью и не терять своих свойств при длительной эксплуатации. Им должны быть присущи малая величина водопоглощения и небольшая высота капиллярного подъема влаги, гидрофобность (свойство поверхностного водоотталкивания), малая коррозионная активность, высокое сопротивление. Материалы и конструкции должны быть огнестойкими и биостойкими. Они должны быть недефицитными, транспортабельными и позволять проведение монтажа индустриальными методами.

Конструкция тепловой изоляции состоит из основного теплоизоляционного слоя, наружного защитного покрытия и креплений. Основной теплоизоляционный слой обеспечивает защиту изолируемой поверхности от потерь тепла. Наружное защитное покрытие предохраняет основной

теплоизоляционный слой от механических повреждений, увлажнения и воздействия агрессивных сред. Оно должно быть прочным, монолитным, без трещин. В зависимости от способа и места прокладки тепловых сетей наружное защитное покрытие выполняют из различных материалов.

При подземной прокладке в непроходных каналах применяют рулонный стеклопластик. Допускается применять стеклотекстолит конструкционный, стеклопластик марки ФСП, стеклорубероид, полуцилиндры асбестоцементные, асбестоцементную штукатурку по металлической сетке и другие материалы. При подземной бесканальной прокладке с изоляцией битумоперлитом, битумокерамзитом и битумовермикулитом используют полимерную оболочку из полиэтилена высокого давления, а также ленту поливинилхлоридную липкую ПВХ, изол или бризол в два слоя по битумной мастике. При бесканальной прокладке с изоляцией труб автоклавным пенобетоном рекомендуется делать первый гидроизоляционный слой из изола (2—3 слоя) на изольной мастике и второй защитный слой из асбестоцементной штукатурки по металлической сетке. При надземной прокладке в качестве защитного слоя применяют листы из алюминия и алюминиевых сплавов или сталь оцинкованную тонколистовую.

Детали крепления служат для плотного прилегания тепловой изоляции к изолируемой поверхности. В качестве крепежных изделий применяют металлические сетки, проволочные кольца и прошивки, бандажи из полосовой стали. Для обеспечения долговечности подвесной изоляции детали ее крепления к трубопроводу должны иметь антикоррозионное покрытие (оцинкованы, кадмированы и т. п.) или изготовляться из коррозионностойких материалов.

Конструкции тепловой изоляции можно разбить на несколько видов: засыпные, мастичные, подвесные, оберточные, монолитные. *Засыпные* (набивные) конструкции тепловой изоляции наиболее простые и дешевые. Их изготовляют из сыпучих, волокнистых или порошкообразных изоляционных материалов, засыпаемых в пространство между изолируемой поверхностью и ограждающей стенкой. Применяют их в непроходных каналах без воздушного зазора и при бесканальных прокладках. В процессе эксплуатации большинство засыпных (набивных) конструкций могут легко увлажняться и слеживаться, поэтому их применение ограничено.

Мастичные конструкции выполняют из мастик, изготовленных из порошкообразных или волокнистых материалов.

При этом способе теплоизоляционную мастику накладывают несколькими слоями по 10—15 мм на горячий трубопровод по мере высыхания предшествующего слоя. Высыхание каждого последующего слоя происходит все медленнее и медленнее, в результате чего процесс изоляции занимает много времени. Кроме того, он требует большого количества ручного малопроизводительного труда. В силу этого мастичные конструкции тепловой изоляции находят крайне ограниченное применение, например при ремонтных работах в помещениях и в проходных каналах, на коротких участках труб малого диаметра, подверженных сотрясениям и вибрациям, или на участках с большим количеством фасонных частей и арматуры.

Подвесные теплоизоляционные конструкции выполняют из жестких или мягких формованных изделий заводского изготовления — полуцилиндров, сегментов, матов и др. Эти элементы закрепляют на трубах по слою мастики или насухо при помощи проволочной стяжки. Один из вариантов подвесной теплоизоляционной конструкции показан на рис. 2.25. *Оберточная* изоляция осуществляется из прошивных матов в обкладках и без обкладок или из мягких плит на синтетической связке. Маты с обкладками прошивают мягкой отожженной проволокой или стеклонитью. На трубопроводах маты закрепляют проволочной скруткой и дополнительной сшивкой продольных и поперечных швов наружной обкладки. Оберточную изоляцию широко применяют для арматуры и фасонных частей теплопроводов. Она удобна как съемная изоляция для фланцевых соединений.

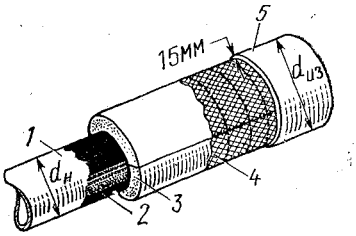


Рис. 2.25. Подвесная теплоизоляционная конструкция
1 — труба; *2* — антикоррозийное покрытие; *3* — мат из минеральной ваты; *4* — стальная сетка; *5* — асбестоцементная штукатурка

Монолитные конструкции тепловой изоляции являются наиболее прогрессивными, так как они в наибольшей степени пригодны для организации индустриального изготовления и монтажа трубопроводов. Монолитную изоляцию наносят на трубы в основном в заводских условиях по технологии, зависящей от применяемых в каждом конкретном случае видов теплоизоляции. Основные виды теплоизоляционных конструкций, применяемых для тепловых сетей, приведены в табл. 2.2.

При проектировании тепловых сетей необходимо учиты-

Таблица 2.2. **Теплоизоляционные виды конструкций и материалы, применяемые для тепловых сетей**

Вид конструкции и материал	ГОСТы, технические условия или типовые проекты	Область применения	
		условный проход трубопроводов, мм	максимальная температура теплоносителя, °С
1	2	3	4
I. Для подземной прокладки в непроходных каналах и тоннелях и для надземной прокладки			
Цилиндры и полуцилиндры теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем	ГОСТ 23208—78	25—200	До 400 (в непроходных каналах до 350)
Плиты минераловатные мягкие и маты на синтетическом связующем	ГОСТ 9573—72	100—450	»
Маты минераловатные прошивные в обкладке из металлической сетки	ГОСТ 21880—76	200—1400	»
Плиты минераловатные полужесткие на синтетическом связующем	ГОСТ 9573—72	500—1400	До 400 (в непроходных каналах до 350)
II. Для подземной прокладки в тоннелях			
Шнуры теплоизоляционные из минеральной ваты в чулке из металлической проволоки	ТУ 36-1695-73	25—50	401—440
Теплоизоляционные перлитоцементные изделия (полуцилиндры или сегменты)	ГОСТ 18109—80	25—50	401—440
Двухслойная теплоизоляция:			
первый слой — теплоизоляционные перлитоцементные изделия (полуцилиндры или сегменты);	То же		401—440
второй слой — маты минераловатные прошивные в обкладке из металлической сетки	ГОСТ 21880—76	70—400	401—440
Маты минераловатные прошивные в обкладке из металлической сетки	ГОСТ 21880—76	450—800	401—440

III. Для надземной прокладки

Двухслойная теплоизоляция:			
первый слой — теплоизоляционные перлитоцементные изделия (полуцилиндры или сегменты)	ГОСТ 18109—80	100—400	401—440
второй слой — маты минераловатные прошивные в обкладке из металлической сетки	ГОСТ 21880—76		
Маты минераловатные прошивные в обкладке из металлической сетки	То же	450—800	401—440

IV. Для подземной бесканальной прокладки

Битумоперлит	Типовой проект 4.903-4; РСН 176-70 Госстрой УССР	До 500	До 150
Битумокерамзит	ВСН 1-40-72 Миннефтегазстроя	До 500	До 150
Автоклавный армопенобетон	Типовой проект 903-0-1	До 1000	До 150

вать различные специфические требования, предъявляемые к теплоизоляционным материалам и конструкциям, выбирать наиболее прогрессивные, обеспечивающие производство теплоизоляционных работ скоростными и индустриальными методами. Правильный выбор теплоизоляционных материалов и конструкций и высокое качество теплоизоляционных работ повышают надежность и долговечность тепловых сетей в эксплуатационных режимах.

2.5. Каналы и коллекторы

В настоящее время большинство строящихся теплопроводов прокладывают в непроходных железобетонных каналах. В период строительства первых тепловых сетей наиболее совершенными конструкциями непроходных каналов являлись: арочный двухъячейковый канал конструкции инженера Гинтера (рис. 2.26, *а*) и аналогичный канал Мостеплосетьстроя (рис. 2.26, *б*), в которых вместо сложного профильного основания было принято плоское, а теплопроводы располагались на высоких опорах. В последующем теплосетью Мосэнерго был разработан железобетонный полуцилиндрический канал (рис. 2.26,*в*), позволяющий снизить расход цемента и упростить конструкцию канала. Вместо кареток стали применять скользящие опоры на железобетонных подушках.

Наиболее современным типом сводчатого сборного железобетонного канала является конструкция, разработанная Мосинжпроектом и состоящая из сборных полуциркульных сводов и опорных рам (днища). Эти каналы пред-

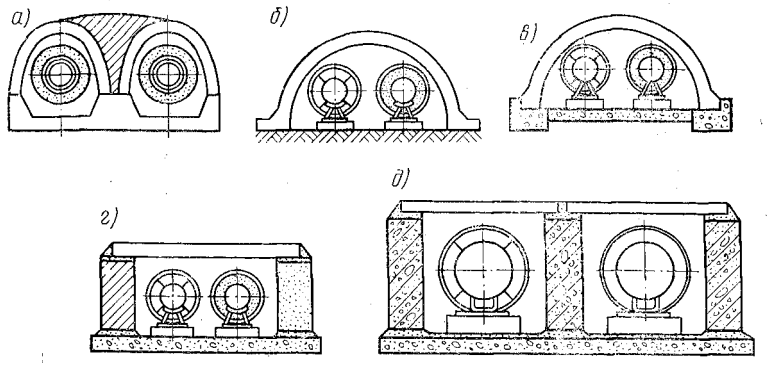


Рис. 2.26. Канальные теплопроводы с воздушным зазором

а — конструкции Л. Л. Гинтера; *б* — конструкции Мостеплосетьстроя; *в* — конструкции теплосети Мосэнерго; *г* — с кирпичными стенками; *д* — с железобетонными и бетонными блоками

назначены для труб 50—500 мм. Сводчатые каналы использовали при строительстве тепловых сетей в Москве. По расходу материалов эти каналы по сравнению с каналами прямоугольного сечения являются более экономичными. Однако изготовление сводов требовало применения довольно сложных металлических форм и специальной заводской технологии. Кроме того, своды более подвержены повреждению при перевозке и монтаже.

Затем широкое применение нашли каналы с кирпичными стенами (рис. 2.26,*г*), а также из бетонных или железобетонных блоков (рис. 2.26,*д*). В этих каналах стены выполнены из сборных блоков или из кирпича, днище — из бетонных плит или монолитного бетона. Каналы перекрываются плоскими сборными железобетонными плитами. Высота каналов в свету от 190 до 1060 мм, ширина от 250 до 1800 мм. В настоящее время при небольшой протяженности тепловых сетей и малых диаметрах труб допускается выполнять стены каналов из хорошо обожженного красного кирпича марки не ниже 100. В конце 50-х годов стали использовать различные прокладки сборных железобетонных каналов заводского изготовления, как, например,

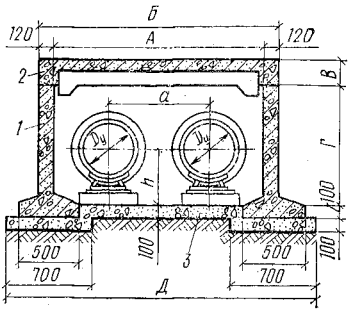


Рис. 2.27. Непроходной канал конструкции Мосэнергопроекта

1 — стеновой блок; *2* — блок перекрытия; *3* — бетонная подготовка

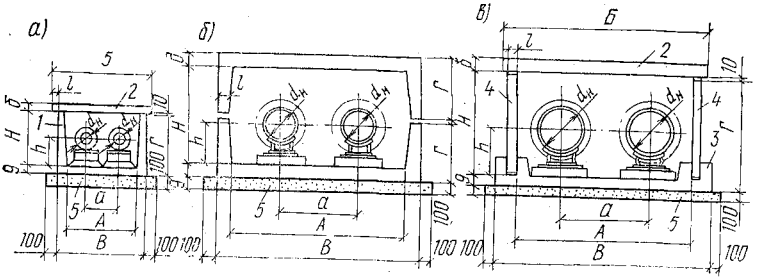


Рис. 2.28. Непроходные каналы серии ИС-01-04

а — марки КЛ; *б* — марки КЛс; *в* — марки КС; *1* — железобетонный лоток марки Л; *2* — железобетонная плита перекрытия марки П; *3* — плита днища марки ПД; *4* — стеновая плита марки ПС; *5* — песчаная подготовка

конструкции, предложенные Мосэнергопроектом, Мосинжпроектом и другими организациями, в том числе непроходные каналы со стеновыми блоками таврового сечения (рис. 2.27), с применением вибропрокатных панелей или рамного типа в виде лотка.

Каналы, разработанные Харьковским отделением Промстройпроекта, в 1963 г. были утверждены Госстроем СССР в качестве типовых (серия ИС-01-04 — унифицированные сборные железобетонные непроходные каналы). По конструкции каналы разделяются на два типа (рис. 2.28). Первый тип собирается из лотковых элементов и обозначается марками КЛ и КЛс. Каналы марки КЛ, собранные из лотковых элементов, перекрывают плоскими плитами. Каналы марки КЛс монтируются из лотковых элементов, уложенных друг на друга. Второй тип каналов, собранных из сборных железобетонных плит, обозначается маркой КС. При монтаже каналов этого типа сборные стеновые панели устанавливают в пазы сборных плит днища, замоноличивают бетоном М 300 на мелком щебне и перекрывают плоскими плитами перекрытий. Недостатком указанных унифицированных каналов является сложность проведения в них монтажно-сварочных и изоляционных работ.

Более совершенна конструкция железобетонного канала типа МКЛ, разработанная Мосинжпроектом для труб диаметром 50—1400 мм (рис. 2.29). От предыдущих конструкций она отличается тем, что корытообразную часть устанавливают сверху, после того как на днище канала уже выполнены монтажно-сварочные и изоляционные работы. Эта конструкция аналогична применявшейся ранее в Москве конструкции непроходных прямоугольных каналов из сборных железобетонных рамных элементов, в которых плоские днища заменены лотковыми элементами с короткими вер-

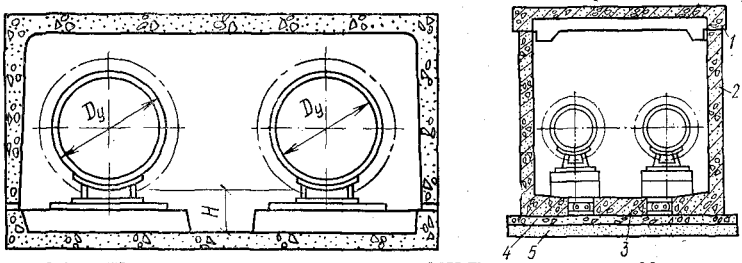


Рис. 2.29. Железобетонный канал типа МКЛ конструкции Мосинжпроекта для труб диаметром 50—1400 мм

Рис. 2.30. Сборный полупроходной канал из железобетонных блоков
1 — ребристый блок перекрытия; *2* — стеновой блок; *3* — блок днища; *4* — бетонная подготовка; *5* — щебеночная подготовка

тикальными стенками. Эта конструкция вошла в каталог унифицированных индустриальных изделий для строительства в Москве.

Полупроходные каналы применяются в тех случаях, когда должен быть обеспечен доступ к трубопроводам, а сооружение проходных каналов экономически нецелесообразно, так как число прокладываемых в одном направлении трубопроводов невелико (2—4). Для полупроходных каналов применяют сборную конструкцию из железобетонных блоков. Этот канал состоит из блоков трех типов: ребристого блока перекрытия, стенового фигурного блока и плиты днища (рис. 2.30). Стеновой блок имеет Г-образную форму; длинная его сторона служит стенкой канала, а короткая — основанием. Из короткой стороны блока выпущена арматура в виде петель. Блок днища имеет форму прямоугольной плиты, по длинным сторонам которой выпущены арматурные петли. Блок перекрытия представляет собой ребристую плитку с выступающими по концам ребер упорами, которые заходят внутрь канала и необходимы для опоры верха стеновых блоков. Длина стеновых блоков принята 1,8 м, в результате чего конструкция непроходных каналов получается достаточно малошовной. Конструкция сборных железобетонных полупроходных каналов оправдала себя в строительстве и эксплуатации тепловых сетей. При сборке канала стеновые блоки не требуют временного крепления; замоноличивание стыков в днище канала выполняется весьма просто и доброкачественно, без применения опалубки. Конструкция в собранном виде обладает хорошей устойчивостью, так как все сборные элементы ее надежно перевязаны и соединены между собой. Простота конфигурации и транспортабельность блоков способствовали широкому применению этой конструкции в практике строительства.

Для тепловых сетей большого диаметра применяются железобетонные одноячейковые каналы, разработанные институтом Мосэнергопроект. Они состоят из стеновых тавровых блоков (длиной 2 м), ребристых блоков перекрытия и гладкой плиты днища. При строительстве тепловых сетей для сооружения полупроходных каналов можно использовать железобетонные безнапорные трубы, в которых теплопроводы прокладывают на бетонных столбиках. На рис. 2.31 показан полупроходной канал из железобетонных труб с размещением в нем теплопроводов. При строительстве теплосетей большого диаметра применяют полупроходные двухъячейковые каналы из сборных железобетонных деталей (рис. 2.32). Мосинжпроектом разработаны полупроходные каналы типа СБ для труб диаметром от

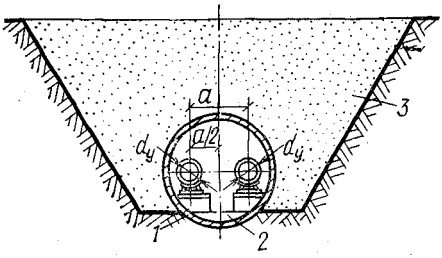
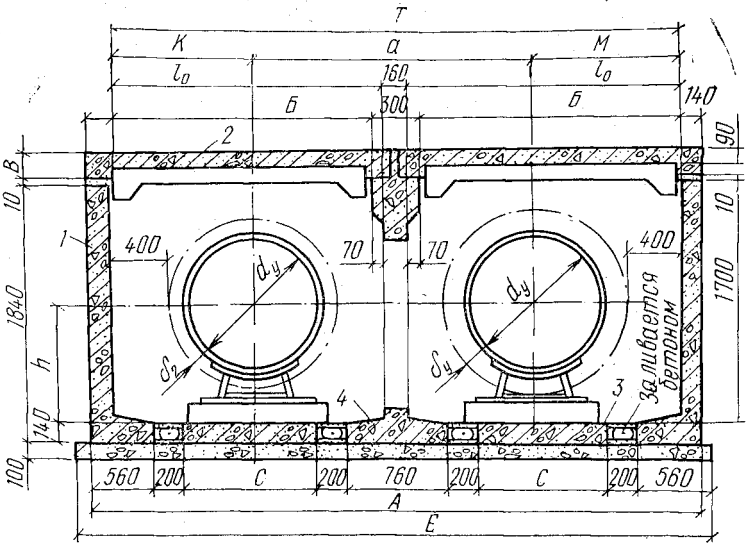


Рис. 2.31. Полупроходной канал круглого сечения
1 — железобетонная труба; *2* — бетонный пол; *3* — засыпка

Рис. 2.32. Двухъячейковый сборный железобетонный канал



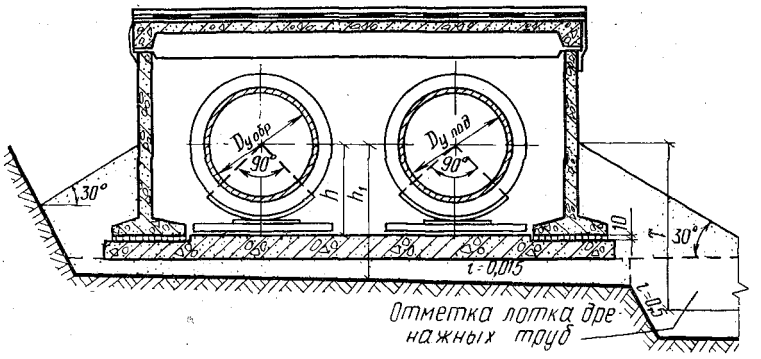


Рис. 2.33. Железобетонный полупроходной канал типа СБ конструкции Мосинжпроекта для труб диаметром 600—1000 мм

600 до 1000 мм (рис. 2.33) и типа ЛП для труб диаметром от 200 до 600 мм.

Строительство общих проходных коллекторов получило распространение в Москве начиная с 30-х годов. Однако первоначально конструкции коллекторов выполняли из кирпича, монолитного бетона и железобетона при низком уровне механизации и индустриализации строительно-монтажных работ. В начале 50-х годов стали применять конструкции коллекторов из сборного железобетона заводского изготовления, среди которых наибольшее применение получили прямоугольные коллекторы. Из сборных железобетонных деталей можно собирать коллекторы прямоугольного сечения различных размеров: одноячейковые, двухъячейковые и многоячейковые. Типовая конструкция состоит из четырех железобетонных блоков: двух крайних стеновых блоков и блоков перекрытия и днища. Крайний стеновой блок имеет Г-образную форму. Длинная вертикальная его часть является стеной коллектора и имеет ребристое сечение, а короткая горизонтальная часть служит основанием. На конце горизонтальной части блока выпущена арматура в виде петель. Средний стеновой блок в поперечном сечении двухъячейкового коллектора имеет форму двутавра, нижняя полка которого является основанием с петлевыми выпусками арматуры, а верхняя служит опорой для блоков перекрытия. Блок перекрытия представляет собой прямоугольную плиту с ребрами, направленными вниз, и с консольными выступами по концам, служащими упорами для верха стеновых блоков. Блок днища представляет собой прямоугольную гладкую плиту, по длинным сторонам которой выпущена арматура в виде петель для стыкования со стеновыми блоками. Стыки между стеновыми блоками и плитой днища замоноличиваются бетоном марки 200. В торцах блоков стен и днища имеются трапецеидальные пазы, заполняемые цементным раствором для соединения блоков. Все железобетонные сборные элементы коллектора выполняют из бетона М200. Для сборки односекционного коллектора (рис. 2.34) используют два крайних Г-образных стеновых блока (повернутых в вертикальной плоскости на 180°), блок перекрытия и блок днища. А для сборки двухсекционного коллектора (рис. 2.35) используют два крайних Г-образных стеновых блока, один средний тавровый блок, два блока перекрытия и два блока днища. Аналогичным образом может быть собран и трехсекционный коллектор.

В 1964 г. Госстрой СССР утвердил и ввел в действие уни-

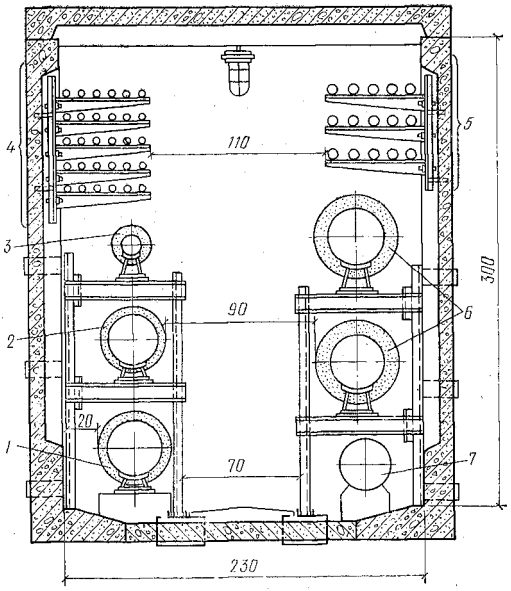


Рис. 2.34. Типовое сечение городского коллектора

1 — подающий теплопровод; *2* — обратный теплопровод; *3* — конденсатопровод; *4* — телефонные кабели; *5* — силовые кабели; *6* — паропроводы; *7* — водопровод

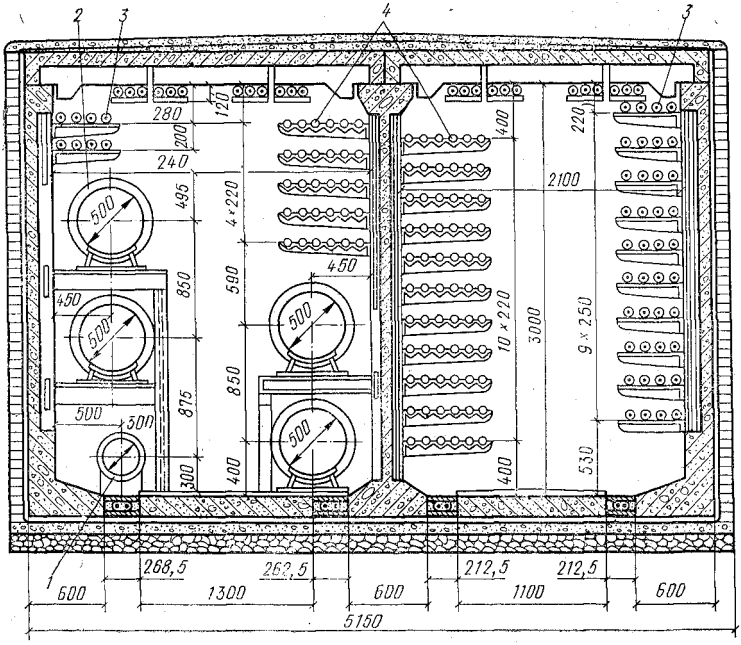


Рис. 2.35. Двухсекционный коллектор для городских подземных коммуникаций

1 — водопровод; *2* — трубы теплосети; *3* — кабели связи; *4* — кабели силовые

фицированные сборные железобетонные тоннели серии ИС-01-05, разработанные Харьковским Промстройпроектом. Разработаны рабочие чертежи одно- и двухсекционных тоннелей. Ширина односекционных тоннелей 1,5; 1,8; 2,1; 2,4; 3; 3,6; 4,2 м, высота 2,1; 2,4 и 3 м. Ширина двухсекционных тоннелей 5,2; 6,4; 7,6; 8,8 м, высота 2,4 и 3 м. Односекционные тоннели собирают из сборных железобетонных плит стен, днища и перекрытий. Стеновые плиты устанавливают в пазы днища и замоноличивают бетоном М300 на мелком щебне. Конструкция стыка обеспечивает жесткое соединение стен с днищем. Под сборные плиты днища устраивают подготовку из бетона М500 толщиной 100 мм, по которой укладывают песчаный выравнивающий слой толщиной 300 мм. Плиты перекрытия имеют уступ для опирания верха стеновых плит при работе на боковое давление грунта.

Конструкцию двухсекционных тоннелей собирают из сборных плит стен и перекрытий, стоек, прогонов и монолитного железобетонного днища. Плиты стен и перекрытий применяются те же, что и для односекционных тоннелей. Стеновые панели устанавливают в пазы, расположенные по краям монолитного днища, а стойки в гнезда, расположенные в днище по оси тоннеля через 3 м. Плиты перекрытия укладывают поверх стеновых панелей и продольных прогонов, проложенных по стойкам. Монолитное железобетонное днище выполняют на бетонной подготовке. Институтом Мосинжпроект было предложено внутриквартальные сети прокладывать в коллекторах, изготовленных из вибропрокатных панелей (рис. 2.36).

Мосинжпроект разработал железобетонный городской коллектор, состоящий из объемных секций длиной 3 м (рис. 2.37), который применяется в Москве с 1969 г. Эти коллекторы по сравнению с коллекторами, собираемыми на месте монтажа из отдельных блоков, с точки зрения индустриализации строительства имеют существенные преимущества. Однако в слабых грунтах наблюдается неравномерная просадка секций и разрушение стыковых швов, что приводит к разгерметизации коллектора и попаданию в него воды. Кроме того, в объемных блоках усложняется производство монтажно-сварочных и изоляционных работ.

В 1979 г. Госстрой СССР утвердил и ввел в действие сборные железобетонные каналы и тоннели, состоящие из лотковых элементов (рис. 2.38), разработанные Харьковским институтом Промстройпроект совместно с ЦНИИПромзданий при участии НИИЖБа Госстроя СССР (серия 3.006-2). Настоящая серия включает в себя типы сбор-

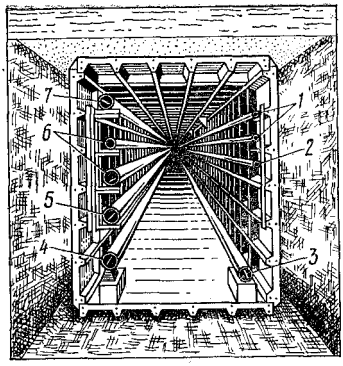


Рис. 2.36. Внутриквартальный коллектор конструкции Мосинжпроекта

1 — электрокабель; *2* — телефонный кабель; *3* — водопровод; *4*, *5* — трубы теплосети; *6* — трубы горячего водоснабжения; *7* — газопровод

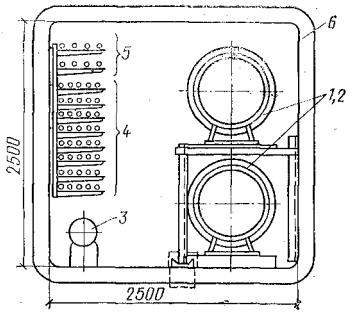


Рис. 2.37. Городской коллектор конструкции Мосинжпроекта из объемных элементов

1, *2* — обратный и подающий трубопроводы; *3* — водопровод; *4* — кабели связи; *5* — силовые кабели; *6* — железобетонный объемный элемент

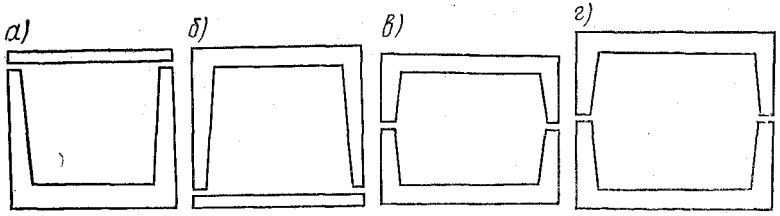


Рис. 2.38. Сборные железобетонные каналы и тоннели из лотковых элементов серии 3.006-2

а — канал КЛ; *б* — канал КЛп; *в* — канал КЛс; *г* — тоннель ТЛ

ных железобетонных каналов и тоннелей из лотковых элементов, предназначенных для прокладки трубопроводов различного назначения, электрокабелей и электрошин. Предусматривается также применение тоннелей в качестве подземных галерей и пешеходных переходов. Разработанные в этой серии подземные сооружения при высоте до 1500 мм включительно отнесены к каналам, а при высоте 1800 мм и более к тоннелям.

Маркировка каналов и тоннелей принята буквами и цифрами, определяющими вид конструкций, геометрические размеры и величину расчетной вертикальной равномерно-распределенной эквивалентной нагрузки в уровне перекрытия. Буквами КЛ обозначены каналы из лотковых элементов, перекрываемых плоскими съемными плитами; КЛп —

каналы из лотковых элементов, опирающихся на плиты; КЛс — составные каналы из верхних и нижних лотковых элементов, соединяемых с помощью коротышей из швеллеров, которые закладываются в продольные швы; ТЛ — тоннели из нижних и верхних лотковых элементов, соединяемых с помощью коротышей из швеллеров, которые крепятся на сварке к закладным частям в стенах нижних лотков. Для многосекционных каналов и тоннелей цифра перед буквами определяет количество секций.

Для отвода случайных вод днищу каналов и тоннелей придают продольный уклон не менее 0,002. Вода отводится в приямки, располагаемые в камерах, местах уширений либо на линейных участках трассы. Расстояние между приямками не должно превышать 100÷150 м. Из приямков вода стекает в канализацию. В подземных каналах и тоннелях не более чем через 50 м необходимо устраивать деформационные швы. В тоннелях следует предусматривать выходы и монтажные проемы. Расстояние между выходами принимается не более 200 м.

2.6. Камеры тепловых сетей

Камеры тепловых сетей (рис. 2.39) устраивают по трассе для установки оборудования теплопроводов (задвижек, сальниковых компенсаторов, дренажных и воздушных устройств, контрольно-измерительных приборов и др.), требующего постоянного осмотра и обслуживания в процессе эксплуатации. Кроме того, в камерах обычно устраивают ответвления к потребителям и неподвижные опоры. Переходы труб одного диаметра к трубам другого диаметра также должны находиться в пределах камер. Всем камерам (узлам ответвлений), установленным по трассе тепловой сети, присваивают эксплуатационные номера, которыми их обозначают на планах, схемах и пьезометрических графиках. Размещаемое в камерах оборудование должно быть доступно для обслуживания, что достигается обеспечением достаточных расстояний между оборудованием и стенками камер. Высоту камер в свету выбирают не менее 1,8—2 м. Внутренние габариты камер зависят от числа и диаметра прокладываемых труб, размеров устанавливаемого оборудования и минимальных расстояний между строительными конструкциями и оборудованием.

До настоящего времени значительное количество камер строится из кирпича, а также монолитного бетона и железобетона, что приводит к увеличению трудовых затрат и

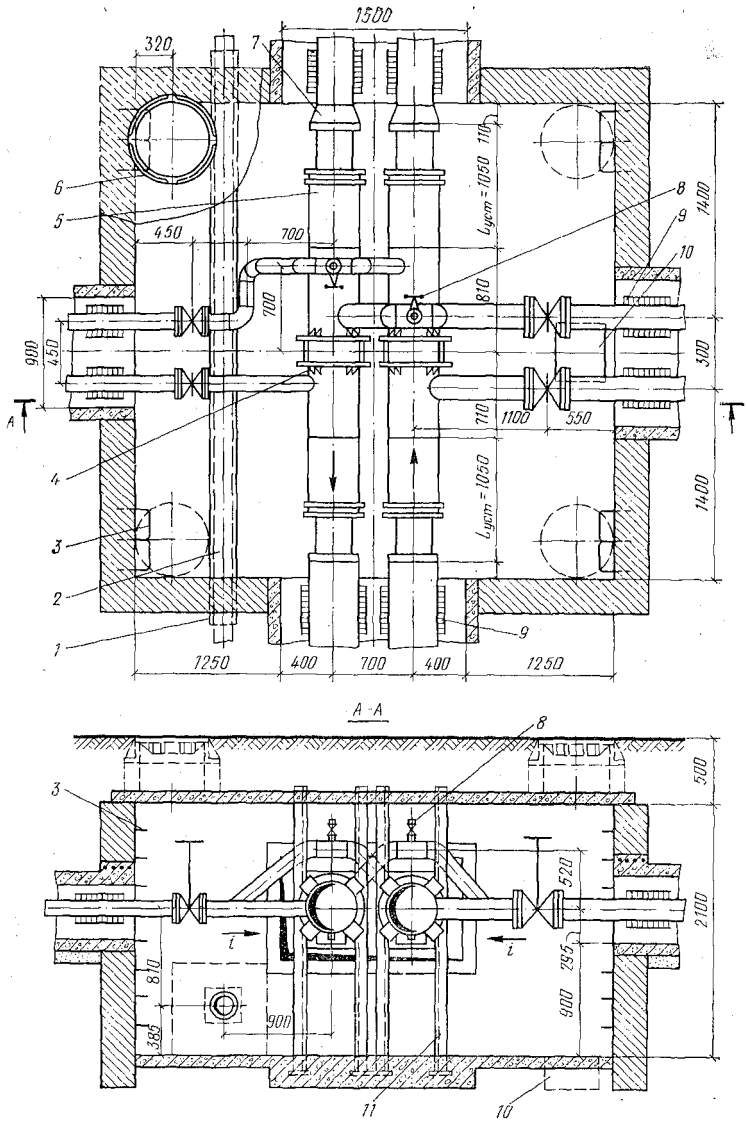


Рис. 2.39. Теплофикационная камера с двумя ответвлениями

1 — стальная труба-футляр; *2* — попутный дренаж; *3* — скобы; *4* — лобовая опора; *5* — сальниковый компенсатор; *6* — люк; *7* — переход диаметров; *8* — воздушник; *9* — тепловая изоляция; *10* — дренажный приямок; *11* — упорная конструкция из швеллеров

сроков строительства тепловых сетей. Стены камер возводят из красного хорошо обожженного кирпича марки не ниже 100 на растворе марки 50 или из бетона М 150. При строительстве камер из монолитного железобетона применяется бетон М 200 и сварная арматура, изготовленная с помощью контактной и точечной сварки. В торцовых стенах оставляют проемы для пропуска в камеру теплопроводов. Расположение и размеры проемов зависят от диаметра труб и типа канала.

Полы в камерах выполняют из сборных железобетонных плит или делают монолитными (из бетона или железобетона). Сборные железобетонные плиты укладывают на тщательно выровненную и уплотненную подготовку из щебня толщиной 50 мм. При устройстве монолитного пола бетон слоем 100 мм укладывают на щебеночную подготовку толщиной 50 мм. В одном из углов пола камеры для сбора воды предусмотрен приямок размером не менее 400×400 мм и глубиной не менее 300 мм, перекрытый сверху съемной решеткой. Для обеспечения стока воды дно камеры делают с уклоном не менее 0,02 в сторону приямка, который для удобства откачки воды из камеры расположен под одним из люков. Из приямков камер, расположенных в нижних точках трассы, предусматривают самотечный отвод воды в сбросные колодцы, а из приямков других камер вода отводится передвижными насосами или непосредственно самотеком в систему канализации.

Перекрытие камер может быть монолитным или из сборных железобетонных плит, уложенных на железобетонные или металлические балки. Для устройства люков в углах перекрытия укладывают плиты с отверстиями. В монолитных перекрытиях отверстия выполняют во время бетонирования. В соответствии с правилами техники безопасности при эксплуатации число люков для камер предусматривают не менее двух при внутренней площади камер до 6 м^2 и не менее четырех при внутренней площади камер 6 м^2 и более. Диаметры входных и аварийных люков принимаются не менее 0,63 м. Горловину лаза под люком делают цилиндрической формы диаметром 700 мм на глубину не более 1 м; при большей глубине лаз следует предусматривать расширяющимся книзу. Для спуска в камеру обслуживающего персонала под люком устанавливают скобы, располагаемые в шахматном порядке с шагом по высоте не более 400 мм, или лестницы. В случае, если габариты оборудования камеры превышают размеры входных люков, необходимо предусматривать монтажные проемы, ширину которых прини-

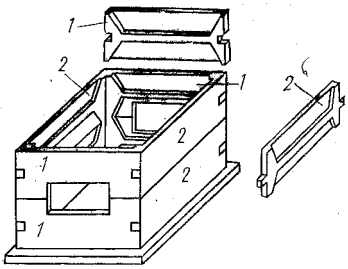


Рис. 2.40. Сборная железобетонная камера из прямоугольных блоков

1 — стеновой блок с отверстием; *2* — стеновой блок без отверстия

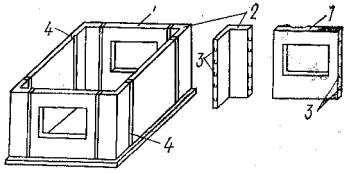


Рис. 2.41. Конструкция стен и дна сборной железобетонной камеры из прямоугольных и угловых блоков

1 — стеновой прямоугольный железобетонный блок; *2* — угловой блок; *3* — петлевые выпуски арматуры; *4* — стык из бетона М300

мают не менее наибольшего размера арматуры, оборудования или диаметра труб плюс 0,1 м (но не менее 0,7 м).

В последнее время в практике строительства тепловых сетей широкое распространение получают более индустриальные камеры из сборного железобетона (рис. 2.40). На монтаж таких камер уходит меньше времени и сокращаются трудозатраты. Применяются также сборные конструкции прямоугольных камер со стенками из вертикальных блоков (рис. 2.41), которые бывают двух типов: сплошные и с отверстиями прямоугольной формы для пропуска теплопроводов. Угловой стеновой блок в поперечном сечении имеет форму уголка. Для соединения блоков предусмотрены петлевые выпуски арматуры. Плиты перекрытий имеют прямоугольную форму с отверстиями для люков. Такая конструкция может воспринимать значительные горизонтальные усилия, передаваемые неподвижными опорами теплопроводов при размещении их как в стенах, так и внутри камер.

Мосинжпроектом разработаны унифицированные камеры из сборных железобетонных вибропрокатных панелей. Камеры сооружают из отдельных объемных элементов, собираемых на заводе из прямоугольных железобетонных плит. Между двумя смежными объемными элементами может быть установлена неподвижная опора из монолитного железобетона (рис. 2.42). При строительстве тепловых сетей небольшого диаметра камеры могут выполняться из круглых сборных железобетонных колец. Круглые плиты перекрытий имеют два отверстия для устройства смотровых люков. Следует отметить, что типовые сборные камеры, разработанные различными организациями и применяемые при строительстве тепловых сетей имеют существенные

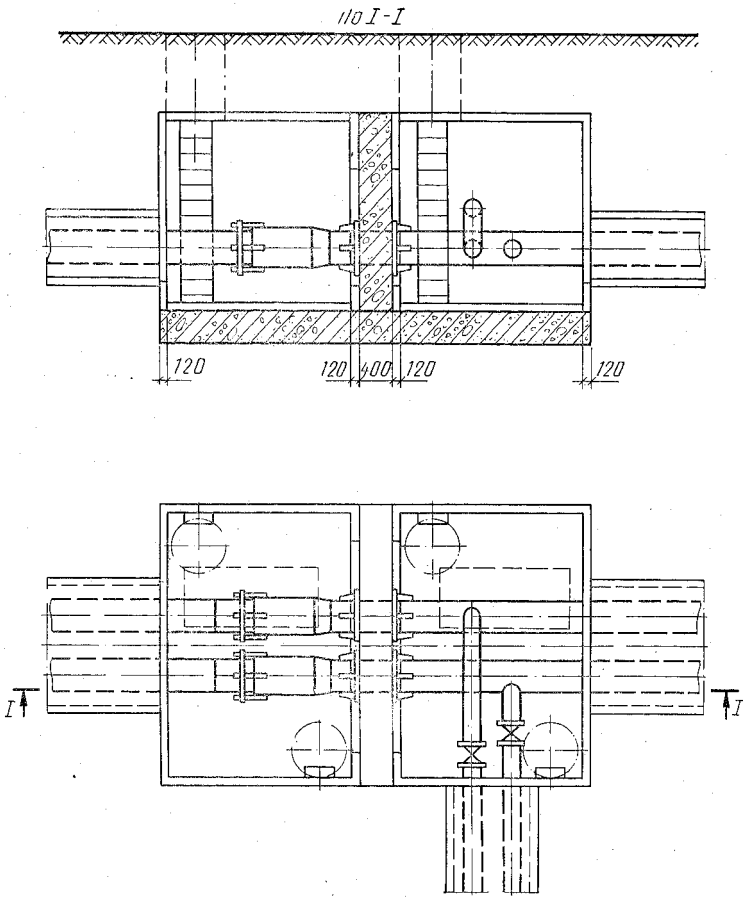


Рис. 2.42. Схема камеры из вибропрокатных панелей

конструктивные и технологические недостатки, так как трудно предусмотреть все возможные варианты узлов теплопроводов.

На магистральных тепловых сетях диаметром 500 мм и более секционирующие задвижки с электроприводом устанавливают, как правило, в камерах, над которыми надстраивают надземные сооружения в виде павильонов. В целях исключения коррозии пусковой аппаратуры, устанавливаемой в павильоне, от воздействия влажного воздуха целесообразно камеру с павильоном изолировать от этих каналов, пристроив при этом вытяжную шахту из каналов к

стене павильона. Для производства ремонтных работ в павильонах предусматривают грузоподъемное оборудование. Для предохранения камер от проникания грунтовых вод важное значение имеет устройство их гидроизоляционной защиты. Наружные поверхности днища и стен камер при наличии высокого уровня грунтовых вод, даже при имеющемся попутном дренаже, покрывают оклеечной гидроизоляцией из битумных рулонных материалов, число слоев которых установлено проектом. В условиях повышенных требований водонепроницаемости кроме наружной оклеечной гидроизоляции применяют дополнительную штукатурную цементно-песчаную гидроизоляцию внутренней поверхности, наносимую при больших объемах работ методом торкретирования.

2.7. Арматура тепловых сетей

Арматура тепловых сетей служит для обеспечения управления системами теплоснабжения при их эксплуатации. По функциональному назначению арматуру подразделяют на следующие основные типы: запорная, регулирующая, предохранительная, защитная.

Запорная арматура, применяемая наиболее широко, предназначена для перекрытия потока теплоносителя. К ней относятся краны, вентили, задвижки и поворотные затворы. Запорную арматуру в тепловых сетях устанавливают: на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источников тепла; для секционирования магистралей; на трубопроводах ответвлений; для спуска воды и выпуска воздуха и т. д. В зависимости от режима работы тепловой сети запорная арматура должна находиться в полностью открытом или полностью закрытом положении. Регулировать запорной арматурой расход теплоносителя и дросселировать его давление *запрещается*. Это объясняется тем, что если оставить запорную арматуру не полностью открытой, часть притертой поверхности затвора, находясь под воздействием потока теплоносителя, будет подвергаться эрозионному разрушению, в результате чего при закрытии арматуры корродированная часть затвора не обеспечит герметичности арматуры.

Регулирующая арматура служит для регулирования параметров теплоносителя: расхода, давления, температуры. В состав регулирующей арматуры входят регулирующие клапаны, регуляторы давления, регуляторы температуры, регулирующие вентили и т. д.

Предохранительная арматура предназначена для предохранения теплопроводов и оборудования от недопустимого повышения давления. Это достигается путем автоматического выпуска избыточного количества теплоносителя с помощью предохранительных устройств и т. д.

Защитная арматура служит для защиты трубопроводов и оборудования путем отключения защищаемого участка. К защитной арматуре относятся отсечные и обратные клапаны и другие отключающие устройства. Различие между предохранительной и защитной арматурой заключается в том, что при повышении параметров теплоносителя предохранительная арматура открывается для выпуска теплоносителя, а защитная закрывается, отсекая защищаемый участок от остальной части трубопровода.

Арматура характеризуется тремя основными параметрами: условным проходом D_y, рабочим давлением и температурой транспортируемой среды. В зависимости от способов присоединения к теплопроводам арматуру подразделяют на фланцевую, муфтовую, цапковую и приварную. *Фланцевая* арматура имеет присоединительные патрубки с фланцами, *муфтовая* — с внутренней резьбой, *цапковая* — с наружной резьбой, *приварная* — с кромками для приварки к трубопроводу. Фланцевая арматура в настоящее время является наиболее распространенной для трубопроводов тепловых сетей. Однако в последнее время в целях уменьшения габаритов и массы арматуры, а также в целях повышения плотности трубопроводов промышленность стала все больше выпускать бесфланцевую арматуру, непосредственно привариваемую к трубопроводам. Кроме того, допускается приваривать фланцевую арматуру непосредственно к трубопроводам. Все это способствует применению сварочных машин и механизмов при монтаже теплопроводов, что повышает производительность труда, качество сварочных работ и надежность теплопроводов.

Для тепловых сетей следует применять преимущественно стальную арматуру. Для трубопроводов тепловых сетей при температуре воды до 115°С независимо от диаметра трубопроводов допускается применять арматуру из ковкого чугуна марки не ниже КЧ30-6 (ГОСТ 1215—79) или из серого чугуна марки не ниже СЧ15-32 (ГОСТ 1412—79). Запрещается использовать арматуру из серого чугуна на спускных и дренажных устройствах и при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления ниже —10°С независимо от параметров теплоносителя и диаметров трубопроводов. А при прокладке тепловых сетей

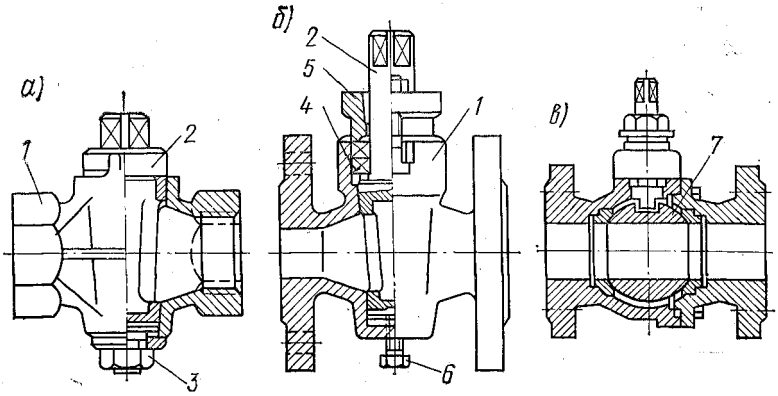


Рис. 2.43. Краны

а — натяжной муфтовый (тип 11б1бк); *б* — сальниковый фланцевый (тип 11ч8бк); *в* — шаровой сальниковый фланцевый (тип 11ч37п); *1* — корпус; *2* — конусная пробка; *3* — натяжная гайка; *4* — сальник; *5* — втулка; *6* — отжимной болт; *7* — шаровая пробка

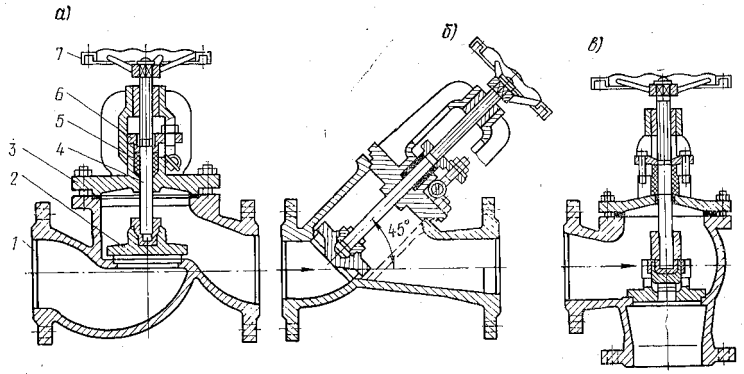


Рис. 2.44. Вентили запорные

а — фланцевый; *б* — прямоточный фланцевый; *в* — угловой фланцевый; *1* — корпус; *2* — золотник; *3* — крышка; *4* — шпиндель; *5* — сальниковая набивка; *6* — втулка; *7* — маховик

в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже —30°С не допускается применять арматуру из ковкого чугуна также независимо от параметров теплоносителя и диаметров трубопроводов. При установке чугунной арматуры в тепловых сетях необходимо предусматривать защиту ее от изгибающих усилий.

Арматура имеет отличительные цвета окраски: из углеродистой стали — *серый,* из чугуна — *черный,* из нержавеющей стали — *голубой.* В зависимости от способа переме-

щения запорного или регулирующего органа и его конструкции основные типы арматуры, применяемые в тепловых сетях, подразделяют на краны, вентили, задвижки, поворотные затворы, клапаны и т. д.

Краны применяют при монтаже тепловых абонентских вводов. Их изготовляют из бронзы или чугуна для трубопроводов диаметром от 15 до 80 мм, рассчитанных на рабочее давление до 0,1 МПа при температуре теплоносителя до 100°С. Краны имеют небольшие габаритные размеры, малое гидравлическое сопротивление и простой цикл управления. По конструкции затвора краны подразделяют на *пробковые* и *шаровые,* по методу герметизации от внешней среды — на *натяжные* и *сальниковые,* а по методу присоединения к трубопроводу — на *муфтовые* и *фланцевые* (рис. 2.43).

Вентили (рис. 2.44) используют главным образом в местных системах теплоснабжения, а также для спускных линий и воздушников тепловых сетей. Их изготовляют из чугуна или стали диаметром от 15 до 200 мм. Вентили имеют запорный орган в виде золотника (тарелка клапана), который при закрытии плотно прилегает к седлу, обеспечивая герметичность перекрытия проходного отверстия. Золотник соединен со шпинделем шарнирно и при закрытии прижимается к седлу, а при открытии отрывается от седла без скольжения, благодаря чему исключается задирание уплотнительных поверхностей. Вентили бывают *фланцевые, муфтовые* и *приварные.* В отличие от кранов и задвижек нормальные вентили имеют повышенное гидравлическое сопротивление, так как теплоносителю приходится менять свое направление. Для уменьшения гидравлического сопротивления применяют *прямоточные* вентили, у которых золотник в открытом положении не мешает проходу теплоносителя. Вентилями управляют вручную

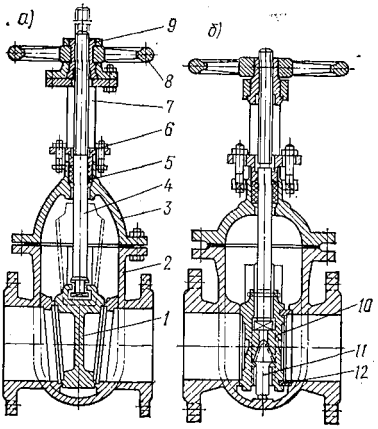


Рис. 2.45. Задвижки

а — клиновые с выдвижным шпинделем; *б* — параллельная с выдвижным шпинделем; *1* — клин (затвор); *2* — корпус; *3* — крышка; *4* — шпиндель; *5* — сальниковая набивка; *6* — грундбукса; *7* — стойка; *8* — маховик; *9* — гайка шпинделя; *10* — диск (тарелка); *11* — распорный клин; *12* — уплотнительное кольцо

с помощью маховика или электропривода, который снабжается дистанционным управлением. Вентили можно устанавливать на горизонтальных и вертикальных трубопроводах в любом рабочем положении.

Задвижки (рис. 2.45) наиболее широко применяются при строительстве тепловых сетей. По конструктивному исполнению их разделяют на *клиновые* и *параллельные* с *выдвижным* и *невыдвижным* шпинделем. Стальные задвижки имеют клиновое уплотнение, а чугунные — параллельное. В клиновых задвижках затвор состоит из сплошного или двухдискового клина, уплотнение обеспечивается прилеганием колец клина к кольцам корпуса. Уплотнительные кольца из бронзы или нержавеющей стали запрессовывают на дисках клиньев и в корпусе. При опускании двухдискового клина разжимной клин, находящийся между дисками, упирается в дно корпуса задвижки и распирает диски, плотно прижимая их к уплотнительным кольцам корпуса.

В параллельных задвижках затвор состоит из двух самостоятельных дисков с плоскими, параллельно расположенными уплотнительными поверхностями. Эти задвижки закрываются аналогично клиновым задвижкам с двухдисковым клиновым затвором. Положительным качеством задвижек является их малое гидравлическое сопротивление. Это достигается тем, что при полном выдвижении шпинделя затвор полностью выходит из потока теплоносителя в верхнюю часть корпуса задвижки. Для закрытия или открытия прохода требуется большая частота вращения шпинделя, поэтому задвижки, особенно больших диаметров ($D_у \geqslant 500$ мм), снабжены электроприводами.

На водяных тепловых сетях для задвижек $D_у \geqslant 350$ мм при $p_у \geqslant 1{,}57$ МПа следует предусматривать обводные трубопроводы (разгрузочные байпасы) с запорной арматурой, предназначенные для уменьшения перепада давлений при открывании задвижек. Этим достигается снижение усилий, необходимых для открывания задвижек. Условный проход разгрузочного байпаса принимают в зависимости от условного прохода задвижки в соответствии с данными СНиП на проектирование тепловых сетей. При дистанционном телеуправлении задвижками арматура на байпасах также снабжена электроприводом. Задвижки с электроприводом при подземной прокладке размещают в камерах с надземными павильонами или в подземных камерах с естественной вентиляцией, обеспечивающей параметры воздуха в соответствии с требуемыми условиями. При надземной прокладке тепловых сетей задвижки с электроприводами раз-

мещают в помещениях или заключают в кожухи, защищающие арматуру и электроприводы от атмосферных осадков.

Задвижки устанавливают на горизонтальных теплопроводах вертикально маховиком, редуктором или приводом вверх. В некоторых случаях допускается установка задвижек в диапазоне 90° между вертикальным и горизонтальным положением шпинделя или в любом рабочем положении, кроме положения шпинделя вниз, так как при открытых задвижках дисковые гнезда могут засоряться, что приведет к нарушению нормальной работы задвижки. Для подземных теплопроводов высокого давления рекомендуется применять бесфланцевые стальные задвижки, которые присоединяют к трубам с помощью сварки. Их изготовляют промышленностью условным диаметром прохода D_y до 450 мм. Применение этих задвижек существенно повышает надежность эксплуатации тепловых сетей.

Более современным оборудованием являются **поворотные затворы** (рис. 2.46), серийно выпускаемые для трубопроводов диаметром до 2200 мм. Они предназначены для установки в качестве запорных и дросселирующих устройств на трубопроводах, транспортирующих воду при рабочей температуре до 100°С. Поворотные затворы управляются вручную (при малых диаметрах прохода) или от электропривода. Затворы с электроприводом устанавливают на горизонтальных или вертикальных участках трубопроводов электроприводом вверх с горизонтальным или вертикальным расположением приводного вала. К теплопроводам поворотные затворы присоединяют с помощью фланцев или сваркой. Уплотнение запорного органа обеспечивается резиновым кольцом, установленным в корпусе или в канавке диска.

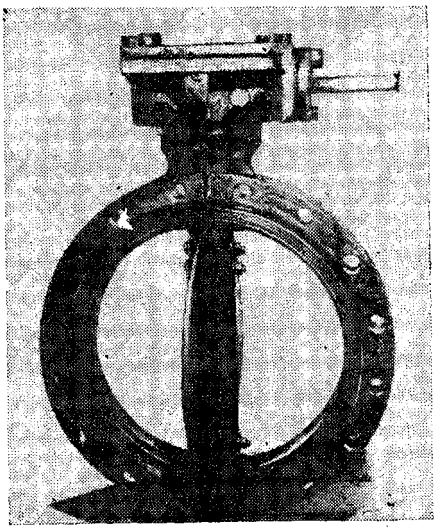


Рис. 2.46. Поворотный затвор с уплотнением по корпусу

Основные достоинства поворотных затворов — простота конструкции и управления, низкая ме-

таллоемкость, компактность. Однако из-за небольшого объема выпуска промышленностью поворотные затворы пока еще находят ограниченное применение в трубопроводном строительстве. Опыт применения их в тепловых сетях в Москве дал положительные результаты. В случае применения уплотнителей из теплостойкой резины поворотные затворы могут эффективно применяться при строительстве тепловых сетей.

Клапаны в зависимости от назначения подразделяют на регулировочные, предохранительные, обратные, отсечные и др. *Регулировочные* клапаны служат для изменения расхода транспортируемого по тепловым сетям теплоносителя или его давления. *Предохранительные* клапаны предназначены для автоматического предотвращения появления недопустимо высоких давлений в системах, что достигается выпуском избытка теплоносителя.

Обратные клапаны служат для автоматической защиты трубопроводов от обратного потока теплоносителя, что может в некоторых случаях привести к аварии. Их подразделяют на подъемные и поворотные (рис. 2.47). Подъемные клапаны проще по устройству, однако при попадании продуктов коррозии возможно заедание тарелки клапана в направляющей. Их обычно используют при небольших диаметрах теплопроводов. Кроме того, подъемные клапаны могут работать только в горизонтальном положении. Поворотные клапаны менее чувствительны к загрязнению теплоносителя и могут работать как в горизонтальном, так и вертикальном положениях.

Для снижения скорости закрывания диска и уменьшения гидравлического удара обратные клапаны большого диаметра снабжены обводами, демпферами, противовесами и другими устройствами. *Отсечные* клапаны предназначены для быстрого перекрытия потока теплоносителя. Они

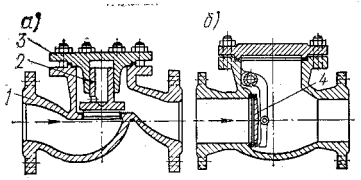


Рис. 2.47. Обратные клапаны

а — подъемный фланцевый; *б* — поворотный фланцевый; *1* — корпус; *2* — подъемный затвор; *3* — крышка; *4* — поворотный затвор

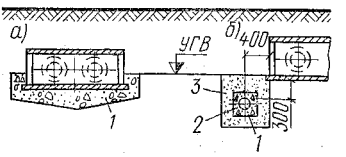


Рис. 2.48. Продольные дренажи

а — в виде дренирующего основания; *б* — дренажное устройство; *1* — гравий; *2* — дренажная труба; *3* — песок

представляют собой быстродействующие запорные устройства (в виде тарельчатого клапана, крана с конической или шаровой пробкой или в виде задвижки), снабженные электрическим или другим приводом.

2.8. Попутный дренаж

Одним из основных условий повышения долговечности и надежности подземных тепловых сетей является защита их от затопления грунтовыми или поверхностными водами. Затопление сетей приводит к разрушению изоляции, развитию наружной коррозии трубопроводов, а также к резкому увеличению тепловых потерь. Поэтому при строительстве подземные тепловые сети желательно располагать выше уровня грунтовых вод. Если же практически это не осуществимо, то при прокладке тепловых сетей ниже максимального уровня стояния грунтовых вод следует предусматривать искусственное понижение грунтовых вод — попутный дренаж, а для наружных поверхностей строительных конструкций — обмазочную битумную изоляцию.

Для защиты подземных тепловых сетей от поверхностных вод в первую очередь необходима планировка поверхности земли над теплопроводами. В результате этой планировки отметки поверхности земли над теплопроводом должны несколько превышать отметки окружающего грунта. Желательно устройство над тепловыми сетями уличной одежды в виде бетонного или асфальтобетонного покрытия. В отдельных случаях при затруднениях с организацией отвода поверхностных вод в местах понижения рельефа по трассе на таких участках также возникает необходимость сооружения дренажных устройств.

Строительству дренажа предшествуют изыскательские и проектные работы с выявлением гидрогеологических условий района. Производят съемку местности, составляют гидрогеологические профили с установлением уровня грунтовых вод, подсчитывают дебит воды, поступающей на участок теплотрассы, определяют место отвода этой воды, составляют депрессионные кривые понижения уровня грунтовых вод дренами и определяют требуемые расстояния и диаметр дрен. Вычерчивают план и продольный профиль закладки дренажа.

Для тепловых сетей, как правило, применяются горизонтальные дренажи. При невысоком уровне грунтовых вод и небольшом дебите применяют упрощенную конструкцию в виде дренирующего основания под каналом из крупного

песка или гравия (рис. 2.48,*а*). Дренажные устройства (рис. 48,*б*) прокладывают вдоль трассы тепловых сетей по одну (односторонние дренажи) или обе стороны (двусторонние дренажи) от нее. Односторонние дренажи располагают со стороны притока грунтовых вод. Основное требование к дренажу в зоне прокладки тепловых сетей заключается в том, чтобы кривая депрессии (уровень грунтовых вод при работе дренажа) была ниже дна канала или нижней отметки изоляционной конструкции теплопровода при бесканальной прокладке. Для этого заглубление верха дренажных труб принимают не менее 300 мм от дна канала, а при бесканальной прокладке — не менее 300 мм от нижней поверхности изоляции теплопроводов. Выбор конструкции дренажа зависит от условий прокладки теплосетей: уровня и направления движения грунтовых вод, их дебита, уклона трассы тепловых сетей, характера строения грунта и др.

Для попутного дренажа в основном применяют *асбестоцементные* трубы с муфтами, керамические канализационные раструбные трубы, а также готовые трубофильтры. Применяют также *бетонные, железобетонные, пластмассовые* и другие трубы. Однако бетонные и железобетонные трубы можно использовать только для неагрессивных вод, так как в противном случае бетон может выщелачиваться с разрушением. Асбестоцементные безнапорные трубы более стойкие, чем бетонные и железобетонные, поэтому они получили более широкое применение при строительстве попутных дренажей. Водоприемные отверстия в асбестоцементных трубах выполнены цилиндрическими или щелевыми (рис. 2.49).

Керамические канализационные трубы также получили широкое применение. Прием воды в керамических трубах обеспечивается зазором в раструбе 10—20 мм, который оставляется только в верхней части стыка. Нижнюю часть заделывают канатом или асбестоцементным раствором. Керамические канализационные трубы большого диаметра снабжены отверстиями диаметром 5—10 мм, расположенными в шахматном порядке. Чрезвычайно эффективна конструкция дренажа из *трубофильтров* (труб из крупнопористого бетона), благодаря большой пористости стенок которых вода свободно проникает внутрь труб (рис. 2. 50). При использовании трубофильтров исключается необходимость устройства гравийно-песчаной обсыпки, кроме того облегчается возможность механизации строительно-монтажных работ по прокладке дренажа.

Диаметры дренажных труб выбирают исходя из расчет-

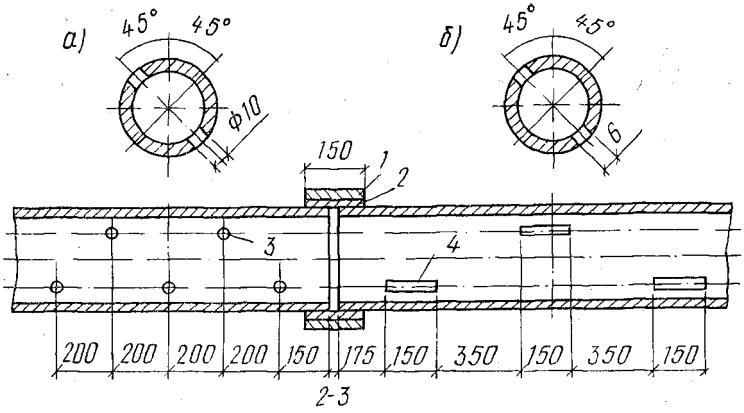


Рис. 2.49. Асбестоцементные дренажные трубы

а — с отверстиями; *б* — с щелями; *1* — соединительная муфта; *2* — асбестоцементная заделка стыка; *3* — круглые отверстия; *4* — щели

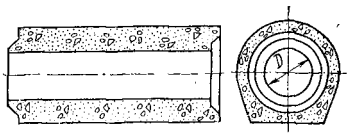


Рис. 2.50. Трубофильтр из крупнопористого бетона

ного количества отводимых вод, но не менее 150 мм (исходя из дебита воды до 5 л/с на 1 км теплотрассы). Скорость движения воды в дренажных трубах принимают обычно порядка 0,5—0,7 м/с, но не больше 1 м/с, так как при больших скоростях дренируемой водой может размываться грунт около стыковых соединений труб. При малых же скоростях движения дренируемой воды из нее может выпадать осадок, в результате чего может засориться и закупориться сеть. Поэтому при строительстве попутного дренажа принимают ту необходимую скорость воды, при которой она имеет самоочищающую способность (т. е. скорость, исключающую выпадение осадка).

Дренируемая вода движется по трубам самотеком под действием силы тяжести, поэтому чем больше уклон дренажных труб, тем больше скорость их движения. Однако при увеличении уклона возрастает и глубина заложения дренажа, что повышает стоимость и усложняет производство строительно-монтажных работ, а также и эксплуатацию дренажа. Для обеспечения необходимой водоотводящей способности уклон попутного дренажа следует принимать

не менее 0,003, при этом он может не совпадать по величине и направлению с уклоном тепловых сетей.

Дренажные трубы прокладывают в фильтрующих обсыпках, препятствующих засорению труб грунтом. В качестве дренажной обсыпки применяют крупнозернистый песок, средний гравий, а также щебень горных пород и среднезернистый песок с коэффициентом фильтрации не менее 20 м/сут. Гранулометрический состав обсыпки подбирают с таким условием, чтобы при фильтрации воды не происходило выноса мелких частиц через более крупный заполнитель и забивания водоприемных отверстий в дренажных трубах.

Для прочистки дренажных труб на углах поворота и на прямых участках не реже чем через 50 м устраивают контрольные смотровые колодцы диаметром не менее 1000 мм, отметки дна которых принимаются на 0,3 м ниже отметок заложения примыкающих дренажных труб. Для дренажа компенсаторных ниш от основного дренажа устраиваются отдельные ответвления, конструкция которых аналогична основному попутному дренажу. В местах ответвлений также устраивают контрольные смотровые колодцы.

Основание камер всегда находится ниже основания самого теплопровода, поэтому при понижении уровня грунтовых вод до основания теплопровода нижняя часть камер остается в окружении грунтовых вод. В свою очередь заглубление попутного дренажа ниже дна камер значительно бы увеличило его стоимость, так как пришлось бы дренировать очень большое количество грунтовой воды и увеличивать диаметр дренажной трубы. В практике строительства тепловых сетей значительно целесообразнее устраивать камеры с водонепроницаемым основанием. Участки дренажных труб, проходящие через камеры, выполняют из металла, а в местах их прохода сквозь стены устанавливают проходные сальники. При проходе дренажа через щитовые железобетонные опоры в последних для пропуска дренажных труб оставляют отверстия, диаметр которых принимают на 200 мм больше внешнего диаметра дренажных труб.

Вода из системы попутного дренажа должна выпускаться в городскую ливневую канализацию, водосточную сеть или в открытые водоемы. Дренажные выпуски выполняют из сплошных труб (чугунных, асбестоцементных, железобетонных безнапорных и др.). Если выпуск дренажных вод в водосточную сеть или открытый водоем невозможен, то допускается выпускать их в фекальную канализацию, при этом следует предусматривать обратный клапан и гид-

розатвор. Сброс этих вод в поглощающие колодцы или на поверхность земли не допускается. При расположении дренажной сети ниже водосточной или канализационной отвод воды самотеком невозможен. В этом случае сооружают дренажные насосные станции, имеющие, как правило, два отсека: резервуар для приема дренажной воды и машинный зал. Насосные станции сооружают из монолитного или сборного железобетона преимущественно круглыми в плане диаметром 3—4 м.

Устройство попутного дренажа значительно удорожает стоимость строительства тепловых сетей в целом. Кроме того, строительно-монтажные работы по его прокладке пока еще недостаточно механизированы, что требует большого количества ручного малопроизводительного труда. При этом также существенно увеличиваются сроки строительства и ввода тепловых сетей в эксплуатацию. Однако опыт эксплуатации показывает, что при наличии попутного дренажа тепловые сети достаточно надежно защищены от затопления грунтовыми и поверхностными водами, что, безусловно, оказывает влияние на надежность и долговечность работы теплопроводов.

2.9. Специальные сооружения

Пересечение тепловыми сетями естественных или искусственных препятствий осуществляется при помощи специальных сооружений. К этим сооружениям относятся **переходы** через водные преграды, под железнодорожными и трамвайными путями, под автомагистралями, а также через различные подземные и надземные сооружения. Место, способ прокладки и конструкцию перехода определяют в каждом конкретном случае с учетом местных условий: возможности остановки движения транспорта на время строительства и ремонта при эксплуатации, наличия подземных коммуникаций в районе перехода, способа компенсации тепловых удлинений теплопроводов на участке, технической оснащенности строительной организации, а также с учетом архитектурных соображений.

Подводные переходы могут быть выполнены в виде *проходных тоннелей* или *дюкеров*. Подводный теплофикационный цельнометаллический *тоннель* сварной конструкции был сооружен в 1950 г. через Москву-реку для передачи горячей воды и пара от ТЭЦ-12. Этот подводный тоннель представляет собой стальной цилиндр диаметром 2500 мм с толщи-

ной стенки 12 и 16 мм, через каждые 3 м усиленный ребрами жесткости. Тоннель в русловой части уложен горизонтально, а в береговых частях—наклонно под углом 25°. Общая длина его составляет 176 м. Масса стальной оболочки 160 т, а масса чугунных пригрузов 744 т.

В тоннеле размещены два теплопровода ∅ 500 мм, два паропровода ∅ 400 мм и конденсатопровод ∅ 200 мм. Тоннель является проходным и доступным для обслуживания и ремонта теплопроводов. Он оборудован приточно-вытяжной вентиляцией, рассчитанной на поддержание внутренней температуры воздуха 40°С при нормальном режиме эксплуатации и 30°С при осмотре и производстве ремонтных работ. Тоннель сооружен с помощью укладки с поверхности воды сварной металлической оболочки в подводную траншею глубиной 7,5 м от поверхности уровня реки. Температурные удлинения металлической оболочки тоннеля обеспечиваются устройством сальников на концах оболочки в местах входа их в береговые камеры. В середине тоннеля выполнен бетонный блок, фиксирующий направление его температурных деформаций. Для защиты от коррозии наружная поверхность оболочки тоннеля покрыта противокоррозионным покрытием. Положительный опыт строительства и эксплуатации подводных тоннелей для прокладки в них тепловых сетей в последующем был расширен как в Москве, так и в других городах Советского Союза.

При необходимости пересечения тепловыми сетями небольших рек шириной 50—60 м наиболее часто осуществляют переходы в *дюкерах* (рис. 2.51). Оболочку дюкеров выполняют из сваренных по длине стальных труб. По концам дюкеров устраивают шахты из монолитного железобетона, наружная поверхность которых защищена оклеечной гидроизоляцией. Недостатком дюкеров является меньшая надежность работы теплопроводов по сравнению с теплопроводами, проложенными в проходных тоннелях. Теплопроводы, проложенные в дюкерах, невозможно осмотреть и в случае необходимости произвести ремонтные работы.

Подземные переходы теплопроводами железных и автомобильных дорог, уличных проездов и трамвайных путей осуществляют, главным образом, прокладывая теплопроводы в стальных или железобетонных футлярах. Такие переходы представляют собой два футляра, проложенные закрытым бестраншейным способом, в которых размещены подающий и обратный трубопроводы, покрытые тепловой изоляцией. Наибольшее распространение в строительстве

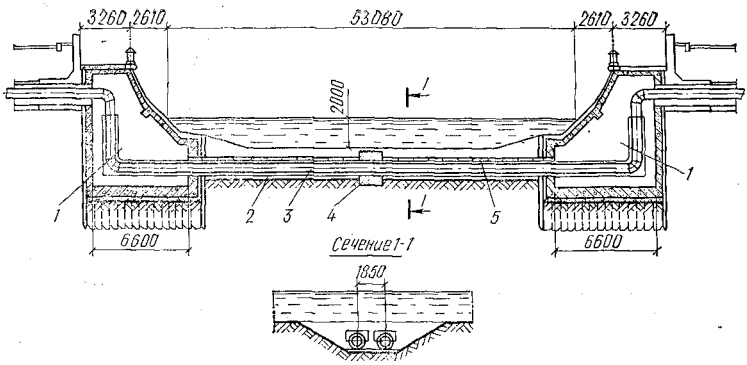


Рис. 2.51. Подводный переход теплопроводов в дюкерах
1 — береговая камера; *2* — стальные трубы $d_у$ =1000 мм; *3* — теплопроводы $d_у$ =600 мм; *4* — бетонная неподвижная опора; *5* — железобетонные грузы

тепловых сетей получили способы прокола и продавливания стальных труб-футляров. По обоим концам футляров располагают смотровые камеры, сооружаемые обычно в котлованах, которые служат для производства работ по проколу или продавливанию. Диаметр футляров принимают исходя из диаметра прокладываемых в них теплопроводов с учетом толщины тепловой изоляции и необходимого воздушного кольцевого зазора между поверхностью тепловой изоляции и внутренней поверхностью стенки футляра. При этом зазор между тепловой изоляцией и футляром должен быть не менее 100 мм.

При прокладке теплопроводов в футлярах антикоррозионное покрытие стальных труб должно быть особенно надежным. При пересечении насыпей электрифицированных железных дорог необходимо теплопровод электрически изолировать от стального футляра для защиты его от электрокоррозии. Длину футляров в местах пересечений необходимо предусматривать не менее чем на 3 м больше размеров пересекаемых сооружений (в каждую сторону), в том числе сооружений земляного полотна железных и автомобильных дорог.

Прокол о м называют такой способ проходки, при котором отверстие для стальной трубы-футляра образуется за счет радиального уплотнения грунта без его разработки. В современной отечественной практике трубопроводного строительства при проколе грунта трубами диаметром до 500 мм наибольшее распространение нашли установки с гидравлическими домкратами (рис. 2.52). Длина про-

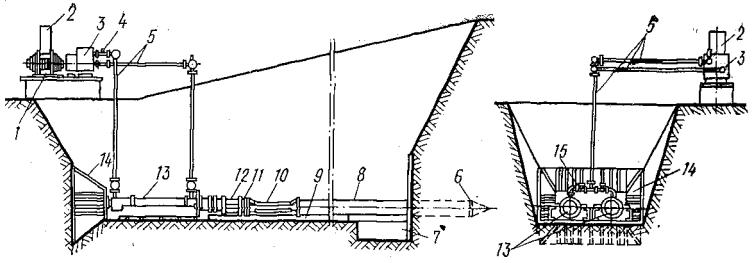


Рис. 2.52. Установка для прокола с двумя гидравлическими домкратами *1* — электродвигатель; *2* — щиток управления; *3* — насос; *4* — манометр; *5* — маслопроводы; *6* — наконечник; *7* — приямок; *8* — прокладываемая труба; *9* — направляющий брус; *10* — патрубок; *11* — малая подкладка; *12* — большая подкладка; *13* — домкраты; *14* — упор; *15* — вентили

ходки 30—40 м, а для труб малых диаметров 150—200 мм с учетом продольного изгиба труб —20—25 м.

Продавливанием называется такой способ бестраншейной прокладки труб, при котором в грунт последовательно вдавливают отдельные звенья труб, соединяемые между собой в процессе работ сваркой, с разработкой забоя внутри трубы и удалением грунта через прокладываемую трубу. Этим способом продавливают в основном футляры диаметром 800—1600 мм на длину до 60 м практически в любых мягких грунтах. С целью механизации наиболее трудоемких процессов продавливания, к которым прежде всего относятся способы разработки грунта внутри трубы и его транспортирования, трестом Центроспецстрой создана установка с циклической разработкой грунта челноком.

Подземные переходы тепловых сетей сооружают также при помощи установок горизонтального бурения (УГБ). На строительстве трубопроводов используют машины УГБ-2, УГБ-4 и УГБ-5 для бестраншейной прокладки труб диаметрами от 325 до 1220 мм на длину 40—60 м. При строительстве подземных переходов под железнодорожными путями и автомобильными дорогами, а также под городскими улицами и площадями часто устраивают проходные тоннели закрытым способом методом щитовой проходки. Проходку осуществляют с помощью металлических щитов круглого сечения диаметрами 2; 2,5 и 3,6 м. Конструкция тоннеля круглого сечения, выполненного при помощи щитовой проходки, состоит из наружной оболочки-обделки и внутренней рубашки (рис. 2.53).

Наружная оболочка состоит из сборных керамических,

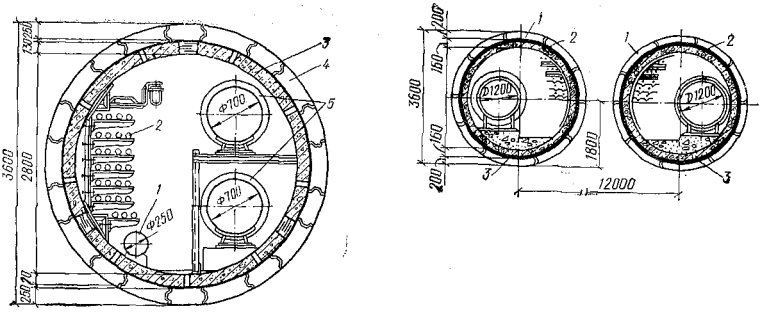


Рис. 2.53. Сечение щитовой проходки

1 — водопровод; *2* — кабели; *3* — сборная рубашка; *4* — обделка из бетонных блоков; *5* — теплопроводы

Рис. 2.54. Тоннели щитовой проходки для прокладки теплопроводов большого диаметра

1 — обделка тоннеля; *2* — железобетонная рубашка; *3* — гидроизоляция

бетонных или железобетонных блоков. В строительстве тоннелей малого диаметра наибольшее применение нашли блоки трапецеидальной формы, на торцовых гранях которых имеются гребни и пазы. Составленную из отдельных сборных блоков обделку тоннеля собирают в процессе щитовой проходки по мере продвижения щита. Мелкоблочная обделка не всегда является несущей конструкцией. Для упрочнения устраивают внутренние сборные или монолитные железобетонные рубашки. Между наружной оболочкой и внутренней рубашкой выполнена гидроизоляция из нескольких слоев гидроизола на битумной мастике. Теплопроводы укладывают в тоннели методом наращивания. Для теплопроводов больших диаметров прокладывают по два рядом расположенных тоннеля (для подающего и обратного теплопроводов) (рис. 2.54). Преимущество тоннельных переходов состоит в том, что теплопроводы, расположенные в них, доступны для осмотра и ремонта, однако стоимость этого вида прокладок весьма велика.

Надземные переходы осуществляют при пересечении трассы тепловых сетей железнодорожных путей, автомобильных дорог и рек при неблагоприятных гидрогеологических условиях или значительной длине перехода. При пересечении железных и шоссейных дорог теплопроводами, позволяющими перекрывать пролеты, достаточные для пропуска транспорта, применяют надземные *переходы в виде П-образных компенсаторов.* Теплопроводы по обе стороны перехода закрепляются в неподвижных опорах. Переходы на отдельно стоящих высоких опорах исполь-

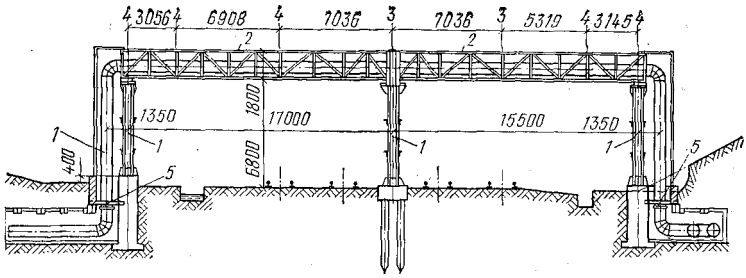


Рис. 2.55. Мостовой переход через железнодорожные пути

1 — опоры моста; *2* — пролетное строение; *3* — неподвижная опора; *4* — скользящие опоры; *5* — пружинные опоры

зуют при небольшом числе труб большого диаметра. *Эстакадные переходы* применяют при большой ширине препятствия и прокладке большого числа коммуникаций.

Широкое применение получила конструкция надземного перехода, состоящая из пролетного строения *в виде сварных металлических ферм*, устанавливаемых на стоечных опорах с железобетонным фундаментом. Наибольший пролет ферм обычно не превышает 50—60 м. При пересечении большого числа железнодорожных путей (и если в междупутье можно установить промежуточные опоры) переходы выполняют многопролетными (рис. 2. 55). При пересечении водных преград прокладку тепловых сетей можно выполнять по автодорожным мостам или путепроводам. Использовать для этих целей железнодорожные мосты не допускается.

Трубопроводы опираются на конструктивные элементы моста под проезжей частью или тротуарами или подвешиваются к ним. В металлических мостах применяют способ подвешивания теплопроводов на стальных тягах, верхние концы которых прикрепляют через сережки к балкам проезжей части моста. При проезжей части моста из железобетонных плит тяги можно закреплять путем заделки анкерных деталей в плиты. При прокладке по пешеходным мостам теплопроводы размещают под настилом моста.

Надземные переходы через небольшие реки часто устраивают в виде арочных пешеходных мостов пролетом 30—50 м, выполняемых из сборного или монолитного железобетона. Теплопроводы размещают в пространстве между двух арок по их очертанию. Примером такого расположения теплопроводов может служить арочный мост, построен-

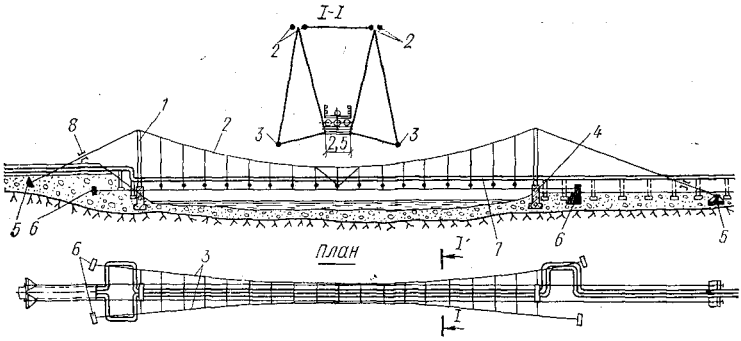


Рис. 2.56. Переход подвесной конструкции

1 — пилон; *2* — несущие тросы; *3* — ветровые тросы; *4* — фундамент пилона; *5* — анкерная опора несущих тросов; *6* — анкерные опоры ветровых тросов; *7* — трубопроводы; *8* — натяжное устройство

ный в Москве через Яузу для прокладки двух теплопроводов диаметром 1200 мм.

Компенсация температурных деформаций теплопроводов, прокладываемых по мостам, осуществляется главным образом путем использования самокомпенсирующей способности труб и лишь в редких случаях удается осуществить компенсацию гибкими П-образными компенсаторами. Для обслуживания теплопроводов требуется сооружение специальных постоянных площадок и лестниц, а если позволяет конструкция моста, то и сквозных проходов по балкам или аркам пролетного строения. При отсутствии мостов в районе прокладки теплопроводов могут быть применены *подвесные переходы* (рис. 2.56).

ГЛАВА III. БЕСКАНАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

3.1. Бесканальные теплопроводы в автоклавном армопенобетоне

В настоящее время все большее развитие получают индустриальные способы строительства тепловых сетей с различными видами монолитной тепловой изоляции. Монолитная тепловая изоляция бесканальных теплопроводов представляет собой прочную неразрушающуюся оболочку, нанесенную на трубы в заводских или полигонных условиях, надежно защищающую теплопроводы от тепловых потерь.

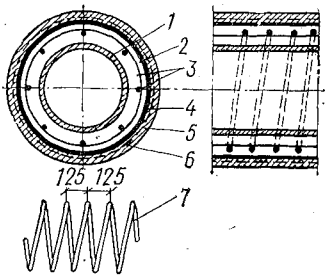


Рис. 3.1. Конструкция теплопровода с армопенобетонной изоляцией

1 — труба; *2* — автоклавный пенобетон; *3* — арматура; *4* — гидрозащитное покрытие из изола (бризола) на битумно-резиновой мастике; *5* — стальная сетка; *6* — слой асбестоцементной штукатурки толщиной 15—20 мм; *7* — деталь спирали

Эта изоляция должна выдерживать механические нагрузки, связанные с транспортировкой и монтажом тепловых сетей.

В Ленинграде и других городах широко применяется бесканальная прокладка тепловых сетей с монолитной армопенобетонной тепловой изоляцией (заводского изготовления), которая была предложена А. Н. Крашенинниковым и П. А. Лазаревым. Этот вид тепловой изоляции явился первой отечественной индустриальной конструкцией для подземной канальной и бесканальной прокладки, наносимой на трубы в заводских условиях. Конструкция изоляции (рис. 3. 1) представляет собой нанесенную на трубы в заводских условиях армопенобетонную оболочку с автоклавной термообработкой и последующей оклейкой в 2—3 слоя рулонными битумными материалами. Защитный слой в виде асбестоцементной штукатурки, армированной металлической сеткой, предохраняет оклеечную гидроизоляцию от механических повреждений.

Теплоизоляционный слой из армопенобетона обладает следующими теплофизическими свойствами:

Объемная масса пенобетона не более, кг/м³	400
Предел прочности при сжатии не менее, МПа (кгс/см²)	0,8 (8)
Влажность пенобетона не выше, %	15
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии при +20°С, Вт/(м·°С) [ккал/(м·ч°С)]	0,12—0,14 (0,10—0,12)

Так как автоклавный пенобетон является хрупким материалом и имеет прочность, недостаточную для выдерживания механических нагрузок, связанных с транспортированием труб на строительные объекты и их монтажом, пенобетон армируют спиральным арматурным каркасом. Арматурные каркасы готовят из продольных стержней диаметром 6 мм, обкатываемых по спирали проволокой-катанкой диаметром 3—4 мм на специальных сварочных станках-автоматах. Трубы армируют двумя полукаркасами, соединяемыми между собой в средней части трубы. Расстояние между каркасом и наружной поверхностью тепловой изоляции около 25 мм.

Для изготовления автоклавного пенобетона применяют следующие материалы: портландцемент марки не ниже 400, молотый кварцевый песок или маршалит (пылевидный кварц) с содержанием кремнезема не менее 80%, известь, пенообразователь и воду. В качестве пенообразователя используют состав, приготовленный на основе столярного или мездрового клея, канифоли, кальцинированной соды и воды.

Технологическая схема изоляции труб пенобетоном (рис. 3.2) состоит из следующих операций: приготовления пенобетонной смеси; вязки арматурных металлических каркасов; очистки труб от грязи и ржавчины; армирования и установки их в формы-кассеты; заливки форм пеномассой и выдержки пенобетона до автоклавной обработки; обработки в автоклавах, распалубки и сушки изолированных труб-устройства гидроизоляции и нанесения защитного слоя.

Технология приготовления пенобетонной смеси следующая. Песок из приемного бункера через питатель поступает в приемную воронку стержневой мельницы мокрого помола. Туда же подается вода и известь в количестве 1—1,5% массы песка. Из мельницы песочный шлам с помощью камерного насоса подается в шламобассейн, расположенный над дозатором пенобетоносмесителя. Одновременно с подачей в пенобетоносмеситель песочного шлама поступают через дозаторы цемент и пенообразователь. Готовая пенобетонная смесь из смесителя поступает в сборник, а оттуда в формы, в которые предварительно укладываются очищенные трубы с установленными на них арматурными каркасами. Для изоляции труб пенобетоном применяют специальные формы-кассеты (рис. 3.3), обеспечивающие лучшее использование объема автоклава. Их размеры по ширине и высоте определяются размерами автоклава, а количество гнезд для труб — диаметром последних. Подачу пеномассы и выпуск воздуха производят через заливочные отверстия, расположенные в верхней части формы. Перед сборкой форм их внутреннюю поверхность смазывают отработавшим машинным маслом.

После заливки в формы пенобетон выдерживают в цехе в течение 12 ч при температуре 16—18°С. При этом происходит процесс естественного твердения пенобетона без усадки и образования трещин. После выдержки формы с изолированными трубами помещают в автоклав, где происходит термическая обработка пенобетона в течение 14 ч (по режиму 5+4+5) при давлении 1,2 МПа. После термообработки формы с изолированными трубами выкатывают из автоклава с противоположной стороны для распалубки.

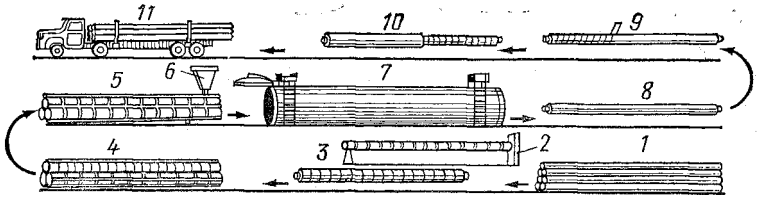


Рис. 3.2. Технологическая схема цеха армопенобетонной теплоизоляции труб

1 — подача труб; *2* — сварка каркасов (арматуры); *3* — надевание каркаса на трубы; *4* — сборка труб в кассетах (формах); *5* — подача форм под заливку; *6* — приготовление пенобетонной массы и заливка ее в формы; *7* — автоклавная обработка; *8* — распалубка форм; *9* — нанесение гидроизоляции; *10* — нанесение защитного покрытия; *11* — вывоз изолированных труб специальными трубовозами

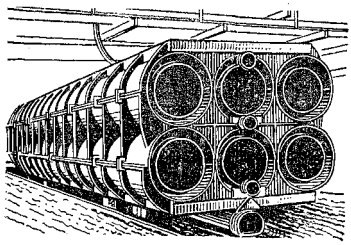


Рис. 3.3. Кассетные формы для заливки труб пенобетоном

Извлеченные из форм трубы с тепловой изоляцией направляют в сушильное отделение, где производится сушка пенобетона горячими газами при температуре около 200°С в течение суток до влажности 10—15%. На высушенные трубы наносят гидроизоляционное покрытие (2 слоя бризола, изола или другого материала, пригодного для гидроизоляции бесканальных теплопроводов) на битумно-резиновой мастике и защитное покрытие в виде асбестоцементной штукатурки по металлической сетке.

Для заделки торцов тепловой изоляции труб применяют уплотнительные шайбы из полимерных или других материалов. Готовые шайбы надевают на концы труб перед укладкой их в формы. При нанесении тепловой изоляции на заводе концы труб длиной 250 мм оставляют неизолированными, что необходимо при сварке и испытании теплопроводов. Проверенные и принятые отделом технического контроля (ОТК) трубы с нанесенной теплогидроизоляцией отгружают строительно-монтажным организациям и на специальных трубовозах направляют на склад готовой продукции или на трассу.

Первый в Советском Союзе специализированный завод по изоляции труб армопенобетоном был построен в Ленинграде в 1953 г. по проекту института Ленгипроинжпро-

ект. С 1974 г. аналогичное предприятие стало действовать в Москве в системе Главмоспромстройматериалов. В начале в Москве трубы, изолированные автоклавным армопенобетоном, применяли в основном для прокладки в каналах и только недавно стали использовать и для бесканальных. В настоящее время производство монолитной теплоизоляции из автоклавного армопенобетона в небольших масштабах освоено и в других городах.

При строительстве первых теплотрасс предполагалось, что труба будет свободно перемещаться в армопенобетонной изоляции. Однако уже на первых участках тепловых сетей было установлено, что фактические термические продольные деформации трубопроводов несколько меньше расчетных, причем, несмотря на принятые меры по смазке труб перед их заливкой пенобетоном, вместо скольжения стальных труб внутри слоя изоляции наблюдалось их совместное перемещение в грунте с монолитной изоляцией. Таким образом была установлена основная особенность бесканальной прокладки с монолитной армопенобетонной изоляцией, отличающая ее от прокладок других типов, а именно — совместная работа трубопровода с изоляцией при линейных деформациях. В дальнейшем это свойство адгезии пенобетона с поверхностью стальных труб стало расцениваться как преимущество с точки зрения защиты этих труб от наружной коррозии, а также возможности снижения механической прочности монолитной теплоизоляции за счет восприятия усилий со стороны грунта не только изоляцией, но и самими трубами.

Бесканальную прокладку тепловых сетей в изоляции из автоклавного армопенобетона применяют для тепловых сетей с расчетным перепадом температур 150—70°С при диаметре трубопроводов 50—1000 мм. Данную конструкцию также используют в непросадочных грунтах с естественной влажностью: глинистых, песчаных, плотнослежавшихся насыпных и др. В слабых грунтах применение армопенобетонной изоляции возможно при устройстве искусственного основания из сборного или монолитного бетона или железобетона, из щебеночной подготовки или подушки из песка. При наличии грунтовых вод прокладку осуществляют после понижения их уровня посредством устройства попутного дренажа.

Прокладку бесканальных теплопроводов в монолитной армопенобетонной теплоизоляции (рис. 3.4) осуществляют по типовым решениям, разработанным Ленинградским отделением института Теплоэлектропроект (типовой про-

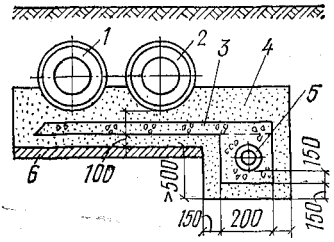
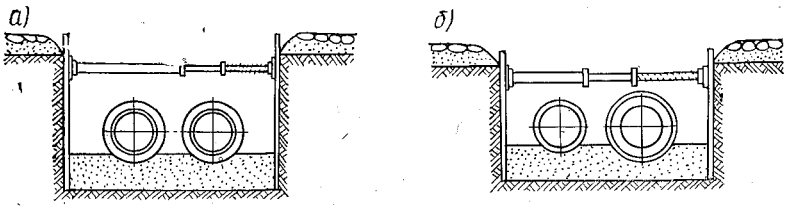


Рис. 3.4. Бесканальная прокладка в автоклавном армопенобетоне

1 — обратный теплопровод; *2* — подающий теплопровод; *3* — гравийный фильтр; *4* — песчаный фильтр; *5* — труба попутного дренажа; *6* — бетонное основание при слабых грунтах

Рис. 3.5. Теплопровод с монолитной армопенобетонной изоляцией

а — обе трубы с теплоизоляцией; *б* — изолирована подающая труба



ект № 903-0-1). В соответствии с этими решениями тепловая изоляция для обратных трубопроводов предусмотрена для труб с условным проходом 50—250 мм (рис. 3.5,*а*). При диаметре труб 300—500 мм допускается укладка обратных трубопроводов либо без тепловой изоляции, либо с изоляцией меньшей толщины, чем у подающих трубопроводов. При диаметре труб 600—1000 мм рекомендуется прокладка обратных теплопроводов без тепловой изоляции (рис. 3.5,*б*). Обратный теплопровод в этом случае изолируется 2—3 слоями бризола или изола на битумной мастике с защитной асбестоцементной штукатуркой по металлической сетке. Применяемая в настоящее время толщина тепловой изоляции из автоклавного армопенобетона приведена в табл. 3.1. Наблюдения за тепловыми потерями на действующих тепловых сетях Ленинграда показали, что в некоторых случаях при отказе от тепловой изоляции обратных трубопроводов потери значительно увеличиваются. Поэтому в каждом конкретном случае, когда не предусматривается тепловая изоляция обратного теплопровода, следует проводить технико-экономическое обоснование.

Теплоизоляция теплопроводов армопенобетоном с оклейкой рулонными гидроизоляционными материалами обладает значительными преимуществами по сравнению с другими видами. Прежде всего к ним относится индустриальность работ, так как все основные процессы по нанесе-

Таблица 3.1. **Толщина тепловой изоляции из автоклавного армопенобетона (ЛОТЭП)**[1]

Наружный диаметр труб $D_н$, мм	Толщина тепловой изоляции 1 трубы, мм		Наружный диаметр конструкции, мм	
	подающей	обратной	подающей	обратной
57	74	74	255	255
76	64,5	64,5	255	255
89	84	58	307	255
108	74,5	74,5	307	307
159	75	75	359	359
219	93,5	70	456	409
273	93,5	66,5	510	456
325	92,5	67,5/—	570	520/385
377	91,5	66.5/—	620	570/437
426	92	67/—	670	620/486
530	85	65/—	760	720/690
630	85	—	860	690
720	90	—	860	780
820	90	—	1060	880
920	90	—	1160	980
1020	90	—	1260	1080

[1] Отсутствие закономерности в изменении толщины изоляции от диаметра объясняется использованием форм одного размера для труб нескольких диаметров.

нию изоляционных материалов выполняются в условиях завода. Кроме того, небольшая высота капиллярного поднятия, высокая щелочность (pH$\geqslant$8,5), прочное сцепление тепловой изоляции с поверхностью трубы и образование подсушенного слоя при относительно высокой средней влажности тепловой изоляции, высокое омическое сопротивление способствуют снижению скорости коррозии стальных труб. Даже в сложных и тяжелых гидрогеологических условиях Ленинграда с его высоким уровнем грунтовых вод, большой плотностью расположения подземных коммуникаций, весьма разветвленной сетью путей электротранспорта, наличием в ряде районов просадочных и коррозионных грунтов многолетний опыт эксплуатации подтверждает положительные качества армопенобетонной изоляции. Эти преимущества привели к тому, что в Ленинграде с 1949 г. тепловые сети прокладывают в основном с изоляцией из армопенобетона.

Однако данный вид изоляции имеет ряд существенных недостатков. Пенобетон обладает высоким водопоглощением, что вызывает необходимость тщательной гидроизоляции. Вследствие переменного температурного режима тепловых сетей, а также капиллярного подсоса из грунта,

активно происходящего при остановке теплопровода, влага проникает в тепловую изоляцию через трещины, практически всегда имеющиеся в гидроизоляционной оболочке. При включении в работу теплопровода происходит нагрев пенобетона от воздействия температуры теплоносителя, но из-за отсутствия поверхности испарения пенобетон плохо сохнет. Большая влажность тепловой изоляции при высокой температуре приводит к резкому увеличению тепловых потерь и к интенсивной коррозии стальных труб.

Гидрозащитная оболочка не обладает достаточной герметичностью, что объясняется недостаточной механической прочностью покрытия, многошовностью вследствие применения рулонных материалов небольшой ширины, невозможностью обеспечения сплошности и равномерности битумно-резиновой мастики. Весьма слабым местом теплопроводов в армопенобетонной изоляции являются участки сварных стыков отдельных труб. Стыки (рис. 3.6), изолируемые на месте после окончания монтажа и гидравлического испытания участка теплотрассы главным образом отдельными пенобетонными скорлупами с оклейкой их поверхности рулонными битумными материалами, очень часто оказываются водопроницаемыми, что вызывает коррозию стальных труб.

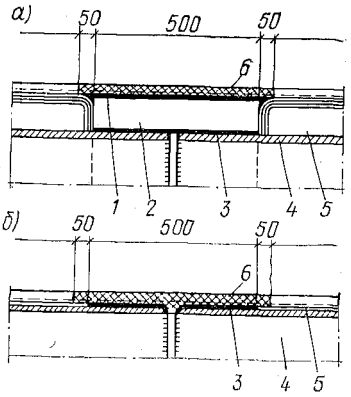


Рис. 3.6. Изоляция стыков труб

а — подающих и обратных с тепловой изоляцией; *б* — обратных без тепловой изоляции; *1* — гидроизоляционное покрытие; *2* — полуцилиндры (сегменты); *3* — антикоррозионное покрытие из двух-трех слоев изола по изольной мастике; *4* — труба; *5* — заводская изоляция; *6* — асбестоцементная штукатурка по стальной сетке

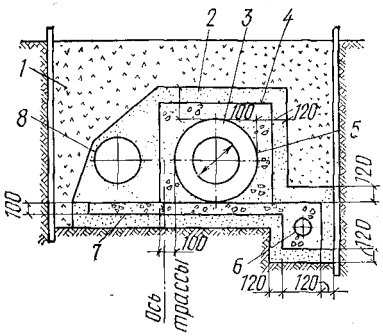


Рис. 3.7. Бесканальная прокладка в гравийной обсыпке

1 — насыпной грунт; *2* — защитный песчаный грунт; *3* — тепловая изоляция; *4* — гравийная обсыпка; *5* — асбоцементная штукатурка по стальной сетке; *6* — дренажная труба; *7* — дренажный гравийный слой; *8* — антикоррозионная защита обратного теплопровода

Другим недостатком прокладки в армопенобетоне является отслоение гидроизоляционной оболочки, особенно на участках, примыкающих к теплофикационным камерам, размягчение и вытекание битумной мастики, полное разрушение оклеечной гидроизоляции и вследствие этого увлажнение армопенобетонной теплоизоляции, снижение ее теплозащитных свойств и интенсивное коррозионное разрушение поверхности стальных труб. Значительная коррозия отмечается в основном на участках вблизи камер и стыковки со строительными конструкциями, но иногда и на прямых участках. Недостатком изоляции труб армопенобетоном является также необходимость сооружения изолировочного завода или цеха, оборудованного автоклавным хозяйством и сушильными камерами. Поэтому применение прокладок в армопенобетонной изоляции может быть рекомендовано только для больших городов с большим годовым объемом строительства тепловых сетей, в том числе магистралей диаметром более 500 мм, прокладка которых в остальных рассматриваемых видах бесканальных прокладок пока не решена.

Выявленные недостатки привели к необходимости проведения работ по усовершенствованию конструкций бесканальной прокладки тепловых сетей с монолитной изоляцией в автоклавном армопенобетоне. Так, В. П. Витальев предложил для защиты от увлажнения и создания условий для высыхания тепловой изоляции окружать бесканальный теплопровод пористым слоем из неувлажняющегося материала, в частности гравием. Пористый слой обсыпки из гравия толщиной 100 мм в свою очередь, защищается от заиливания фильтром из среднезернистого песка толщиной 100—120 мм. Конструкция бесканальной прокладки в гравийной обсыпке показана на рис. 3.7. Эта конструкция испытана на опытных прокладках тепловых сетей Ленинграда общей протяженностью 10 км. Вскрытиями установлено, что данная конструкция обеспечивает подсушку пенобетона, но не предохраняет от коррозии поверхность стальных труб. Стоимость конструкции в гравийной обсыпке оказалась ниже, чем стоимость конструкции с гидроизоляционной оболочкой из рулонных битумных материалов, однако из-за трудности механизации работ по обсыпке она не нашла широкого применения.

В дальнейшем, в целях индустриализации работ, В. П. Витальев предложил пористый слой выполнять из скорлуп и сегментов толщиной 80 мм, изготовленных из крупнопористого бетона с последующей песчаной обсыпкой.

Эта конструкция также была испытана на опытных прокладках тепловых сетей Ленинграда. Подсыхание изоляции в пористом слое бетона оказалось не ниже, чем в слое гравия, однако при вскрытиях также была обнаружена наружная коррозия стальных труб.

Первоначально защитное покрытие гидроизоляции в виде асбестоцементной штукатурки по металлической сетке наносилось по ней вручную, что увеличивало трудовые затраты и способствовало дополнительному увлажнению конструкции. Вместо слоистого покрытия из бризола и асбестоцементной штукатурки с 1969 г. в Ленинграде начали внедрять способ механизированной монолитной гидроизоляции с применением битумно-резиновой мастики, армированной стеклотканью. В настоящее время после внедрения на заводе Главмоспромстройматериалов (Люберецкий комбинат строительных материалов и конструкций) устройства, позволяющего исключить ручной труд при нанесении штукатурки и значительно улучшить ее качество применение этого защитного покрытия вновь стало актуальным.

С 1962 г. в Ленинграде скорлупная заделка стыков труб, изолированных армопенобетоном частично начала заменяться монолитной из поропласта ФЛ, однако из-за отсутствия требуемого оборудования этот метод широкого распространения не получил. Положительный опыт внедрения конструкции торцов теплоизоляции с применением специальных уплотнительных шайб из фенольного пресспорошка позволил значительно улучшить качество торцов труб, изолированных армопенобетоном.

В целом показатели долговечности и надежности бесканальной прокладки с монолитной изоляцией из автоклавного армопенобетона являются все же более высокими, чем у других широко применяемых конструкций и этот вид прокладки считается наиболее проверенным в условиях длительной эксплуатации из всех конструкций бесканальных прокладок, применяемых в нашей стране.

3.2. Бесканальные теплопроводы с битумоперлитной изоляцией

Конструкция бесканальных теплопроводов с битумоперлитной изоляцией была разработана группой специалистов Главкиевгорстроя совместно с научными и проектными организациями Киева. Предложенная строительно-изоляционная конструкция для бесканальной прокладки тепло-

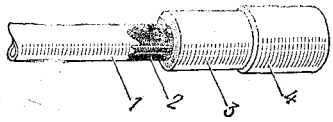


Рис. 3.8. Теплоизоляционная конструкция теплопровода с битумоперлитной изоляцией
1 — труба; *2* — антикоррозионное покрытие; *3* — битумоперлит; *4* — гидроизоляционное покрытие

проводов состоит из антикоррозионного покрытия металлической трубы, теплоизоляционного слоя из битумоперлита и гидроизоляционного покрытия (рис. 3.8). Эта изоляция была рекомендована для бесканальной прокладки теплопроводов с расчетной температурой воды до 150°С при диаметре трубопроводов до $D_у = 500$ мм.

Битумоперлит представляет собой смесь вспученного перлитового песка и нефтяного битума. Вспученный перлитовый песок — легкий теплоизоляционный материал, получаемый из перлитовой породы вулканического происхождения. По своему составу перлитовая порода состоит из кремнезема (около 75%), щелочей и воды, а по внешнему виду очень напоминает искусственное стекло. Поэтому перлит иногда называют природным или вулканическим стеклом. Значительной особенностью перлита является его способность к вспучиванию при обработке. При быстром нагревании до температуры 1000—1200°С перлит переходит в вязкое состояние, а пары воды, находящиеся в породе, разрывают и вспучивают частички материала. При этом объем перлитовой породы увеличивается в 10—15 раз. Таким образом, из перлитовой породы с объемной массой 1400 кг/м³ получается перлитовый песок с объемной массой 50—200 кг/м³.

Проведенные геологические исследования показали, что наша страна располагает практически неисчерпаемыми запасами перлитов в различных районах, исчисляемыми сотнями миллионов тонн. В последние годы в стране построены мощные установки для производства вспученного перлита. Большой коэффициент вспучивания делает экономичной транспортировку перлитовой породы на значительные расстояния к местам переработки. Вспучивание перлита производят обычно в вертикальных шахтных печах производительностью от 15 до 45 тыс. м³ вспученного перлитового песка в год. Типовые конструкции таких печей разработаны институтами Теплопроект (Московская обл.) и НИИСМИ (Киев).

Производство вспученного перлитового песка в зависимости от объема выпуска изолируемых труб может быть организовано непосредственно на предприятии, где на тру-

бы наносится битумоперлитная изоляция. При небольшой мощности завода по выпуску изолированных битумоперлитом труб вспученный перлитовый песок получают с ближайших заводов, где налажено его производство. Вспученный перлитовый песок представляет собой превосходный теплоизоляционный материал, обладающий пористой структурой, низкой объемной массой, малым коэффициентом теплопроводности, высокой термостойкостью и достаточной прочностью. Кроме того, он обладает химической инертностью и способностью хорошо связываться со многими традиционными вяжущими, образуя бетоны и растворы с различными физико-механическими свойствами.

Для получения битумоперлитовой изоляции применяют перлитовый песок объемной массой 80—150 кг/м³ и с коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии при температуре 15±5°С не более 0,046—0,058 Вт/(м·°С) [0,04—0,05 ккал/(м·ч°С)]. Технология изготовления битумоперлита очень проста и не требует дорогостоящего оборудования. Приготовление горячей битумоперлитовой массы осуществляется путем смешивания в специальных смесителях (растворосмесителях закрытого типа) вспученного перлитового песка с разогретым битумом. Битум марки БН-IV разогревается в битумоплавильных установках до температуры 170—180°С и при этом полностью обезвоживается.

Разогретый битум из варочного котла подается в объемный дозатор, а затем самотеком в смеситель, в который заранее засыпается определенное количество вспученного перлитового песка с таким расчетом, чтобы соотношение между битумом и перлитовым песком составляло 1,7—1,9 по объему. Длительность перемешивания битума и вспученного перлитового песка составляет 2—3 мин до получения однородной массы. Температура битумоперлитовой массы, поступающей для нанесения монолитной теплоизоляции на трубы, должна быть не ниже 85—90°С. Как правило, смеситель, в котором приготовляется битумоперлитовая смесь, оборудован паровой рубашкой или электроподогревом.

Теплоизоляционная масса должна обладать следующими физико-механическими свойствами:

Объемная масса в сухом состоянии, кг/м³	350—450
Предел прочности при сжатии (t=20°С), МПа (кгс/см²)	не менее 0,25 (2,5)
То же, при изгибе, МПа (кгс/см²)	0,1—0,2 (1—2)
Водопоглощение при полном погружении за сутки (по объему), %	не более 5—3
Коэффициент теплопроводности в воздушно-сухом состоянии при t=20°С, Вт/(м·°С) (ккал/(м·ч·°С)	0,08—0,1 (0,07—0,09)

Для приготовления битумоперлита марки БП-350 (объемная масса 350 кг/м³) рекомендуется пользоваться вспученным перлитовым песком объемной массой до 120 кг/м³, а для битумоперлита марки БП-450 — вспученным перлитовым песком объемной массой от 120 кг/м³ и выше. Дозирование материалов производится с помощью дозаторов. Для приготовления 1 м³ битумоперлита требуется 180—200 кг битума и 1,8—2 м³ вспученного перлитового песка. Горячая битумоперлитовая масса используется для формования теплоизоляционной оболочки на поверхности стальных труб или для изготовления полуцилиндров и сегментов. Применяемая в настоящее время толщина слоя составляет 50—70 мм на подающих и 30—40 мм на обратных трубопроводах водяных тепловых сетей при графике температур 150/70°С.

Значительный рост объемов строительства тепловых сетей, выполняемых бесканальным способом с изоляцией из битумоперлита, привел к созданию в нашей стране оборудования для нанесения теплоизоляционных покрытий индустриальным способом в заводских условиях. Разработано два способа нанесения битумоперлитной изоляции на трубы: путем прессования массы с помощью шнекового устройства, вращающегося вокруг трубы (Главкиевгорстрой), и путем прессования массы в зазор между трубой и специальной цилиндрической формой с помощью гидравлического поршня (Главмосстрой). Оба способа применяются для изоляции труб диаметром до 400 мм.

Высокопроизводительная полуавтоматическая установка со шнековой теплоизолирующей машиной была разработана и впервые внедрена в Киеве Главкиевгорстроем в 1967 г. (авторы В. А. Гусев и Н. Н. Руденко). Основным рабочим органом теплоизолирующей машины является полый вращающийся шнек (рис. 3.9), с помощью которого на трубу, пропускаемую через его полость, наносится битумоперлитная изоляция. Перед нанесением теплоизоляционного слоя стальные трубы должны быть подсушены, очищены от грязи, окалины и продуктов коррозии до металлического блеска и покрыты грунтовкой (разжиженным в бензине нефтяным битумом). Расчетной толщины тепловой изоляции, наносимой на трубу, в зависимости от ее диаметра достигают посредством сменных шнеков, вкладышей и подпорных фланцев.

При нанесении теплоизоляции горячая битумоперлитная масса из бункера подается на вращающийся шнек, захватывается и равномерно распределяется им вокруг трубы,

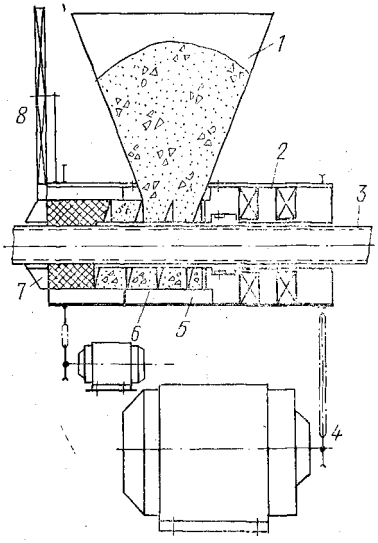


Рис. 3.9. Схема теплоизолирующей машины

1 — приемный бункер; *2* — корпус машины; *3* — изолируемая труба; *4* — электропривод полого вала; *5* — полый шнек; *6* — вкладыш; *7* — подпорный фланец; *3* — обмоточное устройство

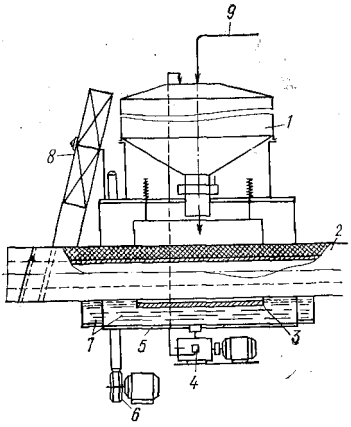


Рис. 3.10. Схема гидроизолирующей машины

1 — емкость для битума; *2* — изолируемая труба; *3* — «полотенце»; *4* — устройство для возврата битума; *5* — корпус машины; *6* — электропривод обмоточного устройства; *7* — ванна для битума; *8* — обмоточное устройство; *9* — подача битума

спрессовывается и выталкивается за пределы прессующей камеры, где обматывается лентой из крафт-бумаги. Скорость движения труб через теплоизолирующую машину регулируется в зависимости от диаметра изолируемой трубы, качества битумоперлитной массы, ее температуры и других данных. Практически эта скорость составляет 1,5—4 м/мин. Далее труба с нанесенной теплоизоляцией подается в корпус гидроизолирующей машины (рис. 3.10). При движении трубы на тепловую изоляцию льется битумная мастика и с катушек обмоточного устройства наносится в два слоя рулонный гидроизоляционный материал (изол или бризол).

В 1967—1968 гг. в НИИ Мосстроя И. С. Никольским была разработана и внедрена в производство технология нанесения монолитной теплоизоляции из битумоперлита на трубы методом осевого прессования, существенно отличающаяся от разработанной в Киеве. Эта технология предусматривает поршневое (осевое) прессование горячей битумоперлитной массы под давлением 0,7—1 МПа (7—10 кгс/см^2) в зазор между оболочкой и изолируемой трубой. При такой технологии битумоперлитная изоляция получа-

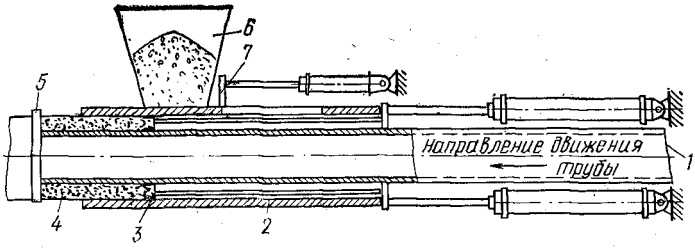


Рис. 3.11. Схема прессующего устройства машины осевого прессования
1 — изолируемая труба; *2* — прессующая камера; *3* — поршень прессующей камеры с гидроцилиндрами; *4* — битумоперлит; *5* — упор тормозной каретки; *6* — прием бункер; *7* — шибер с гидроцилиндром

ется более высокой плотности 550—700 кг/м³ с пределами прочности на сжатие не менее 0,4—0,6 МПа (4—6 кгс/см²) и на изгиб не менее 0,2 МПа (2 кгс/см²), с водопоглощением при полном погружении за сутки 2—5% по объему, но и с более высокими значениями коэффициента теплопроводности — 0,13—0,17 Вт/(м·°С) [0,115—0,15 ккал/(м×ч·°С)]. Применяемые в настоящее время толщины такой изоляции составляют 55—67 мм на обеих трубах диаметром 50—150 мм, 79—87 мм на подающих и 52—57 мм на обратных трубопроводах диаметром 200—300 мм.

СКБ Мосстроя спроектирована конвейерная линия для нанесения методом осевого прессования монолитной битумоперлитной теплоизоляции на трубы диаметром 57—325 мм. Производительность конвейерной линии—200 м изолированных труб в смену. Основным узлом линии является теплоизолирующая машина осевого прессования (рис. 3.11). Принцип работы этой машины заключается в следующем. Труба, подлежащая изоляции и предварительно прошедшая очистку и огрунтовку, поступает в прессующую камеру (цилиндр) до упора с тормозной кареткой, которая вплотную подается к камере. Полый поршень, через который пропускается изолируемая труба, при помощи гидроцилиндров перемещается в крайнее правое положение. Из загрузочного бункера машины битумоперлитная масса через открытый шибер, отделяющий прессующую камеру от бункера, поступает в прессующую камеру. Шибер закрывается. Поршень, перемещаясь в цилиндре в направлении к тормозной каретке, уплотняет битумоперлитную массу на поверхности трубы, после чего возвращается в исходное положение и цикл вновь повторяется до полного покрытия теплоизоляцией всей трубы.

За один цикл напрессовывается теплоизоляция на дли-

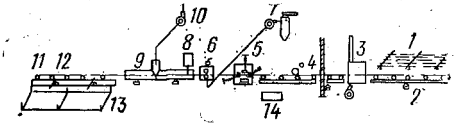


Рис. 3.12. Технологическая схема линии нанесения грунтовки

1 — стеллаж для труб; *2* — рольганг подающий; *3* — устройство для сушки труб; *4* — рольганг промежуточный; *5* — приводная станция; *6* — очистная машина; *7* — вентиляция очистной машины; *8* — устройство для грунтовки; *9* — устройство для сушки грунтовки; *10* — вентиляция сушильной установки; *11* — рольганг приемный; *12* — сбрасыватель; *13* — стеллаж накопительный; *14* — пульт управления

ну порядка 150—200 мм. Этим же поршнем труба со слоем теплоизоляции продвигается через устройство для нанесения гидроизоляционного покрытия. По выходе из мундштука машины изолированная битумоперлитом труба обматывается лентой из стеклоткани (в 2 слоя) с одновременной пропиткой ее битумной мастикой. Для нанесения теплоизоляции на трубы разных диаметров прессующая машина снабжена сменным комплектом рабочих пресс-камер. Кроме того, на прессующей машине с помощью специальной сменной оснастки предусмотрено изготовление полуцилиндров из битумоперлита.

Установка для приготовления битумоперлитной смеси включает в себя силосные баки для приемки и хранения вспученного перлитового песка, котел для приготовления расплавленного битума, устройство для подачи и дозирования исходных материалов к лопастной мешалке периодического действия и лотков для подачи готовой битумоперлитной массы к изолировочной машине. Изготовление монолитной тепловой изоляции из битумоперлита по технологии, разработанной в НИИ Мосстроя, было организовано на Камушкинском заводе Главмосстроя (производительностью 120 км труб в год) и Хотьковском заводе теплоизоляционных материалов Главмособлстройматериалов (производительностью 250 км труб в год).

С целью создать условия для более широкого распространения бесканальной прокладки тепловых сетей на стройках Подмосковья Главмособлстрой построил и ввел в эксплуатацию в 1971 г. в Раменском Московской обл. опытный завод по промышленному производству битумоперлитной изоляции труб теплопроводов. Раменский опытный завод битумоперлитной изоляции представляет собой комплексное самостоятельное предприятие, выпускающее в год 270 км теплогидроизолированных труб диаметром от 57 до 426 мм для бесканальной прокладки теплосетей. Это первое в стране предприятие, где в комплексе решены технологические процессы по получению компонентов изоляции

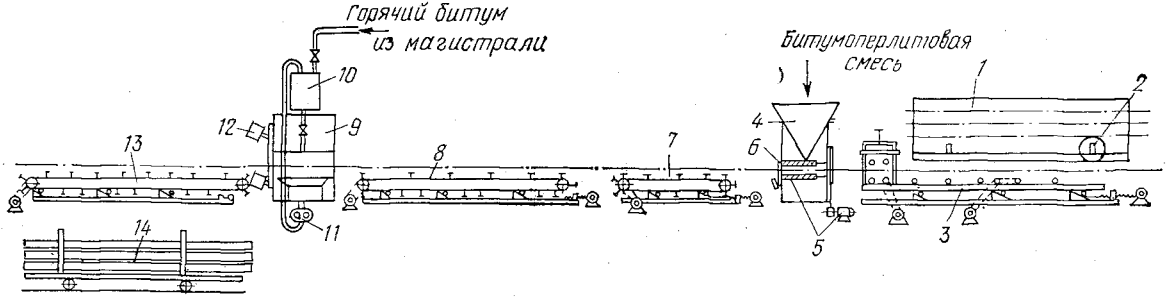


Рис. 3.13. Технологическая схема конвейерной линии по нанесению теп логидроизоляции на трубы

1 — стеллаж-распределитель; *2* — отсекатель; *3* — подающий рольганг; *4* — теплоизолирующая машина; *5* — шнек с приводом; *6* — моталка бумаги; *7* — промежуточный тележечный кон вейер; *8* — 12-метровый тележечный конвейер; *9* — гидроизолирующая машина; *10* — расходная емкость битума; *11* — битумный насос; *12* — моталка бризола; *13* — выходной тележечный конвейер; *14* — тележка вывоза готовой продукции на склад

(вспученного перлитового песка и битума требуемой вязкости), получению битумоперлитной смеси и выполнению полного цикла работ по теплоизоляции труб, включая их очистку, нанесение грунтовки, теплоизоляции и гидроизоляционного покрытия.

Установленные в цехе две линии теплогидроизоляции труб работают по одной и той же технологической схеме. Каждая линия дает возможность изолировать стальные трубы диаметром от 57 до 426 мм. Поступающие со склада стальные трубы сначала проходят через специальную сушильную установку, представляющую собой газовую печь, где они очищаются от снега и льда (в зимнее время) и высушиваются. Далее высушенные трубы подаются в очистную машину и подвергаются очистке стальными щетками от грязи, ржавчины, окалины и грата. Затем очищенная поверхность трубы покрывается ровным слоем грунтовки, который предохраняет трубу от воздушной коррозии и служит для плотного сцепления слоя теплоизоляции с поверхностью стальной трубы. На рис. 3.12 приведена технологическая схема линии сушки, очистки и грунтовки труб. Производительность линии 500—800 м труб в смену в зависимости от их диаметра.

Технологическая схема конвейерной линии по нанесению битумоперлитной теплоизоляции на трубы и защитного гидроизолирующего покрытия показана на рис. 3.13. Нанесение теплоизоляции производится при помощи изолирующей машины, рабочим органом которой служит вращающийся шнек с полой осью, через которую проходит изолируемая труба. Битумоперлитная масса уплотняется и напрессовывается на проходящую трубу. Горячая изоляция тут же обматывается бумажной лентой шириной 30—40 мм в три слоя. Для наматывания бумаги предусмотрено специальное мотальное устройство, которое устанавливается сразу за шнеком. Труба с нанесенной теплоизоляцией имеет два неизолированных участка — начало и конец трубы. Эти участки предназначены для производства сварочных работ при стыковке труб во время монтажа теплопровода и обычно имеют длину 200—250 мм. Далее теплоизоляционная труба поступает на гидроизолирующую машину, которая обертывает ее лентой бризола или изола по слою горячего битума. Готовая труба снимается при помощи мягкого «полотенца» и укладывается на деревянные профильные прокладки тележки вывоза готовой продукции.

Для заделки стыковых соединений на Раменском заводе организовано изготовление полуцилиндров и сегментов из

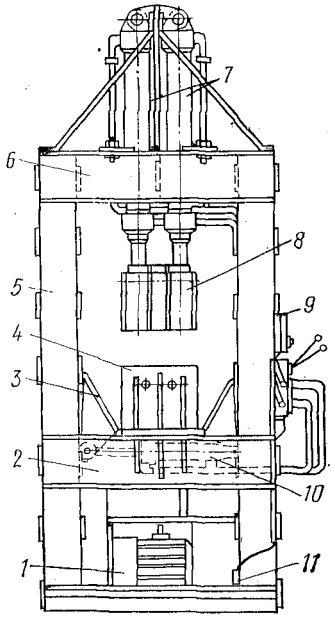


Рис. 3.14. Пресс для изготовления изделия из битумоперлита

1 — насосная станция; *2* — нижний пояс; *3* — борт открывающийся; *4* — борт неоткрывающийся; *5* — стойки; *6* — верхний пояс; *7* — гидроцилиндры; *8* — пуансон; *9* — пульт управления; *10* — гидроцилиндр для открывания формы; *11* — концевой выключатель

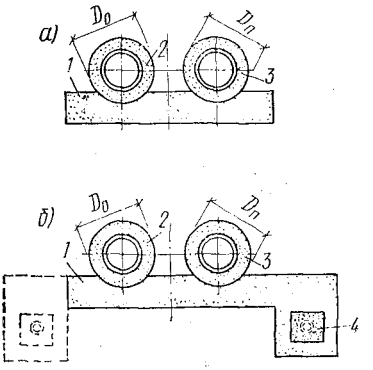


Рис. 3.15. Сечение трассы теплопроводов, изолированных битумоперлитом

а — в сухих грунтах; *б* — в мокрых грунтах; *1* — песчаное основание; *2* — обратный трубопровод; *3* — подающий трубопровод; *4* — дренаж

битумоперлита методом полусухого прессования при помощи гидравлического пресса (рис. 3.14). В целях дальнейшего совершенствования конструкции бесканальных теплопроводов с битумоперлитной изоляцией на Раменском опытном заводе была внедрена установка по нанесению на теплоизолированные трубы гидроизоляционного покрытия из монолитного полиэтилена методом экструдирования. Расплав полиэтилена, поступающий из экструдера наносится на наружную поверхность теплоизоляции в виде «чулка» толщиной 1—1,5 мм. После остывания полиэтилена образуется надежное бесшовное гидроизоляционное покрытие. Однако масштабы использования такого покрытия в практике строительства бесканальных тепловых сетей ограничиваются пока дефицитностью сырья. В настоящее время бесканальные теплопроводы с битумоперлитной изоляцией внедряются в Советском Союзе почти повсеместно.

Типовые конструкции и детали тепловых сетей серии 4-903-4 «Бесканальная прокладка тепловых сетей с изоля-

цией из битумоперлита при диаметре трубопроводов $D_у$ 50—500 мм» разработаны Киевским отделением института Теплоэлектропроект. Бесканальные тепловые сети с изоляцией из битумоперлита прокладывают в сухих, маловлажных и в насыщенных водой грунтах (рис. 3.15). При прокладке в зоне грунтовых вод устанавливают попутный дренаж. Для восприятия температурных удлинений по трассе тепловых сетей устраивают П-образные и сальниковые компенсаторы, а также учитывают естественную компенсацию углов поворота теплотрассы. Теплопроводы с изоляцией из битумоперлита укладывают при этом только на прямолинейных участках трассы. П-образные компенсаторы и участки теплопроводов, используемые для естественной компенсации, прокладывают в компенсаторных нишах и каналах с подвесной теплоизоляцией труб.

Камеры тепловых сетей применяют те же, что и при канальной прокладке. Вход трубопроводов в камеру и выход из нее осуществляются через участки каналов длиной 1,5 м, примыкающие к камере. Вход трубопроводов в канал осуществляется через металлические гильзы, заделанные в торце канала монолитным бетоном М150. Узел примыкания бесканальной прокладки к каналу, а также деталь примыкания битумоперлитной изоляции к подвесной показаны на рис. 3.16.

Неподвижные опоры для всех диаметров трубопроводов применяют щитового типа — сборные и монолитные. В местах прохода трубопроводов через стенки щитовых неподвижных опор (рис. 3.17), а также при входе в канал оставляют зазоры для обеспечения равномерной осадки трубопроводов. Изоляцию сварных стыков выполняют на объекте после испытания теплопровода с помощью полуцилиндров или сегментов заводского изготовления (рис. 3.18) или горячей массой битумоперлита путем напрессовки ее на стыки, используя цилиндрические разъемные формы (рис. 3.19).

Исследованиями конструкций бесканальных теплопроводов с битумоперлитной изоляцией выявлен ряд недостатков:

1) особенностью битумоперлитной изоляции является отсутствие адгезии (прилипания) изоляционной конструкции к наружной поверхности трубы. Вследствие этого при длительной работе теплопровода может образоваться зазор между трубой и изоляционной конструкцией, что приведет к поступлению влаги и воздуха, способствующих возникновению коррозии стальных труб. В таких конструкциях требуется тщательная защита от наружной коррозии

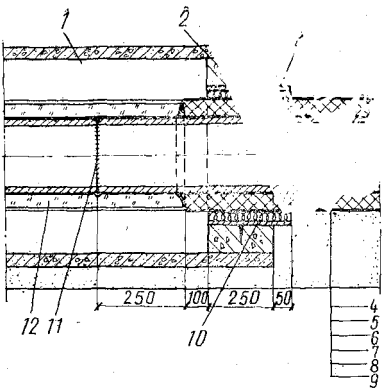


Рис. 3.16. Узел входа трубопроводов в канал

1 — канал; *2* — заполнение бетоном; *3* — стальная гильза; *4* — труба; *5* — антикоррозионное покрытие; *6* — битумоперлитная изоляция; *7* — крафт-бумага; *8* — два слоя из бризола (изола) по битумной мастике; *9* — песчаная подушка; *10* — просмоленная пакля; *11* — сварной стык; *12* — подвесная изоляция

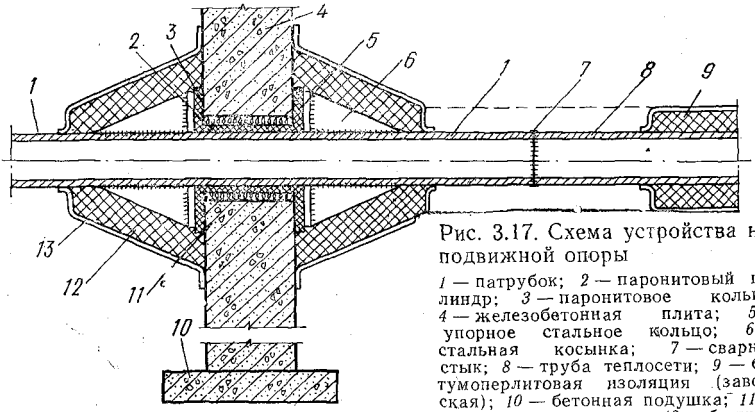


Рис. 3.17. Схема устройства неподвижной опоры

1 — патрубок; *2* — паронитовый цилиндр; *3* — паронитовое кольцо; *4* — железобетонная плита; *5* — упорное стальное кольцо; *6* — стальная косынка; *7* — сварной стык; *8* — труба теплосети; *9* — битумоперлитовая изоляция (заводская); *10* — бетонная подушка; *11* — просмоленная пакля; *12* — битумоперлитовая изоляция; *13* — два слоя бризола (стеклоткани)

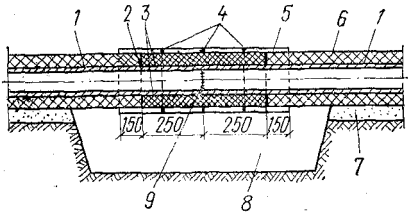


Рис. 3.18. Устройство теплогидроизоляции стыкового соединения трубопровода битумоперлитовыми скорлупами

1 — труба теплосети; *2* — заливка горячим битумом БН-IV; *3* — битумоперлитовая скорлупа; *4* — скрутка из отожженной проволоки; *5* — два слоя гидроизоляции (бризол или стеклоткань) по горячей мастике; *6* — битумоперлитовая изоляция трубопровода (заводская); *7* — песчаная подушка; *8* — приямок; *9* — сварной стык

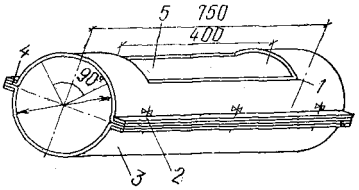


Рис. 3.19. Разъемная форма для изоляции стыков трубопроводов битумоперлитовой массой

1 — верхняя полусфера; *2* — крепежные винты; *3* — нижняя полусфера; *4* — шарниры; *5* — отверстие для напрессовки массы

стальных теплопроводов, роль которой не может выполнять применяемое в настоящее время покрытие грунтовкой;

2) недостаточная теплостойкость битумоперлита. При повышении температуры теплоносителя выше 135°С наблюдается частичная возгонка летучих и коксование битума с увеличением водопоглощения в слое битумоперлита толщиной 20—25 мм, непосредственно прилегающем к трубам. Кроме того, уменьшается водородный показатель pH слоя, прилегающего к трубе, с 7 до 2,5—3,5 (т.е. изоляция из нейтральной становится кислой), в результате наблюдается наружная коррозия теплопроводов;

3) значительная неоднородность теплоизоляции по толщине слоя и длине трубы, особенно при шнек-прессовом способе изготовления. Расхождение между максимальным и минимальным значениями объемной массы при поршневом способе также значительно. Неоднородность объемной массы по поверхности трубы может являться источником образования коррозионных микропар, активность которых возрастает вследствие разложения некоторых фракций битума и высвобождения содержащейся в нем серы;

4) большое водопоглощение, особенно в условиях неоднородности структуры или ее нарушения при повышенных температурах, составляющее в зависимости от объемной массы 35—65%, что приводит к интенсификации коррозии и резкому возрастанию тепловых потерь;

5) материалы, применяемые для гидроизоляционного покрытия (бризол и др.) при транспортировке часто повреждаются, а заделка поврежденных мест на объекте монтажа не гарантирует должную герметичность;

6) подверженность истиранию внутренней поверхности изоляционного слоя при продольных термических деформациях теплопроводов.

Указанные недостатки приводят к тому, что проложенные бесканальным способом теплопроводы с битумоперлитной изоляцией в ряде случаев выходят из строя уже через 5—8 лет эксплуатации по причине коррозии поверхности стальных труб. В связи с этим проблема усовершенствования материала, технологии и конструкции теплопроводов с изоляцией из битумоперлита приобрела в настоящее время актуальное значение. С целью повышения надежности и долговечности бесканальных тепловых сетей с битумоперлитной изоляцией ряд институтов (ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, НИИ Мосстроя, НИИСМИ, ВНИПИЭнергопром и др.) провели исследования по повышению качества би-

тумоперлита путем введения в него различных добавок. Установлено, что наиболее технологичной и эффективной добавкой, повышающей щелочность среды битумоперлита до величины pH=10,5 и снижающей скорость коррозии, является портландцемент марки 400, введенный в количестве не менее 10% массы битума.

В настоящее время работы по введению добавки цемента доведены до стадии заводского промышленного внедрения. В соответствии с рекомендациями и техническим заданием на проектирование, разработанными сектором подземных сетей НИИ Мосстроя, на Московском трубозаготовительном и Хотьковском заводах изготовлено и смонтировано оборудование для механизированной загрузки, дозирования и подачи цемента. Намечено перейти на выпуск изоляции из битумоперлита, содержащей щелочную добавку. Предложен ряд модификаций битумоперлитной изоляции, ориентирующийся на использование местного сырья, а также улучшение технологии нанесения изоляции на трубы. Так, в 1972 г. в Главтюменьгазстрое Миннефтегазстроя СССР была разработана технология изготовления нового изоляционного материала битумокерамзита, который отличается от битумоперлита тем, что вспученный перлитовый песок в нем заменен керамзитовым гравием.

Битумокерамзитовая изоляция имеет следующие показатели: объемная масса 500—600 кг/м^3, предел прочности при сжатии 1—2 МПа (10—20 кгс/см^2), коэффициент теплопроводности в сухом состоянии 0,116—0,139 Вт/(м·°С) [0,10—0,2 ккал/(м·ч·°С)]. Кроме перечисленных выше недостатков, свойственных битумоперлитной изоляции, битумокерамзитовая изоляция может вызвать значительный абразивный износ труб. Монолитная изоляция из битумокерамзита изготовляется пока только в Главтюменьгазстрое.

Другой модификацией теплоизоляции является *битумовермикулит*, предложенный Уралниистройпроектом (Челябинск). Технология приготовления битумокерамзитовой и битумовермикулитовой смеси аналогична приготовлению битумоперлитной смеси и на трубы их наносят теми же машинами и оснасткой, что и битумоперлитную изоляцию. Несмотря на указанные выше недостатки теплопроводы с битумоперлитной изоляцией находят широкое применение при бесканальных прокладках тепловых сетей. Это прежде всего объясняется высокой технологичностью изготовления этого материала, позволяющей использовать большие преимущества механизированного изготовления изолирован-

ных труб в заводских условиях. Цехи по изготовлению и нанесению битумоперлитной изоляции компактны и окупаются в течение двух лет.

3.3. Бесканальные теплопроводы с изоляцией из фенольного поропласта

К конструкции бесканального теплопровода с монолитной изоляцией относится теплопровод с оболочкой из фенольного поропласта. Слой изоляции накладывают способом заливки формы. Изоляция из поропласта обладает, как и пенобетон, свойством адгезии. При этом совместное температурное перемещение изоляции с трубой не вызывает ее разрушения вследствие того, что усилие трения между изоляцией и грунтом меньше усилий, необходимых для нарушения сцепления монолитной теплоизоляции со стальной поверхностью трубы.

Фенольные поропласты получают путем вспенивания композиции фенолформальдегидных смол с введением газообразователя, отвердителя и пластификатора. В зависимости от вида применяемых смол их подразделяют на фенольные поропласты *новолачного и резольного типов*. Первые (марки ФФ, ФК, ФС) отверждаются при нагреве и давлении, вторые (марок ФРП, ФЛ, Б) — в естественных условиях. Фенольные поропласты в настоящее время являются наиболее доступными и относительно недорогими. По своим физико-механическим свойствам они в основном удовлетворяют требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам для тепловых сетей.

Работы по применению ячеистых пластмасс как изоляционных материалов в конструкциях бесканальной прокладки тепловых сетей были начаты в 1962 г. А. Н. Крашенинниковым в Ленинградском зональном институте экспериментального проектирования (ЛенЗНИИЭП). В результате разработана конструкция монолитной изоляции и технология ее изготовления из фенольного поропласта марки ФЛ, получаемого на базе фенолформальдегидной смолы марки ВИАМ-Б с добавлением газообразователей и отвердителя. Разработаны составы, технология и регламенты промышленного производства монолитной теплоизоляции труб с применением фенольного *поропласта ФЛ*. Фенольные поропласты ФЛ-1, ФЛ-2 и ФЛ-3, разработанные в ЛенЗНИИЭП, могут быть получены с объемной массой от 40 до 200 кг/м^3 и выше, а это значит, что в за-

висимости от условий эксплуатации они могут выполнять не только теплоизоляционные функции, но и одновременно воспринимать значительные нагрузки.

Все материалы, необходимые для получения пенопластов ФЛ, освоены отечественной промышленностью и не являются дефицитными. Технологическое оборудование для получения пенопластов и изготовления теплоизоляционной конструкции теплопроводов с их использованием несложно, а поэтому организация производства изолированных труб является вполне доступной даже для маломощных строительных организаций. Пенопласты ФЛ-1, ФЛ-2 и ФЛ-3 получают путем вспенивания вязкожидкой смоляной композиции водородом, выделяющимся в результате взаимодействия металлического порошка с минеральной кислотой, с одновременным отверждением смолы кислым катализатором. Пенопласт ФЛ-1 изготовляется с применением соляной кислоты, в связи с чем имеет кислую реакцию. В пенопластах ФЛ-2 и ФЛ-3 соляная кислота заменена на ортофосфорную, продукты которой при реакции с металлическими соединениями создают на поверхности трубы защитную антикоррозионную пленку.

Пенопласт ФЛ-1, полученный на основе спирторастворимой резольной фенолформальдегидной смолы ВИАМ-Б и каталитической смеси (соляная кислота и контакт Петрова), обладает некоторой коррозионной активностью за счет выделения хлористого водорода; в нем содержится значительное количество (до 23%) свободного фенола, что ограничивает его применение в жилищном строительстве без специальной термохимической обработки. *Пенопласт ФЛ-2* получается на той же смоле, что и ФЛ-1, но на другой каталитической смеси. Замена соляной кислоты на более слабую ортофосфорную, а контакта Петрова — на бензосульфокислоту позволила одновременно снизить коррозионную активность пенопласта и до 17% содержание свободного фенола. Кроме того, переход на другую каталитическую смесь сделал возможным получение пенопласта при отрицательных температурах. Общим недостатком пенопластов ФЛ-1 и ФЛ-2 является необходимость строгого ограничения вязкости смолы ВИАМ-Б в пределах 300—700 с, при этом содержание летучих в смоле не должно превышать 10—15%.

При разработке *пенопласта ФЛ-3* были учтены недостаки пенопластов ФЛ-1 и ФЛ-2. Отличительной особенностью пенопласта ФЛ-3 является его модифицирование карбомидной смолой. Модифицированный пенопласт ФЛ-3

практически не вызывает коррозии, а содержание свободного фенола в готовом поропласте не превышает 5%. В случае необходимости термической обработки материала при температуре 110°С количество свободного фенола может быть снижено до 2—3%.

Фенолформальдегидная смола ВИАМ-Б представляет собой продукт конденсации фенола с формальдегидом в присутствии слабощелочного катализатора — гидрата окиси бария. Смола относится к жидким фенолформальдегидным спирторастворимым смолам резольного типа. При получении пенопластов ФЛ эта смола является основным компонентом.

Рецептуру фенольного поропласта выбирают в зависимости от условий его эксплуатации, требуемой объемной массы и вида применяемых газообразующих веществ. Кроме того, рецептурный состав композиции поропласта зависит от реакционной способности фонолформальдегидной смолы и качества всех остальных компонентов. В табл. 3.2 приведены рецептуры поропластов ФЛ-1, ФЛ-2 и ФЛ-3 в зависимости от объемной массы.

Исследования, проведенные в ЛенЗНИИЭПе, позволили установить, что для монолитной теплоизоляции бесканальных теплопроводов наиболее подходящим является фенольный поропласт ФЛ-2 объемной массой около 100 кг/м³. Такой поропласт изготавливается смешением заранее подготовленных смоляной и кислотной композиций. Основными компонентами состава ФЛ-2 являются: смола ВИАМ-Б, ортофосфорная и бензосульфокислота, технологические добавки — алюминиевая пудра ПАК-3 и поверхностно-активное вещество ОП-7. Эксперименты показали, что подобные поропласты для монолитной теплоизоляции труб можно изготавливать с использованием фенольных смол ФРВ и Б вместо ВИАМ-Б. Трубы с теплоизоляцией из фенольного поропласта ФЛ должны соответствовать данным табл. 3.3. Применяемая в настоящее время толщина основного слоя теплоизоляции труб условным проходом от 50 до 400 мм принята от 45 до 55 мм для подающих теплопроводов и от 25 до 35 мм для обратных.

Технология изоляции труб поропластом ФЛ состоит из следующих процессов: укладки предварительно очищенных труб в формы, приготовления заливочной композиции, заливки массы в формы, выдержки с целью осуществления процесса вспенивания и отвердевания, распалубки форм, нанесения на поверхность поропласта гидрозащитного покрытия. Технологическая оснастка, необходимая для изготовления поропластов ФЛ и теплоизоляционной конструк-

Таблица 3.2. **Рецептура фенольных заливочных поропластов**

Марка	Исходные материалы	Объемная масса, кг/м³					
		40	60	100	120	160	200
ФЛ-1	Фенольная смола ВИАМ-Б, кг	100	100	100	100	100	100
	Продукт ОП-7 или ОП-10, кг	4	4	4	4	4	4
	Алюминиевая пудра ПАК-3, кг	2,0	1,5	1,2	1,0	0,6	0,3
	Соляная кислота, л	7,4	5,8	4,8	4,2	2,9	2,0
	Контакт Петрова, л	5	5	5	5	5	5
ФЛ-2	Фенольная смола ВИАМ-Б, кг	100	100	100	100	100	100
	Продукт ОП-7 или ОП-10, кг	4	4	4	4	4	4
	Алюминиевая пудра, ПАК-3, кг	2,0	1,5	1,2	1,0	0,6	0,3
	Ортофосфорная кислота, л	6,7	5,0	4,0	3,3	2,0	1,0
	Раствор бензосульфокислоты, л	10	10	10	10	10	10
ФЛ-3	Фенольная смола ВИАМ-Б, кг	67	67	67	67	67	67
	Карбидная смола УКС или М-19-62, кг	33	33	33	33	33	33
	Продукт ОП-7 или ОП-10, кг	4	4	4	4	4	4
	Алюминиевая пудра ПАК-3, кг	2,0	1,5	1,2	1,0	0,6	0,3
	Ортофосфорная кислота, л	6,6	5,0	4,0	3,3	2,0	1,0
	Раствор бензосульфокислоты, л	20	20	20	20	20	20

Примечание. При использовании смолы ВИАМ-Б с вязкостью ниже 300 с по вискозиметру ВЗ-4 в рецептуры поропластов ФЛ-1 и ФЛ-2, а при повышенных токсикологических требованиях и в рецептуру ФЛ-3 вводится 1—2 кг мочевины.

Таблица 3.3. **Основные физико-механические показатели, которым должен соответствовать фенольный поропласт ФЛ**

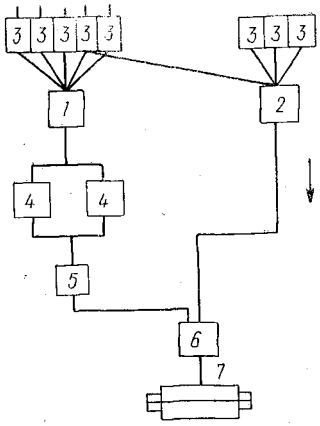
Показатель	Для бесканальной прокладки	Для прокладки в каналах и технических подпольях
Объемная масса, кг/м³	100	80
Предел прочности на сжатие, не ниже, МПа (кгс/см²)	0,5 (5)	0,4 (4)
Предел прочности на растяжение при изгибе, не ниже, МПа (кгс/см²)	0,19 (1,9)	0,18 (1,8)
Коэффициент теплопроводности при +20°С, не ниже, Вт/(м·°С) [ккал/(м·ч·°С)]	0,05 (0,044)	0,05 (0,044)
Величина pH водной вытяжки, ед.	6,9	6,9

ции на их основе, включает в себя смесительное и формующее устройства.

Для перемешивания композиции поропласта могут быть использованы простейшие пропеллерные смесители и специальные смесительные установки. При объемах заливки не более 10 кг возможно ручное перемешивание. При больших объемах заливаемой композиции, но не более 20 кг, целесообразно применять простейшие пропеллерные смесители с электрическим приводом. При значительных объемах заливки (свыше 20 кг) целесообразно использовать специальные смесительные установки, снабженные расходными емкостями, дозирующими устройствами, насосами и смесителями. Подобные установки могут быть периодического или непрерывного действия.

Наиболее отработан способ периодического формования, который состоит в следующем (рис. 3.20). Отдельно в смесителях *1, 2* приготовляются смоляная и кислотная смеси, поступающие из дозаторов *3*. В состав смоляной смеси входит смола ВИАМ-Б, алюминиевая пудра ПАК-3 и $^3/_4$ количества вещества ОП-7. Смоляная смесь изготовляется путем смешения указанных компонентов в течение 8—10 мин, а затем выдерживается в емкостях *4* не менее 20 ч. Перед употреблением смоляную смесь охлаждают в теплообменнике *5* до температуры 10—12°С. В состав кислотной смеси входит керосиновый контакт Петрова, соляная кислота, мочевина и $^1/_4$ часть вещества ОП-7. Кислотная смесь изготовляется путем механического перемешивания в смесителе. Перед употреблением температура ее должна быть 15—16°С.

Затем производится изготовление заливочной массы смешением в реакторе *6* смоляной и кислотной смесей в течение 1—1,5 мин при температуре 10—12°С. Опорожнение реактора и заливка формы *7* не должны продолжаться более 5—6 мин, так как через 8—10 мин начинается процесс вспенивания и отвердения композиции. Готовая масса заливается в подготовленную форму. При смешении исходных компонентов смола и алюминиевый порошок реагируют с кислотой, вспенивая массу. Реакция сопровождается выделением тепла, способствующего быстрому отвердению вспененной композиции. Процесс вспенивания и отвердения происходит в нормальных условиях в течение 5—12 мин. Отличительной особенностью метода является то, что вспенивание, формование и отвердение изоляции производятся в форме, в которую помещается изолируемая труба.



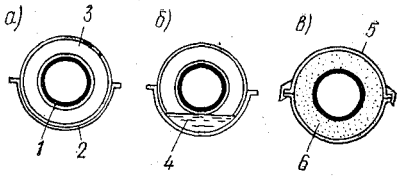


Рис. 3.20. Технологическая схема приготовления заливочной смеси поропласта ФЛ

1 — смеситель; *2* — смеситель кислотной смеси; *3* — дозатор; *4* — емкость; *5* — теплообменник; *6* — реактор; *7* — форма

Рис. 3.21. Схема устройства теплоизоляции трубопроводов фенольным порапластом

а — подготовка формы к заливке; *б* — заливка композиции; *в* — вспенивание; *1* — изолируемая стальная труба; *2* — нижняя полуформа; *3* — торцевая заглушка; *4* — жидкая смоляная композиция; *5* — верхняя съемная полуформа; 6 — пенопласт

Теплоизоляцию теплопроводов из фенольного порапласта изготовляют в цилиндрических ограничительных формах (рис. 3. 21). По торцам форм установлены специальные заглушки, изготовленные из фенольных пресс-порошков, которые одновременно служат опорами для изолируемой трубы и препятствуют вытеканию композиции из формы. Заливка композиции в форму производится при снятой верхней части формы (подвешена на кране) при помощи смесительной установки периодического действия. После загрузки композиции производится опускание верхней части формы и автоматическое ее запирание. По окончании вспенивания и отверждения композиции ограничительную форму разбирают и изолированную порапластом трубу извлекают с помощью крана. Торцевые заглушки, установленные при сборке формы, оказываются прочно сцепленными с порапластовой теплоизоляцией и предохраняют ее от разрушения при транспортировке и монтаже, а также препятствуют прониканию в нее влаги.

Как показали исследования ЛенЗНИИЭП, наилучший порапласт получается при вспенивании и отвердении в герметичной форме, в которой создается избыточное давление примерно 0,2 МПа (2 кгс/см^2). Продолжительность вспенивания от начала заливки в зависимости от температуры окружающего воздуха равна 2—5 мин, период отвер-

дения поропласта не превышает 10—15 мин. Полный технологический цикл изоляции труб диаметром до 1400 мм, длиной 12 м составляет 30 мин (в том числе подготовительные работы, опалубка, формовка, вспенивание, отверждение и распалубка).

Так как фенольный поропласт ФЛ имеет открытые поры и высокое водопоглощение, поэтому теплоизоляционный слой требует устройства надежной гидрозащиты. В Ленинграде в качестве гидрозащитной оболочки нашла применение гидроизоляция битуморезиновой мастикой, армированной двумя слоями стеклоткани, а снаружи крафт-бумагой. ЛенЗНИИЭП рекомендована монолитная гидроизоляция из полиэтилена или поливинилхлорида, наносимая на поверхность теплоизоляции методом экструдирования и обладающая высоким сопротивлением по отношению к влаге. Устройство гидроизоляции изолированных поропластом труб производится на отдельной установке.

При монтаже теплопроводов непосредственно в траншее появляется необходимость в устройстве теплоизоляции стыковых соединений труб. Это производят следующим образом. После сварки изолированных труб на стык надевают специальную форму, в которую на месте заливают композицию поропласта. После ее вспенивания и отверждения производят гидроизоляцию стыка. Как показали исследования, опыт изготовления поропластовой теплоизоляции теплопроводов, а также опыт прокладки и эксплуатации в Ленинграде, применение фенольных поропластов для теплоизоляции бесканальных теплопроводов оказываются более эффективными по сравнению с другими видами теплоизоляции. Исследованиями установлены высокая удельная прочность и низкая теплопроводность поропласта ФЛ. Простота и высокая производительность промышленного производства изолированных труб выгодно отличают этот вид теплоизоляции от армопенобетона или битумоперлита. Не требуется армирования и сушки, отпадает необходимость в дорогостоящем оборудовании, не требуется громоздких установок.

Первые опытные бесканальные прокладки теплосетей с монолитной изоляцией из фенольного поропласта ФЛ были осуществлены в Ленинграде в 1967—1968 гг., а в 1970 г. начато промышленное производство изолированных труб и строительство тепловых сетей с их применением.

Особенности конструкции и условий бесканальных прокладок изолированных труб с использованием фенольного поропласта ФЛ: применение на концах труб торцевых уп-

лотнительных шайб из фенольного пресс-материала; монолитная заделка стыков с применением ФЛ; устройство уплотнительных гильз при входах в камеры и каналы; устройство попутного дренажа при повышенном уровне грунтовых вод. Опыт Ленинграда показывает, что стоимость изолированных труб при применении фенольного поропласта ФЛ по сравнению с армопенобетоном на 20—25% ниже; теплопотери сокращаются в полтора раза. Отмечая большую перспективность применения для подземных прокладок тепловых сетей монолитной теплоизоляции из фенольного поропласта ФЛ, положительный опыт производства и применения, рекомендуется использовать этот тип теплоизоляции для теплосетей всех диаметров с температурой теплоносителя до 200°С.

Несмотря на ряд преимуществ, широкое применение фенольных поропластов в практике строительства тепловых сетей сдерживается некоторой дефицитностью фенольных смол. Кроме того, еще не отработана технология непрерывного действия для изготовления монолитной изоляции из поропласта ФЛ, а также ее применение к трубам диаметром более 400 мм. Нельзя считать также решенными вопросы поведения монолитной изоляции из поропласта в условиях длительной эксплуатации в грунтах различной структуры и влажности. Поропласты являются гидрофильными материалами, а поэтому их эффективность при эксплуатации, особенно во влажных грунтах, определяется надежностью и долговечностью гидроизоляционного слоя. Поэтому конструкции бесканальных теплопроводов с изоляцией из фенольного поропласта ФЛ рассматриваются пока как *экспериментальные*.

Владимирским научно-исследовательским институтом синтетических смол (ВНИИСС) разработан фенолформальдегидный **поропласт ФРП.** Компоненты для его получения (смола ФРВ и вспенивающий агент ВАГ) освоены промышленностью. Однако применяется поропласт ФРП в относительно небольших масштабах, так как он имеет довольно низкую объемную массу (70—120 кг/м^3) и предел прочности при сжатии 0,05—0,07 МПа (0,5—0,7 кгс/см^2), что практически исключает возможность работы в напряженном состоянии. Это обстоятельство и определило поропласту ФРП роль сугубо теплоизоляционного материала. Он относится к трудносгораемым материалам, характеризуется теплостойкостью до 150°С, имеет коэффициент теплопроводности 0,04—0,058 Вт/(м·°С).

Попытки использовать поропласт ФРП для изготовле-

ния монолитной изоляции теплопроводов были сделаны в 1966—1970 гг. Теплопроектом Минстройтяжпрома СССР вместе с ВНИИСС. Разработанные фенолформальдегидные порапласты марок ФРП-1, ФРП-1М и ФРП-2М изготавливаются на базе резольной смолы марки ФРВ-1А и газообразователя (алюминиевой пудры), иногда с добавками (мономер ФА, графит, окись циркония). Рецептура для получения порапластов ФРП-1, ФРП-1М и ФРП-2М приведена в табл. 3.4. Порапласт заливается специальной машиной в сочетании со смесительно-дозировочным агрегатом в пространство между изолируемыми трубами и оболочками, склеенными из стеклопластика, которые после затвердевания заливочной массы должны выполнять функции гидроизоляционного слоя. Пока порапласты ФРП-1, ФРП-1М и ФРП-2М используются для изготовления штучных изоляционных изделий (полуцилиндров и сегментов) для надземной прокладки тепловых сетей. Монолитная изоляция из ФРП-1 в небольшом объеме нашла применение для теплопроводов, прокладываемых в технических подпольях зданий.

Таблица 3.4. **Содержание компонентов для получения порапластов ФРП-1, ФРП-1М, ФРП-2М, мас. ч.**

Компоненты	ФРП-1	ФРП-1М	ФРП-2М
Смола ФРВ-1А	100	100	100
Мономер ФА	—	20	—
Двуокись циркония	—	—	25
Графит серебристый	—	—	10
Вспенивающий агент ВАГ-3	20	20	20

В НИИМосстроя разрабатывается двухслойная конструкция бесканального теплопровода с наружной оболочкой из полиэтиленовых труб и теплоизоляцией из порапласта ФРП-1. Для предотвращения возможности проникновения влаги под полиэтиленовую оболочку и распространения ее по массиву теплоизоляции в конструкции предусматривают специальные элементы — герметичные перегородки. Размещение таких перегородок (заглушек) по концам труб даст возможность получать отдельные герметичные элементы теплопровода. Герметичность торцевых заглушек (перегородок) относительно наружной поверхности стальной трубы обеспечивается за счет жесткого закрепления (сваркой, приклеиванием и др.), а относительно внутренней поверхности полиэтиленовой трубы-оболочки — за счет уплотнительных резиновых колец. Сами торцевые заглушки могут быть выполнены из металла, бетона или теплостойкой пластмассы.

Как отмечалось выше, порапласт ФРП-1, обладая небольшими объемной массой и коэффициентом теплопроводности, характеризуется малой прочностью на сжатие,

что препятствует его применению в качестве теплоизоляции для бесканальных теплопроводов. Увеличение прочности ФРП-1 возможно за счет введения в его состав наполнителя, т. е. получения композиционного материала, обладающего заданными свойствами. Для повышения прочности композиционного ФРП-1 НИИМосстроя предложил вводить в его состав вспученный перлитовый песок. Определен оптимальный количественный состав композиции, включающей около 20% вспученного перлитового песка, 4% этиленгликоля и 16% компрессионного масла. Прочность полученного материала на сжатие составляет 0,46 МПа (4,6 кгс/см^2), что в 5—8 раз больше прочности ФРП-1. При этом объемная масса и коэффициент теплопроводности наполненного поропласта почти не изменяются.

Увеличение водопоглощения композиционного ФРП-1 в 3 раза по сравнению с ФРП-1 при наличии полиэтиленовой оболочки и герметичных торцовых заглушек не оказывает существенного влияния на качество конструкции в целом.

В дальнейшем фенольный поропласт может быть заменен на более эффективный материал — пенополиуретан.

3.4. Бесканальные теплопроводы с изоляцией из асфальтокерамзитобетона

Изоляция бесканальных теплопроводов асфальтокерамзитобетоном предложена и разработана ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева (Ленинград) совместно с Рижским отделением института Теплоэлектропроект. Конструкция теплоизоляции из асфальтокерамзитобетона представляет собой однослойную изоляционную оболочку цилиндрической или прямоугольной формы (рис. 3.22), комплексно выполняющую функции теплоизоляции, гидроизоляции, антикоррозионной и диэлектрической защиты. Ниже приведены физико-механические свойства асфальтокерамзитобетонной изоляции.

Физико-механические свойства асфальтокерамзитобетонной изоляции

Объемная масса, кг/м^3	700—1200
Предел прочности при сжатии при температуре +20°С, МПа (кгс/см^2), не менее	0.5—1,0 (5—10)
Водонасыщение, %, не более	2,5
Коэффициент теплопроводности при t=+25°С, Вт/(м·°С) [ккал/(м·ч·°С)]	0.174—0.255 (0,25—0,22)
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см, не менее	5×10^{12}

Температура наружной асфальтокерамзитобетонной оболочки должна обеспечивать необходимую прочность

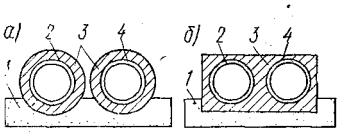


Рис. 3.22. Теплоизоляционная конструкция теплопровода в монолитном асфальтокерамзитобетоне

а — трубы с изоляцией заводского изготовления; *б* — трубы изолированы на трассе; *1* — песчаное основание; *2* — обратный трубопровод; *3* — асфальтокерамзитобетонная изоляция; *4* — подающий трубопровод

конструкции, т. е. исключить возможность ее размягчения и деформации при температуре трубы 150°С. Исходя из этих соображений, максимальная температура на поверхности изоляции принята равной 50°С, что и явилось дополнительным условием при выборе толщины асфальтокерамзитобетонной оболочки. Конструктивная толщина оболочки принята 90 мм на подающем трубопроводе диаметром до 150 мм и на обратном для всех диаметров. Для подающих трубопроводов диаметром 200—500 мм толщина изоляции возрастает от 110 до 180 мм.

Асфальтокерамзитобетон представляет собой монолитный материал, полученный в результате остывания отформованной горячей асфальтобетонной массы, которая состоит из органического вяжущего (рубракс или битум марки БН-IV для расчетных максимальных температур теплоносителя соответственно 150°С и 100°С), наполнителя — золы ТЭЦ и заполнителей — керамзитового гравия и керамзитового песка (табл. 3.5). В качестве органического вяжущего в составе асфальтокерамзитобетона применяется сплав, состоящий из рубракса марок А или Б (на температуру теплоносителя до 150°С), либо битума марки БН-IV (на температуру теплоносителя до 100°С). Для придания сплаву эластичности вводят добавки: резиновую крошку — 5% и машинное масло — 4%. Применение резиновой крошки и машинного масла несколько снижает температуру размягчения сплава, что компенсируется введением минерального наполнителя — золы ТЭЦ.

В зависимости от марки органического вяжущего, вхо-

Таблица 3.5. **Состав асфальтокерамзитобетонной изоляции**

Материал	Объемное соотношение, %	Расход материалов на 1 м³ готовой массы, м³
Керамзитовый гравий:		
фракции 10—20 мм	30—33	0,43—0,57
фракции 5—10 »	13—15	0,19—0,24
Песок фракции 0—5 »	15—17	0,23—0,30
Зола ТЭЦ фракции 0—1 »	17—19	0,25—0,33
Сплав рубракса или битума	15—20	0,20—0,36

дящего в состав асфальтокерамзитобетона, различают две марки изоляции: АКБ-150 на тугоплавком битуме (рубраксе) для водяных бесканальных тепловых сетей с расчетной температурой 150°С и АКБ-100 на битуме марки БН-IV для бесканальных прокладок тепловых сетей с расчетной температурой теплоносителя 100°С.

Рубракс или тугоплавкий нефтяной битум — твердый продукт, получаемый из тяжелых остатков малосернистой и малопарафинистой нефти путем ее окисления в присутствии щелочи. При высокой температуре размягчения (125—150°С) рубракс обладает упругой пластичностью при низких температурах, чем выгодно отличается от твердых марок строительных битумов (например, БН-У), имеющих более низкую температуру размягчения, сочетающуюся с хрупкостью в холодном состоянии. Для производства рубракса пригодны только некоторые сорта нефти, поэтому его производство ограничено лишь несколькими нефтеперерабатывающими заводами. Рубракс обеспечивает теплостойкость асфальтокерамзитобетонной изоляции при температуре теплоносителя 150°С и выше.

Для приготовления асфальтокерамзитобетонной массы, служащей для изготовления **изоляции АКБ-150**, применяют сплав рубракса с резиновой крошкой и машинным маслом, % (по массе): рубракс марки А или Б — 91; резиновая крошка — 5; машинное масло — 4. В зависимости от вязкости рубракса, процентное соотношение компонентов может изменяться (вплоть до исключения резиновой крошки). Для этого перед приготовлением сплава на основании лабораторных данных устанавливают оптимальный процентный состав компонентов. В практике строительства тепловых сетей значительная часть теплопроводов эксплуатируется при температуре теплоносителя до 100°С, в том числе и все обратные магистрали тепловых сетей. Рижское отделение института Теплоэлектропроект и ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева предложили заменить рубракс обычными строительными битумами.

Для теплопроводов с температурой теплоносителя до 100°С при изготовлении изоляции АКБ-100 в качестве основного вяжущего, входящего в состав асфальтокерамзитобетона, используют строительный нефтяной битум марки БН-IV с температурой размягчения около 82°С. На основании проведенных исследований была подобрана теплоустойчивая асфальтокерамзитобетонная масса, состоящая из 95% битума нефтяного марки БН-IV (или смеси битумов марок БН-IV и БН-V) и 5% резиновой крошки. Объемная масса асфальтокерамзитобетона, а следовательно, и его теплоизоляционные свойства зависят в основном от объемной массы заполнителей, так как объемные массы вяжущего и наполнителя практически постоянны, в то время как объемная

масса керамзитового гравия и песка колеблется в значительных пределах.

Для изготовления асфальтокерамзитобетонной изоляции желательно применение легких керамзитов с объемной насыпной массой 250—400 кг/м³. Однако для этих керамзитов характерна недостаточная прочность зерен, что приводит к их раскалыванию и размельчению в процессе приготовления смеси, в конечном итоге к ухудшению прочностных характеристик асфальтокерамзитобетонной массы и увеличению расхода вяжущего. Учитывая также то, что большинство заводов выпускает керамзит с объемной массой 500—700 кг/м³, асфальтокерамзитобетон на основе этих керамзитов следует считать наиболее приемлемым. Для асфальтокерамзитобетонной смеси следует применять керамзитовый гравий с зернами, имеющими прочную, хорошо обожженную оболочку, без трещин. Зерна с нарушенной структурой, в том числе дробленый керамзитовый гравий, к применению не допускаются. Водопоглощение керамзитового гравия по массе не должно превышать 25% — для гравия с объемной насыпной массой до 400 кг/м³ и 20% — до 700 кг/м³. Керамзитовый гравий поставляется с заводов с влажностью не более 2%.

Объемная насыпная масса керамзитового песка, применяемого как заполнитель, колеблется в пределах 550—950 кг/м³. Зола-унос ТЭЦ — наполнитель с объемной насыпной массой не более 550 кг/м³ — не должна содержать водорастворимых соединений свыше 15%, сернистых соединений более 3% и должна быть сухой (влажность не более 0,5%).

Для улучшения физико-механических свойств асфальтокерамзитобетона применяемые для его приготовления минеральные материалы подвергают предварительной гидрофобизации. Применение гидрофобизированных минеральных материалов улучшает водоустойчивость, механическую прочность и морозостойкость асфальтокерамзитобетона и одновременно позволяет снизить расход органического вяжущего на 13—17%. Снижение расхода органического вяжущего имеет существенное значение для повышения теплостойкости, снижения объемеой массы и, следовательно, коэффициента теплопроводности асфальтокерамзитобетона.

Наполнители до изготовления асфальтокерамзитобетонной массы подвергают гидрофобизации по способу Н. В. Михайлова в растворе активированного битума следующего состава, % массы: битум марки БН-V — 35—40; зеленое масло или керосин — 65—60; асидол или мылонафт—0,5—1.

Для гидрофобизации наполнители нагревают до температуры 150—170°С. После гидрофобизации наполнители должны остыть. Зерна гидрофобизированных керамзитового гравия и песка должны иметь устойчивую, не смачиваемую водой пленку поверхностно-активного вещества. Весовая влажность их при полном водонасыщении не должна превышать 1%.

Технология изоляции труб асфальтокерамзитобетоном включает два самостоятельных процесса: приготовление горячей асфальтокерамзитобетонной массы и нанесение ее на трубы. Технология приготовления горячей асфальтокерамзитобетонной массы состоит из следующих процессов: сушки и нагрева минеральных наполнителей; смешения заполнителей с наполнителем; приготовления вяжущего; смешения минеральных материалов с вяжущим.

Предварительно рубракс (битум) разогревается, обезвоживается в битумоплавильном котле, а затем подается в котел, где производится варка сплава. Варка сплава ведется при температуре 200—210°С для битума марки БН-IV и 230—240°С — для рубракса. Продолжительность варки сплава колеблется в пределах от 30 мин до 1 ч. Готовый сплав с помощью насосной установки из котла подается в дозатор, а оттуда в смеситель, в который предварительно загружаются разогретые керамзитовый гравий, песок и зола-унос ТЭЦ. Перемешивание смеси продолжается в течение 5—15 мин до получения однородной массы.

Приготовленная горячая асфальтокерамзитобетонная масса выгружается из смесителя в специальные утепленные емкости или формы, в которых производится изоляция труб. Температура приготовленной массы должна быть не менее 210°С. Технология приготовления асфальтокерамзитобетонной массы близка технологии приготовления дорожного асфальтобетона и может осуществляться в стандартных асфальтосмесителях как непрерывного, так и периодического действия. Для приготовления асфальтокерамзитобетонной массы можно использовать смеситель Д-597 производительностью по асфальтобетонной массе 12 т/ч. При малых объемах работ могут применяться битумоварочные котлы, оборудованные механическими мешалками, или растворосмесители, оборудованные электрообогревом. Битуморезиновый сплав и расплав рубракса также приготовляют в котлах с механическим перемешиванием и донным обогревом. Сплав подается в смеситель по трубопроводам с обогревом и циркуляцией. Рекомендуется применять масляный обогрев.

Изоляцию теплопроводов асфальтокерамзитобетоном можно производить двумя способами. При первом способе

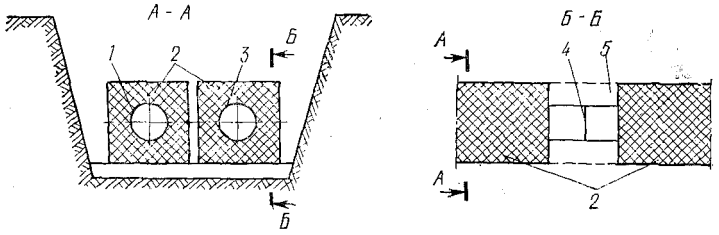


Рис. 3.23. Схема расположения трубопроводов в траншее из труб, изолированных на заводе
1 — обратный трубопровод; *2* — асфальтокерамзитобетон; *3* — подающий трубопровод; *4* — сварной шов; *5* — заливка горячей асфальтокерамзитобетонной массой

теплопроводы монтируют из труб, теплоизоляционная оболочка которых нанесена в условиях завода или полигона (рис. 3. 23). В этом случае после монтажа и гидравлического испытания участка теплопровода на месте изолируют асфальтокерамзитобетонной массой лишь сварные стыки отдельных стыкуемых труб. При втором способе сначала в траншее по подготовленному основанию монтируют участок теплопровода и после его гидравлического испытания в бортовую опалубку, установленную параллельно теплопроводам, укладывают с уплотнением горячую асфальтокерамзитобетонную массу. Технология изоляции труб в заводских или полигонных условиях включает следующие процессы: очистку труб и нанесение грунтовки; подготовку форм и укладку в них труб; укладку асфальтокерамзитобетонной массы с виброуплотнением; остывание теплоизоляции; извлечение изолированных труб из форм; складирование или погрузку на автотранспорт для последующей доставки на объект монтажа теплосетей.

Для изоляции труб применяют металлические формы, длина которых определяется максимальной длиной изолируемых труб. При небольших объемах работ по нанесению теплоизоляции на трубы формы могут быть изготовлены из дерева с последующей обивкой их листовой сталью. Формы изготовляют для каждого диаметра труб отдельно. Изоляционная оболочка может быть круглой и квадратной формы. Однако в целях упрощения технологии изоляции труб асфальтокерамзитобетоном как в заводских условиях, так и непосредственно на трассе рациональнее применять квадратную (для одной трубы) или прямоугольную (для двух труб) форму сечения изоляционной оболочки.

Для предотвращения прилипания асфальтокерамзитобетонной массы к стенкам формы внутренние стенки последних окрашивают известковым молоком. После этого производится загрузка горячей асфальтокерамзитобетонной массы с равномерным распределением ее по всему объему формы. Уплотнение горячей асфальтокерамзитобетонной смеси в формах производится методом вибрирования, в процессе которого происходят снижение вязкости жесткой горячей асфальтокерамзитобетонной смеси и плотная равномерная упаковка зерен наполнителя вяжущим материалом.

Труба с отформованной теплоизоляционной оболочкой остается в форме до полного остывания и затвердевания, после чего при помощи крана подается на склад готовой продукции. Изолированные трубы на объект монтажа транспортируют машинами, оборудованными специальными прицепами. При погрузочно-разгрузочных работах применяют «мягкие» полотенца и другие приспособления, исключающие повреждение изоляционного слоя. Монтаж трубопроводов осуществляют на специальных подкладках из асфальтокерамзитобетона, что позволяет зафиксировать положение труб по вертикали и обеспечить требуемую толщину тепловой изоляции.

Тепловую изоляцию устраивают с помощью инвентарной опалубки (рис. 3.24). Теплопроводы диаметром до 150 мм изолируют совместно (в общей опалубке), а диаметром 200 мм и выше — раздельно (для каждой нитки теплопровода устанавливают свою опалубку). Уложенную в опалубку асфальтокерамзитобетонную массу уплотняют трамбованием. Горячая асфальтокерамзитобетонная масса к месту укладки транспортируется с помощью автотранспорта в утепленных емкостях или обогреваемых асфальтовозах в городских условиях (исходя из времени ее остывания 1—1,5 ч) на расстояние до 50 км.

Каждый способ нанесения асфальтокерамзитобетонной изоляции имеет свои достоинства и недостатки. Способ изоляции труб в заводских условиях обладает следующими преимуществами: повышается качество изоляции, полнее используются возможности механизации и автоматизации технологического процесса и меньшая зависимость производства работ от погодных условий. Однако при доставке изолированных труб с завода на их стыках, изолируемых на месте монтажа, не может быть достигнута сплошность покрытия вследствие соприкосновения горячей асфальтокерамзитобетонной массы с холодной изоляцией основной поверхности труб.

Преимуществами изоляции труб на трассе являются: возможность поворотной сварки труб в плети (т. е. отпада-

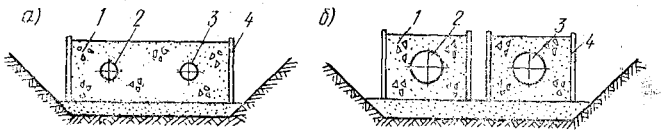


Рис 3.24. Схема расположения трубопроводов при укладке асфальтокерамзитобетонной массы в траншею
а — для теплопроводов диаметром 50—150 мм; *б* — диаметром 200—500 мм; *1* — асфальтокерамзитобетон; *2* — обратный трубопровод; *3* — подающий трубопровод; *4* — инвентарная опалубка

ет необходимость устройства под каждым стыком приямков для потолочной сварки, а также более полной гидравлической проверки сваренного и неизолированного трубопровода); исключение заделки стыков на трассе и достижение большей монолитности изоляционного покрытия; исключение транспортировки изолированных труб, требующей применения специальных автомашин и средств строповки. С другой стороны, на строительной площадке возникает ряд дополнительных трудностей при изготовлении асфальтокерамзитобетонной массы необходимого качества. Поэтому в каждом конкретном случае вариант изоляции теплопроводов должен рассматриваться индивидуально с учетом объемов строительства тепловых сетей, дальности перевозок, зоны обслуживания и диаметров труб и выбираться окончательно на основании технико-экономического расчета.

Тепловые сети в асфальтокерамзитобетонной изоляции прокладывают в сухих и маловлажных грунтах. При прокладке тепловых сетей ниже уровня грунтовых вод необходимо предусматривать попутный дренаж. Тип основания под конструкцию бесканальной прокладки определяется качеством грунта. В нормальных условиях изолированные асфальтокерамзитобетоном трубопроводы укладывают на выровненное естественное основание, причем расстояние между осями подающего и обратного трубопровода принимают с учетом принятого для прокладок в каналах, что связано, в первую очередь, с многократными переходами от бесканальной прокладки к канальной. П-образные гибкие компенсаторы и участки самокомпенсации на углах поворота теплопроводов прокладывают соответственно в нишах и железобетонных каналах с подвесной изоляцией.

Защемляющее воздействие асфальтокерамзитобетонной изоляции и окружающего трубопровод грунта (т. е. наличие больших сил трения) вызывает необходимость более

частого по сравнению с канальной прокладкой расположения компенсаторов. В асфальтокерамзитобетоне в начале нагрева происходит перемещение изоляции вместе с трубой, а с ростом температур адгезия изоляции к поверхности трубы уменьшается из-за размягчения вяжущего. При температуре 50—60°С начинается снижение сил трения между трубой и изоляцией, переходящее при дальнейшем нагреве в свободное скольжение труб в слое изоляции. В этом случае дальнейшие температурные удлинения изоляции и силы трения между изоляцией и грунтом не оказывают на трубопровод никакого влияния.

Стыки изолируют после окончания монтажных работ и гидравлического испытания теплопровода заливкой горячей асфальтокерамзитобетонной массой в специальные формы, устанавливаемые в местах стыков, с тщательным уплотнением. Горячая асфальтокерамзитобетонная масса, применяемая для изоляции стыков, должна иметь тот же состав, что и масса для изоляции труб. Наибольшую коррозионную опасность представляют переходы от бесканальной к канальной прокладке (П-образные компенсаторы, углы поворота, камеры и т. д.). Поэтому при указанных переходах изоляционная конструкция из асфальтокерамзитобетона должна заканчиваться в канале или в камере на расстоянии 100—150 мм от торцевых стенок. Во избежание отрыва нижней части асфальтокерамзитобетонной изоляции на участке, где она становится подвесной, последнюю армируют металлической сеткой с битумной изоляцией.

Применение асфальтокерамзитобетона по-новому решает конструкцию изоляции труб теплопроводов. Вместо многослойной трудоемкой изоляции применяется однослойная оболочка, выполняющая роль теплоизоляции, гидроизоляции и антикоррозионной защиты стальных трубопроводов, что позволяет резко повысить степень индустриализации строительства тепловых сетей, повысить их техническую надежность и долговечность, снизить стоимость прокладки в целом. Кроме того, применение асфальтокерамзитобетона имеет ряд преимуществ перед другими применяемыми в строительстве теплопроводов изоляционными материалами. К положительным качествам асфальтокерамзитобетона относятся гидрофобность и низкое водопоглощение, которые позволяют отказаться от гидроизоляционного покрытия.

Стоимость асфальтокерамзитобетонной изоляции по сравнению с другими видами теплоизоляции относительно невысокая.

В условиях прокладки теплосети во влажных и водонасыщенных грунтах увлажнение изоляции отмечается лишь в поверхностных слоях глубиной 2—4 мм, поэтому при проектировании теплотрасс можно отказаться от устройства дорогостоящего попутного дренажа. Для этого необходимо решить водонепроницаемые конструкции поворотов и компенсаторов на канальных участках, а также обеспечить надежную герметизацию входов в камеры и здания.

Как показали исследования асфальтокерамзитобетонной изоляции, затвердевшая масса при рабочей температуре теплоносителя не разжижается, а становится пластичной только у поверхности нагретого трубопровода. Химический состав рубракса или битума марки БН-IV (в основном массиве теплоизоляции) не претерпевает значительных изменений, что также подтверждает возможность длительной эксплуатации данного вида бесканальной прокладки.

К недостаткам этого материала относятся: относительная сложность технологии заводского изготовления изолированных труб, требующая специального оборудования, а также повышенная величина коэффициента теплопроводности по сравнению с другими материалами, применяемыми для изолирования бесканальных теплопроводов.

Рижским отделением Теплоэлектропроекта и ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева был разработан ряд нормативных документов по прокладке тепловых сетей в асфальтокерамзитобетоне. Данный способ бесканальной прокладки получил некоторое применение в Латвийской ССР. В Риге был построен специальный цех по приготовлению горячей асфальтокерамзитобетонной массы и изоляции труб. Проводятся исследования по дальнейшему совершенствованию конструкции и технологии изготовления изолированных асфальтокерамзитобетоном труб. Однако пока широкого распространения асфальтокерамзитобетонная изоляция не получила, что объясняется сложностью технологического процесса изготовления асфальтокерамзитобетонной массы, отсутствием в достаточных количествах рубракса, сложностью доставки изолированных труб с завода к месту монтажа в связи с большой массой изолированных трубопроводов, сложностью уплотнения асфальтокерамзитобетонной массы при изоляции на месте монтажа.

3.5. Бесканальные теплопроводы с изоляцией из асфальтоизола

Теплогидроизоляционный материал асфальтоизол для защиты подземных теплопроводов при бесканальной про-

кладке был разработан лабораторией теплофикации Всесоюзного теплотехнического института им. Ф. Э. Дзержинского под руководством А. А. Скворцова на основе асфальтитов отечественных месторождений. Он представляет собой комплексный вид изоляции в виде порошка, который засыпают в траншею вокруг предварительно уложенных трубопроводов. При пропускании по трубам теплоносителя асфальтоизол от воздействия температуры спекается, образуя изоляцию, которая обладает низкой теплопроводностью и служит защитой трубопроводов от блуждающих токов и коррозии.

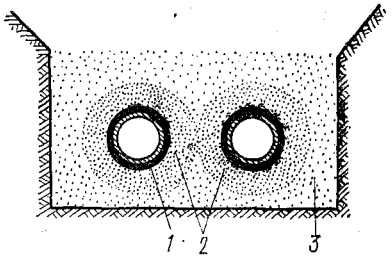


Рис. 3.25. Конструкция теплоизоляции в самоспекающихся порошках

Изоляция теплопроводов с помощью самоспекающихся порошков получила широкое распространение в зарубежной практике строительства тепловых сетей, в частности в США, Англии, ФРГ и других странах. Сущность изоляции труб самоспекающимися порошками состоит в следующем: вокруг теплопровода, засыпанного самоспекающимся порошком, под действием температуры теплоносителя происходит образование трехслойной конструкции (рис. 3.25), каждый слой которой имеет различное назначение: *1* — плотный водонепроницаемый слой толщиной 10—20 мм, образовавшийся в результате расплавления порошка, служит для защиты труб от коррозии; *2* — пористый слой толщиной 40—50 мм, образовавшийся в результате спекания отдельных частиц порошка, является основным теплоизоляционным слоем, а также в силу своей гидрофобности и антикоррозионным слоем; *3* — порошкообразный периферийный слой засыпки, не изменивший свойств в результате нагрева, служит дополнительным теплоизоляционным слоем. Основные физико-механические свойства асфальтоизола приведены в табл. 3.6. Асфальтоизол применяется для изолирования теплопроводов подземных бесканальных тепловых сетей с расчетной температурой теплоносителя до 200°С и диаметром труб до 500 мм.

Асфальтиты представляют собой продукты естественного отвердения нефти под землей. Они имеют черный или бурый цвет, плотность 1,2—1,5 г/см^3; в зависимости от процента содержания минеральных масел температура плавления колеблется от 100 до 300°С. В нашей стране имеется несколько месторождений природных асфальтитов: у

Таблица 3.6. **Основные физико-механические свойства асфальтоизола**

Показатель	Структура материала		
	сплавленная	пористая	порошкообразная
Объемная масса, кг/м³	1100	750	650
Коэффициент теплопроводности при $t=20°C$, Вт/м·°С [ккал/(м·ч·°С)]	0,14(0,12)	0,116(0,10)	0,098 (0,085)
Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см²)	0,5(5)	0,15(1,5)	—
Водопоглощение при полном погружении образца в воду за 3 сут при $t=20°C$, %	0	Не более 5	1,5
Удельное электрическое сопротивление (среднее для трех слоев), Ом·см	1×10^9	1×10^9	1×10^9

деревни Садки Бугурусланского района Оренбургской обл., у г. Ухта в Коми АССР и в других районах. Применение чистого асфальтита в качестве теплоизоляционного материала затрудняется довольно высокой температурой его спекания (180—220°С). Учитывая, что температурный режим на подавляющем большинстве теплосетей не превышает 150°С на подающей магистрали, создание температуры, необходимой для спекания асфальтита, связано со значительным усложнением строительно-монтажных работ.

Всесоюзным теплотехническим институтом (ВТИ) им. Ф. Э. Дзержинского разработана рецептура самоспекающегося порошка асфальтоизола для трехслойной конструкции, образующегося при температуре теплоносителя 150°С. Для этого применяют смесь из асфальтита и мазута (15—20%), в котором нет примеси парафина, а летучих веществ содержится не более 4%. Изменяя проценты добавок мазута, можно получить асфальтоизол с необходимой температурой плавления, при этом увеличение количества мазута в смеси уменьшает температуру размягчения и плавления асфальтоизола. Мазут, добавляемый в расплавленный асфальтит, находящийся в битумоварочном котле, снижает температуру плавления асфальтоизола до заранее заданной, придавая массе требуемые технические свойства.

Технология производства самоспекающегося порошка включает следующие процессы: подготовку смеси из кускового асфальтита и мазута в пропорции, зависящей от требуемой температуры спекания порошка; расплавление смеси в битумоварочном котле при температуре 220—240°С; розлив расплавленной смеси в формы для охлаждения и получение твердого кускового материала; измельчение последнего до порошкообразного состояния с крупностью

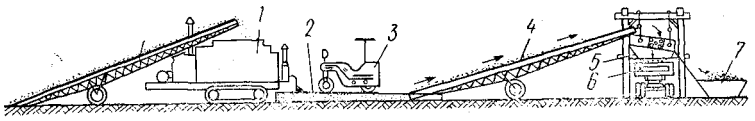


Рис. 3.26. Технологическая схема изготовления асфальтоизола в полигонных условиях

1 — битумоварочный котел типа УБ-3; *2* — металлическая форма из листа; *3* — моторный каток типа Д-338; *4* — конвейер; *5* — виброгрохот; *6* — самосвал для нагрузки готового продукта; *7* — бункер для отсека

частиц 0,1—2,0 мм. Технологическая схема производства асфальтоизола в полигонных условиях, обеспечивающая при одном битумоварочном котле типа УБ-3 изготовление 15—20 м³/сут, показана на рис. 3.26.

Перед началом изготовления асфальтоизола необходимо в лаборатории определить влажность асфальтита. Если она превышает 12% (по отношению к сухому весу), асфальтит должен быть обезвожен. Сушку асфальтита можно производить в варочных котлах. В зависимости от процента влажности асфальтита процесс его смешения и варки производится по-разному. При небольшой влажности асфальтит смешивают с мазутом предварительно или в котле в процессе варки. При большой влажности асфальтит предварительно высушивают в котле при температуре 120—150°С. После подсушки асфальтита (прекращается парение) температуру снижают до 80—100°С и вводят мазут.

Сплав варят при температуре 250—260°С в течение 8—12 ч. За температурой расплавленного асфальтита ведут постоянное наблюдение. Не допускается повышение температуры выше 280°С, при которой асфальтит начинает интенсивно коксоваться (разлагаться на газ и кокс). Процесс плавления считается законченным, когда в расплаве отсутствуют твердые куски и состав его однороден, что определяется пробами. По окончании варки готовую расплавленную массу выпускают из котла в металлические поддоны, где она остывает до температуры окружающего воздуха. Во избежание попадания атмосферных осадков на поверхность расплавленного асфальтоизола над поддоном желательно устраивать навесы.

Остывший продукт измельчают до получения мелкого порошка. Дробление и размол асфальтоизола призводят в молотковых и шаровых мельницах различного типа, в валковых дробилках или с помощью дорожных катков. Каждую партию асфальтоизола следует проверять в лабо-

ратории на температуру размягчения. При расчетной температуре теплоносителя в подающем теплопроводе теплосети 150°С температура плавления асфальтоизола должна быть 140—160°С. Готовый асфальтоизол расфасовывают в бумажные мешки и отправляют на склад готовой продукции или на объект монтажа теплосетей.

Башкирским научно-исследовательским институтом переработки нефти (г. Уфа) и Омским нефтеперерабатывающим комбинатом в результате применения нового технологического процесса переработки продуктов нефти был получен новый материал — искусственный асфальтоизол, который впервые в 1968 г. был использован Минсельстроем УССР в качестве теплогидроизоляционной засыпки при бесканальной прокладке тепловых сетей. Как показали исследования, новой материал по своему химическому составу и физико-техническим свойствам аналогичен асфальтоизолу, полученному из садкинского асфальтита. Он обладает способностью, как и природный асфальтоизол, под действием температуры изменять свою структуру Искусственный асфальтоизол имеет неоспоримое преимущество перед асфальтоизолом, полученным из природного асфальтита, так как не требует переработки (варки в котлах).

В Ишимбае Башкирской АССР была введена в эксплуатацию опытно-промышленная установка по переработке продуктов нефти новым технологическим процессом (Добен-3), в результате которого получается асфальтоизол. Искусственный асфальтоизол может быть получен двух марок: АИ-140 с температурой размягчения 140°С и АИ-160 с температурой размягчения 160°С. Увеличение производства искусственных асфальтитов и использование их для изоляции подземных бесканальных теплопроводов представляет значительный технико-экономический интерес.

Бесканальные теплопроводы с изоляцией из асфальтоизола прокладываются в сухих и маловлажных грунтах. При прокладке в насыщенных водой грунтах и в зоне грунтовых вод обязательно устройство попутного дренажа. При прокладке теплопроводов в слабых грунтах устраивают искусственное основание, тип которого устанавливается проектом в зависимости от характеристики грунта и местных условий. Основание траншеи перед укладкой труб тщательно выравнивают.

Предназначенные для изоляции трубы вывозят на трассу и раскладывают вдоль бровки траншеи. С целью сокращения до минимума сварки неповоротных стыков в траншее

укладку труб рекомендуется производить плетями, сваренными на берме траншеи. Длина плетей определяется расстоянием между камерами. Выполнение сварки поворотных стыков у бровки траншеи позволяет применять высокопроизводительные сварочные автоматы или полуавтоматы, что повышает производительность и качество монтажных работ. Если используются трубы, не имеющие защитного заводского покрытия, то перед сваркой их тщательно очищают от окалины и налета коррозии и покрывают грунтовкой. ВТИ им. Ф. Э. Дзержинского рекомендовал в качестве антикоррозионного покрытия производить окраску труб за 2 раза асфальтоизолом, растворенным в уайт-спирите или бензоле. Трубы укладывают на бетонные опоры или обрезки асбестоцементных труб, размещаемые в зависимости от диаметра на расстоянии 1—5 м друг от друга. С целью увеличения электросопротивления бетонные опоры рекомендуется промазывать понизу горячим битумом за 2 раза.

Подготовленные к укладке плети трубопроводов опускают в траншею на установленные опоры с помощью монтажных кранов или трубоукладчиков. Зазор между низом трубы и дном траншеи следует проверить шаблоном. Если величина зазора отклоняется на величину более 10 мм от проектной, неточности в укладке должны быть исправлены. Перед расположением подкладок по дну и боковым стенкам траншеи (опалубки) укладывают полимерную пленку или другой рулонный материал (за исключением мест производства сварочных работ). При устойчивых грунтах (когда траншеи выполняются без откосов) порошок асфальтоизола засыпают непосредственно в траншею. В остальных случаях применяют передвижную деревянную или металлическую опалубку (рис. 3. 27). Образовавшиеся пазухи между опалубкой и стенками траншеи засыпают грунтом с тщательным уплотнением.

Габаритные размеры теплогидроизоляционной засыпки из асфальтоизола принимаются на основании теплового расчета с учетом уплотнения и частичного спекания засыпки. Схема прокладки бесканальных теплопроводов с изоляцией из асфальтоизола приведена на рис. 3.28. Основные габаритные размеры в мм для бесканальной прокладки теплопроводов с изоляцией из асфальтоизола при расчетной температуре теплоносителя для подающего трубопровода 150°С и для обратного 70°С, рекомендованные ВТИ им. Ф. Э. Дзержинского, приведены в табл. 3. 7. Расстояние между осями трубопроводов принято меньше, чем при канальной прокладке. Эту сужение в осях для двухтруб-

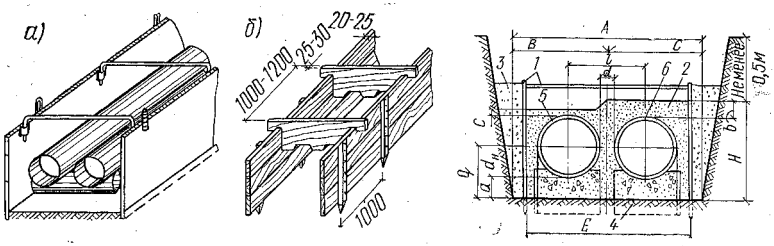


Рис. 3.27 Опалубка
а — металлическая; *б* — деревянная

Рис. 3.28. Конструктивное оформление бесканальной прокладки из самоспекающегося порошка

1 — передвижная опалубка; *2* — засыпка асфальтоизолом; *3* — засыпка грунтом; *4* — бетонная подкладка под трубы; *5* — обратная труба; *6* — подающая труба

ных теплопроводов дает экономию в расходе тепловой изоляции и снижении тепловых потерь. Перед началом изолирования теплопроводов в местах выполнения сварочных работ укладывают защитную пленку.

После производства строительно-монтажных работ и гидравлического испытания смонтированных теплопроводов в бортовую опалубку засыпают асфальтоизол. Асфальтоизол укладывают с тщательным послойным уплотнением ручными трамбовками или площадочными вибраторами, после чего концы пленки загибают на засыпку сверху. Засыпку асфальтоизолом труб диаметром 200 мм и более рекомендуется выполнять в два приема: засыпать до уровня верха установленных прокладок с тщательным уплотнением и засыпать после укладки труб до проектной отметки. После окончания засыпки асфальтоизола опалубку при помощи крана или трубоукладчика осторожно поднимают и перемещают на следующий участок, а заизолированный участок покрывают бывшими в употреблении бумажными мешками и засыпают грунтом. При этом первые 20—30 см по высоте засыпают вручную с уплотнением, затем механизированным способом. Разрыв между изолированием труб и засыпкой траншей грунтом должен быть минимальным во избежание увлажнения засыпки атмосферными осадками.

Изоляционная оболочка образуется на трубах после пропускания по ним теплоносителя с температурой 150°С в течение 36—48 ч. Эта температура для водяных тепловых сетей соответствует расчетной для подающего трубопровода, следовательно, и спекание изоляции практически происходит только на подающем трубопроводе. В обратном трубо-

Таблица 3. 7. **Размеры траншей для труб $Д_у = 50 \div 450$ мм с изоляцией асфальтоизолом, мм (обозначение букв см рис. 3.28)**

$d_н$	A	B	C	E	H	a	b	c	d	q	l
57	540	260	280	340	250	90	100	60	85	120	140
76	580	279	299	380	266	90	100	60	85	130	160
80	610	294	314	410	300	90	100	60	90	135	180
108	655	313	333	456	348	120	120	60	90	175	200
159	795	377	417	595	400	120	120	60	115	200	270
219	915	437	477	715	490	120	150	60	115	230	330
273	1013	493	533	830	573	150	150	60	120	290	380
325	1135	548	588	935	625	150	150	60	125	310	450
377	1240	600	640	1040	680	150	150	60	125	340	500
426	1340	649	680	1140	726	150	150	60	125	365	550
478	1440	701	741	1240	776	150	150	60	125	400	600

проводе максимальная температура составляет 70°С и спекания не происходит. Поэтому немедленно после засыпки изоляции целесообразно организовать искусственный прогрев, который можно осуществить различными способами: горячей водой с подачей её от источника теплоснабжения через перемычку между подающим и обратным трубопроводами; горячей водой или паром от специальной установки, например локомобильного котла; путем электропрогрева током низкого напряжения (для труб диаметром до 150 мм). Спекание асфальтоизола можно производить не сразу по всей трассе, а отдельными участками.

При отклонении от оптимальной температуры на поверхности труб, соответствующей трехслойной конструкции, может быть получена двухслойная теплоизоляционная конструкция, а именно: при температуре ниже оптимальной — из плотного слоя и порошкообразного слоя; при температуре выше оптимальной — из плотного слоя и пористого слоя. Асфальтоизол может сохранять также порошкообразную структуру на все время эксплуатации теплосети, если температура размягчения его выше максимальной расчетной температуры теплоносителя.

В тяжелых грунтовых условиях, а также при высоком уровне грунтовых вод засыпную изоляцию теплопроводов порошкообразным асфальтоизолом рекомендуется заменять заливкой труб, уложенных в траншее, горячей расплавленной массой асфальтоизола в инвентарную опалубку. Это позволит получить бесшовную водонепроницаемую изоляцию, защищающую трубу от коррозии и потерь тепла. Участки теплотрассы с естественной компенсацией и в местах установки П-образных компенсаторов изолируют обычным канальным способом. Известно, что вследствие термопластичных свойств асфальтоизола бесканальная прокладка возможна также и на этих участках теплотрассы. Опытная эксплуатация ряда теплотрасс, уложенных полностью бесканальным способом с изоляцией труб искусственным асфальтоизолом, показала практическую возможность такого технического решения. Однако окончательно возможность получения полностью бесканальной прокладки теплопроводов с изоляцией труб асфальтоизолом может быть установлена после решения всего комплекса вопросов, связанных с внедрением этого вида тепловой изоляции. При проходе теплопроводов через стены камер и зданий, а также через торцы каналов устанавливают металлические гильзы. Зазор между трубопроводами и

гильзой заделывают промасленной паклей или теплостойкой резиной.

Для бесканальной прокладки тепловых сетей с изоляцией из асфальтоизола характерны следующие преимущества: возможность перенесения в заводские условия процесса изготовления асфальтоизола; простота изготовления изоляции на трассе; возможность укладки трубопроводов плетями, сваренными на бровке траншеи; процесс укладки не сложен и может выполняться рабочими невысокой квалификации; высокие тепло-, гидро- и электроизоляционные свойства; низкая стоимость. Асфальтоизол при соблюдении установленной технологии изготовления и производства изоляционных работ позволяет получить конструкцию, одновременно защищающую бесканальные теплопроводы от потерь тепла, увлажнения и наружной коррозии. Эти весьма важные свойства конструкции освобождают строителей от трудоемких работ по устройству двух защитных покрытий: антикоррозионного на трубах и гидроизоляционного по поверхности тепловой изоляции.

Однако следует иметь в виду, что перечисленные свойства могут быть практически достигнуты только при предварительной термической обработке или если применяется расплавленная изоляция. Проложенные с учетом этих требований бесканальные теплопроводы подтвердили эффективность изоляции труб асфальтоизолом.

Наряду с положительными моментами длительная проверка бесканальных теплопроводов с изоляцией из асфальтоизола выявила и некоторые отрицательные свойства этой конструкции. Установлено, что порошкообразный асфальтоизол в условиях эксплуатационных температур тепловых сетей спекается недостаточно и не образует плотного сплошного антикоррозионного слоя на поверхности труб, что приводит к их интенсивной коррозии.

Это явление объясняется тем, что средняя эксплуатационная температура теплоносителя не превышает 120—130°С для подающих трубопроводов и 70°С для обратных, что для спекания порошкообразного асфальтоизола явно недостаточно. Экспериментально было установлено также, что применение искусственного прогрева смонтированных теплопроводов при высоких температурах вызывает значительные опасные температурные напряжения в стальных трубах.

Кроме того, даже при хорошем спекании применяемые составы асфальтоизола образуют хотя и прочный, но весьма хрупкий слой, который повреждается при температурных перемещениях теплопровода. К недостаткам асфальтоизола относится также засоренность отдельных партий исходного материала (садкинского асфальтита) примесями

сопутствующей горной породы, содержащей коррозионно-агрессивный по отношению к стальным трубам серный ангидрид, в результате чего на некоторых участках теплопроводы были сильно повреждены наружной коррозией. В настоящее время строительство бесканальных тепловых сетей с изоляцией из асфальтоизола ограничено. Теплоизоляция теплопроводов асфальтоизолом, несомненно, эффективна, но требует доработки состава, способного спекаться при более низких температурах теплоносителя, сохраняя при этом свойства эластичности.

3.6. Общие конструктивные особенности бесканальных тепловых сетей из стальных труб

Бесканальные теплопроводы из стальных труб имеют конструктивные особенности, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей. При бесканальной прокладке теплопроводов свободные опоры, как правило, отсутствуют и трубы укладывают на дно траншеи на естественное или искусственное основание. В сухих грунтах трубы с тепловой изоляцией укладывают на песчаное основание, отсыпанное на предварительно выровненное дно траншеи. В насыщенных водой грунтах и в зоне грунтовых вод параллельно с теплопроводами укладывают дренаж. В слабых грунтах устраивают искусственное основание.

Недооценка качества подготовки основания под изолированные трубы, как правило, приводит к недопустимым просадкам теплопроводов. Просадки бесканальных теплопроводов могут происходить по различным причинам: вследствие рытья траншей ниже проектной отметки, недостаточно плотной подбивки песчаного слоя под теплопроводы, вследствие вспучивания глинистых грунтов при промерзании основания в зимнее время. В монолитных конструкциях просадки могут происходить вследствие разработки ложа под теплопроводами при температурных перемещениях. В целях уменьшения величины просадки необходимо строго соблюдать выполнение правил производства работ. Для этого рекомендуется на подходах к камерам на расстоянии 10 м укладывать теплопроводы на гравийное основание независимо от того, прокладываются ли трубопроводы с попутным дренажем или без него.

В конструкциях бесканальных тепловых сетей допускаются теплоизоляционные материалы с более высокими

коэффициентами теплопроводности по сравнению с традиционными теплоизоляционными материалами. Это обусловлено требованием к гидрофобности, а значит и к большей плотности комплексных теплогидроизоляционных материалов. Поставленные задачи наилучшим образом решаются только в случае применения монолитных однослойных конструкций, обеспечивающих максимальное сокращение швов, являющихся наиболее уязвимым местом в защите изоляционной конструкции и труб от увлажнения. В свою очередь, максимальная монолитность конструкций достигается нанесением тепловой изоляции непосредственно на месте укладки на заранее смонтированный трубопровод.

Как известно, основным принципом индустриализации строительства является максимальный перенос выполнения отдельных технологических операций в заводские или полигонные условия с доставкой на место монтажа укрупненных конструктивных элементов. Однако при достаточной механизации работ по укладке изоляционной массы непосредственно на трубопровод траншею с заготовкой массы в заводских условиях такой метод не противоречит требованиям индустриализации строительства, особенно, если этим достигается оптимальная конструкция. При изготовлении в заводских условиях и укладке бесканальных прокладок особое внимание следует обращать на тщательность и качество выполнения теплоизоляционной конструкции, так как даже небольшие дефекты и отклонения от принятой технологии могут привести к преждевременному выходу из строя всего теплопровода.

Вследствие недолговечных и малоэффективных конструкций теплоизоляции тепловых сетей теплопотери достигают 15% и более общего отпуска тепла, сильная внешняя коррозия труб резко сокращает эксплуатационный период и значительно снижает экономичность централизованного теплоснабжения. Монолитную теплоизоляцию бесканальных теплопроводов следует совершенствовать, изыскивая новые материалы объемной массой не более 100 кг/м^3 и улучшая применяющиеся в настоящее время ячеистые бетоны, ячеистые пластмассы и битумосодержащие материалы (битумоперлит, битумокерамзит, битумовермикулит, асфальтокерамзитобетон и др.).

Если бы удалось получать изоляционные материалы, одновременно являющиеся гидрофобными, механически прочными, воздухонепроницаемыми и электроизолирующими, то это позволило бы ограничиться выполнением однослойной конструкции из таких материалов без проти-

вокоррозионного слоя на трубах и гидрозащитного покрытия на изоляции. Прообразом такого материала может служить пенополимербетон, разработанный специалистами ВНИПИЭнергопрома Минэнерго СССР. С 1978 г. ВНИПИЭнергопром и НИИМосстрой ведут совместные исследования по изучению свойств и эксплуатационных качеств данного материала.

По сведениям разработчика пенополимербетон по таким показателям, как прочность, водопоглощение, температуроустойчивость, теплопроводность, тепловое расширение, адгезия к металлу и другим, превосходит наиболее широко применяемые в настоящее время изоляционные материалы. Он недорог, обеспечен сырьевой базой, нетоксичен, образует на поверхности трубы монослой, который работает совместно с трубой, не требует специальной антикоррозионной защиты металла труб и последующей гидрозащиты теплоизоляционного слоя. Технология нанесения изоляции из пенополимербетона на металлические трубы достаточно проста, не нуждается в сложном оборудовании, процесс поддается механизации и автоматизации, что позволит организовать производство изоляционных работ как в заводских условиях, так и непосредственно на строительной площадке.

Технологический процесс приготовления и нанесения изоляции на стальные трубы заключается в последовательном смешении сырьевых компонентов в определенных пропорциях и вспенивании композиции в специальной форме. Ускорение отверждения обеспечивается термообработкой в камере сухого нагрева. Полученный материал характеризуется переменной по сечению плотностью и состоит из поверхностной уплотненной корки объемной массой до 1000 кг/м³ и теплоизоляционного слоя объемной массой 200—300 кг/м³. Пока такие комплексные материалы находятся в стадии разработки, поэтому в бесканальных конструкциях теплопроводов обязательным элементом должно быть надежное противокоррозионное покрытие и помимо основного изоляционного слоя, также и покровный слой. Назначением покровного слоя является предохранение проникания влаги из грунта в основной изоляционный слой, а также его разгрузка от усилий со стороны грунта.

Основным требованием при транспортировке и хранении изолированных (монолитной изоляцией) труб является обеспечение целостности теплогидроизоляционной оболочки. Для длительного хранения изолированных труб цеха изоляции должны быть снабжены крытыми складами с оборудованием для их разгрузки и погрузки.

При бесканальных прокладках применение П-образных компенсаторов и использование углов поворота для самокомпенсации во избежание зажатия труб в грунте и для

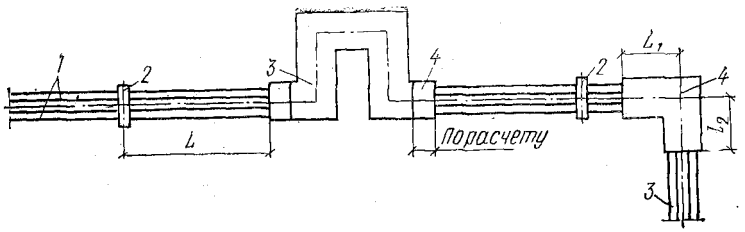


Рис. 3.29. Примерный план бесканальной теплотрассы
1 — трубопровод с изоляцией; *2* — неподвижная опора; *3* — компенсаторная ниша; *4* — непроходной железобетонный канал

обеспечения возможности их перемещения требуют устройства в этих местах ниш и канальных прокладок (рис. 3.29), что удорожает стоимость теплосетей, усложняет их строительство, а также вызывает ряд эксплуатационных неудобств. Применение же сальниковых компенсаторов требует для их обслуживания устройства дорогостоящих теплофикационных камер. Кроме того, сальниковые компенсаторы вследствие просадок бесканальных теплопроводов могут перекашиваться и быть источником утечки теплоносителя. Поэтому, с точки зрения эксплуатации, они являются менее надежными, чем гнутые компенсаторы. Наиболее надежными для прямолинейных участков бесканальных теплопроводов являются линзовые и волнистые компенсаторы, которые не требуют обслуживания и размещения в камерах, однако такие компенсаторы, как было отмечено выше, пока изготовляются в небольших количествах.

При бесканальной прокладке теплопроводов на долю канальных участков практически приходится не менее 15—25% общей протяженности теплотрассы. Для устранения этого существенного недостатка неоднократно предлагались конструкции бесканальных теплопроводов, допускающие небольшие поперечные перемещения трубопроводов без нарушения структуры изоляции, в частности конструкции с засыпной или плавленой изоляцией на поворотах теплотрассы и в нишах. Многочисленные проблемы, связанные с переходом полностью на бесканальную прокладку, нельзя считать решенными даже при тех конструкциях, для которых такие решения представляются наиболее перспективными, а именно при засыпной изоляции. Решение этих проблем продолжает оставаться актуальным.

При проектировании тепловых сетей необходимо стремиться к прямолинейности трассы, закрепляя углы поворота неподвижными опорами и применяя осевые компенсаторы.

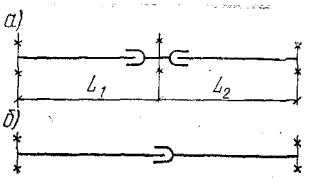
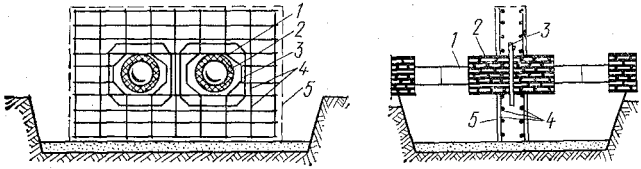


Рис 3.30. Схема установки сальниковых компенсаторов
а — обычная схема; *б* — плавающая схема

Рис. 3.31. Конструкция неподвижной опоры НИИМосстроя
1 — стальная труба; *2* — битумоперлитная изоляция; *3* — опорный фланец; *4* — арматура; *5* — бетонная стена



Сальниковые компенсаторы при бесканальной прокладке с монолитной тепловой изоляцией, если это допускает их компенсирующая способность, рекомендуется устанавливать по «плавающей» схеме (рис. 3.30), что позволяет увеличить длину участка между неподвижными опорами почти в 2 раза и во столько же раз уменьшить количество односторонних сальниковых компенсаторов при одновременном уменьшении габаритов камер. Во внутриквартальных тепловых сетях гибкие компенсаторы рекомендуется размещать в технических подпольях или подвалах зданий, устанавливая на входе в здания сальники.

При бесканальной прокладке неподвижные опоры выполняют в виде вертикальных железобетонных щитов, устанавливаемых на прямых участках трассы. В железобетонных камерах для неподвижных опор используют одну из стен камеры либо устанавливают металлические конструкции. В местах прохода труб через стены камер необходимо предусматривать возможность их осадки, для чего под опорами в камерах устанавливают набор стальных пластин общей толщиной до 60 мм, которые в процессе эксплуатации можно удалять по мере осадки трубопроводов. Щитовые опоры диаметром до 500 мм рекомендуется изготавливать на заводах. В них закладывают отрезки подающих и обратных труб. Готовую опору с выпущенными концами труб вывозят на трассу и устанавливают в предусмотренных проектом местах траншеи, приваривая их к смонтированным трубопроводам. Щитовые неподвижные опоры диаметром более 500 мм изготовляют монолитными.

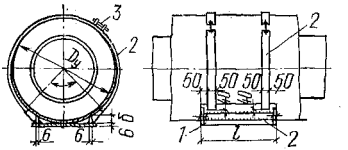


Рис. 3.32. Конструкция подвижной опоры Мосинжпроекта

1 — скользящая опора; *2* — хомуты; *3* — болты для стяжки хомута

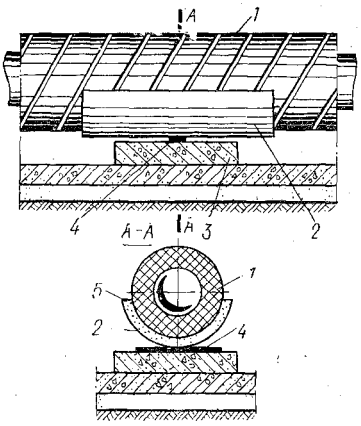
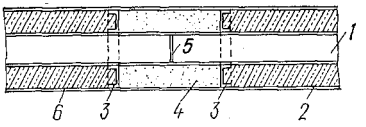


Рис. 3.33. Конструкция подвижной опоры НИИмосстроя

1 — битумоперлитная изоляция; *2* — опорный полуцилиндр; *3* — бетонный камень; *4* — стальная скоба; *5* — цементно-песчаный раствор

Рис. 3.34. Схема заделки стыков фенольным пенопластом

1 — труба; *2* — армобетон; *3* — торцовые шайбы; *4* — фенолформальдегидный пенопласт; *5* — сварной стык труб; *6* — гидроизоляционное покрытие



Для повышения надежности и долговечности бесканальных теплопроводов в местах прохождения труб через щитовые опоры НИИМосстроем разработана конструкция неподвижной опоры, в тело которой закладывается предварительно изолированный элемент (рис. 3.31). Мосинжпроектом и НИИМосстроем для канальных участков разработаны конструкции подвижных опор, позволяющие устанавливать теплопроводы без нарушения изоляции. Мосинжпроект предлагает хомутовую опору (рис. 3.32), а НИИмосстрой рекомендует скользящую подушку приклеивать к битумоперлитной изоляции цементно-песчаным раствором (рис. 3.33).

Одним из слабых мест бесканальной прокладки, особенно с монолитной изоляцией заводского изготовления, являются стыки, заделка которых осуществляется на трассе. Сварные стыки изолируют на объекте после окончания монтажа и гидравлического испытания участка полуцилиндрами или сегментами заводского изготовления или методом заливки теплоизолирующих составов в специальные формы, надеваемые на изолируемый стык с оклейкой их поверхности рулонными битумными материалами. Полуцилиндры и сегменты, как правило, изготовляют из тех же теплоизо-

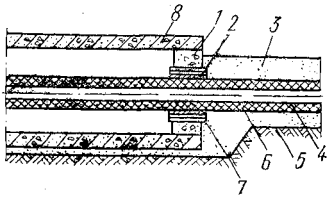


Рис. 3.35. Сальник в месте сопряжения бесканального участка с канальным

1 — заделка отверстия бетоном М100; *2* — гернит или асбопухшнур толщиной 30—40 мм; *3* — песчаная засыпка; *4* — стальная труба; *5* — засыпка местным грунтом; *6* — битумоперлитная изоляция; *7* — два-три слоя бризола на битумной мастике; *8* — канал

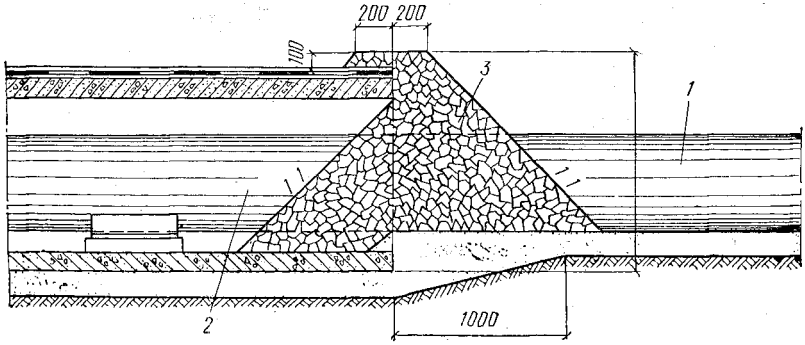


Рис. 3.36. Конструкция сопряжения бесканального участка с канальным (Мосинжпроект)

1 — бесканальный участок; *2* — канальный участок; *3* — щебень обсыпки

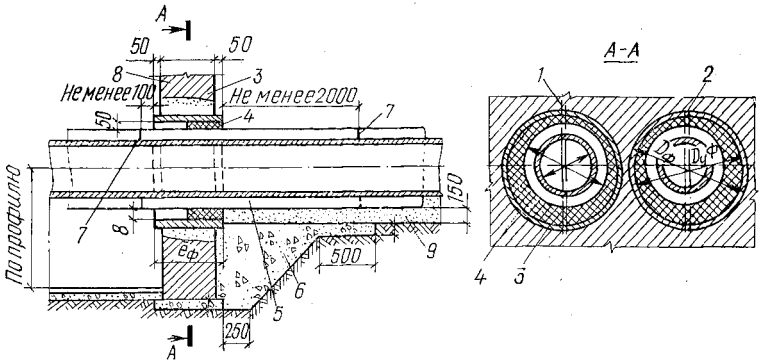


Рис. 3.37. Конструкция прохода через стену камеры

1 — ось гильз; *2* — ось теплопровода; *3* — сальник; *4* — гильза; *5* — заводская изоляция; *6* — бетон; *7* — граница заводской изоляции; *8* — стена камеры; *9* — песчаное основание

ляционных материалов, что и теплоизоляцию труб. Эти работы выполняют ручным способом и, как показывает опыт, качество изоляции оказывается неудовлетворительным. В результате изоляция сварных стыков оказывается

тем ненадежным местом изоляционной конструкции, в котором возможно проникание в эту конструкцию влаги, беспрепятственно распространяющейся вдоль теплопровода. Появления увлажненных участков и очагов наружной коррозии наблюдается особенно под штучными изделиями, стыкующимися с монолитной изоляцией.

В Ленинграде нашла широкое применение монолитная заделка стыков заливкой их на месте фенольным пенопластом (рис. 3.34) с помощью специальной передвижной установки. Существенный экономический эффект дает применение фенольного пенопласта ФЛ-2 для заливки стыков на трассе при прокладке теплопроводов с армопенобетонной изоляцией. Благодаря способности ФЛ-2 вспениваться и отверждаться при отрицательных температурах работы по заделке стыков могут проводиться как летом, так и зимой.

В местах стыковки участков бесканальной прокладки с непроходными каналами, камерами, стенами зданий и т. п. создаются наиболее тяжелые условия с точки зрения опасности наружной коррозии и увлажнения изоляции, поэтому конструкции и особенно качеству работ по выполнению изоляции следует уделять особое внимание. На участках примыкания теплопроводов к теплофикационным камерам наблюдается оплывание мастичного слоя, полное расслаивание гидроизоляции и увлажнение тепловой изоляции. Вскрытиями и обследованием обнаружено, что наиболее часто повреждение изоляции и коррозия стальных труб наблюдаются именно в этих местах.

Конструкции узлов перехода теплопроводов из бесканального участка к канальному должны обеспечивать относительную герметичность соединения и возможность осевого и бокового перемещения. Защемление теплопроводов в этих местах не допускается. При входе бесканального теплопровода в канал необходимо устанавливать сальники (рис. 3.35) с уплотнением зазора эластичным материалом, например просмоленным канатом, или по предложению Мосинжпроекта отделять пространство канала от окружающего грунта гравием (рис. 3.36). При переходе бесканальных теплопроводов с монолитной изоляцией через стены камер необходимо, чтобы ось теплопровода размещалась выше оси гильзы (рис. 3.37). Это снижает возможность разрушения тепловой изоляции в местах проходов при просадках теплопроводов.

ГЛАВА IV. БЕСКАНАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ ИЗ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБ

4.1. Асбестоцементные трубы

Эффективной возможностью снижения капитальных затрат и металловложений, а также повышения срока эксплуатации и надежности тепловых сетей является замена стальных труб неметаллическими, которые в практике строительства напорных трубопроводов получают все большее распространение. К неметаллическим напорным трубам относятся: железобетонные предварительно напряженные, асбестоцементные, деревянные, стеклянные толстостенные, базальтовые, резиновые, пластмассовые. Однако, по мнению специалистов, из неметаллических труб пока только асбестоцементные могут вполне заменить металлические при строительстве тепловых сетей.

В настоящее время асбестоцементные трубы составляют около 70% всех неметаллических, выпускаемых в нашей стране.

Впервые асбестоцементные трубы появились в Италии, где в 1913 г. обществом «Этернит» было организовано производство их заводским способом. Несколько позднее, к 1921 г., асбестоцементные трубы стали изготовлять во Франции, Бельгии, Англии, Германии и других промышленных странах. В 1929 г. фирма «Джонс-Менвилл» стала выпускать асбестоцементные трубы для подземной прокладки в США и Канаде. В СССР асбестоцементные трубы начали выпускать в 1928 г. на заводе «Красный строитель» в г. Воскресенске Московской обл. Материалами для изготовления асбестоцементных труб служат асбест, цемент и вода.

Для производства асбестоцемента используют главным образом хризотил-асбест. Асбестоцементные волокна наряду с высокой огнеупорностью и химической стойкостью обладают также значительной прочностью на растяжение; ими армируют цементный камень, тем самым упрочняя его. В состав асбестоцементных напорных труб входит примерно 15% асбеста и 85% портландцемента. Трубы изготовляют машинным способом (навивкой под давлением). Стенки труб состоят из отдельных тонких асбестоцементных слоев-пленок, накладываемых на форматную скалку и спрессовываемых в процессе формования в монолит. По достижении заданной толщины стенки формование трубы прекращают, затем снятые с форматной скалки трубы проходят процесс твердения, после чего их концы обрезают и обтачивают на токарных станках.

На напорные трубопроводы, проложенные под землей,

действуют силы давления транспортируемой рабочей жидкости и внешние нагрузки (давление грунта, транспорта). Одним из основных показателей, определяющих возможность применения асбестоцементных труб в напорных трубопроводах, является механическая прочность труб. Результаты исследований показали, что механическая прочность асбестоцементных труб лежит значительно выше, чем требуемая минимальная прочность при применении их в трубопроводном строительстве.

Выпускаемые на асботрубных заводах напорные асбестоцементные трубы в зависимости от марки рассчитаны на определенное давление рабочей жидкости. При испытании асбестоцементных напорных труб на отечественных заводах-изготовителях в соответствии с ГОСТ 539—80 обеспечивается двойной запас при испытании на водонепроницаемость и тройной запас при испытании на разрыв внутренним гидравлическим давлением.

При прокладке асбестоцементных напорных трубопроводов, особенно в городах, всегда опасаются вредного воздействия нагрузки от транспорта на прочность труб. Исследования, проведенные Высшей технической школой в Гамбурге с целью определения внешних динамических нагрузок на проложенные в земле трубы, показали, что эти опасения не оправдываются.

Многолетний опыт эксплуатации газовых сетей из асбестоцементных труб в Будапеште показал, что даже при частом прохождении по трассе газопроводов транспорта, создающего исключительно тяжелые динамические нагрузки, не было ни одного случая разрушения асбестоцементных труб и стыковых соединений.

Широкое применение асбестоцементных труб во многом зависит от их долговечности в условиях эксплуатации. Асбестоцементные трубы, по сравнению с металлическими, обладают высокой коррозионной стойкостью. Асбестоцемент обладает значительным электрическим сопротивлением, поэтому все электрохимические коррозионные процессы полностью исключаются. Изучение процесса грунтовой коррозии асбестоцементных труб показало, что эти трубы более устойчивы к химическому воздействию, чем бетонные и особенно металлические.

Однако химическая стойкость асбестоцементных труб является хотя и очень высокой, но не безграничной, поскольку асбестоцементные трубы, кроме стойкого к воздействию агрессивных сред асбеста, содержат также цемент. Они в особо агрессивных грунтах и водах подвержены тем же видам коррозии, что и бетонные трубы. Но происходит это в редких случаях. Чаще всего асбестоцемент, подвергшийся химическому воздействию, представ-

ляет вид поверхности, обтянутой тончайшим бархатом. Цемент выщелачен и асбестовые волокна образуют защитный слой. Химическое воздействие проникает в глубину все медленнее и, наконец, практически совсем прекращается. Результаты других исследований свидетельствуют также о том, что скорость разрушения асбестоцементных труб со временем резко уменьшается и, наконец, практически совсем прекращается, поскольку указанный войлокоподобный слой выполняет роль буфера.

Таким образом, часто случается, что асбестоцементные трубы хорошо оправдывают себя даже в таких условиях, при которых их не рекомендовали применять. В результате проведенных в полевых и лабораторных условиях испытаний асбестоцементных труб, прослуживших 14 лет в чрезвычайно коррозионном грунте, в Виннипеге, Канаде не было обнаружено никакого ухудшения пропускной способности и физических характеристик труб.

Кроме того, следует заметить, что асбестоцементные трубы благодаря особенностям технологии их изготовления (имеется в виду давление, при котором асбестоцементные волокна наматываются на стальную скалку) получают высокую плотность, способствующую повышению сопротивления труб химическому воздействию. Поскольку поры в асбестоцементе имеют очень малые размеры, проникновение в них агрессивных веществ, растворение и выведение компонентов из асбестоцемента в существенной мере затруднены.

Практика показала, что никогда еще не возникала необходимость замены асбестоцементных труб из-за разрушения агрессивными средами. Состояние асбестоцементных труб при морозе вследствие хорошей теплоемкости асбестоцемента, вполне удовлетворительно. Так, например, участки асбестоцементных напорных труб замораживали и снова опускали в ванну с водой до 30 раз. При этом не было обнаружено никаких повреждений. Асбестоцементные напорные трубы обладают хорошими гидравлическими свойствами. Способы выработки асбестоцементных труб при формовании их на стальных скалках обеспечивают такую ровную и гладкую внутреннюю поверхность, которая из-за малого гидравлического сопротивления создает незначительные потери напора и не способствует образованию отложений на стенках трубопровода и скоплению в них осадков.

Исследования по определению гидравлического сопротивления асбестоцементных труб при движении по ним чистой воды были достаточно глубоко проведены как за рубежом, так и в нашей стране. На основании исследований, проведенных во ВНИИ ВОДГЕО Ф. А. Шевелевым, составлены таблицы для гидравлического расчета асбестоцементных водопроводных труб.

В напорных трубах, в результате закрывания и открывания запирающих устройств, возникают гидравлические удары, которые могут в несколько раз превышать рабочее давление. С уменьшением времени закрывания запирающего устройства увеличивается сила гидравлического удара. Последний становится опасным для системы трубопроводов, не обладающей необходимым запасом прочности. Применяемые для соединения асбестоцементных напорных труб асбестоцементные муфты с резиновыми уплотнительными кольцами, работающими по принципу самоуплотнения, смягчают гидравлические удары в асбестоцементном трубопроводе, так как при распространении напорной волны уплотнительные кольца сжимаются сильнее. Кроме того, муфтовые эластичные соединения, соединяющие отдельные асбестоцементные трубы, допускают некоторые угловые отклонения труб от оси. Это в случае просадок грунта не нарушает герметичности трубопровода.

Стоимость асбестоцементных труб ниже стоимости труб металлических, железобетонных и даже керамических, кроме того они обладают и сравнительно небольшой массой. К недостатку асбестоцементных труб следует отнести их хрупкость. Поэтому при монтаже, погрузке и разгрузке, а также при перевозке следует строго соблюдать необходимые меры предосторожности.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что асбестоцементные трубы обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью, морозостойкостью, хорошими гидравлическими характеристиками, невысокой стоимостью и небольшой массой. Именно благодаря этим свойствам они получают в последнее время все большее распространение в трубопроводном строительстве как в СССР, так и в других странах. Асбестоцементные трубопроводы нашли широкое применение в системах водоснабжения и канализации. Асбестоцементные трубы получают все большое применение при сооружении газопроводов. Исследование свойств асбестоцементных труб для газопроводов, проведенное в нашей стране институтом НИИасбестоцемент совместно с институтами ВНИИСТ и ГипроНИИГАЗ, позволило еще шире рекомендовать их для газопроводов. Кроме того, асбестоцементные трубы работают в качестве ирригационных и промышленных трубопроводов, для дренажа, прокладки телефонных и электрических кабелей, каналов, для кондиционирования воздуха, для вентиляции, дымоходов, дымовых труб и других целей.

Технология строительства перечисленных трубопроводов

из асбестоцементных труб достаточно подробно и широко освещена в литературе. В Советском Союзе, благодаря богатейшим в мире месторождениям хризотил-асбеста и развитию цементной промышленности, широкое производство асбестоцементных труб позволяет применять их в народном хозяйстве для транспортирования жидкостей и газов как экономически выгодные, заменяющие дефицитные и дорогостоящие металлические трубы.

В мировой практике асбестоцементные трубы, если и применялись раньше при строительстве тепловых сетей, то лишь в качестве защитных оболочек, надеваемых на стальные трубы. Применение асбестоцементных труб для изготовления теплоизоляционных оболочек было известно в Советском Союзе и ряде других стран. Применяли следующие способы прокладок стальных теплопроводов в асбестоцементных трубах: прокладка, выполняемая протаскиванием готовых стальных теплопроводов в асбестоцементные трубы, уложенные в траншею; прокладка полностью готовыми звеньями, собранными вне траншеи. Оба вида прокладки предусматривают применение заранее сваренных стальных плетей длиной до 50 м.

В качестве несуще-ограждающей конструкции применение асбестоцементных труб зарубежные авторы обосновывают следующими преимуществами этих труб: большой прочностью на сжатие; значительной стойкостью к химическим воздействиям; большой водо- и газонепроницаемостью оболочки, а следовательно, отсутствием коррозии труб и снижением тепловых потерь теплопроводов; высокими диэлектрическими свойствами; простой и быстрой укладкой труб с незначительным объемом земляных работ; возможностью блочного строительства. Теплопотери при прокладке стальных теплопроводов в асбестоцементных трубах не выше, чем при канальной прокладке. Многолетний опыт эксплуатации стальных теплопроводов, проложенных в асбестоцементных трубах (фирма «Wanit»), подтвердил их работоспособность. Имелись также и отдельные попытки использования асбестоцементных напорных труб непосредственно в качестве теплопроводов.

Первые исследования были проведены С. Ф. Копьевым и М. П. Чувилкиным в 1932—1933 гг. во Всесоюзном теплотехническом институте имени Ф. Э. Дзержинского. Исследовали опытный участок теплопровода длиной 15 м, смонтированный из асбестоцементных труб, изготовленных на воскресенском комбинате «Красный строитель». Трубы имели внутренний диаметр 218 мм и толщину стенки 14—16 мм. Соединение асбестоцементных труб осуществляли с помощью наружных металлических муфт, зачеканенных асбестоцементной

массой того же состава, что и трубы. Асбестоцементные трубы были заполнены водой под давлением в течение 3900 ч, в том числе с температурой 50—150°С — 1400 ч. Во время испытаний замеряли: расход воды, ее температуру, давление, сопротивление труб, утечки из труб и стыков, температурные удлинения и тепловые потери. В результате испытаний трубы и стыковые соединения показали вполне удовлетворительные результаты при всех заданных режимах температур и давлений [до 150°С и до 0,6 МПа (6 кгс/см²)]. В процессе испытания было установлено, что в случае применения жесткой конструкции стыкового соединения, какой является муфта, зачеканенная асбестоцементной массой, необходимо устанавливать компенсирующие устройства.

В 1955 г. во Всесоюзном теплотехническом институте им. Ф. Э. Дзержинского на опытных прокладках асбестоцементных труб А. А. Скворцовым были испытаны три типа стыковых соединений для асбестоцементных теплопроводов:

1) жесткий стык с использованием стандартной асбестоцементной муфты с плотной зачеканкой зазора между муфтой и трубой асбестоцементным или чисто цементным раствором;

2) гибкий стык с использованием асбестоцементной муфты, герметичность соединения которого достигается уплотнением зазора четырьмя резиновыми кольцами (по два с каждой стороны муфты), изготовленными из термостойкой резины, плотно прижимаемыми к муфте металлическими фланцами, стянутыми болтами;

3) стык с металлической муфтой с уплотнением резиновыми манжетами.

Результаты испытаний позволили считать стыковые соединения (типы 2 и 3) пригодными для применения в асбестоцементных теплопроводах, прокладываемых лишь в местах, доступных для осмотра и обслуживания. Жесткий стык (тип 1) получил отрицательную оценку.

Н. П. Карягин (Горьковский инженерно-строительный институт) получил положительные результаты проводимых опытов по использованию асбестоцементных труб для изготовления нагревательных приборов в системах центрального отопления и взамен корродирующих стальных труб в экономайзерах. Асбестоцементные трубы опробовались также для подогрева грунта при теплоснабжении парников и теплиц, однако для этих условий работы трубопроводов требования к прочности и надежности труб и стыковых соединений значительно ниже, чем для тепловых сетей.

Кроме этого, известны отдельные случаи, когда асбестоцементные трубы были успешно применены на курортах для транспортирования термальной минеральной воды от скважин к ванным зданиям. Других каких-либо попыток использования асбестоцементных труб в качестве теплопроводов, систематизированных разработок конструкций и технологии строительства тепловых сетей из асбестоцементных труб ранее больше не проводилось. Эти отдельные попытки использования асбестоцементных труб в качестве теплопроводов показали лишь принципиальную возможность такого технического решения, но не дали основания

для применения асбестоцементных труб при строительстве тепловых сетей.

Установление возможности применения асбестоцементных труб в качестве подземных теплопроводов потребовало разработку принципиально новых конструкций и элементов сетей, а это в свою очередь меняет технологию строительства асбестоцементных тепловых сетей. Таким образом, выявилась необходимость в систематизированном и комплексном решении всей этой задачи в целом. Исследованиями, проведенными во ВЗИСИ, установлена возможность и целесообразность применения асбестоцементных труб при бесканальной прокладке тепловых сетей, разработаны и исследованы принципиально новые тепловые сети и методы их строительства.

Отечественной промышленностью выпускаются в настоящее время напорные асбестоцементные трубы:

асбестоцементные водопроводные напорные трубы марок ВТ6, ВТ9, ВТ12 и ВТ15, рассчитанные соответственно на рабочее давление 0,6; 0,9; 1,2 и 1,5 МПа (6; 9; 12 и 15 кгс/см^2), диаметром условного прохода $D_у = 100$—500 мм длиной 3 и 4 м (ГОСТ 539—80);

асбестоцементные водопроводные напорные трубы марок ВТ9, ВТ12 и ВТ15, рассчитанные соответственно на рабочее давление 0,9; 1,2 и 1,5 МПа (9; 12 и 15 кгс/см^2), $D_у = 150$—500 мм, длиной 6 м (ТУ 21-24-77-76).

Выпуск асбестоцементных труб длиной 6 м начат в 1964 г. воскресенским комбинатом «Красный строитель» на оборудовании итальянской фирмы «РКМ» и осваивается другими асботрубными заводами страны на новых отечественных машинах, разработанных СКБ «Асбоцеммаш» Минстройдормаша. Установлено, что наиболее подходящими для применения в тепловых сетях являются напорные асбестоцементные трубы марок ВТ9, ВТ12 и ВТ15 длиной 3, 4 и 6 м. Проведенные исследования показали, что асбестоцементные трубы обладают достаточной стойкостью при длительном воздействии теплоносителя — горячей и перегретой воды. Их прочностные характеристики не снижаются, состав и структура не меняются. Это дало основание применять асбестоцементные трубы в качестве теплопроводов.

Основными факторами, влияющими на величины линейных деформаций асбестоцементных труб при транспортировке по ним теплоносителя, являются влажность и температура. Величина набухания асбестоцементных труб при увлажнении близка величине набухания цементного камня

и колеблется от 0,952 до 1,724 мм на 1 м трубы. Суммарные линейные деформации от воздействия температуры при нагревании в воде с учетом набухания не превышают 2,15 мм на 1 м трубы.

При использовании для стыкования асбестоцементных теплопроводов асбестоцементных муфт с теплостойкими уплотнительными кольцами эти деформации можно компенсировать в самих стыках за счет оставляемого между асбестоцементными трубами монтажного зазора величиной 10—15 мм при длине труб 3—4 м и величиной 15—20 мм при длине труб 6 м. В этом случае отпадает необходимость в устройстве специальных компенсаторов.

Коэффициент теплопроводности асбестоцемента с объемной массой, равной 1,9 г/см^3 при естественной влажности и нулевой температуре, равен 0,35 Вт/(м·°С) [0,3 ккал/(ч·м·°С)]. Однако при транспортировании по асбестоцементным трубам горячей воды с повышением ее температуры увеличивается и коэффициент теплопроводности. Под воздействием теплоносителя (воды) при температуре до 150°С коэффициент теплопроводности увлажненной стенки асбестоцементных труб в практических расчетах принимают равным 0,9 Вт/(м·°С) [0,8 ккал/(ч·м·°С)]. Стенки асбестоцементных труб вследствие невысокого коэффициента теплопроводности (по сравнению со стальными, коэффициент теплопроводности которых равен 58 Вт/(м·°С) [50 ккал/(ч·м·°С)]) имеют термическое сопротивление, которое необходимо учитывать при тепловом расчете асбестоцементных теплопроводов. Это позволяет уменьшить толщину слоя тепловой изоляции.

Учитывая высокую экономическую эффективность использования асбестоцементных труб для горячего водоснабжения, а также отсутствие в литературе сведений, касающихся их гигиенической оценки, Саратовский НИИ сельской гигиены провел комплексные натурные и лабораторные исследования по обоснованию возможности использования напорных трубопроводов для систем горячего водоснабжения.

Гигиеническое изучение последних с применением напорных асбестоцементных труб ВТ9 и ВТ12 включало в себя натурное обследование опытных водопроводов горячего водоснабжения в Люберцах Московской обл. и поселке имени Карла Либкнехта Курской обл. Одновременно в лабораторных условиях на моделях трубопроводов рассматривались физико-химическое и санитарно-токсикологическое свойства водных вытяжек. Для правильной гигиенической интерпретации полученных данных в качестве контрольных были взяты дома, горячая вода к которым поступает по стальным трубам.

Изучение качеств воды проводили по следующим показателям: органолептическим (запах, привкус, прозрачность, цветность), химиче-

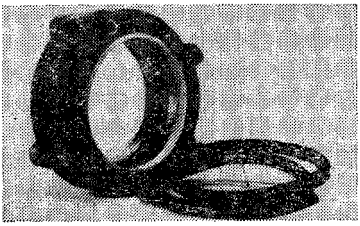
ским (pH, окисляемость, жесткость, кальций, железо, сухой остаток), бактериологическим (коли-индекс, общее микробное число) и другим. Установлено, что ни один из названных показателей не был ухудшен. Это же подтвердили и лабораторные исследования с водными вытяжками из асбестоцементных труб. Опрос по специально разработанным анкетам позволил установить, что горячая вода, поступающая по асбестоцементным трубам, большинством потребителей была оценена как вода, обладающая благоприятными органолептическими характеристиками, вполне пригодная для хозяйственно-бытового употребления. (Большая часть жалоб связана с появлением в воде ржавчины от стальных труб.) Какого-либо специфического воздействия асбестоцементных труб на качество горячей воды выявить не удалось.

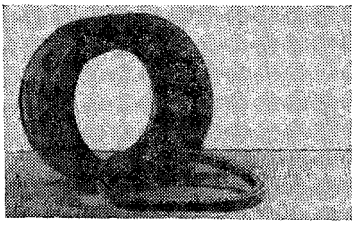
На основании результатов исследований, проведенных Саратовским НИИ сельской гигиены как в лабораторных условиях, так и при эксплуатации натурных тепловых сетей из асбестоцементных труб, Министерство здравоохранения СССР разрешило применение асбестоцементных теплопроводов для систем централизованного горячего водоснабжения, что еще больше расширяет область их применения.

4.2. Стыковые соединения асбестоцементных теплопроводов

Асбестоцементные трубы обладают достаточной стойкостью при длительном воздействии горячей и перегретой воды, однако надежность всей системы теплопроводов зависит в первую очередь от их стыковых соединений. Для соединения асбестоцементных труб в напорных трубопроводах в настоящее время применяются в основном два типа муфтовых соединений: а) *чугунная фланцевая муфта* ГОСТ 17584—72 (рис. 4.1,*а*); б) *асбестоцементная самоуплотняющаяся муфта* (ГОСТ 539—80) типа САМ (рис. 4.1,*б*). *Чугунная фланцевая муфта* с резиновыми уплотнительными кольцами круглого и трапециевидного поперечного сечения обеспечивает высокую надежность стыкового соединения (вплоть до разрыва асбестоцементных труб), однако болтовое соединение фланцев ограничивает применение этой муфты для стыкования труб тепловых сетей.

Высокой надежностью обладает *асбестоцементная муфта типа САМ* с резиновыми уплотнительными кольцами, работающими по принципу самоуплотнения, что обеспечивает увеличение герметичности по мере увеличения давления в трубопроводе. Для соединения асбестоцементных труб в теплопроводе на базе серийной самоуплотняющейся





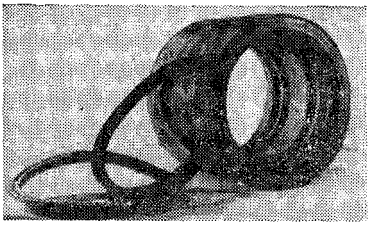


Рис 4.1. Типы стыковых соединений

а — чугунная фланцевая муфта; *б* — асбестоцементная муфта САМ; *в* — асбестоцементная муфта САМ-2-ТП

а|б
в

муфты САМ разработаны новые *муфты САМ-2-ТП* (рис. 4.1,*в*) с четырьмя резиновыми уплотнительными кольцами (по два кольца на каждую сторону стыкуемых труб). Конструкция муфт должна соответствовать указанной на рис. 4.2, размеры муфт должны соответствовать приведенным в табл. 4.1.

Таблица 4.1. **Размеры муфты САМ-2-ТП, мм**

Условный проход	Наружный диаметр D_1	Внутренний диаметр D_2	Диаметр канавок D	Ширина канавок l	Ширина буртика b	Ширина перемычки b'	Ширина конусной расточки c	Длина L
100	175	127	150	20	27	20	6	210
150	224	173	196	20	27	20	6	210
200	286	229	252	20	27	20	6	210
250	341	279	302	20	27	20	6	210
300	398	329	352	20	27	20	6	210

Помимо высокой герметичности стыковых соединений разработанные муфты обеспечивают также возможность компенсации линейных деформаций асбестоцементных труб посредством скольжения последних в резиновых уплотнительных кольцах за счет оставляемого между торцами труб зазора. Герметизацию муфтовых соединений (САМ-2-ТП, САМ9, САМ12 и САМ15) следует осуществлять с помощью уплотнительных колец из теплостойкой резины

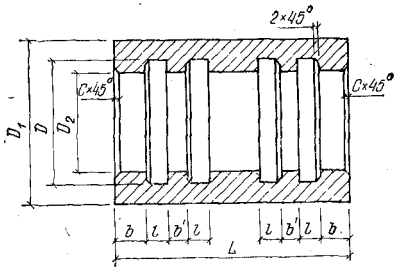


Рис. 4.2. Самоуплотняющаяся асбестоцементная муфта САМ-2-ТП

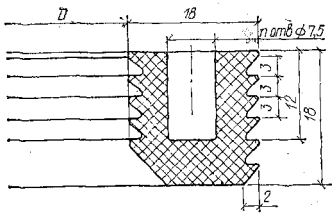


Рис. 4.3. Сечение резинового кольца для муфт САМ-2-ТП и САМ

марки ИРП-1220 по форме и размерам, отвечающим требованиям ГОСТ 5228—76. Конструкция и размеры резиновых колец должны соответствовать рис. 4.3 и данным табл. 4.2.

Таблица 4.2. **Размеры резиновых колец**

Условный диаметр $D_у$	Внутренний диаметр D	Число гнезд в кольце	Условный диаметр $D_у$	Внутренний диаметр D	Число гнезд в кольце
100	119	40	250	272	88
150	165	56	300	322	104
200	222	72			

Условия работы резиновых уплотнителей в стыковых соединениях асбестоцементных теплопроводов более тяжелые, нежели в обычных водопроводах, поскольку повышенная температура транспортируемой среды в значительной мере ускоряет процесс старения обычных резиновых манжет, что проявляется в потере резиной эластичности, а значит в снижении герметичности стыковых соединений.

Для подбора рецептуры теплостойкой резины, способной длительное время сохранять высокоэластичные свойства при температуре до 150°С, были проведены исследования. Установлено, что резина на основе синтетических каучуков и особенно на основе бутил-каучука обладает повышенной стойкостью в предъявленных условиях температурного воздействия.

Исходя из этого для исследований были предложены рецептуры резин следующих марок: 4990 — на основе синтетического нитрильного каучука СКН-40; НО-70 — на основе наирита (синтетического хлоропренового каучука) и СКН-18; ИПР-1220 — на основе синтетических нитриль-

ных каучуков СКН-18 и СКН-26; ЗФ4-26б — на основе бутил-каучука.

Прочностные свойства асбестоцементных самоуплотняющихся муфт типа САМ с резиновыми уплотнительными кольцами достаточно глубоко обоснованы для применения в обычных условиях в работах М. Е. Чеченина и Г. А. Пугачева в НИИАсбестцементе. Поэтому основными направлениями исследований были обеспечение герметичности в условиях воздействия температуры и давления теплоносителя и долговечности этих стыковых соединений. Кроме этого, были исследованы угловые отклонения асбестоцементных труб в муфтах САМ-2-ТП.

Для обеспечения герметичности муфтовых стыков с резиновыми уплотнительными кольцами очень важное значение имеет давление на контакте труба — резина — муфта возникающее в результате действия упругих сил, внешне проявляющихся при сжатии резиновых колец. Это контактное напряжение зависит от модуля упругости резины или ее твердости и степени начального обжатия колец между трубой и муфтой.

Степень начального обжатия колец (в %) может быть определена по формуле

$$\varepsilon = (h_к - h_1)/h_к \; 100,$$

где $h_к$ — высота резиновых уплотнительных колец, мм; h_1 — высота резиновых уплотнительных колец в обжатом состоянии, мм.

Высота уплотнительных колец в обжатом состоянии зависит от диаметра расточки канавок асбестоцементных самоуплотняющихся муфт и наружного диаметра обточенных концов асбестоцементных труб.

$$h_1 = (D_к - D_{тр})/2,$$

где $D_к$ — диаметр расточки канавок муфт, мм; $D_{тр}$ — наружный диаметр обточенных концов труб, мм.

Для исследования герметичности стыковых соединений в условиях температурного воздействия теплоносителя в зависимости от твердости резины и степени начального обжатия колец были проведены лабораторные испытания на специальном стенде. Стендовые испытания показали, что при твердости резины 50—60 по ТМ-2 и степени начального обжатия уплотнительных колец в рабочем состоянии 15—18% вполне обеспечивается герметичность стыковых соединений асбестоцементных труб при использовании их в качестве теплопроводов в рабочем диапазоне давлений горячей воды. Лучшие результаты показали уплотнительные кольца из теплостойкой резины марок ИРП-1220 и ЗФ4-26б.

В процессе эксплуатации надежную работу уплотнения

характеризуют два показателя — *контактное напряжение* и *остаточная деформация колец*. При длительной эксплуатации, вследствие развивающегося процесса химической релаксации и накопления остаточной деформации, происходит постепенное падение контактного напряжения, которое может вызвать разуплотнение стыка. Для определения долговечности резиновых колец при использовании их в качестве уплотнителей стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов было проведено ускоренное старение образцов резин при деформационном режиме, близком к режиму работы колец в муфте.

Для этого были использованы разработанные в НИИРП методы ускоренного старения резин, которые основаны на том, что в результате длительной выдержки при более низких температурах в резине развивается, хотя и значительно медленнее, процесс химической релаксации той же природы, что и при более высоких температурах. Поэтому испытания при средней температуре эксплуатации резиновых колец можно заменить кратковременными испытаниями при более высоких температурах.

Проведенными исследованиями установлена возможность применения уплотнительных колец из теплостойкой резины марок ИРП-1220 и ЗФ4-26б для муфтовых стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов в течение длительного времени. Кроме того, для проверки надежности и долговечности муфтовых стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов были проведены исследования в процессе их эксплуатации. Результаты этих исследований подтвердили первоначальный вывод о возможности применения уплотнительных колец из отобранных марок резин для асбестоцементных теплопроводов в течение длительного времени.

В настоящее время уже имеется опыт эксплуатации уплотнительных колец из теплостойкой резины марки ИРП-1220 в асбестоцементных теплопроводах с температурой теплоносителя до 100°С около десяти лет. Преимуществом муфтовых стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов являются их эластичность (т. е. способность выдерживать вибрацию), а также угловые смещения труб от прямолинейной оси трубопроводов в 3—5° без нарушения герметичности стыков.

Эта особенность муфтовых стыковых соединений способствует сохранению герметичности асбестоцементных теплопроводов в случае угловых отклонений в процессе строительства или возможных просадок грунта в процессе эксплуатации. Еще одним преимуществом является воз-

можность быстро отремонтировать стыковые соединения в случае выявления каких-либо дефектов в стыках во время проведения испытания теплопровода.

4.3. Тепловая изоляция

При оценке качества тепловых сетей важную роль играют их тепловые потери, которые в основном зависят от температуры теплоносителя, теплозащитных свойств и толщины изоляции, температурно-влажностных условий эксплуатации. Из многих видов тепловой изоляции **засыпная** является наиболее простой, так как она сводит к минимуму технологические процессы по ее устройству, ускоряет и удешевляет производство работ. Как было отмечено ранее, многие засыпные изоляции (фрезерный торф, шлак и др.) не получили в свое время распространения в практике строительства тепловых сетей только лишь из-за усиленной подверженности стальных труб коррозии. В случае строительства тепловых сетей из не подверженных коррозии асбестоцементных труб применение засыпной тепловой изоляции вполне целесообразно.

В качестве засыпных теплоизоляционных материалов могут применяться виды засыпной изоляции, обладающие небольшой объемной массой, хорошими теплоизоляционными свойствами, достаточной прочностью, малой величиной водопоглощения и высотой капиллярного поднятия, стойкостью в условиях высокой температуры и влажности, низкой отпускной стоимостью. Для бесканальной прокладки тепловых сетей из асбестоцементных труб были исследованы два вида засыпной изоляции, удовлетворяющие указанным требованиям: из керамзитового гравия средней фракцией 20—40 мм и гранулированного шлака средней фракцией 2—7 мм.

Первоначально оба вида засыпной изоляции для определения температуро- и водоустойчивости были подвергнуты длительному испытанию в кипящей воде. Кроме того, температуро- и водоустойчивость определяли при переменном режиме путем периодического нагревания увлажненных навесок керамзита и гранулированного шлака при температуре 150°С, а затем увлажнением их холодной водой. Было проведено 25 циклов испытаний. При испытаниях гранулы керамзита и шлака не разрушались. Не произошло изменения первоначальной массы высушенных до постоянной массы навесок.

В результате испытаний установлено, что керамзитовый гравий и гранулированный шлак обладают достаточной температуро- и водоустойчивостью. Это дало основание

применить их в качестве засыпной тепловой изоляции асбестоцементных теплопроводов, работающей в переменных температурно-влажностных условиях. Недостатком засыпной тепловой изоляции, как и большинства других видов тепловой изоляции, является то, что обладая пористой структурой, она при прохождении через ее слой поверхностных вод может впитывать влагу, что ухудшает ее теплозащитные свойства.

С целью сохранения теплозащитных свойств засыпки при возможном ее увлажнении было предложено на гранулы засыпки наносить гидрофобизирующее покрытие, например битумное, полимерное или др. Как один из возможных вариантов гидрофобизации гранул засыпной тепловой изоляции была опробована примененная во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева обработка керамзита как наполнителя по способу Н. В. Михайлова, при котором в качестве гидрофобизатора применяется разжиженный в керосине или зеленом масле нефтяной битум.

С целью уточнения методики гидрофобизации были проведены исследования по гидрофобизации керамзитового гравия и гранулированного шлака для использования их в качестве засыпной тепловой изоляции бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб. Для гидрофобизации был принят следующий состав битумного раствора, %: битума БН-V — 40; керосина — 59; асидола — 1. Гидрофобизацию проводили путем погружения нагретых до 150°С навесок керамзита и шлака в битумный раствор с последующим сцеживанием на металлической сетке и дальнейшей сушкой на воздухе в течение пяти суток. Расход битумного раствора составлял при этом около 6—8% массы гидрофобизируемых материалов.

После сушки были проведены испытания на водопоглощение гидрофобизированных и негидрофобизированных керамзита и гранулированного шлака путем погружения навесок в воду после предварительной сушки до постоянной массы. Суточное водопоглощение гидрофобизированных материалов составило, %: керамзитового гравия — 2, гранулированного шлака — 8; то же для негидрофобизированных, %: керамзитового гравия — 24; гранулированного шлака — 35. Водопоглощение гидрофобизированных материалов, погруженных на 20 сут, %: керамзитового гравия — 12; гранулированного шлака — 32; то же для негидрофобизированных, %: керамзитового гравия — 47; гранулированного шлака 53.

Водопоглощение гидрофобизированных материалов пос-

ле длительной выдержки и кипячения в воде изменилось весьма незначительно, всего на 2—3%, следовательно, нанесенное гидрофобное покрытие является достаточно температуро- и водоустойчивым. Следовательно, исследованный способ гидрофобизации засыпной тепловой изоляции является вполне эффективным. Установлено также, что гидрофобизация керамзитового гравия оказалась более эффективной, чем гидрофобизация гранулированного шлака. Это объясняется тем, что гранулы шлака имеют меньшие размеры и более развитую пористую поверхность. Таким образом, можно заключить, что оптимальными являются гранулы засыпной тепловой изоляции размером 20—40 мм и имеющие окатанную форму.

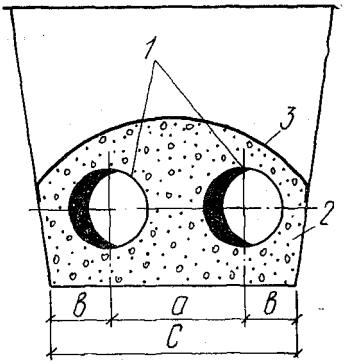


Рис. 4.4. Бесканальная прокладка тепловых сетей из асбестоцементных труб с гранулированной гидрофобизированной засыпкой

1 — асбестоцементные трубы; *2* — гранулированная гидрофобизированная засыпка; *3* — защитная пленка

В качестве тепловой изоляции трубопроводов следует применять засыпку из гидрофобизированного керамзитового гравия толщиной не менее 200 мм или других гидрофобизированных теплоизоляционных материалов (рис. 4.4). Геометрические размеры (см. рис. 4.4) теплосети с тепловой засыпкой из гидрофобизированного керамзита приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3. **Геометрические размеры, мм, теплосети**

D_y	*a*	*b*	*c*	D_y	*a*	*b*	*c*
100	300	200	700	250	450	275	1000
150	350	225	800	300	500	370	1240
200	400	250	900				

Проведены также исследования засыпной тепловой изоляции в процессе эксплуатации. Вскрытие экспериментальной бесканальной тепловой сети из асбестоцементных труб с засыпной тепловой изоляцией из керамзитового гравия после семи лет эксплуатации показало, что пространство между гранулами керамзита оказалось засоренным частицами грунта, что ухудшает теплозащитные свойства засыпки.

Причиной этому явилось периодическое прохождение через слой тепловой изоляции поверхностных вод (паводковых или от осадков), несущих с собой мельчайшие частицы грунта, которые задерживались и накапливались между гранулами засыпки. Для предохранения от засорения и заиливания частицами грунта пространства между гранулами засыпной тепловой изоляции, а также от прямого попадания поверхностных вод на засыпку сверху помещают защитную пленку (полимерную или другую), которая образовывает цилиндрическую поверхность выпуклостью вверх. Края пленки загибают вниз по засыпке не менее чем на 100 мм.

Кроме засыпной тепловой изоляции для асбестоцементных теплопроводов применяют также и монолитные конструкции, наносимые на трубы в заводских условиях. Из наиболее распространенных видов применяют тепловые изоляции из битумоперлита, пенобетона, асфальтокерамзитобетона, фенольного пенопласта и других материалов. Для каждого вида тепловой изоляции толщину слоя определяют теплотехническим расчетом.

4.4. Сопряжения асбестоцементных теплопроводов

В настоящее время при строительстве тепловых сетей из асбестоцементных труб переходы при изменениях диаметров трубопроводов, углы поворота и ответвления выполняют с помощью деталей из стальных труб, покрытых стойким антикоррозионным слоем. Это оправдано и тем, что для установки арматуры, которая соединяется на фланцах с помощью болтов, необходимо применение стальных патрубков. Металлические участки теплопроводов должны иметь антикоррозионное покрытие и быть теплоизолированы в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию тепловых сетей.

При строительстве асбестоцементных теплопроводов для соединения асбестоцементных труб со стальными отводами и патрубками были испытаны чугунные фланцевые муфты (ГОСТ 17584—72) с резиновыми уплотнительными кольцами из теплостойкой резины марки ИРП-1220. Проведенные гидравлические испытания смонтированных асбестоцементных теплопроводов перед пуском их в эксплуатацию показали надежность таких соединений. Однако после пуска теплопроводов в эксплуатацию бывали случаи небольшого подтекания чугунных фланцевых муфт из-за частичного ос-

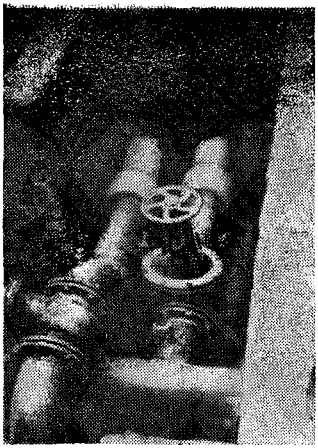


Рис. 4 5. Использование асбестоцементных муфт САМ-2-ТП для стыкования асбестоцементных труб со стальными в теплофикационной камере

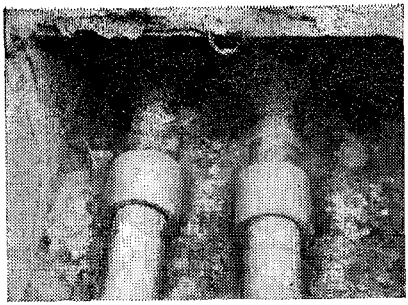


Рис. 4.6. Стыкование асбестоцементных труб со стальными на вводе в здание

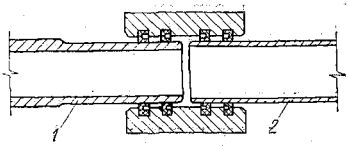


Рис. 4.7. Стыкование асбестоцементных труб со стальными
1 — асбестоцементная труба; *2* — стальная труба

лабления их болтовых соединений в результате температурного воздействия теплоносителя. После подтяжки болтов на муфтах подтеканий не наблюдалось. Это подтвердило первоначальное мнение, что при строительстве тепловых сетей из асбестоцементных труб чугунные фланцевые муфты с уплотнительными кольцами из теплостойкой резины могут быть использованы для соединения асбестоцементных труб со стальными вставками лишь в местах, доступных для осмотра и обслуживания, т. е. в теплофикационных камерах или в техподпольях.

Были проведены также опыты по использованию асбестоцементных самоуплотняющихся муфт САМ и САМ-2-ТП для стыкования асбестоцементных труб со стальными отводами и патрубками в теплофикационных камерах (рис. 4.5) и на вводах в здания (рис. 4.6). При этом диаметр стальных патрубков соответствовал диаметрам асбестоцементных труб (рис. 4.7). Степень начального обжатия уплотнительных колец между трубой и муфтой была также в пределах 15—18%. Гидравлические и эксплуатационные испытания показали надежность таких стыковых соединений.

4.5. Конструктивные особенности бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб

Минсельстроем СССР введена «Инструкция по проектированию и строительству бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб» (ВСН 2-79). Инструкция разработана Всесоюзным заочным инженерно-строительным институтом (ВЗИСИ) совместно с Главным техническим управлением Минсельстроя СССР и Главспецсельстроем Минсельстроя РСФСР, согласована с Госстроем СССР и Главсельстройпроектом Минсельхоза СССР и рекомендована для широкого применения.

На основании этой инструкции при одновременном выполнении требований действующих глав СНиП II-36-73 «Тепловые сети», СНиП II-34-76 «Горячее водоснабжение» и СНиП III-30-74 «Водоснабжение, канализация и теплоснабжение. Наружные сети и сооружения» можно вести проектирование и строительство бесканальных подземных тепловых сетей (отопления, горячего водоснабжения) из асбестоцементных труб условным проходом до 300 мм, предназначенных для транспортирования горячей воды с температурой до плюс 115°С и давлением до 1,2 МПа включительно. Проектирование подземных бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб, выбор трассы, разработка и составление профиля при рабочем проектировании, установка арматуры производится в соответствии с главой СНиП по проектированию тепловых сетей. Примерный план трассы и монтажная схема показаны на рис. 4.8.

Тепловые сети из асбестоцементных труб прокладывают в сухих и маловлажных грунтах. При прокладке трубопроводов в насыщенных водой грунтах предусматривают попутный дренаж. При пересечении тепловыми сетями железнодорожных и трамвайных путей, а также автомобильных дорог трубопроводы из асбестоцементных труб прокладывают, как правило, в каналах или футлярах, конструкция которых должна обеспечить проведение ремонтных работ без нарушения движения по путям и дорогам. Заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия следует принимать не менее 1,2 м до верха асбестоцементных труб. В местах прохода теплопроводов из асбестоцементных труб через стены зданий и теплофицированных камер необходимо предусматривать установку гильз с уплотнением зазора смоляной прядью (рис. 4.9). Гильзу выполняют из металлической трубы, диаметр которой на 50—70

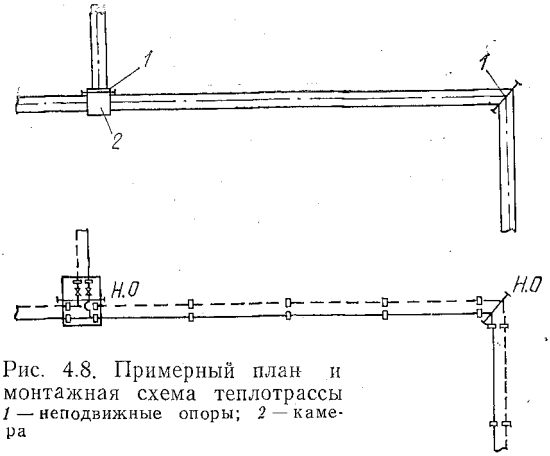


Рис. 4.8. Примерный план и монтажная схема теплотрассы *1* — неподвижные опоры; *2* — камера

мм больше наружного диаметра асбестоцементных труб.

При бесканальной прокладке тепловых сетей из стальных труб во избежание неравномерных просадок, которые вызывают дополнительные изгибающие напряжения, обычно свободные опоры под трубопроводами не устанавливают. Трубы в этом случае укладывают на нетронутый грунт или на утрамбованный слой песка. Свободные опоры применяют лишь на углах поворота и в местах установки гнутых компенсаторов, где сохраняются канальные участки. При бесканальной прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб канальные участки полностью исключают, поэтому необходимость в устройстве свободных опор отпадает.

Не требуется в этом случае и устройства неподвижных опор на асбестоцементных теплопроводах, так как незначительные линейные температурные деформации асбестоцементных труб компенсируются за счет монтажных зазоров равномерно в каждом муфтовом стыке и осевых усилий в трубопроводе не создают. В процессе проектирования асбестоцементных трубопроводов требовалось уточнить необходимость устройства неподвижных опор на углах поворота и в местах ответвлений, узлы которых выполняются из стальных отводов и патрубков. С целью проверки работы этих узлов в эксплуатационных условиях их при монтаже экспериментальных асбестоцементных теплотрасс первоначально не закрепляли неподвижными опорами. При пуске асбестоцементных тепловых сетей в эксплуатацию наблюдалась частичная разгерметизация отдельных стыков на углах поворота и в местах ответвлений, которая была вызвана

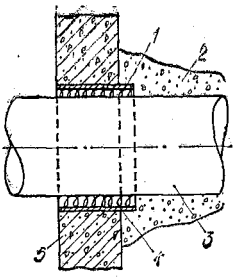


Рис 4.9. Узел прохода асбестоцементных теплопроводов через стены теплофикационных камер

1 — стальная гильза; *2* — засыпная теплоизоляция; *3* — асбестоцементная труба; *4* — уплотнительная набивка; *5* — анкерные детали

податливостью стальных отводов и патрубков при температурных деформациях.

После закрепления стальных отводов и патрубков неподвижными опорами в процессе всего периода эксплуатации разгерметизации не наблюдалось. В связи с этим при монтаже тепловых сетей из асбестоцементных труб углы поворота и ответвления, выполняемые при помощи стальных отводов и патрубков, стали закреплять неподвижными опорами.

Строительство бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб показало большое их преимущество по по сравнению с традиционными тепловыми сетями из стальных труб. Полностью отпадает необходимость в устройстве каналов, исключаются специальные компенсаторы линейных деформаций, теплотрасса в этом случае становится прямолинейной (без П-образных выступов в плане). Не требуется противокоррозионное покрытие, уменьшается толщина и упрощается конструкция тепловой изоляции. Это дает значительный технико-экономический эффект.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

ГЛАВА V. ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

5.1. Подготовка к строительству тепловых сетей

Ни одно строительство не может быть начато без получения разрешения специальных отделов горсовета. На строительство, связанное с разрытиями в черте городской застройки, разрешение выдает обычно административная инспекция осуществляющая надзор за внешним благоустройством города. Такое разрешение, называемое ордером, получает строительно-монтажная организация, на которую возложено строительство подземных сооружений и комму-

никаций. Строительно-монтажная организация выделяет специалиста (производителя работ, начальника участка), имеющего право производства работ, который подписывает ордер и несет полную ответственность за строительство на отведенном участке. Производитель работ или начальник участка, на имя которого выписан ордер, должен быть ознакомлен с «Правилами производства работ по прокладке и переустройству подземных сооружений», а также с «Правилами по охране подземных сооружений и высоковольтных надземных сетей.

При получении ордера представляется утвержденный проект намечаемой к строительству подземной коммуникации (например, теплосети) с указанием всех действующих подземных сетей и сооружений. В ордере указан порядок производства работ и установлен срок строительства. В процессе оформления ордера производится согласование с представителями отдела Государственной автомобильной инспекции (ОГАИ) и дорожного надзора (ДН), а также Управления благоустройства, а в необходимых случаях Управления пассажирского транспорта для осуществления контроля за соблюдением условий и сроков работ. В том случае, если в проекте предусмотрена совместная прокладка нескольких коммуникаций, ордер выдается на весь комплекс предусмотренных работ. Раздельное строительство запроектированных коммуникаций не разрешается.

Прокладку тепловых подземных и надземных сетей выполняют строго в соответствии с проектом при соблюдении правил техники безопасности, правил на проектирование, строительство и приемку в эксплуатацию, с учетом выполнения правил движения по улицам городов, населенных пунктов и дорог СССР и под техническим надзором соответствующих эксплуатационных организаций и авторским надзором проектных организаций. В местах интенсивного движения работы по строительству тепловых сетей производят в максимально короткие сроки, организацию работ ведут, как правило, в две или три смены. Руководитель работами или его заместитель обязан постоянно находиться на месте строительства, имея при себе ордер и утвержденный проект.

До начала земляных работ с целью принятия мер предосторожности и обеспечения сохранности существующих подземных сооружений руководитель строительством обязан не позднее чем за сутки до начала работ вызвать на трассу представителей организаций, указанных в ордере;

установить совместно с ними точное расположение подземных сооружений и провести до начала работ соответствующий инструктаж с персоналом, участвующим в строительстве.

Эксплуатационные организации, ведающие подземными сооружениями, обязаны по вызову строительной организации обеспечить явку своих ответственных представителей для уточнения расположения существующего подземного сооружения с необходимыми привязками, указаниями в письменном виде об условиях, необходимых для обеспечения сохранности принадлежащих им подземных сооружений. В случае неявки представителей на место работ лицо, на которое выписан ордер, должно сообщить об этом административной инспекции для привлечения к ответственности неявившихся на вызов.

При пересечении строящихся тепловых сетей с действующими подземными коммуникациями места, где эти сооружения попадают в призму обрушения, обозначают по указанию владельцев этих сооружений соответствующими знаками, которые передают строительной организации. Лица, на которых выписан ордер, предупреждаются под расписку о порядке проведения работ в этих местах. Если разработка грунта предусматривается в непосредственной близости от фундаментов существующих зданий и сооружений, а также действующих подземных сооружений и коммуникаций необходимо предусмотреть меры против осадки этих сооружений. Существующие подземные сооружения запрещается перемещать, если это не предусмотрено утвержденным проектом и не согласовано с заинтересованной и утвердившей проект организациями, даже несмотря на то, что указанные сооружения мешают выполнению работ.

Строительными нормами и правилами предусмотрено при пересечении траншей с действующими подземными коммуникациями разработку грунта механизированным способом разрешается вести на расстоянии не ближе 2 м от боковой стенки и 1 м над верхом трубы, кабеля и др. Грунт, оставшийся после механизированной разработки, следует дорабатывать только вручную без применения ударных инструментов и с принятием мер, исключающих возможность повреждения этих коммуникаций.

Для определения места нахождения и вскрытия подземного сооружения делают шурф шириной 0,7, длиной 1—2 м и глубиной, указанными в схеме-уведомлении. Поиск ведут в присутствии ответственного за строительство лица и представителя эксплуатационной организации. Подземные ком-

муникации следует вскрывать до проектных отметок прокладываемого теплопровода. Шурф раскрепляют стандартными щитами и для прохождения экскаватора через него его перекрывают одним рядом подтоварника.

Обнаруженные при вскрытии подземные коммуникации из бетонных коротких и керамических труб, а также кабели заключают в деревянные короба из досок толщиной 3—5 см и с помощью скруток из пятимиллиметровой проволоки подвешивают к деревянному или металлическому лежню, проложенному поперек траншеи. Концы лежня заводят за бровки траншеи не менее чем на 50 см. При встрече действующих подземных коммуникаций или других сооружений, не обозначенных в проекте, земляные работы прекращают до выяснения их принадлежности. Если принадлежность этих коммуникаций можно определить по внешним признакам, то вызывают представителей соответствующих эксплуатационных организаций. Если внешне принадлежность установить не удается, то вызывают представителя проектной организации или административной инспекции.

Получение полностью оформленного ордера дает право начать работы. Работы начинают с подготовительных, которые включают в себя: разбивку трассы теплопроводов и мест расположения камер и неподвижных опор, завоз щитов ограждений и креплений, ограждений трассы и монтажной площадки на разрешенном участке, освещение огражденных мест работы, завоз временных сооружений, завоз и раскладку труб, деталей и материалов, уточнение мест расположения подземных коммуникаций и сооружений (о чем сказано выше), пересадку кустарников и деревьев, разборку дорожных одежд и др.

Разбивка трассы. В проектах прокладку подземных сетей, привязку их продольных осей предусматривают от постоянных капитальных строений, указанных в проекте или аналитическим методом (перенесение трассы в натуру производят инструментально от городской полигонометрии) от красных линий застройки, которые предварительно отбивают в натуре. Разбитую на местности трассу теплопроводов оформляют актом с приложением схемы разбивки. Акт подписывают представители проектных и строительных организаций и заказчик.

Разбивочную ось теплопровода (и камер) закрепляют в натуре на всех углах горизонтальных поворотов и на прямых участках на расстоянии 100—150 м (в пределах видимости), в местах камер, неподвижных опор забивкой

металлических штырей диаметром 12—15 мм и длиной 40—50 см. В течение всего периода производства работ монтажная организация обеспечивает сохранность разбивочных знаков, а при повреждениях немедленно восстанавливает их.

Временные сооружения. В период подготовительных работ обследуют трассу для выявления возможности подвода к месту работы электропитания, установления телефонной связи, источника водоснабжения, а также канализации. Определяют возможность аренды в жилищно-эксплуатационных конторах помещений для гардероба рабочих, приема ими пищи, комнаты их отдыха, конторы производителя работ, склада материалов закрытого хранения и других помещений. Если такие возможности исключаются, то используют временные сооружения — «вагончики» или сборно-разборные.

На трубопроводном строительстве наиболее рационально использовать инвентарные временные сооружения вагонного типа, которые передвигают по ходу строительства. Конструктивно такие сооружения могут быть на колесах и перемещаться, как прицепы к автомобилю, или на полозьях, перемещаемых на трейлерах. Размеры в плане сооружений вагонного типа 2,7×7,3 м; 2,5×8,25 и др.

Трубы, железобетонные элементы каналов и камер, фасонные элементы, арматуру и другие изделия доставляют с заводов-изготовителей и баз по спецификации в согласованные сроки. При складировании труб на дорожных покрытиях должны быть лежни. Раскладку труб и элементов каналов (при канальной прокладке) на трассе производят по схеме, разработанной проектом производства работ, учитывающим местные условия. Трубы и железобетонные элементы каналов укладывают вдоль улицы параллельно оси теплопровода с таким расчетом, чтобы они не мешали движению транспорта и пешеходов.

До начала земляных работ, разборки дорожных покрытий завозят типовые щиты ограждения; пешеходные мостики из расчета установки их через каждые 50, 100 м; щиты для ограждения деревьев; щиты и короба для ограждения люков колодцев, водосточных решеток; водопропускные лотки. Материалы, не допускающие открытого хранения, а также инструмент размещают в складских сооружениях.

Разборка дорожных одежд. В тех случаях, когда трасса теплопроводов проектируется под проезжей частью, то дорожные покрытия разбирают в период подготовительных работ. Дорожное покрытие по бетонному основанию вскры-

вают с каждой стороны на 10 см шире верхней части ширины траншеи. Штучные дорожные материалы сохраняют для повторного применения, асфальт отправляют на завод для переработки. При других конструкциях дорожных покрытий их разбирают по 25 см с каждой стороны. Покрытие на бетонном основании и усовершенствованные дорожные одежды разрабатывают механическим бетоноломом, устанавливаемым на автомобиле. В тех случаях, когда оказывается невозможным применить механизм или при малых объемах работ используют пневматические отбойные молотки. После того, как все необходимое для начала работ завезено на трассу, установлены все ограждения и пешеходные мостики, сделана проводка сигнального (предупреждающего) электроосвещения и приняты все меры по обеспечению безопасности как работающих, так и пешеходов, приступают к разборке дорожных одежд и производству земляных работ.

5.2. Земляные работы

Строительство тепловых сетей сопровождается производством земляных работ, достигающих больших объемов. На строительстве теплопроводов приходится выполнять следующие виды земляных работ: рытье траншей и котлованов с укладкой грунта в отвал или в транспортные средства, вывоз грунта, засыпка траншей и котлованов с проложенными сетями, каналами и камерами. Земляные работы по сравнению с другими являются наиболее трудоемкими и поэтому их выполняют механизированным способом и только в отдельных случаях, когда не представляется возможным использовать механизм, применяют ручной труд в небольших объемах.

Рытье траншей. Для рытья траншей и котлованов под камеры используют одноковшовые экскаваторы, которые представляют собой самоходные машины цикличного действия. Эти землеройные машины предназначены для рытья и погрузки в транспортные средства или отсыпки в отвал грунтов большинства групп. По своему назначению одноковшовые экскаваторы разделяются на строительные и специальные. На строительстве тепловых сетей используются только строительные экскаваторы.

Одноковшовые экскаваторы имеют следующее оборудование: ходовое, силовое и рабочее. По ходовому устройству строительные экскаваторы подразделяются на: гусеничные и

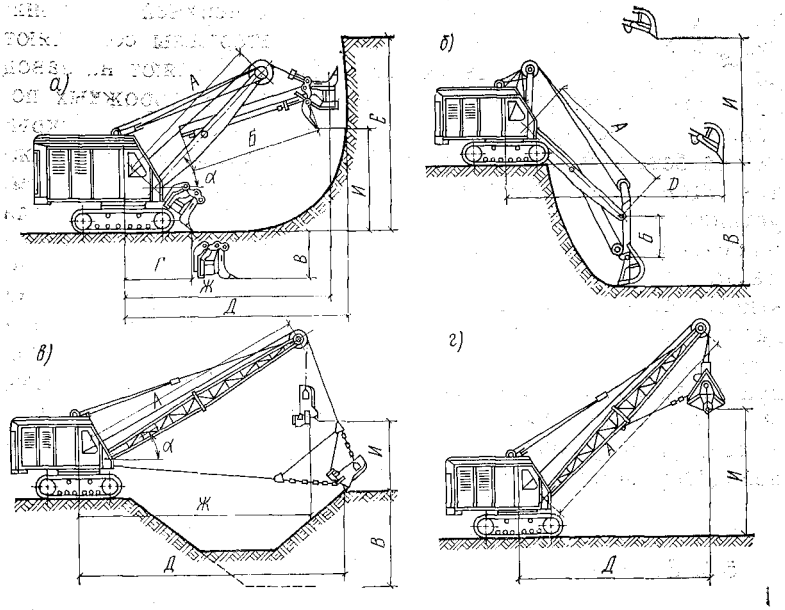


Рис. 5.1. Схемы сменного рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов

а — прямая лопата; *б* — обратная лопата; *в* — драглайн; *г* — грейфер; *А* — длина стрелы; *Б* — длина рукояти; *В* — наибольшая глубина копания; *Г* — наименьший радиус резания; *Д* — наибольший радиус резания; *Е* — наибольшая высота резания; *Ж* — наибольший радиус выгрузки; *И* — наибольшая высота выгрузки

пневмоколесные. Одноковшовые экскаваторы имеют сменное рабочее оборудование (рис. 5.1). Для производства земляных работ используют следующее сменное рабочее оборудование: прямая лопата, обратная лопата, драглайн и грейферный ковш. Одноковшовые универсальные экскаваторы могут использоваться так же, как струги, копры, краны и другие благодаря сменному оборудованию. Для производства земляных работ одноковшовые экскаваторы характеризуются следующими основными параметрами: емкостью ковша, радиусами резания и выгрузки (в отвал и в транспортные средства), глубиной резания, производительностью и видом ходовой части. В настоящее время одноковшовые строительные экскаваторы выпускают восьми размерных групп со следующей вместимостью ковша соответственно для каждой группы, м³: 0,15; 0,25; 0,4; 0,65; 1; 1,6; 2,5; 4.

Строительные экскаваторы *прямая лопата* (см. рис. 5.1, *а*) имеют объем ковшей от 0,15 до 4 м³. Рабочее оборудование этих экскаваторов состоит из стрелы, рукояти и ков-

ша. Ковш с открывающимся дном жестко связан с рукоятью. Во время работы экскаватор с прямой лопатой всегда находится на дне выемки и роет грунт выше уровня стоянки. Экскаватор используется главным образом для разработки грунта с погрузкой его в транспортные средства и поэтому используется для рытья котлованов, очень широких траншей, в карьерах и для других аналогичных работ. На строительстве теплосетей применяется редко.

Экскаваторы *обратная лопата* (см. рис. 5.1,*б*) имеют вместимости ковшей от 0,15 до 1,6 м³; их рабочее оборудование состоит из стрелы, рукояти и ковша. Эти экскаваторы роют грунт ниже стоянки с погрузкой в транспортные средства или в отвалы, в силу чего они широко используются для рытья: траншей под теплопроводы, котлованов для камер. Эти экскаваторы получили очень широкое использование в городских условиях.

Драглайны (см. стр. 5.1,*в*) отличаются от обратных лопат тем, что имеют длинную решетчатую стрелу и ковш, подвешенный на тросе. Объем ковшей строительных драглайнов от 0,35 до 3,0 м³. Драглайны разрабатывают грунт ниже стоянки на значительно бо́льшей глубине и с бо́льшими радиусами резания и выгрузки, чем обратные лопаты. Драглайны могут делать отвалы большой величины, а также грузить грунт в транспортные средства. Драглайны используют для разработки широких и глубоких траншей, а также для рытья котлованов под большие камеры.

Экскаваторы с грейферным ковшом (см. рис. 5.1,*г*) оборудованы решетчатой стрелой и челюстным ковшом, подвешенным на подъемном канате. При натяжении замыкающего каната челюсти ковша сходятся и захватывают грунт. Такие двухканатные грейферные ковши, применяемые для строительства, имеют объем от 0,3 до 1,5 м³. Основное назначение — рытье шахт и глубоких котлованов и траншей.

Для строительства теплопроводов в городах чаще всего применяют одноковшовые экскаваторы, преимущественно оборудованные обратной лопатой объемом ковша до 0,5 м³. Они роют траншеи прямоугольного или трапецеидального поперечного сечения, оставляя отвал грунта треугольного сечения (рис. 5.2). Когда требуются траншеи большой ширины, используют драглайны, а при очень глубоких выемках — грейферы. Одним из недостатков одноковшовых экскаваторов является то, что они при рытье не создают ровного дна, в связи с чем за ними всегда приходится делать подчистку дна, выполняемую бульдозером (при широких траншеях) или вручную.

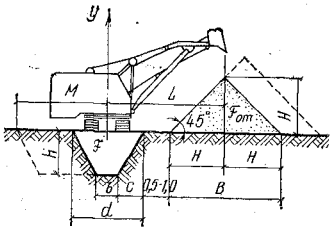


Рис. 5.2. Рытье траншеи одноковшовым экскаватором с обратной лопатой

Выбор экскаватора. Экскаватор (одноковшовый) выбирают в зависимости от величины поперечных сечений траншеи и отвала грунта, а также заданной производительности землеройной машины. Ширину траншей и котлованов по низу b (см. рис. 5.2), согласно СНиП III-30-74, принимают равной:

а) для трубопроводов, укладываемых в каналах, $b=A+0{,}2$ м (где A — ширина канала, камер, колодцев, включая толщину стенок);

б) для трубопроводов подающего и обратного при бесканальной прокладке отдельными трубами диаметром до 0,5 м $b=D+D_1+0{,}65$ м;

в) то же, диаметром более 0,5 м $b=D+D_1+0{,}95$ м (где D и D_1 — наружные диаметры прямых и обратных труб, в м, включая изоляцию);

г) при числе укладываемых труб более двух ширину траншеи принимают по пунктам «б» и «в» с добавлением суммы диаметров дополнительных труб и 0,15 м на каждую дополнительную трубу.

Ширину траншей и котлованов по верху a (при работе с откосами) принимают по СНиП III-8-76 в зависимости от характера грунта и глубины выемки. Ширина a равна ширине траншеи по низу плюс удвоенная величина заложения откоса c

$$a=b+2c;\quad c=hm,$$

где h — глубина траншеи, котлована, м; m — коэффициент откоса (по СНиП III-8-76).

Обычно для рытья траншеи экскаватор перемещается по оси ее симметрии. В этом случае половина ширины траншеи по верху a бывает меньше радиуса резания экскаватора $R_{рез}$ и при выборе экскаватора не требуется каких-либо расчетов. Однако часто возникает вопрос о размещении отвала грунта. Расчеты обычно ведут, приведя объемы к плоским фигурам, для чего вырезают участок траншеи длиной 1 м, значение объема которого будет совпадать с величиной площади поперечного сечения траншеи.

Величина L — расстояние от оси вращения экскаватора y до крайней точки разгрузки ковша экскаватора равна

$$L = \sqrt{R^2_{\text{выгр}} - l^2_{\text{п}}},$$

где $R_{\text{выгр}}$ — радиус выгрузки экскаватора; $l_{\text{п}}$ — длина рабочей передвижки экскаватора.

Если принять, что весь грунт остается у траншеи, а угол откоса свеженасыпного грунта равен 45°, то высота отвала грунта равна:

$$H = \sqrt{F_{\text{от}}} = \sqrt{F k},$$

где $F_{\text{от}}$ — площадь поперечного сечения отвала грунта; F — площадь поперечного сечения траншеи; k — коэффициент первоначального разрыхления грунта (по ЕНиР, сб. 2, вып. 1) от 1,1 до 1,3.

Если часть грунта, вытесняемая прокладываемыми подземными коммуникациями (каналом, трубопроводами), вывозится в процессе экскавации, то из величины $F_{\text{от}}$ вычитают соответствующую приведенную площадь (вывозимого грунта). При траншеях большой ширины ось движения экскаватора смещают в сторону отвала и проверяют максимально возможную ширину части траншеи M (см. рис. 5.2), которая будет равна:

$$M = \sqrt{R^2_{\text{рез}} - l^2_{\text{п}}},$$

где $R_{\text{рез}}$ — максимальный радиус резания грунта экскаватора.

Определив размеры траншеи и отвала, подбирают экскаватор по соответствующим параметрам: радиусам резания и выгрузки, высоте выгрузки и глубине копания, которая должна быть не менее трехкратной высоты ковша экскаватора. Выбор начинают с обратных лопат; если они по габаритам не подходят, выбирают драглайны, параметры которых больше. Если выбранный экскаватор не удовлетворяет по заданной производительности, то принимают экскаватор с большим объемом ковша.

Транспортирование грунта. При рытье траншей больших размеров бывает невозможным разместить отвал грунта. В этих случаях грунт при рытье вывозят в кавальер, а засыпку ведут привозным из кавальера грунтом. Лишний грунт, вытесняемый прокладываемыми инженерными сетями, подлежит вывозу на другие участки. Независимо от того, является ли грунт лишним или возникает необходимость в устройстве кавальеров, вывоз грунта производят в процессе рытья траншей и котлованов с одновременной погрузкой грунта экскаватором в автомобили-самосвалы. Расчет грузоподъемности и числа автомобилей-самосвалов производят в соответствии со СНиП III-8-76 и ЕНиР (сб. II, вып. 1). Рациональную грузоподъемность самосвалов в

Таблица 5.1. **Рациональная грузоподъемность самосвалов**

Расстояние транспортирования грунта, км	Грузоподъемность автомобилей-самосвалов при объеме ковша экскаватора, м³				
	0.4	0.65	1	1,25	1,6
0,5	4,5	4,5	7	7	10
1	7	7	10	10	10
1,5	7	7	10	10	12
2	7	10	10	12	18
3	7	10	12	12	18
4	10	10	12	18	18
5	10	10	12	18	18

зависимости от дальности возки грунта следует принимать по табл. 5.1.

Крепление траншей и котлованов. Рытье траншей и котлованов во всех возможных случаях производят без креплений, с устройством откосов, так как крепления требуют больших затрат материалов и труда, а производство работ при установленных креплениях значительно усложняется. Чаще всего крепления делают в тех случаях, когда глубина выемки велика и когда размеры строительной площадки не позволяют делать широкие по верху траншеи и котлованы. Крепления бывают различными в зависимости от вида и глубины выемки, а также от характера грунта и его влажности.

Вертикальные стенки траншей глубиной до 3 м в связных грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод крепят *инвентарными щитами с прозорами* (рис. 5.3,*а*). При тех же грунтовых условиях, но при глубине траншеи более 3 м устанавливают сплошные крепления *без прозоров*. Если грунты несвязные или слоистой структуры, то устанавливают *сплошные* крепления независимо от глубины траншеи. Крепления (щиты и доски) удерживаются при помощи стальных инвентарных раздвижных распоров, устанавливаемых поперек траншеи. В водоносных грунтах при сильном притоке грунтовых вод и возможном выносе частиц грунта для крепления стенок траншей и котлованов применяют *шпунтовое ограждение* (см. рис. 5.3,*б*), которое может быть деревянным, металлическим и железобетонным в зависимости от глубины и ширины выемки.

Для котлованов часто применяют крепление вертикальных стенок в виде *свай* с забиркой между ними из досок или брусьев. Сваи обычно бывают из прокатной стали двутав-

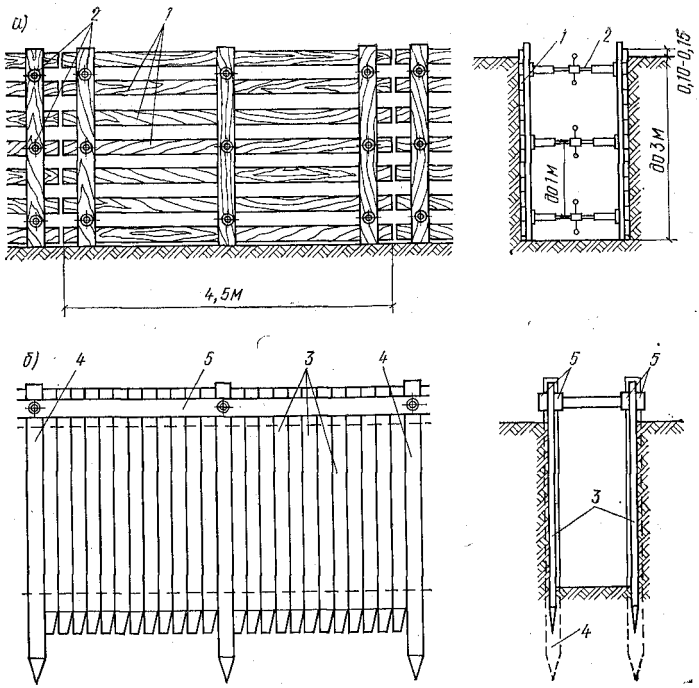


Рис. 5.3. Крепление стенок траншеи

а — щитами с прозорами; *б* — шпунтовым рядом; *1* — доски с прозорами; *2* — раздвижная инвентарная распорка; *3* — деревянный шпунт; *4* — сваи; *5* — направляющие брусья

рового поперечного сечения. Номер двутавра, расстояние между ними и толщину досок забирки определяют по расчету. Крепления из *щитов* и *досок* устанавливают по мере разработки выемки; шпунтовые ряды и сваи забивают до рытья котлованов и траншей. Крепления траншей и котлованов разбирают по мере их засыпки (снизу вверх). В отдельных случаях, когда разборка креплений может вызвать осадку соседних сооружений, крепления не разбирают, оставляя их в земле.

Борьба с грунтовыми водами. При разрытии городских улиц особое значение приобретает своевременная и надежная борьба с грунтовыми водами в процессе строительства. В зависимости от характера грунтовых вод используют два метода борьбы с ними: водоотлив и искусственное понижение уровня грунтовых вод. До начала земляных работ предусматривают прокладку временных водоотво-

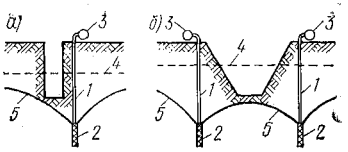


Рис. 5.4. Установка легких иглофильтров вдоль траншеи

а — однорядная; *б* — двухрядная; *1* — иглофильтр (труба); *2* — фильтровое звено; *3* — водовсасывающий коллектор; *4* — уровень грунтовых вод до понижения; *5* — депрессионная кривая (уровень грунтовых вод после понижения)

дящих средств с таким расчетом, чтобы избежать попадания дождевых вод в траншеи.

Водоотлив производят откачкой грунтовой воды из траншей и котлованов. В пониженных точках траншей и котлованов роют небольшие приямки (зумпфы) для стока-приема грунтовых вод. Из этих приямков воду откачивают центробежными, поршневыми и диафрагмовыми насосами с механическим приводом.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод производят обычно легкими (вакуумными) или эжекторными иглофильтровыми установками. Иглофильтр (вакуумный — ЛИУ) представляет собой стальную трубу диаметром 40—50 мм, оканчивающуюся фильтровым звеном с большим числом отверстий на его поверхности, через которое всасывается грунтовая вода. Иглофильтры располагают вдоль будущей траншеи (рис. 5.4) или по периметру будущего котлована. Для погружения в грунт иглофильтр устанавливают вертикально и через шланг, присоединенный к верхней части иглофильтра, пускают воду. Выходящая из торца струя размывает грунт под иглофильтром, который опускается на необходимую глубину под собственным весом

Иглофильтры соединяют с водовсасывающим коллектором который присоединяется к насосному агрегату. Вакуум-насос отсасывает воду из коллектора. При откачке воды из грунта уровень ее около иглофильтров понижается и образуется граница между водоносным и осушенным грунтом в виде выпуклой поверхности, называемой депрессионной. Откачиваемая из иглофильтров вода отводится по трубам за пределы осушаемого участка. Величина понижения уровня грунтовых вод легкими иглофильтровыми установками (ЛИУ) составляет: при расположении иглофильтров в один ряд 2—3,5 м; при расположении с двух сторон траншеи или по замкнутому контуру котлована 4—4,5 м.

Эжекторные иглофильтры — это водо-водяные насосы, у которых нагнетаемая вода посредством сопла засасывает грунтовую воду. Они понижают уровень грунтовых вод одним ярусом на глубину 8—18 м. Искусственное понижение уровня грунтовых вод представляет собой как бы осу-

шение грунтов, в результате чего разработку их можно производить обычными методами. Для обеспечения нормальной разработки осушенных грунтов необходима круглосуточная (без перерывов) работа водопонизительных установок.

Засыпка траншей. Теплопроводы, проложенные в каналах и бесканальным способом, засыпают грунтом с большой осторожностью, чтобы не сдвинуть трубопроводы и не повредить их изоляцию или конструкцию каналов камер. При засыпке грунт тщательно уплотняют. Работы производят в следующей последовательности. При бесканальной прокладке до начала гидравлического испытания трубопроводы присыпают грунтом, оставляя незасыпанными стыки. Грунт в пазухах уплотняют одновременно с двух сторон, укладывая его слоями толщиной не более 20 см на высоту не менее половины диаметра трубопровода. По окончании гидравлического испытания производят засыпку грунта слоями над стыками с тщательным уплотнением. После этого трубопроводы засыпают с послойным уплотнением по всей ширине траншеи на высоту не менее 50 см над верхом трубопроводов.

При прокладке трубопроводов в каналах вначале засыпают пазухи. К засыпке приступают по окончании всех работ, как по самому трубопроводу, так и по каналам и камерам. Засыпку ведут с послойным уплотнением грунта с толщиной слоя не более 20 см одновременно с обеих сторон каналов. Засыпку пазух с тщательным уплотнением производят не менее чем на $^2/_3$ высоты канала.

Механическое сбрасывание грунта в траншеи разрешается производить после выполнения указанных требований. Для этой цели используют обычно бульдозеры. В тех случаях, когда теплосети прокладывают непосредственно под проезжей частью, к засыпке траншей предъявляют повышенные требования в отношении уплотнения грунта, так как осадки грунта под дорожным покрытием не допускается. В этих случаях целесообразно использовать грейферы с последующим разравниванием и уплотнением грунта пневматическими или электрическими трамбовками. Если грунт, в котором прокладывают теплопроводы, оказывается непригодным для засыпки, его вывозят в процессе экскавации, а засыпку производят песком, особенно в тех случаях, когда предполагаются усовершенствованные дорожные покрытия.

Вне пределов городской застройки или на участках, где нет дорожных покрытий и допускается естественная

осадка грунта после засыпки траншей, над ними устраивают валики из грунта с расчетом на постепенную осадку. Для образования валика оставляют следующий запас грунта, %: для мелких песков — 3, для супесков и легких суглинков — 6, для тяжелых суглинков и глин — 10. В местах просадок со временем производят дополнительную подсыпку.

Производство земляных работ в зимнее время. В осеннее и зимнее время при отрицательных температурах воздуха большинство грунтов, содержащих влагу, резко меняют свои свойства. Это объясняется тем, что вода, превращающаяся в лед, связывает минеральные частицы грунта в твердое тело, причем, чем больше воды замерзнет в грунте, тем крепче становится грунт (капиллярная вода замерзает при низких отрицательных температурах). В результате этого трудность разработки мерзлых грунтов, по сравнению с талыми, значительно увеличивается.

Грунт промерзает в тех географических районах, где бывает устойчивая отрицательная температура воздуха в относительно длительные периоды времени года. В южных районах СССР, например, промерзания грунта не отмечается, а в северных — имеются значительные территории (48% всей территории СССР) с вечномерзлыми грунтами. Промерзание грунта в средней полосе носит сезонный характер и достигает своего максимума (в среднем) в феврале-марте. Глубина промерзания и твердость замерзшего грунта зависят от длительности и величины зимних морозов, характера грунтов, уровня грунтовых вод, наличия растительного слоя, листвы или хвои на поверхности земли, толщины снегового покрова и других явлений.

Для облегчения разработки мерзлых грунтов при производстве земляных работ проводят следующие мероприятия: предохраняют грунты от глубокого промерзания; оттаивают мерзлые грунты; рыхлят их механизированными способами. Грунты от глубокого промерзания предохраняют следующими способами: укрывают теплоизоляционными материалами (торфом, шлаком и т. п.), вспахивают и проводят боронование грунта или организуют удержание снегового покрова; проводят глубокое рыхление. Вспахивание производят тракторами с плугами и рыхлителями на глубину не менее 35 см с последующим боронованием на глубину 15 см. Снеговой покров задерживают устройством валов из грунта или снега, а также установкой снегозадерживающих щитов. Глубокое рыхление выполняют путем перелопачивания грунта экскаватором на глубину

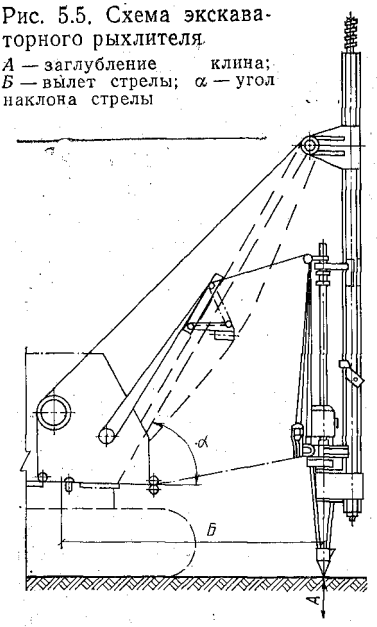


Рис. 5.5. Схема экскаваторного рыхлителя
А — заглубление клина; *Б* — вылет стрелы; α — угол наклона стрелы

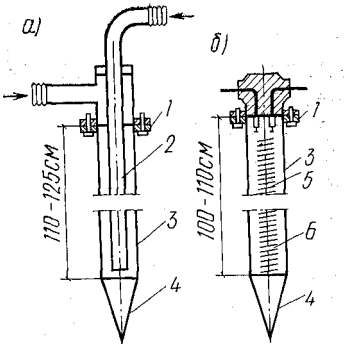


Рис. 5.6. Иглы для оттаивания грунта
а — водяная циркуляционная; *б* — электрическая; *1* — фланец; *2* — внутренняя трубка; *3* — труба; *4* — наконечник; *5* — нихромовая спираль; *6* — асбестовый порошок

возможного промерзания, но не более 1,5 м. Вспахивание и глубокое рыхление производят до наступления заморозков.

Разработка мерзлого грунта одноковшовыми экскаваторами с обратной и прямой лопатой без предварительного рыхления допускается при толщине мерзлого слоя до 25 см с вместимостью ковша 0,5—0,65 м³ и 40 см с вместимостью ковша 1—1,25 м³. Мерзлый слой толщиной до 0,7 м дробят падающими грузами, подвешиваемыми к тросу стрелы экскаватора или крана. Падающие грузы в виде шара, грушевидной формы и в виде клина изготовляют из стального литья. На городских улицах при большой толщине мерзлого слоя применяют экскаваторные рыхлители (рис. 5.5) или анологичное сменное оборудование к тракторам и экскаваторам. Работу организуют при совместном рыхлении и разработке грунта.

Способы оттаивания мерзлых грунтов производят ограниченно только в тех случаях, когда нельзя использовать другие более экономичные способы (до 50 м³). Существуют два основных метода оттаивания грунта: поверхностный и радиальный (глубинный). *Поверхностный способ* заключается в том, что оттаивание грунта производится

с поверхности земли нагревательными элементами в виде электропечей или непосредственным воздействием огня на мерзлый грунт. Поверхностный способ мало эффективен и применяется при очень малых объемах работ и толщине мерзлого слоя менее 40 см. *Радиальный способ* отогревания используют при толщине мерзлого грунта более 40 см. Грунт прогревают с помощью нагревательных приборов в виде игл, устанавливаемых в пробуренные в мерзлом слое скважины. Иглы могут быть электрические, водяные циркуляционные (рис. 5.6) и паровые.

Траншеи и котлованы, разработанные в зимних условиях, должны быть предохранены от промерзания грунта в основании путем недобора грунта или укрытия утеплителями. Снятие утеплителя и зачистку основания производят непосредственно перед устройством оснований каналов или трубопроводов, а также камер. Траншеи и пазухи котлованов в зимнее время засыпают при том условии, чтобы количество мерзлых комьев в грунте не превышало 15% общего объема засыпки. Пазухи засыпают талым грунтом. Траншеи, разработанные в зимнее время, следует немедленно после окончания всех работ засыпать на всю глубину талым грунтом с тщательным послойным уплотнением.

5.3. Укладка стальных теплопроводов

Выбор метода укладки теплопроводов зависит от целого ряда условий. Главными из них являются: конструкция теплопроводов, вид прокладки (подземная, надземная), материал труб, тип изоляции и способ ее нанесения (заводской или на месте укладки). Разнообразие условий не позволяет рассмотреть все возможные случаи монтажа теплопроводов. Ниже будут приведены примеры прокладок с характерными условиями, влияющими на способ монтажа, а именно способы подземной прокладки стальных теплопроводов: в каналах и коллекторах из труб с заводской изоляцией и с изоляцией на месте работ; бесканальная прокладка с заводской изоляцией труб.

В трубопроводном строительстве и при монтаже теплопроводов, в частности, независимо от указанного выше способа прокладки широкое распространение получили самоходные стреловые краны на гусеничном и пневмоколесном ходу, а также тракторные краны (трубоукладчики). Самоходные стреловые краны обладают рядом преимуществ. К их достоинству относятся: большая подвижность, возмож-

ность перемещения груза в любом направлении на относительно большие расстояния, мобильность (возможность легкой переброски кранов как внутри площадки, так и с одной строительной площадки на другую), возможность использования не только на монтажных, но и на других работах. Эти краны изготовляют в виде универсальных кранов-экскаваторов со сменным экскаваторным, крановым и другим оборудованием. Кроме того, выпускают специальные краны.

Силовым оборудованием самоходных стреловых кранов являются обычно дизельные или карбюраторные двигатели, а также электродвигатели и дизельэлектрические системы. Краны используют как в городских условиях, так и в условиях бездорожья. Стреловые самоходные краны на автомобильном (пневмоколесном) ходу для устойчивости во время работ снабжают выносными опорами, называемыми аутриггерами. Достоинством этих кранов, является их мобильность. Используются они для строительства подземных тепловых сетей и сетевых сооружений обычно в городских условиях, а также для погрузочно-разгрузочных работ.

Тракторные краны представляют собой трактора с укрепленными на них стрелами в виде навесного оборудования. Различают две основные разновидности таких кранов: навесные тракторные краны, у которых стрела является навесным оборудованием, и специальные краны-трубоукладчики (не имеющие сменного оборудования). Краны-трубоукладчики это специальные краны, предназначенные для укладки стальных и других трубопроводов. Горизонтальное перемещение груза производится трубоукладчиком за счет изменения вылета стрелы путем увеличения или уменьшения ее угла наклона. У трубоукладчика стрела размещается всегда слева по ходу его движения. Монтируются трубоукладчики на базе гусеничных тракторов ДТ-75, Т-130, Т-180 и др.

Выбор монтажного крана. В зависимости от характера сооружения, величины его конструктивных элементов и принятого метода монтажа монтажный кран выбирают в два приема: вначале выбирают тип крана, а затем производят подбор по требующейся в данных условиях грузоподъемности. После этого проверяют возможность монтажа по высоте подъема крюка крана. Для строительства теплопроводов как линейной части, так и сооружений на ней наиболее подходящим типом крана является самоходный стреловой кран и кран-экскаватор. В отдельных случаях может быть использован трубоукладчик. В зависимости

от условий работ (асфальтированные дороги и бездорожье) подбирают ходовую часть: пневмоколесный или гусеничный ход.

По грузоподъемности выбирают кран, определив максимальный груз наиболее удаленного от крана элемента. Для этой цели обычно намечают схему работы крана, что дает возможность установить необходимые вылеты стрелы и величины грузов на этих вылетах. Для самоходных стреловых кранов вылет стрелы считается от вертикальной оси вращения крана, для трубоукладчиков — от края левой гусеницы трубоукладчика. Как указывалось выше, стрела всегда располагается слева по ходу движения до максимального и наиболее удаленного груза.

Для монтажа трубопроводов одиночными трубами максимальным грузом будет масса трубы с изоляцией и масса траверсы, а вылет стрелы R — расстояние от оси вращения крана до наиболее удаленной трубы. Если трубы укладывают плетями, то используют два крана. В этом случае определяют массу всей плети и груз, приходящийся на один кран.

В строительстве теплопроводов встречаются случаи более сложные с точки зрения монтажа. Например, для монтажа двухсекционного коллектора кран выбирают по массе стенового элемента, наиболее удаленного от крана, т. е. по параметрам P_1 и R_1. Если же масса плиты перекрытия будет больше массы стенового элемента, т. е. $P_2 > P$, то обязательно производят проверку по параметрам P_2 и R_2 и выбирают кран по бо́льшим из параметров. Одновременно подсчитывают высоту H, слагающуюся из высоты стропов или траверс h_1, высоты монтируемого элемента h_2 и расстояния от низа монтируемого элемента до земли h_3 или превышения монтируемого элемента над местом его установки. Эта высота H должна быть меньше максимальной высоты подъема крюка на соответствующем вылете для данного крана. Если при выборе крана оказывается, что предъявляемым требованиям удовлетворяют несколько кранов (по их грузоподъемности), то окончательное решение принимают после экономического их сравнения.

Грузозахватные приспособления. Применяемые для монтажных работ грузозахватные приспособления делятся на три основные группы: стропы, траверсы и захваты. *Стропы* бывают различных видов. Независимо от конструкции стропов из требований техники безопасности применяют не закручивающиеся тросы, т. е. такие, которые имеют пеньковый сердечник. Простейшим является кольцевой (универ-

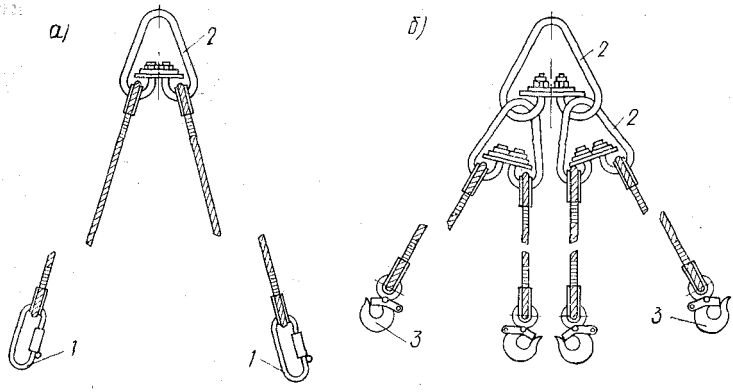


Рис. 5.7. Стропы
а — двухветвевой; *б* — четырехветвевой («паук»); *1* — карабин; *2* — серьга; *3* — крюк

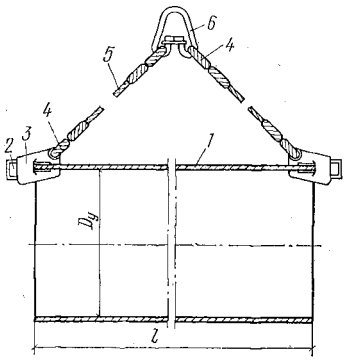


Рис. 5.8. Торцевой захват
1 — труба; *2* — скоба; *3* — захват; *4* — коуш; *5* — трос; *6* — серьга

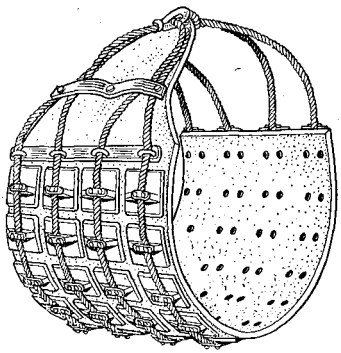


Рис. 5.9. Мягкая стропа («полотенце»)

сальный) строп, представляющий собой кольцо из отрезка стального каната (диаметром от 19,5 до 30 мм) со сплетенными концами. Такой строп затягивают на монтируемом элементе петлей и зацепляют за крюк грузоподъемного механизма.

Облегченный строп представляет собой отрезок стального троса (диаметром от 12 до 30 мм), в концы которого заделаны: коуш на одном конце, карабин или крюк на другом. Поднимаемая конструкция обхватывается тросом в виде петли и крюк зацепляется за трос, а коуш другого конца — за грузовой крюк крана. Из облегченных стропов делают двух- и четырехветвевые стропы (рис. 5.7). Двухвет-

вевой строп состоит из серьги и надетых на нее двух облегченных стропов. Крюки или карабины служат для зацепления за монтажную петлю поднимаемого элемента.

Диаметр троса определяют расчетом. Строп серьгой подвешивается к грузовому крюку монтажного крана. Для монтажа плит, коробов и других крупных элементов используют четырехветвевые стропы («пауки»), которые представляют собой два двухветвевых стропа, подвешенных к серьге большего размера. Стропы применяют на монтаже сборных железобетонных конструкций и при погрузочно-разгрузочных работах. Для погрузочных работ (с трубами) на концах ветвей стропов вместо крюков укрепляют специальные торцевые захваты, конструкция которых зависит от материала труб.

Торцевые захваты для стальных труб (рис. 5.8) изготовляют из листовой стали. В стальной планке делают прорезь шириной, несколько большей толщины стенки трубы. Для увеличения площади опоры трубы под щелью приваривают планку той же кривизны, что и труба. По торцам щели приваривают упорные стальные планки. В захвате высверливают отверстие для коуша с тросом. Для удобства надевания на трубы захват снабжают скобой. Торцевые захваты применяют для погрузки и разгрузки труб. Ими оснащают 2—4-ветвевые стропы для одновременного подъема соответственно одной или двух труб.

Мягкие стропы (рис. 5.9) или, как их называют, *«полотенца»* делают из прорезиненной ленты, прикрепленной к тросам с помощью металлических подкладок на болтах. Из тросов в верхней части образуют петли, за которые подвешивают полотенце на грузовой крюк крана или карабин. Прорезиненная лента создает мягкую опору, в результате чего усилие подъема распределяется на большую площадь. Такие полотенца применяют для монтажа изолированных (с тепловой или противокоррозионной изоляцией) труб, не опасаясь порчи изоляционного покрытия) или самих труб, «Полотенца» изготовляют на разные диаметры труб до 1400 мм. Трубы (с тепловой изоляцией) длиной 12 м и более монтируют двумя полотенцами, подвешенными к траверсе в виде балки или фермы в зависимости от массы поднимаемых труб. *Траверса* — это балка или ферма, имеющая подвески из тросов с крюками или карабинами на концах (рис. 5.10). Траверсы используют в трубопроводном строительстве для монтажа плетей из труб, а также сборных элементов больших размеров: крупноразмерных плит перекрытий и настилов, балок прогонов, ферм, стеновых панелей и т. п.

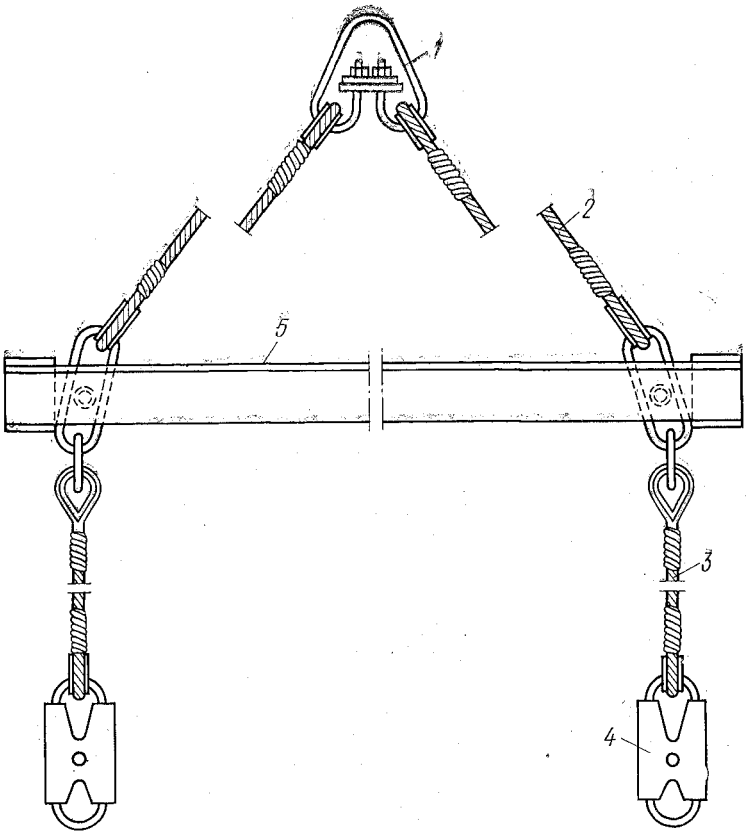


Рис. 5.10. Траверса
— серьга; *2* — трос; *3* — подвеска; *4* — карабин; *5* — балочка

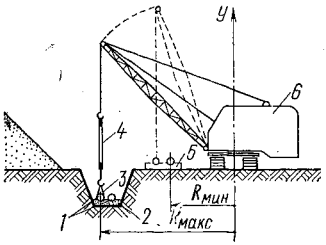


Рис. 5.11. Укладка стальных труб с тепловой изоляцией
1 — теплопроводы; *2* — песчаная подготовка; *3* — мягкая стропа; *4* — траверса; *5* — лежка; *6* — кран-экскаватор; *У* — ось вращения; *R* — максимальный и минимальный вылеты крюка

При бесканальной прокладке стальных труб с заводской изоляцией до начала монтажных работ производят следующие подготовительные работы: траншею очищают от осыпавшегося грунта, основание выравнивают и насыпают песчаную подушку слоем не менее 10 см (кроме мест под стыками) и тщательно уплотняют. Вдоль траншеи со стороны

монтажной площадки раскладывают лежки с вырезками для пары труб; в вырезках делают мягкие подкладки, чтобы не испортить изоляции при укладке в них труб.

Трубы завозят изолированными на заводе и укладывают парами на лежки вдоль траншей (рис. 5.11). После этого осматривают изоляцию и устраняют повреждения. Монтажный кран подбирают, как указывалось выше, по максимальной массе трубы на наибольшем удалении от оси вращения крана $R_{макс}$. Поскольку кран и трубоукладчик перемещают трубу в горизонтальном направлении за счет склонения трубы, при выборе направления движения крана вдоль траншеи учитывают кроме $R_{макс}$ и минимально возможное приближение крана к трубе $R_{мин}$, находящейся на лежке. Таким образом выбирают кран по максимальному и минимальному вылетам стрелы. Монтаж ведут одиночными трубами, так как сварка в плети их (с готовой монолитной заводской изоляцией) у бровки перед укладкой не разрешается.

В качестве грузозахватного приспособления используют два мягких стропа (см. рис. 5.9), подвешенных на траверсу (см. рис. 5.10). Зацепив за серьгу траверсы, подготовленную к подъему трубу (ближнюю к бровке) кран медленно, без рывков, поднимает и перемещает в горизонтальном направлении до момента наведения ее на проектную ось трубопровода. Затем, разматывая («стравливая») грузоподъемный трос, опускают трубу в проектное положение и укладывают ее так, чтобы на всем протяжении она плотно прилегала к основанию. Далее выверяют прямолинейность и уклон трубы и подбивают песком. Захватные приспособления снимают после того, как труба окончательно уложена в проектное положение, предусматривая меры по сохранению изоляции. Вторую трубу укладывают аналогичным образом. После этого монтажный кран перемещают вдоль траншеи на стоянку для монтажа следующей пары труб.

Бесканальную прокладку стальных труб производят на участках между компенсаторами. П-образные компенсаторы стальных труб монтируются в каналах. Канальную часть теплопроводов, неподвижные опоры и камеры рекомендуется сооружать вначале, до прокладки бесканальной части. По окончании монтажных работ и присыпки трубопроводы испытывают гидравлическим (реже пневматическим) давлением. Если трубопровод выдержал испытания, приступают к изоляции стыков. Стыки тщательно очищают и наносят противокоррозионное покрытие.

Изоляцию стыков производят полуцилиндрами или сег-

ментами при сборном варианте или путем нанесения монолитного слоя. Внутреннюю поверхность скорлуп и торцы смазывают расплавленным битумом и в таком виде укладывают на стык. Скорлупы к трубе крепят вязальной проволокой. После этого зазоры между торцами заводской изоляции труб и скорлупами заделывают расплавленным битумом и наносят гидроизоляционный слой. Затем теплопроводы засыпают в порядке, указанном в § 5.2.

Прокладка стальных теплопроводов с заводской изоляцией в каналах. Как и в предыдущем случае отвал грунта и монтаж осуществляют с разных сторон от оси траншеи На монтажной площадке кроме изолированных труб укладывают и сборные железобетонные элементы каналов. Подготовительные работы выполняют так же, как и в предыдущем случае. Сборные железобетонные элементы каналов раскладывают на монтажной площадке за пределами зоны движения крана дальше от траншеи. Железобетонные элементы укладывают на деревянные подкладки. Трубы с заводской изоляцией укладывают на лежки с вырезами также, как и в предыдущем случае.

Далее по готовой бетонной (или щебеночной) подготовке, выровненной по уклону монтажным краном укладывают плиты днища или нижний лоток. Стыки между плитами или лотками заделывают цементным раствором. Затем в соответствии с проектом раскладывают опорные плиты скользящих опор и в зависимости от длин труб устанавливают временные (монтажные) опоры. Укладку труб производят монтажным краном на временные опоры. После этого в определенных проектом местах снимают изоляцию и приваривают к трубам корпусы скользящих опор и исправляют изоляцию в этих местах. Края опор следует располагать не ближе 500 мм от сварного стыка. Корпусы скользящих опор можно приваривать на берме траншеи до опускания труб. Это требует большой точности в их установке и приварке, поскольку смещение металлических элементов и их перекос не допускается.

При устройстве подвижных опор других конструкций следят за тем, чтобы ролики, катки и шары свободно вращались и не вываливались из своих гнезд. Передвижение скользящих опор должно быть плавным без заеданий, для чего их смазывают консистентной смазкой с температурой размягчения, превышающей температуру нагрева трубопровода. Подвижные детали опор — ролики, катки, шары следует устанавливать на неподвижные части скользящих опор с учетом теплового расширения трубопровода, для

го предусматривают их смещение в сторону, противоположную расширению от центра опоры. После того, как произведут проверку подготовки всех элементов скользящих опор, временные опоры удаляют и трубы опускают в проектное положение. Далее стыки центрируют и сваривают. Изолируют стыки после испытания теплопроводов.

Прокладка стальных трубопроводов с изоляцией минеральной ватой на месте работ. Наиболее распространенным является тип тепловой изоляции, приведенной на рис. 2.25. Изоляция этого типа хотя и очень трудоемка, но надежна в эксплуатации. Трубы на трассу завозят с антикоррозионной изоляцией. Если диаметры труб малы (до 300 мм), разрешается сваривать их в плети на берме траншеи по 2—3 трубы. Монтаж начинают с раскладки труб на временные опоры, уложенные по плитам или лоткам. Корпусы скользящих опор можно приваривать к трубам либо на временных опорах в траншее, либо на берме до укладки труб. Укладку труб ведут монтажными кранами: одним — одиночных труб и двумя — плетей.

Грузозахватными приспособлениями являются траверса с двумя мягкими стропами («полотенцами»). Изоляцию труб (без стыков) можно делать до их укладки, но можно после укладки. Последовательность положения слоев следующая (см. рис. 2.25). По противокоррозионной изоляции труб укладывают маты из минеральной ваты, которые подшивают к трубе на проволочных петлях. Маты по длине труб сшивают между собой. Для штукатурки по окружности трубы (по матам) натягивают сетку, которую укрепляют проволочными кольцами. Штукатурку по сетке выполняют асбестоцементным раствором. Изоляцию стыков (по окончании всех работ) производят теми же материалами и в той же последовательности, что и самих труб.

Установка компенсаторов. Компенсаторы всех конструкций перед установкой их на место должны быть растянуты. Приспособления для растяжки компенсаторов держат на компенсаторах до окончательной установки в проектное положение и снимают только после закрепления теплопроводов неподвижными опорами. Величину растяжки определяют проектом по формулам с учетом температуры в момент монтажа компенсатора. П-образные компенсаторы устанавливают обычно на трех подвижных опорах: одну опору делают в вершине компенсатора, а две другие у мест присоединения компенсатора к трубопроводам (не ближе 5см от сварного стыка).

Технология производства работ в этом случае следую-

щая. На сваренный компенсатор устанавливают приспособление для растяжки (рис. 5.12), состоящее из металлических стержней; на одном конце каждого из них имеется нарезка (левая или правая), а на другом — разъемные хомуты на соответствующие диаметры труб компенсатора. При сборке приспособления концы стержней ввинчивают в фаркопф. Вращением фаркопфа в ту или другую сторону приспособление удлиняется или укорачивается. Приспособление с развинченными хомутами устанавливают, как показано на рис. 5.12, завертывают хомуты и, замерив расстояние между трубами, вращают фаркопф до получения необходимой величины деформации. Компенсаторы стропуют в трех точках. Если они имеют малые размеры, монтаж их производят одним краном, если большие — двумя кранами. Стропы не освобождают до тех пор, пока стыки будут сцентрированы и укреплены прихватками. Распорное приспособление снимают после сварки всех стыков трубопровода и неподвижных опор.

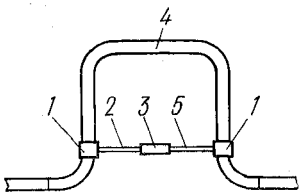


Рис. 5.12. Схема растяжки П-образного компенсатора

1 — стяжной хомут; *2* и *5* — стержни с правой и левой нарезкой; *3* — фаркопф; *4* — компенсатор

В целом ряде случаев растяжку П-образных компенсаторов указанным способом выполнить не представляется возможным. В этих случаях поступают следующим образом. Компенсатор собирают и сваривают обычным способом, однако один из его концов делают короче на величину растяжки. Поскольку растяжку нельзя производить на стыке компенсатора с трубопроводом во избежание перекоса, ее производят на следующем стыке трубопровода. В этот стык вставляют патрубок (временное кольцо) длиной, равной величине растяжки, и делают прихватки. На концах стыкуемых труб приваривают хомуты из уголков через отверстия, в которых пропускают шпильки с гайками на концах. Поле установки компенсатора в проектное положение и сварки стыков труб и неподвижных опор временное кольцо удаляют, концы труб стягивают завертыванием гаек на шпильках. При достижении величины зазора, необходимого для сварки, производят неповоротную сварку этого стыка. После окончания сварки снимают шпильки и удаляют хомуты.

Растяжки П-образных компенсаторов лучше производить на фланцевом стыке. Во фланцы вставляют шпильки

через одну и стягивают до установления зазора, равного величине растяжки. После сварки стыков и приварки трубопровода к неподвижным опорам между фланцами ставят постоянные прокладки, шпильки заменяют болтами, которые затягивают.

Линзовые компенсаторы устанавливают при укладке трубопроводов в разрывах, оставленных для них. Растяжку линзовых компенсаторов делают при помощи двух стяжных хомутов, которые остаются до окончания монтажа. После закрепления трубопровода на неподвижных опорах стяжные хомуты снимают.

Сальниковые компенсаторы устанавливают в процессе монтажа предварительно растянутыми на проектную величину, указанную рисками на корпусе компенсатора. При установке сальникового компенсатора особенно следят за тем, чтобы он точно располагался по оси трубопровода без перекосов.

Осевые волнистые компенсаторы следует устанавливать в проектное положение по инструкции, разработанной институтом ВНИИНефтемаш в следующей последовательности: волнистый компенсатор при помощи фланцев или сваркой присоединяют к участку трубопровода, который укладывают на подвижные опоры и окончательно закрепляют в неподвижной опоре; далее при помощи шпилек и гаек волнистый компенсатор растягивают на проектную величину; затем к этому компенсатору подтягивают следующий участок трубопровода, свободно лежащий на подвижных опорах; присоединив его к компенсатору на фланце или сваркой закрепляют этот участок трубопровода на неподвижной опоре; после закрепления шпильки заменяют болтами. Работы по монтажу осевых волнистых компенсаторов ведут с большой осторожностью, не допуская динамических нагрузок на него и предохраняя от искр сварки. Стропуют компенсатор только за патрубки. Испытывают трубопровод вместе с компенсаторами.

Одним из ответственных мест в монтаже теплопроводов является установка арматуры. На малых диаметрах тепловых сетей (до 50 мм) устанавливают вентили, а на больших — задвижки. С заводов-изготовителей арматура поступает с сертификатами или паспортами, в которых указаны допустимые давления и температуры и приведены сведения о материале основных деталей. На документах стоит дата выпуска. Задвижки и вентили с просроченными паспортами (сертификатами) подлежат полной ревизии

и испытаниям, проводимым в мастерских или на базах. Испытывают арматуру на прочность и плотность.

На строительство задвижки поступают с ответными фланцами и полным комплектом крепежных элементов. Часто в заводских условиях к ответным фланцам приваривают патрубки с кромками, подготовленными под сварку. С целью индустриализации монтажа на заготовительных базах и в мастерских изготавливают узлы, в которые входят задвижки, отводы и патрубки. Полностью готовый и испытанный узел отправляют на стройку, где производят только приварки патрубков узла к трубопроводам.

Когда на строительстве производят монтаж отдельных задвижек, то стропуют их за корпус. *Категорически запрещается строповать за штурвал.* Устанавливают задвижки обычно с помощью монтажного стрелового крана, причем положение задвижки в процессе подъема и опускания должно соответствовать проектному. При установке задвижки в проектное положение следят за тем, чтобы ось прохода задвижки строго совпадала с осью трубопровода. Не допускаются даже малейшие перекосы фланцев. Зазор между фланцем задвижки и ответным фланцем должен быть равномерным по всей длине окружности. Затяжку болтов на фланцах производят попарно (на диаметрально противоположных болтах). Каждую последующую пару выбирают так, чтобы она приходилась крестообразно по отношению к предыдущей.

5.4. Укладка асбестоцементных теплопроводов

При разработке и исследовании бесканальной прокладки тепловых сетей из асбестоцементных труб с засыпной тепловой изоляцией из гранулированных гидрофобизированных материалов определены следующие технологические процессы: подготовительные и земляные работы, укладка и монтаж асбестоцементных теплопроводов, устройство тепловой изоляции испытание теплопроводов. Строительство бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб показало их большое преимущество по сравнению с прокладкой тепловых сетей из стальных труб. Одним из основных достоинств является то, что строительство тепловых сетей из асбестоцементных труб осуществляется индустриальным методом при максимальной механизации работ. В заводских условиях производится гидрофобизация засыпной гранулированной тепловой изоляцией, изготовля-

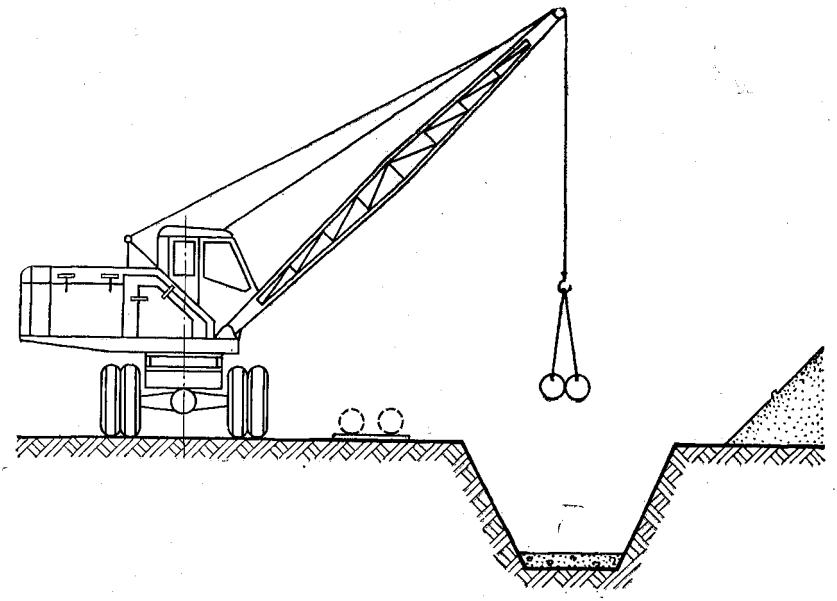


Рис. 5.13. Одновременная укладка в траншею двух асбестоцементных труб самоходным стреловым краном на пневмоколесном ходу

ются унифицированные теплофикационные камеры из сборного железобетона и собираются узлы теплофикационных камер. На строительной площадке осуществляют только монтаж тепловых сетей с максимальным использованием средств механизации.

Рытье траншей для трубопроводов и котлованов под теплофикационные камеры ведется механическим способом одноковшовыми экскаваторами, при этом за счет исключения компенсаторных ниш либо котлованов под теплофикационные камеры объем земляных работ значительно уменьшается. Асбестоцементные трубы в траншею укладывают самоходными кранами (рис. 5.13) или трубоукладчиками одновременно по две трубы (подающей и обратной) с помощью монтажной траверсы либо четырехветвевого стропа с шарнирными торцевыми захватами.

Шарнирные торцевые захваты (рис. 5.14) состоят из двух пластинок, соединенных между собой шарниром. При подъеме трубы подвижная пластинка поворачивается и конец трубы зажимается. Для предохранения труб от разрушения в местах захвата, соприкасающихся с трубой, тор-

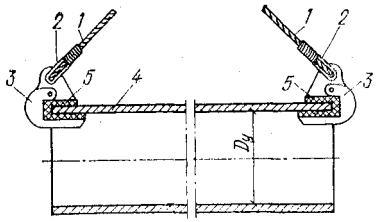
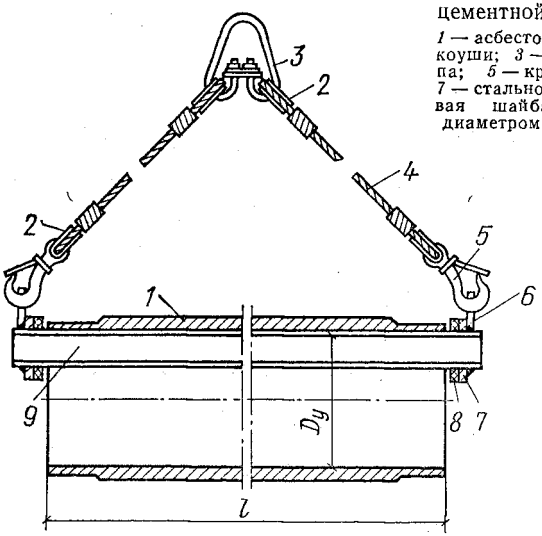


Рис. 5.14. Шарнирный торцевой захват для асбестоцементных труб

1 — стропы; *2* — коуши; *3* — захваты; *4* — труба; *5* — резиновые прокладки



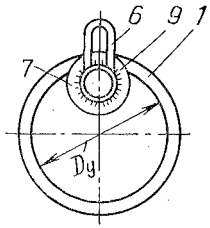


Рис. 5.15. Траверса для асбестоцементной трубы

1 — асбестоцементная труба; *2* — коуши; *3* — серьга; *4* — ветвь стропа; *5* — крюк стропа; *6* — скоба; *7* — стальной фланец; *8* — резиновая шайба; *9* — стальная труба диаметром 75 мм

цы пластинок обкладывают резиной. Для монтажа одиночных асбестоцементных труб используют траверсы (рис. 5.15), представляющие собой стальную трубу диаметром 75 мм, на концах которой приварены стальные фланцы. К фланцам с внешней стороны приваривают скобы для зацепления крюком стропа, а с внутренней наклеивают резиновые шайбы, благодаря чему торец асбестоцементной трубы при подъеме имеет мягкое соприкосновение с траверсой. Для подъема асбестоцементной трубы траверсу пропускают внутрь ее и зацепляют за скобы крюками стропы (с коушами). Такие траверсы используют и при погрузочно-разгрузочных работ.

Если асбестоцементные трубы монтируют плетями по 3—4 трубы, то используют траверсы-фермы (рис. 5.16). Сборка и уплотнение стыков на поверхности траншеи в этом случае значительно повышает качество стыков, однако требует большой осторожности при монтаже. Уложен-

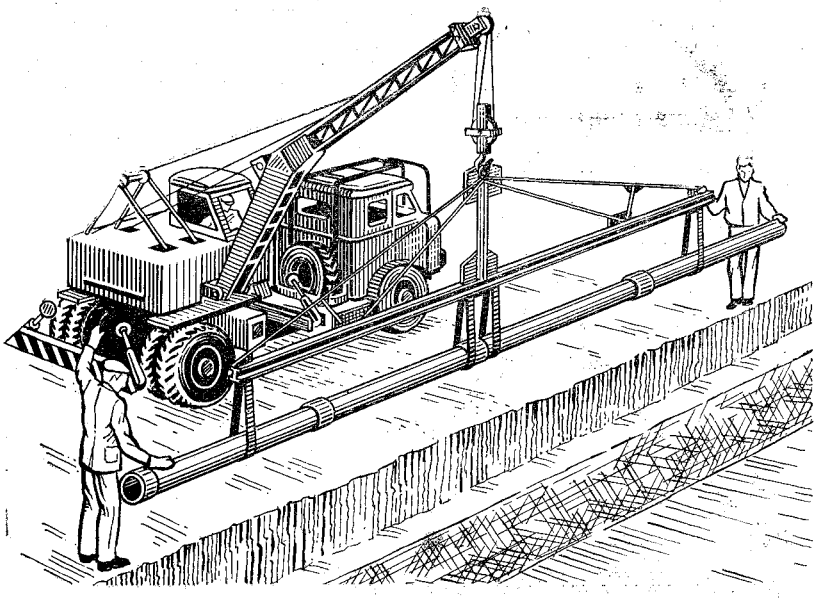
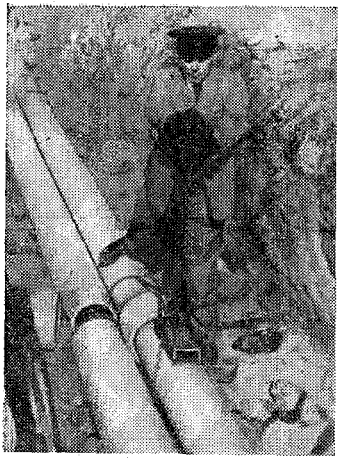


Рис. 5.16. Траверса для монтажа секции из четырех асбестоцементных труб

ные в траншею трубы соединяют между собой на муфтах, монтаж которых производят специальными рычажными приспособлениями: цепным или с монтажным хомутом (рис. 5.17).

Канд. техн. наук Полковниковым Ю. Ф. и другими (Волгоградский инженерно-строительный институт) разработаны приспособления и механизмы, позволяющие полностью механизировать процесс монтажа асбестоцементных труб. Трактор «Беларусь» снабжают приспособлением типа «механическая рука» (рис. 5.18). Механическая рука захватывает асбестоцементную трубу с бермы, опускает на дно траншеи, центрирует и надвигает асбестоцементную муфту. Достоинство этого метода заключается в механизации ручных процессов работ и отсутствии необходимости нахождения рабочих в траншее во время этой операции.

Стыковка асбестоцементных теплопроводов является одним из основных технологических процессов на строительстве тепловых сетей из асбестоцементных труб. Сборка стыковых соединений производится с помощью монтажных приспособлений различных конструкций. До начала соединения асбестоцементных труб на асбестоцементных



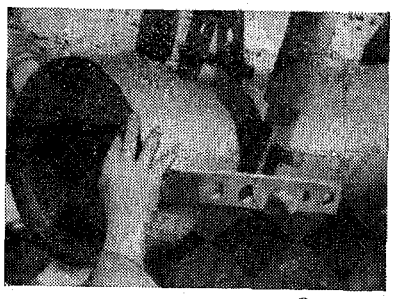


Рис. 5.17. Монтаж асбестоцементных теплопроводов рычажными приспособлениями
а — цепным; *б* — с монтажным хомутом

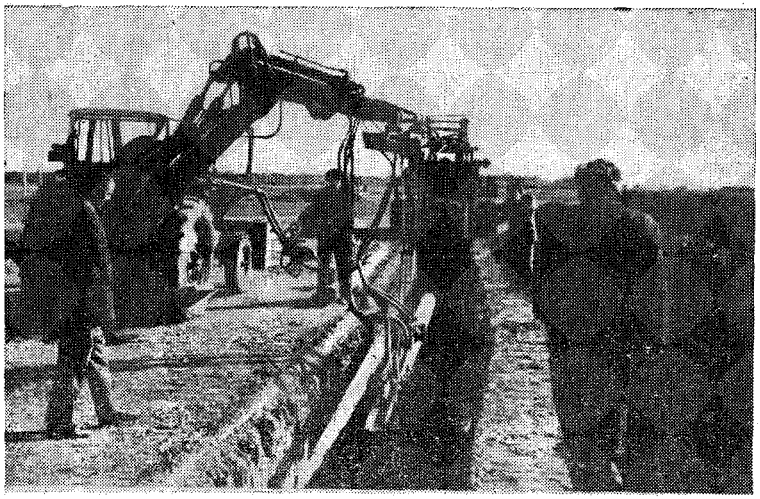


Рис. 5.18 Механизированная укладка асбестоцементных труб в траншею

самоуплотняющихся муфтах САМ и САМ-2-ТП в очищенные от загрязнений канавки муфт вставляют резиновые кольца (рис. 5.19). При установке резиновых колец в муфты необходимо расправлять их, чтобы они равномерно выступали из канавок. Углубления в теле колец должны быть обращены внутрь муфты. Обычно при стыковании асбесто-

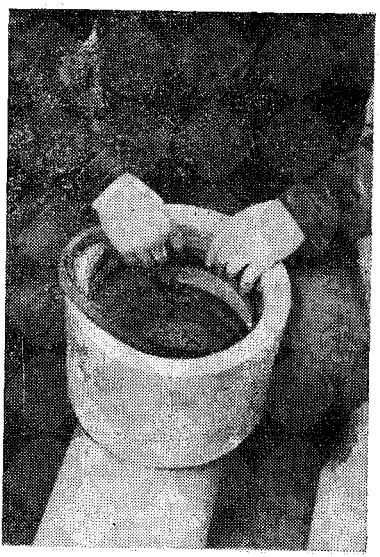


Рис. 5.19. Установка резиновых уплотнительных колец в асбестоцементные муфты

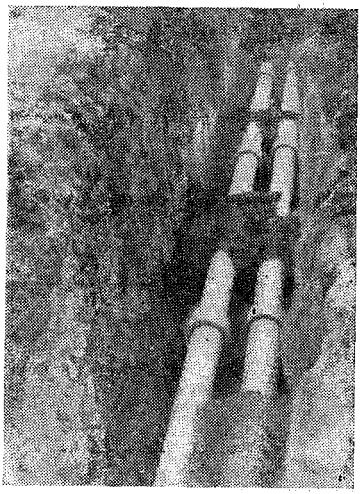


Рис. 5.20. Бесканальная прокладка тепловых сетей из асбестоцементных труб

цементными самоуплотняющимися муфтами с резиновыми уплотнительными кольцами для облегчения монтажа наружную поверхность обточенных концов асбестоцементных труб и внутреннюю поверхность вставленных в муфты резиновых уплотнительных колец смазывают графитно-глицериновой пастой или мыльным раствором. Состав графитно-глицериновой пасты должен быть следующим, %: графита — 40, глицерина — 45, воды — 15%.

Для компенсации линейных деформаций асбестоцементных труб между их торцами оставляют монтажный зазор (в 10—15 мм при длине труб 3—4 м и 15—20 мм при длине труб 6 м), который должен совпадать с серединой муфты. Для этого на асбестоцементных трубах на расстоянии от их концов, равном $l_м$, делают отметки, до которых надвигают муфты при монтаже стыковых соединений. Величину $l_м$ (в мм) определяют из выражения

$$l_м = L_м - l_з/2,$$

где $L_м$ — длина муфты, мм; $l_з$ — величина монтажного зазора, мм.

Тепловую изоляцию засыпают непосредственно с автосамосвалов с разравниванием, создавая выпуклую цилиндрическую поверхность с проверкой ее по шаблону. Свер-

ху укладывают защитную пленку. Для предохранения ее от повреждения делают присыпку из мягкого грунта слоем в 15—20 см. Верхнюю часть траншеи засыпают обычно бульдозерами. Гидравлические испытания смонтированных тепловых сетей обычно проводят с помощью специальной установки на базе поливомоечной машины. Таким образом, при прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб ручной труд остается только лишь при доработке грунта после экскаватора, разравнивании тепловой изоляции, укладке защитной пленки над изоляцией и присыпке, что составляет небольшой объем от всего комплекса строительно-монтажных работ.

Для оценки технологии строительства бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб провели ее сравнение с существующей технологией строительства тепловых сетей из стальных труб. При этом за эталон сравнения была принята получившая наибольшее распространение индустриальная бесканальная прокладка стальных теплосетей с битумоперлитной изоляцией. Условия прокладки для обоих вариантов тепловых сетей приняты одинаковыми.

Расчетные данные, а также результаты экспериментальных исследований, проведенных в процессе строительства обоих видов бесканальных тепловых сетей, при которых производился хронометраж по видам и комплексам работ, показали, что при бесканальной прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб продолжительность строительства снижается в среднем на 20—30%, трудоемкость — на 35—40%, потребность в механизмах — на 55—60%. Это дает основание считать, что разработанная технология бесканальной прокладки тепловых сетей из асбестоцементных труб по всем технико-экономическим показателям является более рациональной, чем существующая технология бесканальной прокладки тепловых сетей из стальных труб. Бесканальные тепловые сети из асбестоцементных труб с засыпкой тепловой изоляцией (рис. 5.20) целесообразно прокладывать для отдельно строящихся или перекладываемых заново теплотрасс.

Для районов сосредоточенного строительства тепловых сетей разработан и рекомендован более индустриальный метод монтажа из укрупненных блоков, изготавливаемых в заводских условиях. При разработке конструкции укрупненных блоков для асбестоцементных теплосетей необходимо выполнять следующие основные требования:

габаритные размеры блока следует выбирать с учетом

длины и диаметра применяемых асбестоцементных труб, их числа в блоке, вида и характеристик тепловой изоляции, возможности осуществления стыкования труб при монтаже теплопровода;

прочность блока должна обеспечивать восприятие транспортных, монтажных и эксплуатационных нагрузок;

по теплозащитным свойствам должны быть соблюдены установленные для тепловых сетей требования по нормированным тепловым потерям;

конструкция блока должна быть технологичной как в изготовлении по принятой заводской технологии или в условиях приобъектного полигона, так и при монтаже теплосети.

Укрупненные блоки состоят из двух асбестоцементных труб (подающей и обратной) с нанесенной на них в заводских условиях монолитной тепловой изоляцией, в качестве которой может применяться пенобетон, газобетон, газосиликат, фенольный поропласт, асфальтокерамзитобетон и другие аналогичные материалы. Основной конструктивной особенностью блоков является наличие в блоке своеобразного ядра жесткости из асбестоцементных труб, которые, в свою очередь, при изготовлении должны быть замоноличены теплоизоляцией в строго фиксированном положении.

При конструировании блоков в числе эксплуатационных нагрузок было учтено возможное температурное воздействие, особенно в периоды пуска и отключения теплотрассы, т. е. в периоды температурных изменений и вызванных ими деформаций. В этих случаях могут возникать дополнительные напряжения в трубах вследствие неравномерного прогрева блока по толщине и защемления труб в окружающей монолитной теплоизоляции. Для устранения возможности такого эффекта предложено создать между поверхностью асбестоцементных труб и соприкасающейся поверхностью тепловой изоляции прослойку из термопластичного материала (на основе битума или другого материала с подобными свойствами).

Термопластичная прослойка при нормальных температурах должна сцеплять трубы с теплоизоляцией. Это важно для обеспечения процесса стыковки блоков между собой при монтаже теплопроводов, когда муфты надеваются сразу на обе трубы при продвижении одного блока к другому (рис. 5.21), а под воздействием температуры теплоносителя при эксплуатации теплопровода термопластичная прослойка размягчается и позволяет асбестоцементным трубам перемещаться внутри монолитной изоляции при линей-

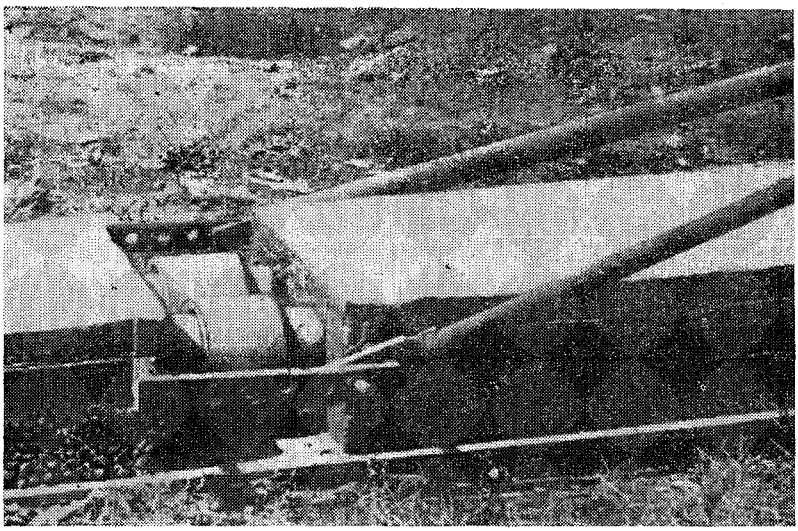


Рис. 5.21. Монтаж укрупненных блоков рычажным приспособлением

ных деформациях труб (которые компенсируются в эластичных стыках), что исключает перенапряжение труб. В результате термопластичная прослойка создает благоприятные условия для монтажа и работы теплопровода из укрупненных блоков с асбестоцементными трубами.

Для предохранения монолитной тепловой изоляции от увлажнения на ее поверхность наносят обмазочную гидроизоляцию. На участках стыковых соединений асбестоцементных труб длиной порядка 420 мм (по 210 мм с каждой стороны стыкуемых труб) применяют засыпную тепловую изоляцию с защитной пленкой, помещенной сверху. Объединенные изоляцией в монолитный блок асбестоцементные трубы помимо теплозащиты приобретают дополнительную защиту против случайных механических воздействий при транспортировке, монтаже и эксплуатации, что сохраняет целость труб, а значит способствует повышению эксплуатационной надежности теплопроводов.

Укрупненные блоки, состоящие из асбестоцементных труб, объединенных монолитной тепловой изоляцией, — принципиально новый вид изделия для применения в тепловых сетях. С точки зрения технологии изготовления для них в качестве аналога могут быть приняты конструктивные блоки из легких и ячеистых бетонов. Поэтому при раз-

работке технологии изготовления укрупненных блоков для асбестоцементных тепловых сетей за основу была принята существующая технология изготовления блоков из легких и ячеистых бетонов с учетом специфических особенностей конструкции и условий применения блоков для тепловых сетей.

Основными технологическими процессами при изготовлении укрупненных блоков для асбестоцементных теплосетей являются:

подготовительные, в которые входит отбор асбестоцементных труб и муфт по маркам и диаметрам и их испытание, а также подготовка комплектующих деталей, оснастки; нанесение на поверхность труб термопластичного слоя и сборка форм;

собственно изготовление блоков, включающее подготовку и заливку в формы теплоизоляционной массы, ее формование и твердение;

распалубка и обработка поверхности блоков гидрофобным покрытием;

приемка, маркировка и складирование готовой продукции.

В подготовительном отделении должна быть предусмотрена возможность проведения гидравлических испытаний асбестоцементных труб при давлении, равном испытательному давлению в теплосети. Таким испытаниям желательно подвергать поштучно все отсортированные по маркам, диаметрам и длине асбестоцементные трубы, поступающие со склада. Асбестоцементные муфты и резиновые теплостойкие уплотнительные кольца подвергают визуальному контролю, при котором устанавливают их марку, диаметр и отсутствие внешних дефектов. Заготавливают требуемых размеров и конфигурации закладные детали, в частности монтажные петли.

При подготовке к формованию блоков на поверхность прошедших сортировку и испытания асбестоцементных труб должен быть нанесен слой термопластичного материала. Такой слой (например, на основе битума, размягчающегося при температуре порядка +50°С) может быть образован методом налива массы на поверхность вращающейся в приводных центрах трубы, либо набрызгом из распылителя, либо намазкой кистью в зависимости от производительности линии по производству блоков и оснащения подготовительного отделения.

Заключительным из числа подготовительных процессов является сборка форм. При этом производят чистку и сма-

зку форм, укладку в формы подготовленных труб и их фиксацию: в торцевых диафрагмах — для обеспечения в стыкуемых блоках строгой соосности труб, и в торцевых упорах — для выпуска торцов труб из блока на одинаковую длину, необходимую для надвижки муфт. Укладку и фиксацию труб в диафрагмах и торцевых упорах следует выполнять особо тщательно, поскольку несогласованность труб по осям и длинам выступающих торцев затруднит стыкование блоков при монтаже теплотрассы. Торцевые диафрагмы и борта форм должны быть надежно закреплены.

Далее в формы устанавливают монтажные петли на расстоянии от торцев в четверть длины блока, при этом отогнутые нижние концы петель заводят под трубы и привязывают к ним. Верх петель следует располагать выше поверхности блока. Собранные формы при необходимости герметизируют промазкой щелей, после чего они считаются подготовленными для формования блоков.

Процесс изготовления блоков для асбестоцементных тепловых сетей состоит из: приготовления массы теплоизоляционного материала, заливки или укладки этой массы в форму и ее твердения. В качестве материала для теплоизоляционного монолита блока были опробованы керамзитобетон, пеносиликат и газосиликат по принятой заводской технологии изделий из этих материалов как наиболее распространенные и доступные. Для возможности организации приобъектного полигонного изготовления блоков для теплосетей была специально разработана технология безавтоклавного газобетона.

Технологические схемы и режимы изготовления блоков для асбестоцементных тепловых сетей следует выбирать строго в соответствии с видом материала для теплоизоляционного монолита блока, используя при этом соответствующие технологические нормативные документы и рекомендации. Обработка поверхности затвердевших и распалубленных блоков из негидрофобных материалов заключается в устройстве набрызгом, обмазкой или другим способом гидроизоляционного слоя (например, битумного) либо из подходящего материала с гидрофобными свойствами. Приемку, маркировку и складирование блоков для тепловых сетей осуществляют аналогичным порядком, принятым для подобной продукции. При складировании и транспортировке блоков следует защищать выступающие торцы труб специальными колпачками или обмоткой.

Анализируя технологическую схему производства

укрупненных блоков для теплосетей из асбестоцементных труб и опыт практического опробования этой технологии в производственных условиях, можно считать, что изготовление укрупненных блоков для теплосетей может быть организовано на действующих предприятиях, выпускающих блоки из аналогичных материалов для других целей. В случаях потребности в малых партиях блоков, например при строительстве теплосетей в отдаленных от заводов стройматериалов небольших поселках, их изготовление можно организовать на приобъектном полигоне. В этом случае в качестве монолитной тепловой изоляции блоков может быть рекомендован ячеистый бетон безавтоклавного твердения либо другой подобный материал, который может быть изготовлен по упрощенной технологии. Для изготовления укрупненных блоков необходимы соответствующие формы, удовлетворяющие существующим требованиям и обеспечивающие технологический процесс изготовления блоков для асбестоцементных теплосетей.

Разработаны, изготовлены и опробованы в производственных условиях как деревянные (на полигоне), так и металлические многооборотные сборно-разборные формы. Первоначально были разработаны и изготовлены деревянные формы-опалубки (рис. 5. 22) для установления характерных конструктивных особенностей, которые в дальнейшем были утчены в разработке металлических многооборотных сборно-разборных форм, использованных при заводском изготовлении укрупненных блоков для асбестоцементных теплосетей. Поскольку в то время еще не были установлены оптимальные размеры блоков, для разработки форм и опытного формования были приняты осредненные по данным предварительно теплового расчета размеры поперечного сечения блоков 70×40 см для труб условным проходом 100 и 150 мм, длиной 3 и 4 м.

Эти первые деревянные формы, безусловно, не моделировали полностью металлические, однако позволили установить необходимость: строгой фиксации труб по осям и длине выступающих торцов, герметизации форм, обеспечения жесткости днища и бортов и т. п. Все это практически весьма трудно достигается в деревянных формах. Например, для обеспечения соосности труб в блоках пришлось сначала их состыковать по длине, а затем формовать блоки и после их затвердения нумеровать стыки для согласованной стыковки блоков в траншее при монтаже теплопровода. Все же такой прием (хотя и многодельный) впоследствии сочли возможным допустить при необ-

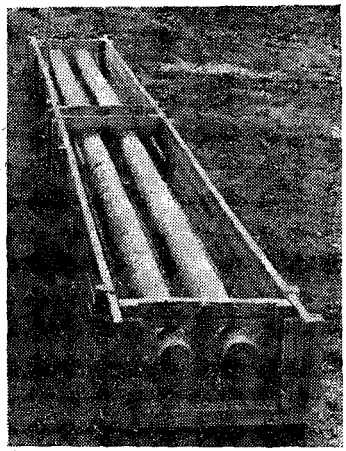
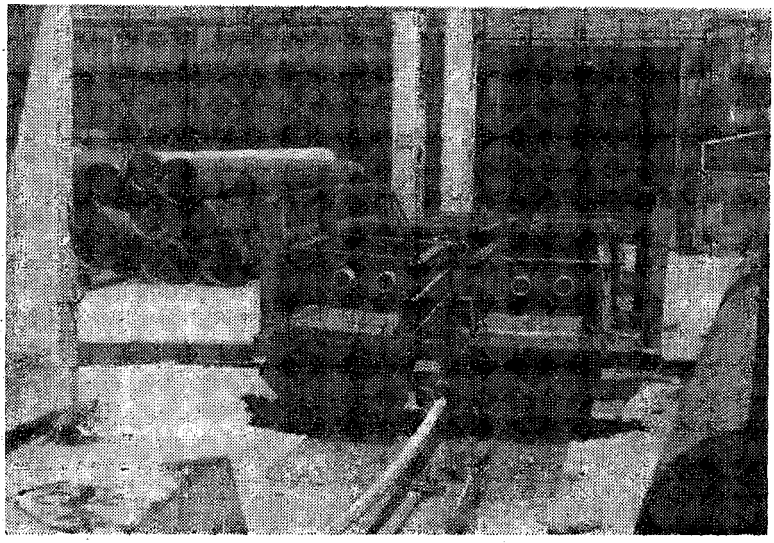


Рис. 5.22. Деревянная опалубка для формования укрупненных блоков

Рис. 5.23. Металлические формы для изготовления укрупненных блоков



ходимости изготовления малых партий блоков в условиях приобъектного полигона по упрощенной технологии.

Затем была разработана конструкция металлической формы (рис. 5. 23) с учетом необходимости обеспечения конструктивных и технологических требований. Внутренние размеры формы приняли осредненными 70×40×300—400 см, что позволяло формовать блоки с трубами условным

проходом 100 и 150 мм. Поддон формы был выполнен из стального листа, укрепленного снизу прямоугольной рамой из швеллера № 10 с поперечными ребрами. К раме поддона на петлях прикреплены продольные откидные борта, сделанные из швеллеров № 20, поставленных один на другой для придания бортам продольной жесткости и обеспечения высоты борта 40 см (такие борта легче, чем из швеллера № 40).

По краям бортов внутри форм укреплены на расстоянии 3 и 4 м друг от друга вертикальные пазы, в которые вставлялись съемные поперечные диафрагмы с центрированными отверстиями, калиброванными по наружному диаметру обточенных концов асбестоцементных труб. Кроме этого, на диафрагмах снаружи были устроены ограничительные упоры для фиксации труб по длине, чтобы их торцы выступали из блока на одинаковую длину. Такое решение бортоснастки позволяло использовать форму для изготовления блоков нескольких типоразмеров путем соответствующего подбора требуемого калибра диафрагм и установки их на необходимом расстоянии друг от друга по длине формы. При сборке формы борта укрепляли в рабочем положении поперечными стяжками-скобами.

В таких формах, выполненных по заказу Люберецкой теплосети Мособлтеплоэнерго, были изготовлены в заводских условиях партии блоков для опытных прокладок асбестоцементных теплосетей из укрупненных блоков. Монтаж блоков осуществляли следующим образом: на концы асбестоцементных труб наносили риски, до которых должны быть надеты асбестоцементные муфты, чтобы обеспечить необходимую величину монтажного зазора. Наружную поверхность выступающих концов асбестоцементных труб и внутреннюю поверхность вставленных в асбестоцементные муфты резиновых уплотнительных колец смазывали графито-глицериновой пастой. Между блоками устанавливали две асбестоцементные муфты, после чего блоки стягивали между собой рычажным приспособлением до тех пор, пока муфты не займут необходимое проектное положение. Демонтаж блоков осуществляли также рычажным приспособлением.

Строительство серии бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб укрупненных блоками на объектах Люберецкой теплосети Мособлтеплоэнерго (рис. 5.24) показало, что по сравнению с бесканальной прокладкой с засыпкой тепловой изоляцией существенно повышается

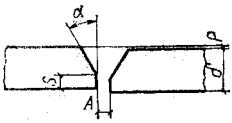


Рис. 5.25. Положение кромок труб перед сваркой стыка

s — величина притупления кромки; α — угол скоса кромок; *A* — зазор между кромками труб; ρ — допустимое смещение кромок труб; δ — толщина стенки трубы

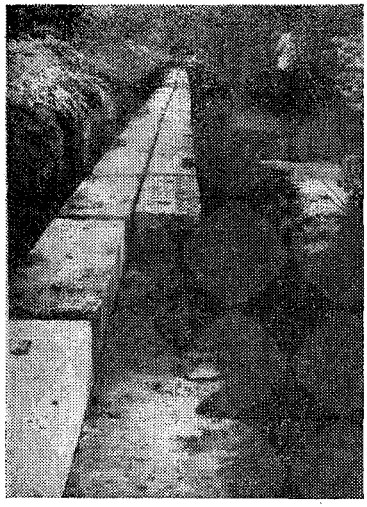


Рис. 5.24. Прокладка асбестоцементной четырехтрубной теплосети из укрупненных блоков

индустриализация. Трудоемкость строительства при этом снижается на 17—20%, а уровень сборности повышается более чем в 2 раза.

5.5. Сварочные работы

Сварка как неразъемное соединение стальных труб получила очень широкое распространение в строительстве тепловых и других сетей. В трубопроводном строительстве используют электродуговую автоматическую, полуавтоматическую и ручную сварку труб. Реже применяют контактную сварку. Газовую сварку используют для труб малых диаметров (с небольшой толщиной стенки труб). Вместе с тем газ широко используют для резки труб.

Подготовка кромок труб к сварке. Перед сборкой стыка необходимо выполнить следующее: очистить внутреннюю и внешнюю поверхность труб от грунта и других загрязнений; выправить и в случае необходимости обрезать кромки деформированных концов труб; очистить до металлического блеска (при дуговой сварке) кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности на ширину не менее 10 мм. Форма кромок труб для сварки, углы скоса и величина притупления, показанные на рис. 5.25, должны соответствовать табл. 5.2.

Ручную дуговую сварку труб со стенками толщиной

Таблица 5.2. Углы скоса и величины притупления кромок

Метод сварки	Угол скоса кромок α, град	Величина притупления, мм
Ручная дуговая сварка	30—35	1—3
Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом и в среде углекислого газа	15—20	3—4

до 4 мм и автоматическую сварку труб со стенками толщиной до 6 мм включительно производят без скоса кромок. Смещение кромок P (см. рис. 5.25) на участке, не превышающем четверти длины окружности трубы, не должно превышать 20% толщины стенки трубы δ и быть не более 3 мм. Величину зазора A устанавливают по СНиП III-29-76 §2.11 и ГОСТ 16037—80. Сборку стыка осуществляют с помощью центраторов, которыми совмещают концы труб.

Центраторы бывают наружные и внутренние. *Наружный* центратор состоит из отдельных звеньев, шарнирно соединенных между собой подобно ролико-втулочной цепи (рис. 5.26). Звенья имеют выступы, в которых укреплены втулки с роликами. Крайнее звено имеет замок с запорно-натяжным устройством. Стыкуемые концы труб, очищенные от грязи и ржавчины, сближают между собой так, чтобы получить необходимый зазор между кромками. На будущий стык накладывают центратор, причем ролики его заходят на равные расстояния как на одну, так и на другую трубу. Затем центратор смыкают в замке и с помощью рычага вращают винт, упирающийся в башмак, который в свою очередь опирается на трубу. При натяжении ролики центратора плотно прижимаются к обоим концам труб. Звеньевые центраторы применяют для труб большого диаметра. Для малых диаметров труб применяют наружные эксцентрированные центраторы. Натяжение таких центраторов осуществляется при помощи эксцентрикового замка путем поворота рукоятки. Эксцентриковые наружные центраторы применяют для сборки стыков труб диаметром 150—400 мм.

Внутренние центраторы в отличие от наружных вводят внутрь труб под будущий стык. Применяют их для труб больших диаметров на строительстве магистральных трубопроводов. После сборки стыка под дуговую сварку делают прихватки путем наложения коротких сварочных швов. Длина шва каждой прихватки 30—40 мм для поворотных

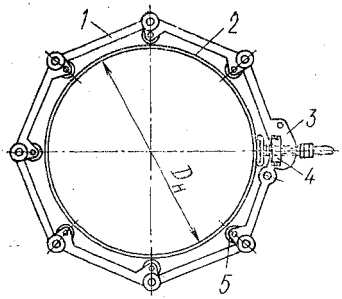


Рис. 5.26. Наружный звеньевой центратор

1 — звено; *2* — труба; *3* — накидное звено; *4* — прижимное устройство; *5* — опорный ролик

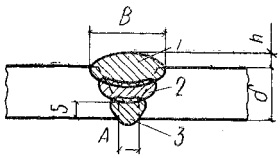


Рис. 5.27. Разрез по трехслойному сварному шву

1, 2, 3 — первый, второй и третий слои шва; *B* — ширина сварного шва; *h* — величина усиления шва; δ — толщина стенки трубы; *A* — зазор между кромками труб

стыков и 50—60 мм для неповоротных. Прихватки делают теми же электродами и при тех же режимах сварки, которые будут применены при сварке стыка. Высота прихватки должна составлять 40—50% толщины стенок труб. Количество прихваток по длине окружности в зависимости от диаметра труб должно быть: при диаметре труб d 200 мм число прихваток $n=2$; при $d=250$—350 мм $n=3$ м; при $d=400$—500 мм $n=4$; при $d=600$ мм $n=5$—6; при $d=700$ мм $n=5$—7; при $d=800$—1400 мм $n=6$—8.

Электродуговая ручная сварка труб. Дуговую сварку поворотных и неповоротных стыков труб при толщине стенок до 6 мм выполняют не менее чем в два слоя; при толщине стенок труб свыше 6 мм — не менее чем в три слоя (рис. 5.27). При трехслойной сварке толщина первого слоя должна составлять 40—50% толщины стенки трубы δ; толщина первого и второго слоя вместе должна составлять 80—90%; толщина всех трех слоев должна быть больше толщины стенки трубы на 1—3 мм за счет усиления, т. е. выпуклого валика наплавленного металла, но не более 40% толщины стенки трубы. Ширина шва не должна превышать 2,5 δ.

Технология ручной электродуговой сварки поворотных стыков сводится к следующему. Первый слой накладывают на верхнюю полуокружность стыков секции. После этого секцию поворачивают на 180° и сварку первого слоя продолжают на второй полуокружности стыка. Второй слой накладывают в полувертикальном положении путем постепенного поворачивания трубы. Второй слой шва, так же как и первый, делают с вогнутой поверхностью валика. Тре-

тий слой накладывают аналогично второму, но поворот трубы производят в обратном направлении. Третий, последний, слой должен иметь выпуклую равномерную поверхность. Переход от наплавленного металла к основному должен быть равномерным по всей длине шва.

Наложение отдельных слоев шва неповоротных стыков производят следующим образом. Первый слой всего стыка проваривают обратноступенчатым швом, при этом «замок» первого слоя располагают в точке зенита трубы или вблизи от нее. Второй слой шва заваривают снизу вверх, а замок смещают от точки зенита на 50—70 мм. Сварку ведут поочередно или одновременно с обеих сторон трубы. Аналогичным образом заваривают третий слой шва, причем «замок» смещают от зенита в противоположную сторону. Поверхность каждого слоя, кроме последнего, должна быть вогнутой и зачищенной от шлака. Необходимо также, чтобы замыкающие участки «замка» верхнего слоя не совпадали с «замками» нижнего слоя. По окончании сварки сварщик обязан наплавить около стыка присвоенное ему клеймо. Клеймо наплавляют или выбирают на расстоянии 30—50 мм у каждого сваренного стыка.

Автоматическая сварка под слоем флюса. Эта сварка представляет собой процесс, при котором сварочная дуга горит окруженная жидкой оболочкой расплавленного шлака, изолирующего расплавленный металл от влияния газов атмосферы. Под воздействием высокой температуры дуги происходит плавление как присадочного, так и основного металла трубы, в результате чего сварочная ванна представляет собой расплавленную массу металла и флюса. При выключении электрического тока сварочной дуги в процессе охлаждения они разделяются на шлак, который всплывает и кристаллизуется, образуя стекловидную шлаковую корку, и на металл, который кристаллизуясь, образует сварной шов. Автоматическая сварка ведется при непрерывном вращении трубы, над которой установлена неподвижно сварочная головка.

Автоматическую сварку ведут в базовых или заводских условиях на автосварочных установках, оборудованных сварочными головками, которые предназначены для непрерывной подачи электродной проволоки и флюса в зону горения дуги для направления электрода по разделке стыка и для подвода тока к электроду.

Режим сварки на установках в зависимости от диаметра свариваемых труб и завариваемого слоя бывает: ток

450—950 А, напряжение 40—55 В. Автоматическую сварку под слоем флюса используют для соединения поворотных стыков труб в пары или секции (из большего числа труб), а также при сборке узлов камер и других конструкций.

Сварка труб в среде углекислого газа. Этот вид сварки, получившей название газоэлектрической, является одним из наиболее совершенных способов сварки, при котором электрическая дуга горит в струе углекислого газа. Струя углекислого газа омывает расплавленную ванну металла и защищает ее от вредного воздействия кислорода и азота воздуха. Достоинствами газоэлектрической сварки в среде углекислого газа являются: возможность использования ее в разных пространственных положениях (чего не удается достичь при сварке под слоем флюса) и возможность сварки стыков труб без подкладных колец, с полным проваром корня шва.

Очень часто сварку в среде углекислого газа используют для сварки первого слоя шва или целиком поворотных стыков труб. Сварку первого слоя поворотных стыков в среде углекислого газа выполняют газоэлектрическими полуавтоматами или автоматами. Последующие слои шва по заваренному первому слою можно производить автоматической сваркой под флюсом.

Полуавтоматическую сварку стыков выполняют полуавтоматами, которые состоят из переносного механизма подачи электродной проволоки, держателя со шлангом и пульта управления. Шланговый держатель полуавтомата служит для подвода сварочного тока, электродной проволоки и углекислого газа в зону сварки. Держатель состоит из рукоятки, мундштука и сопла для подачи газа к дуге. В рукоятке держателя вмонтирован дистанционный выключатель сварочного тока и электродвигателя механизма подачи электродной проволоки. Режим газоэлектрической полуавтоматической сварки: сварочный ток 180—220 А, напряжение на дуге 24—26 В.

Автоматическую сварку поворотных стыков в среде углекислого газа производят автоматами, состоящими из сварочной головки, узла подачи проволоки с кассетой и пульта управления. Сварочная проволока диаметром 1,2—1,4 мм поступает в редуктор головки, который предназначен для подачи электродной проволоки с одновременным колебанием ее вместе с газовой камерой поперек шва Углекислый газ поступает к сварочной ванне через газовую камеру. Сварочная головка размещается на опорном кронштейне автомата, где также находится кассета с электрод-

ной проволокой и пульт управления. Режим сварки: напряжение на дуге 22—26 В, сварочный ток для первого слоя 200—260 А, для второго и последующих слоев 180—200 А.

Контроль качества сварки стальных труб. Контроль качества сварных швов осуществляет строительно-монтажная организация в течение всего периода сварочных работ. Проверке подлежат: качество применяемых материалов, техническое состояние сварочного оборудования и инструмента, а также квалификация сварщиков; качество работ по операциям при сборке, прихватке и наложении швов; сварные швы (внешним осмотром). Контроль также включает проверку физическими методами сплошности швов, механическими испытаниями образцов, вырезанных из контрольных стыков и пневматическими или гидравлическими испытаниями законченного строительством теплопровода при обеспечении безопасности работ.

Сварочные материалы проверяют сравниванием характеристик, указанных в сертификатах, с требованиями соответствующих ГОСТов и технических условий, а также тщательным внешним осмотром. Техническое состояние сварочного оборудования и инструмента проверяют до начала и в период ведения работ, а также по документам и при необходимости по пробному стыку. Пооперационный контроль ведут в процессе сборки и сварки стыков трубопроводов. При этом проверяют: правильность центровки труб, совпадение кромок, величину зазора, скос кромок, притупление и зачистку кромок, расположение и качество прихваток. Проверяют также технологию и режим сварки, порядок наложения отдельных слоев шва, форму слоев шва, зачистку шлака, отсутствие подрезов, пор, трещин и других внешних дефектов шва. Устанавливают соответствие с технологическими инструкциями.

При проведении внешнего осмотра следят за тем, чтобы все стыки удовлетворяли следующим требованиям: поверхность наплавленного металла по всему периметру должна быть слегка выпуклой с плавным переходом от наплавленного к основному металлу без подрезов, на шве не должно быть незаваренных кратеров; высота усиления шва должна быть ровной; ширина сварного шва должна быть равномерной; не допускается наличие в шве трещин любых размеров, пор, наплывов, кратеров и грубой чешуйчатости. Стыки, не удовлетворяющие по внешнему виду изложенным выше требованиям, бракуют и немедленно исправляют или удаляют.

Сплошность сварных стыков проверяют физическими методами контроля: просвечиванием стыков гамма-лучами, рентгеновскими лучами, а также ультразвуком или магнитографическим методом. Наиболее надежными из них являются методы просвечивания. Проверке сплошности сварных швов физическими методами контроля (по ГОСТ 7512—75) подвергают следующее количество поперечных стыков: 1) для тепловых сетей диаметром до 450 мм включительно с параметрами: t до 115°С и давлением до 1,6 МПа (16 кгс/см^2) — 3% общего количества поперечных стыков, выполненных каждым сварщиком, но не менее двух стыков; 2) для тепловых сетей диаметром до 450 мм включительно с параметрами воды: t до 200°С и давлением до 2,5 МПа (25 кгс/см^2) — 5% общего количества поперечных стыков, выполненных каждым сварщиком, но не менее трех стыков; 3) для тепловых сетей диаметром 450—900 мм — 10%; 4) то же, диаметром 900 мм и более — 15%.

Если теплопроводы прокладывают под железнодорожными и трамвайными путями, автомобильными дорогами, городскими проездами и при устройстве надводных, а также подземных переходов через указанные препятствия, при прокладке в коллекторах и технических коридорах, то физическими методами контроля подвергают 100% сварных стыков на данном участке. При проверке стыков физическими методами контроля магнитографический метод разрешается применять только в сочетании с методом просвечивания рентгеновскими или гамма-лучами, которыми должно быть проверено не менее 10% общего количества стыков, подлежащих контролю.

Сварные стыки теплопроводов следует браковать при наличии таких дефектов, установленных при проверке физическими методами контроля, как: трещины любых размеров и направлений; непровар шва глубиной свыше 10% толщины стенки трубы; шлаковые включения и поры глубиной более 10% толщины стенки трубы; скопления в шве пор и включения (независимо от глубины) в виде сплошной сетки. Если длина дефектной части шва менее 1/4 окружности стыка, разрешается исправлять эти стыки. Если протяженность участков шва с недопустимыми дефектами превышает 1/4 окружности, стык вырезают. При неудовлетворительных результатах проверки физическими методами качества сварных стыков производят проверку утроенного числа стыков по сравнению с указанными выше. При обнаружении при повторной проверке недопустимых

дефектов проверяют все стыки, выполненные данным сварщиком.

Испытание сварных стыков на растяжение и изгиб механическим способом производят на образцах, вырезанных из контрольных стыков, свариваемых каждым сварщиком одновременно со сваркой производственных стыков. Контрольные стыки сваривают в условиях, аналогичных условиям сварки рабочих трубопроводов, с применением тех же основных и присадочных материалов и в том же положении, в каком производится сварка производственных стыков. Для контрольных отбирают худшие из принятых по внешнему виду. Для механических испытаний отбирают количество контрольных стыков, равное 0,5% общего числа стыков, сваренных каждым сварщиком, но не менее одного стыка в месяц. Механические испытания проводят по ГОСТ 6996—66.

Для труб с диаметром условного прохода до 76 мм включительно механические испытания проводят на целых стыках на растяжение и сплющивание. Число контрольных стыков принимают равным 2% общего количества, сваренных каждым сварщиком, но не менее двух стыков из числа сваренных в течение календарного месяца, при этом один испытывают на растяжение, другой на сплющивание. Результаты испытаний считают удовлетворительными, если величина просвета (между стенками трубы при появлении первой трещины) будет не более трех толщин стенки трубы с диаметром условного прохода до 50 мм и не более четырех толщин стенки трубы с диаметром условного прохода 50—76 мм.

Результаты испытаний для труб диаметром более 76 мм считают неудовлетворительными, если хотя бы один из образцов показал результат ниже нормального более чем на 10%. При получении неудовлетворительных результатов механических испытаний образцов следует производить повторное испытание удвоенного количества образцов, вырезанных из того же стыка. В случае получения при повторных испытаниях неудовлетворительных результатов хотя бы одного образца, все стыки, сваренные сварщиком с момента предыдущей проверки на данном участке, подвергают тщательному осмотру и 100%-ной проверке физическими методами контроля; сварщика от работы по сварке отстраняют и допускают к этой работе только после прохождения практики и получения положительных результатов испытаний пробного стыка.

5.6. Монтаж строительных конструкций и сооружений

Строительство тепловых сетей связано не только с монтажом самих трубопроводов, но и с сооружением целого ряда строительных конструкций. К ним относятся каналы, коллекторы, камеры, колодцы, опоры, эстакады, дренажи, мачты для прокладки надземных теплопроводов и другие конструкции. С целью индустриализации строительства большинство упомянутых конструкций выполняется в сборном виде.

Каналы. Для всех каналов независимо от их формы и поперечных размеров существует требование: днище (монолитное или сборное железобетонное) следует укладывать на уплотненную песчаную или щебеночную подготовку слоем не менее 10 см, которая в свою очередь делается по спланированному по нивелиру дну траншеи. При слабых грунтах проводят мероприятия по укреплению основания. Для всех каналов принят единый порядок монтажа сборных железобетонных конструкций: вначале укладывают нижний элемент — плиту основания, нижний лоток, а стеновые элементы и перекрытия монтируют после окончания монтажа, изоляции и испытания трубопроводов. Исключение составляют общие (проходные) коллекторы, коллекторы из объемных элементов и круглого поперечного сечения.

Еще сравнительно недавно стены каналов выкладывали из хорошо обожженного кирпича (пережога), а днища делали монолитными. В настоящее время стены непроходных и проходных каналов, днища и перекрытия делают из сборных железобетонных плоских плит, а также из лотковых и сводчатых элементов. Эти элементы имеют относительно малую массу по сравнению с трубопроводами и монтаж их ведут обычно теми же кранами, что и теплопроводы. Однако во всех случаях производят проверку монтажного крана по его грузоподъемности (см. § 5.3 «Выбор крана»).

В трубопроводном строительстве принимают следующую схему ведения монтажа: отвал грунта размещают с одной стороны траншеи, а с противоположной располагают монтажную площадку, по которой движется (вдоль траншеи) монтажный кран и раскладываются сборные элементы каналов и камер. Согласно СНиП III-4-80 перемещение, установка и работа машин вблизи выемок (котлованов, траншей, канав и т. п.) с неукрепленными откосами разрешается только за пределами призмы обрушения грунта на

расстоянии, установленном проектом производства работ. При отсутствии соответствующих указаний в проекте производства работ допустимое расстояние по горизонтали от основания откоса выемки до ближайших опор машин следует принимать по данным табл. 5.3. Раскладку сборных элементов производят не ближе 0,5 —1 м от бровки.

Таблица 5.3. **Расстояния по горизонтали от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины**

Глубина выемки, м	Грунт			
	песчаный	супесчаный	суглинистый	глинистый
1	1,5	1,25	1	1
2	3	2,4	2	1,5
3	4	3,6	3,25	2,75
4	5	4,4	4	3
5	6	5,3	4,75	3,5

В проектное положение плиты основания укладывают монтажным краном при помощи четырехветвевого стропа («паука»), крюки которого зацепляют за монтажные петли, расположенные у углов плиты. Укладку ведут по выровненному основанию, строго соблюдая проектный уклон, который контролируют нивелиром. Стыки плит оснований заполняют цементным раствором. Плиты стеновых элементов имеют на торце большей стороны монтажные петли, за которые зацепляют крюками двухветвевого стропа. Стеновые элементы устанавливают на цементный раствор, разостланный по краям плит основания (см. рис. 2.26) или на цементный раствор, уложенный в паз, если плита имеет таковой (см. рис. 2.28). В обоих случаях стеновые плиты раскрепляют, поскольку они не устойчивы. Стеновые элементы, как об этом упоминалось, начинают устанавливать только после окончания всех работ по монтажу, испытанию и изоляции стыков теплопроводов.

Лотковые элементы (см. рис. 2.28) укладывают с помощью «паука» на спланированное песчаное или щебеночное основание аналогично укладке плит днища. Первоначально укладывают нижний лоток, а по окончании всех работ по теплопроводам — верхний. Стыки между смежными железобетонными блоками заделывают цементным раствором. Перед укладкой верхнего лотка в местах соприкосновения ребер нижнего и верхнего лотков расстилают цементный раствор. Сводчатые каналы (см. рис. 2.26) монтируют из отдельных полуцилиндрических блоков длиной до 3 м. Элементы сводов имеют уширенные пяты. Устанавливают своды на сборные железобетонные плиты, имеющие борта.

В зависимости от размера (величины радиуса свода) сводчатые элементы имеют две или четыре монтажные петли. Эти конструкции используют для непроходных каналов.

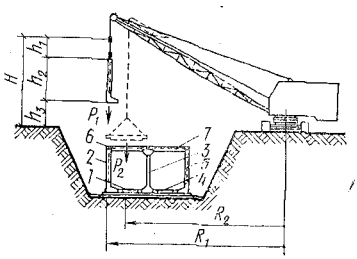


Рис. 5.28. Порядок монтажа двухсекционного коллектора (показан цифрами *1—7*)

R — вылет стрелы; *H* — высота подъема крюка; *1, 4* — основание коллектора; *2, 5* — стеновые элементы; *3* — внутренний стеновой элемент; *6, 7* — перекрытия

В современном строительстве теплопроводов наибольшее распространение при канальных прокладках получила П-образная сборная железобетонная конструкция, соединяющая в себе два стеновых блока с перекрытием (см. рис. 2.29). Такой пространственный блок устанавливают в пазы плиты днища. С точки зрения индустриальности и удобства монтажа эта конструкция является наиболее совершенной. Если диаметры теплопроводов малы, а следовательно, П-образные элементы не тяжелы, установку их производят теми же монтажными кранами, что и теплопроводы. При больших диаметрах теплопроводов, а следовательно, тяжелых блоках производят подбор монтажного крана по определенной схеме (о чем будет сказано ниже). Каналы этого типа монтируют на сборные бетонные или железобетонные плиты, уложенные по щебеночному или песчаному основанию. П-образные верхние элементы (накрывающие законченные монтажом и испытанные теплопроводы) устанавливают ребрами на разостланный под ними раствор непосредственно по плите или в пазу. Стыки горизонтальные и вертикальные заделывают цементным раствором. В тех случаях, когда требуется большое поперечное сечение коллектора сооружают сборные железобетонные каналы и коллекторы прямоугольного поперечного сечения (см. рис. 2.30; 2.34).

Монтаж блоков производят в следующей последовательности. Если сооружают односекционный коллектор небольшой высоты (т. е. когда стеновая панель сохраняет устойчивость при ее установке), то начинают монтаж с установки стеновых блоков — сначала ставят удаленный от крана стеновой блок, а затем ближний. После этого кладут плиту днища. Затем между петлями арматуры блоков стен и днища пропускают продольные стержни арматуры и сваривают их, а затем замоноличивают эти стыки. Вертикальные стыки между стеновыми блоками замоноличивают, за-

ливая в них раствор. Плиты перекрытия укладывают после монтажа всех коммуникаций, размещаемых внутри коллектора.

Монтаж двухсекционных коллекторов, а также односекционных большой высоты, у которых собственная устойчивость стеновых панелей не обеспечивается, производят в несколько иной последовательности установки элементов. Вначале кладут плиту днища, более удаленную от крана (рис. 5.28), затем устанавливают стеновой блок, дальней от крана стенки коллектора. После этого производят электросварку выпусков арматуры плиты днища и стенового блока, тем самым создавая ему устойчивость. Последовательность установки блоков в этом случае будет такой, как показано цифрами на рис. 5.28.

В коллекторах больших поперечных сечений для их поперечной устойчивости узел сопряжения плит перекрытия со стеновыми блоками делают жестким сваркой выпусков арматуры стеновых блоков и плит перекрытия. Такие узлы замоноличивают бетоном. Прямоугольные коллекторы приведенных выше конструкций используют для прокладки теплопроводов больших диаметров (полупроходные и проходные коллекторы) и для совмещенной прокладки коммуникаций (общие коллекторы).

Наиболее индустриальным решением с точки зрения конструкции прямоугольных коллекторов являются объемные блоки, изготавливаемые из четырех вибропрокатных панелей (см. рис. 2.36) сваркой закладных деталей по их торцам и замоноличиванием стыков. С обеих торцевых сторон блоки имеют в углах стальные косынки с отверстиями для болтов. При изготовлении блоков по периметру их торцев наклеивают резиновые и другие уплотнители. Каждый блок снабжается четырьмя монтажными петлями. Размеры поперечного сечения объемного элемента бывают различными в зависимости от назначения. Монтаж коллектора производят стреловыми самоходными кранами на гусеничном или пневмоколесном ходу. После выверки блока в проектном положении соединение их выполняют стяжкой болтов, устанавливаемых в отверстия косынок.

Каналы (коллекторы) круглого поперечного сечения монтируют из железобетонных труб и колец диаметром до 3,5 м. Соединение между собой железобетонных труб и колец может быть фальцевым, раструбным и муфтовым. Коллекторы больших диаметров обычно делают из колец с фальцевым соединением. Коллекторы большого диаметра монтируют на искусственном монолитном или сборном же-

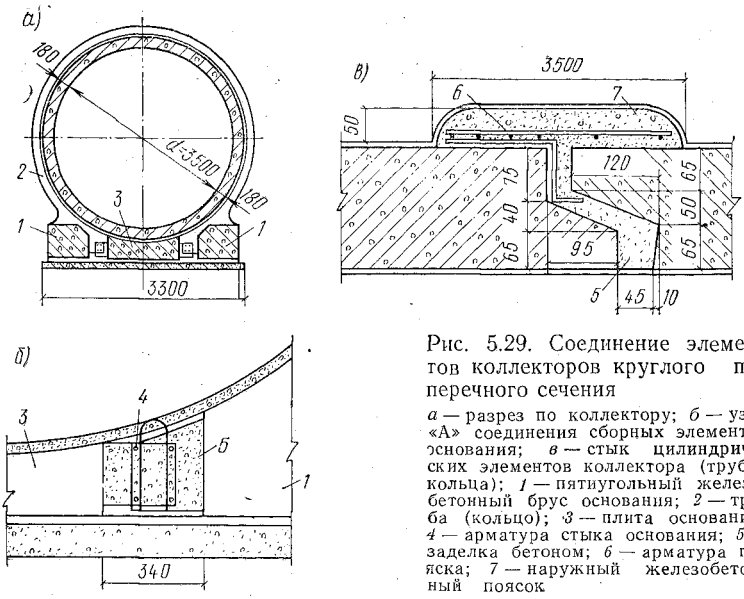


Рис. 5.29. Соединение элементов коллекторов круглого поперечного сечения

а — разрез по коллектору; *б* — узел «А» соединения сборных элементов основания; *в* — стык цилиндрических элементов коллектора (трубы, кольца); *1* — пятиугольный железобетонный брус основания; *2* — труба (кольцо); *3* — плита основания; *4* — арматура стыка основания; *5* — заделка бетоном; *6* — арматура пояска; *7* — наружный железобетонный поясок

лезобетонном основании. Сборное основание состоит из двух пятиугольных брусьев и плиты (рис. 5.29). Элементы основания соединяют сваркой выпущенной из них арматуры с замоноличиванием стыков бетоном. Перед укладкой трубы́ или кольца́ основание выравнивают слоем цементного раствора. Кольца или трубы укладывают самоходными стреловыми кранами с помощью специальных монтажных траверс. Кольцо (или трубу) опускают на основание и выравнивают с помощью лазерного нивелира по заданному направлению.

Лазерный нивелир имеет оптическую трубу, внутри которой находится лампочка, дающая с помощью линз очень узкий, но яркий пучок света в виде красного луча. Технология укладки труб этим методом сводится к следующему (рис. 5.30). Лазерный нивелир устанавливают в начале интервала и налаживают так, чтобы его луч в точности совпадал с продольной осью коллектора. Для этой цели в конце интервала ставят экран с таким расчетом, чтобы центр концентрических окружностей этого экрана попадал на ось будущего коллектора. Далее оптическую трубу лазерного нивелира наводят на экран, при этом «зайчик» луча должен попадать точно в центр концентрических окружностей. Когда луч будет наведен в центр окружностей, т. е. при совмещении луча с осью коллектора, нивелир закрепляют и приступают к укладке колец.

Кольца (или трубы) укладывают обычным способом. Внутрь этой трубы вставляют диск — экран из полупрозрачной пластмассы. На диске начерчены концентрические

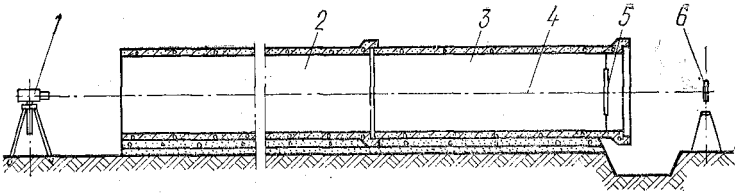


Рис. 5.30. Схема укладки труб и колец большого диаметра при помощи лазерного нивелира

1 — лазерный нивелир; *2* — ранее уложенная труба; *3* — укладываемая труба; *4* — проектная ось укладки труб (луч лазерного нивелира); *5* — полупрозрачный экран; *6* — экран для центрирования лазерного луча

окружности с центром, определяющим место центра внутренней окружности укладываемой трубы. Центрируют трубу таким образом, чтобы «зайчик» от луча попал в центр концентрических окружностей экрана. После окончания центровки и временного закрепления конца трубы и раструба приступают к заделке стыка и укладке следующей трубы (кольца). Одним из главных преимуществ этого метода является то, что в процессе монтажа крановщику и монтажникам не мешают причалка и отвес.

После того как труба выверена, ее положение закрепляют. Трубы малого диаметра закрепляют путем подбивки песка в пазухи на высоту не менее 0,5 диаметра трубы. Трубы и кольца большого диаметра, укладываемые на бетонное основание, закрепляют устройством стула. Уложенная труба и кольцо должны плотно соприкасаться с естественным или искусственным основанием по всей ее длине. Поверхности соприкосновения труб (или колец) между собой (фальцы) очищают, промывают водой и обмазывают цементным раствором. Затем трубы плотно подвигают одну к другой так, чтобы раствор выступил из шва наружу. Излишек раствора снимают и стык тщательно штукатурят. Стыки труб диаметром более 1000 мм заделывают как с наружной, так и с внутренней стороны, причем последнюю делают после засыпки коллектора. При необходимости повышения герметичности (для больших диаметров коллекторов 2000 мм и более) заполнение стыков производят торкретированием, для чего зазор между трубами несколько увеличивают. В случаях надобности фальцевые стыки усиливают цементным пояском, который накладывают равномерно по всей длине окружности. Для большего усиления пояски армируют тонкой сеткой.

Коллекторы из объемных блоков — прямоугольные (см. рис. 2.36) и круглые (см. рис. 5.29) в большой степени от-

вечают индустриальности строительства из сборного железобетона, но имеют большой недостаток с точки зрения монтажа теплопроводов и производства других работ, поскольку они имеют замкнутый периметр сечения. Это не позволяет применить традиционных методов прокладки трубопроводов траншейным (открытым) способом в связи с чем ограничивается область их применения.

Монтаж теплопроводов и трубопроводов другого назначения в коллекторах с замкнутым периметром производят методом наращивания с протаскиванием. Для этой цели при монтаже коллекторов из объемных блоков оставляют в траншее свободные (монтажные) участки длиной, соответствующей длине укладываемой трубы. Расстояние между монтажными участками принимают приблизительно $l=100$ м. Поскольку в общих коллекторах прямая и обратная трубы располагаются обычно одна над другой, монтаж теплопроводов начинают с нижней трубы. Основания для скользящих опор делают в виде кронштейнов из прокатной стали, которые устанавливают в процессе монтажа коллектора.

Монтаж нижней трубы начинают с установки временных роликовых опор, которые располагают: три на монтажном участке и по две на каждую трубу на всей длине коллектора l. На предшествующем монтажному участке на дне траншеи устанавливают лебедку, трос от которой протаскивают в коллекторе на монтажный участок, где производится укладка и сварка труб «нанизыванием». На этом участке трубу монтажным краном укладывают на роликовые опоры и лебедкой протаскивают в коллектор на ее длину. Затем укладывают на освободившиеся роликовые опоры вторую трубу и стыкуют ее с первой, делая прихватки. Далее стык сваривают поворотным способом, после чего протаскивают секции из двух труб в коллектор. Протаскивание и сварку осуществляют методом нанизывания до тех пор, пока секция подойдет к ранее проложенной трубе на предыдущем монтажном участке. По окончании сварки и протаскивания секции на всю длину между монтажными участками приваривают к трубам элементы постоянных скользящих опор и устанавливают секции в проектное положение с удалением временных роликовых опор. Аналогично прокладывают верхнюю трубу. Изоляционные и последующие работы проводят в обычном порядке.

Камеры на теплопроводах. Монтаж камер из *стеновых панелей* ведут в следующей последовательности. Вначале самоходным стреловым краном устанавливают панели

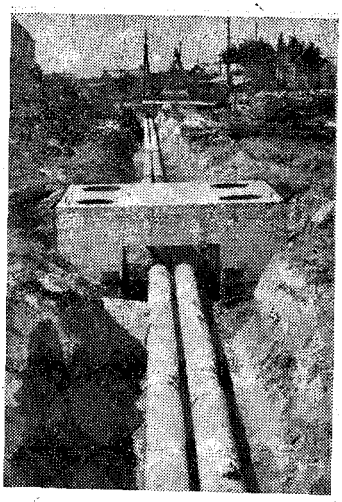


Рис. 5.31. Сборная железобетонная камера

стен и угловые блоки на разостланный раствор. Стеновые блоки выверяют и временно закрепляют. Далее укладывают плиты днища и тут же сваривают выпуски арматуры из плит и стеновых блоков. Благодаря этому стеновые элементы приобретают устойчивость. Далее замоноличивают вертикальные (шпонки) и горизонтальные швы. Камеры из *крупных блоков* монтируют следующим образом. После укладки монтажным краном первого ряда блоков заливают вертикальные швы (шпонки) раствором и расстилают раствор под следующие по высоте блоки. Второй и последующие ряды укладывают аналогично первому с перевязкой швов. Перекрывают камеры сборными железобетонными плитами по окончании всех работ внутри камеры. В камерах из стеновых панелей выпуски арматуры Г-образных блоков и плит перекрытий сваривают с укладкой дополнительной арматуры и последующим замоноличиванием стыков.

Наиболее индустриальным в строительстве камер тепловых сетей является применение в возможных случаях объемных элементов, изготовленных на заводах сборного железобетона (рис. 5.31). Доставленный к месту работ объемный блок камеры устанавливают на место монтажным краном с помощью «паука» или специальной четырехветвевой пространственной траверсы. Применение объемных элементов возможно для камер малых размеров. В отдельных случаях, вызываемых необходимостью, при соответствующем обосновании допускается строительство камер из монолитного железобетона. Главными недостатками применения монолитного железобетона на трассах теплопроводов являются: большое количество операций работ, выполняемых вручную, и длительные сроки работ из-за необходимости выдержки бетона при твердении.

Порядок производства работ при строительстве камер из монолитного железобетона следующий. Ранее выполненную бетонную подготовку днища очищают от мусора и промывают. По ней укладывают арматурные каркасы дни-

ща и производят бетонирование. Бетонирование ведут товарной бетонной смесью, доставляемой в автобетоносмесителях или в бадьях. Бетонную смесь тщательно разравнивают и уплотняют поверхностными вибраторами. После этого устанавливают наружную щитовую опалубку стен и по ней укладывают стеновые арматурные каркасы. Внутреннюю опалубку стен можно устанавливать по двум вариантам: на всю высоту с оставлением зазоров для удобства вибрирования и закрывания их по мере бетонирования или послойно, наращивая по ходу бетонирования стен. Товарную бетонную смесь подают по лоткам, разравнивают слоями и уплотняют глубинными вибраторами. При производстве железобетонных работ оставляют необходимые отверстия в стенах. После того как бетон наберет прочность 70% проектной, производят распалубку стен. Далее устанавливают арматуру и неподвижные опоры. По окончании этих работ устанавливают опалубку перекрытия и укладывают арматуру. Укладку арматурных каркасов производят по бетонным вкладышам, строго соблюдая толщину будущего защитного слоя. Арматуру плиты сваривают с выпусками арматуры стен. Бетонируют товарной бетонной смесью с разравниванием и уплотнением поверхностными вибраторами.

Гидроизоляция сооружений тепловых сетей. Канальные прокладки тепловых сетей в грунтах естественной влажности защищают от проникновения дождевых или талых вод. На наружные вертикальные и горизонтальные поверхности стен и перекрытий, каналов, коллекторов, камер и колодцев наносят обмазочную битумную изоляцию, представляющую водонепроницаемый слой битумной мастики. Изолируемые поверхности тщательно очищают от грязи, грунта и покрывают грунтовкой, состоящей из битумов, разжиженных бензином или уайт-спиритом в соотношении по массе: 1 часть битума на 3 части растворителя. Грунтовку наносят пистолетом-распылителем. Перед нанесением мастики грунтовка должна высохнуть.

Горячие битумные мастики для нанесения разогревают до 180—200°С. Разогрев производят обычно в автогудронаторах, представляющих собой подогреваемые цистерны на автоходу, в которые при работе нагнетается воздух. Расплавленная мастика под давлением поступает по шлангу в «удочку» и через форсунку разбрызгивается на огрунтованную поверхность. Вручную такие мастики наносят обмазыванием поверхности с помощью жестких щеток. Наносят мастики в 2—4 слоя с общей толщиной 3—6 мм.

Холодные битумные мастики, представляющие собой битумы, разжиженные бензином или лигроином, наносят на огрунтованные поверхности пистолетами-распылителями. Нанесение производят слоями при общей толщине намета 0,8—1,5 мм. Каждый последующий слой как горячих, так и холодных мастик накладывают только после полного высыхания слоя грунтовки и отвердения предыдущего слоя. Выше отмечалось, что когда теплопроводы прокладывают в зоне грунтовых вод, то устраивают попутный дренаж. Если сделать дренаж не представляется возможным, прибегают к устройству оклеечной гидроизоляции.

Оклеечную битумную гидроизоляцию делают в виде гидроизоляционного ковра из рулонных или гибких листовых гидроизоляционных материалов, наклеиваемых послойно битумом или мастикой на ровную огрунтованную разжиженным битумом и высохшую изолируемую поверхность. Для устройства гидроизоляционного ковра применяют только гнилостойкие рулонные материалы: дегтебитумные, гудрокамовые, гидроизол, бризол, изол, стеклоткань, стекловойлок и др. Рулонные ковры располагают со стороны гидростатического напора. Для предохранения рулонного ковра от механических повреждений предусматривают устройство защитных ограждений: при вертикальной гидроизоляции — в виде стенок в полкирпича или бетонных плит и блоков толщиной 10—15 см, а при горизонтальной гидроизоляции — из бетона марки не ниже 100, толщиной слоя 5—10 см или из кирпича, бетонных плит, укладываемых на цементных или асфальтовых растворах.

При гидростатических напорах, во избежание выпучивания днищ коллекторов, камер, колодцев и других горизонтальных конструкций сверху гидроизоляционного ковра устраивают железобетонную плиту, которую проектируют по расчету с заделыванием концов в стены. Оклеечная битумная гидроизоляция широко применяется для изоляции конструкций и сооружений подверженных воздействию большого гидростатического напора. В зависимости от его величины рулонные ковры бывают многослойными (от двух до пяти слоев). Перед наклейкой рулонные материалы очищают от присыпки и нарезают по требуемым размерам. Наклейку ведут на мастике, плотно прикатывая валиком каждый последующий слой к основанию и предыдущему слою. На стыках делают нахлесты в 7—10 см, соединяя их «в вилку».

Устройство дренажа. Часто подземные теплопроводы прокладывают в зоне грунтовых вод. Для борьбы с этими

водами устраивают постоянно действующий дренаж, прокладываемый параллельно теплосети. Широкое применение получили трубчатые дренажи (см. § 2.8) с устройством фильтрующих слоев из гравия и крупного чистого песка.

Укладку асбестоцементных и керамических труб ведут следующим образом. Доставляемые на трассу трубы раскладывают вдоль траншеи, чтобы расстояние до них от бровки было не менее 1—1,5 м и чтобы положение их было бы таким, каким оно будет в траншее. Для раструбных труб движение воды по будущему дренажу должно быть по направлению от раструба к гладкому концу. Каждую последующую трубу в траншее укладывают, заводя ее гладкий конец в раструб или надевая муфту на ранее уложенную трубу. Прокладка безнапорных трубопроводов ведется с самой нижней точки вверх, т. е. против уклона.

Монтаж асбестоцементного или керамического трубопровода сводится к следующим процессам: проверке качества труб, опускания труб в траншею, центрирования по заданному уклону и направлению и закреплению трубы на месте. До начала укладки труб проверяют щебеночное основание на песчаной подушке в траншее по уклону и глубине заложения. Перед опусканием в траншею каждую трубу осматривают и простукивают легкими ударами молотка для обнаруживания возможных дефектов. Трубы с дефектами отбраковываются. Одновременно с этим трубы очищаются от грязи и засорений (внутри). Легкие трубы (диаметром до 200 мм) опускают в траншею обычно вручную при помощи канатов. Чтобы создать необходимый проектный уклон трубопроводу положение конца укладываемой трубы проверяется либо непосредственно нивелиром, либо путем визирования. Последний, довольно простой, способ обеспечивает необходимую точность. Способ визирования заключается в следующем.

В начале и в конце прокладываемого интервала (это обычно места колодцев) устанавливают обноски (рис. 5.32), для чего вкапывают в грунт на глубину 0,7—0,8 м два столба диаметром 16—18 см и высотой 0,8—1,1 м от дна траншеи. К этим столбам по уровню пришивают доску обноски толщиной 5 см и шириной 15—20 см. На обноску выносят разбивочную ось и делают надрез. Между обносками в интервале натягивают проволоку по надрезам. К обноскам пришивают постоянные визирки, верхние кромки которых находятся на одинаковой высоте от прокладываемой трубы. Таким образом, визирная ось AB (рис. 5.33)

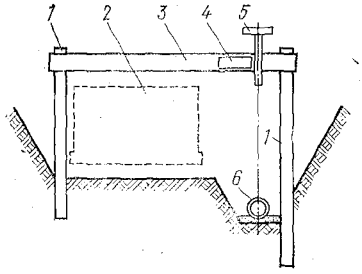


Рис. 5.32. Установка постоянных визирок

1 — столб обноски; *2* — габарит будущего канала; *3* — доска обноски; *4* — полочка; *5* — постоянная визирка; *6* — прокладываемая труба

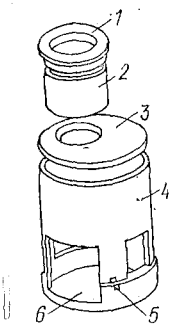


Рис. 5.34. Сборный железобетонный колодец

1 — опорное кольцо; *2* — горловина; *3* — плита перекрытия; *4* — объемный цилиндрический элемент; *5* — закладная деталь; *6* — днище

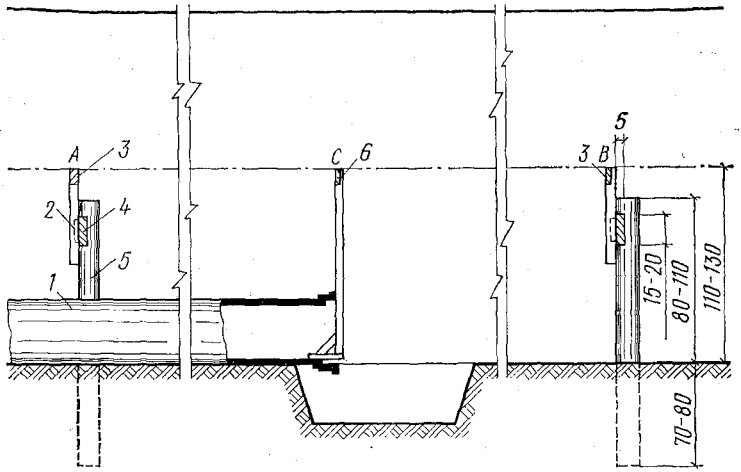


Рис. 5.33. Схема укладки труб по визирке (продольный разрез по траншее; размеры даны в см)

1 — прокладываемая труба; *2* — полочка; *3* — постоянная визирка; *4* — обноска; *5* — столбы обноски; *6* — ходовая визирка

будет параллельна проектной оси трубопровода. Высота постоянных визирок должна быть приблизительно на уровне глаз. Ходовую визирку делают длиной, равной расстоянию от оси *AB* до лотка трубы. По ходу укладки труб визирку устанавливают башмачком на лоток. Взглядом с одной неподвижной визирки «*A*» на другую неподвижную визирку «*B*» проверяют положение ходовой визирки в точ-

ке *С*. Если точка *С* не совпадает с осью *АВ*, конец трубы соответственно осаживают или поднимают так, чтобы верхняя грань ходовой визирки оказалась строго на визирной оси.

Для того чтобы точно вынести ось визирования, поступают следующим образом. К обноске пришивают остроганную дощечку-полочку (см. рис. 5.33 и 5.34), верхнюю грань которой устанавливают по уровню. Отметку полочки определяют нивелиром. Далее вычисляют, на каком расстоянии по высоте должна находиться верхняя грань постоянной визирки. Отмеряют это расстояние и устанавливают постоянную визирку так, чтобы верхняя грань ее была горизонтальна. Это расстояние должно равняться разности между высотой ходовой визирки и расстоянием от лотка трубы до полочки (т. е. разности их отметок).

Положение укладываемой трубы в горизонтальном направлении проверяют с помощью отвеса, который подвешивается на шпагате на проволоку, натянутую в интервале между обносками. Отвес, наведенный на конец трубы, должен показывать центр трубы. После того, как труба выверена, ее положение закрепляют путем подбивки щебня в пазухи до половины диаметра трубы. Подбивку производят равномерно с обеих сторон и очень осторожно, чтобы не допустить смещения трубы. Уложенная труба должна плотно соприкасаться с основанием по всей ее длине.

Дренажи теплофикационных сетей относятся к безнапорным трубопроводам, на которых строят смотровые колодцы. Смотровые колодцы на дренажах бывают обычно круглого поперечного сечения (рис. 5.34). Конструктивно колодцы состоят из следующих частей: рабочей (т. е. нижней части), в которой сооружаются лотки, горловины — верхней цилиндрической части и опорного кольца с чугунным люком. Рабочую часть и горловины колодцев изготовляют в виде объемных полых цилиндрических блоков, только горловины делают меньшего диаметра. Монтаж колодцев ведут теми же стреловыми самоходными кранами, которыми укладывают теплопроводы. Сборные железобетонные элементы имеют монтажные скобы, за которые зацепляют крюки стропов типа «паук».

Монтаж колодцев ведут в следующей последовательности. На щебеночную подготовку укладывают блок днища. Затем на раствор устанавливают нижние стеновые объемные элементы. После окончания этих работ производят монтаж горловины и опорного кольца. Блоки кладут

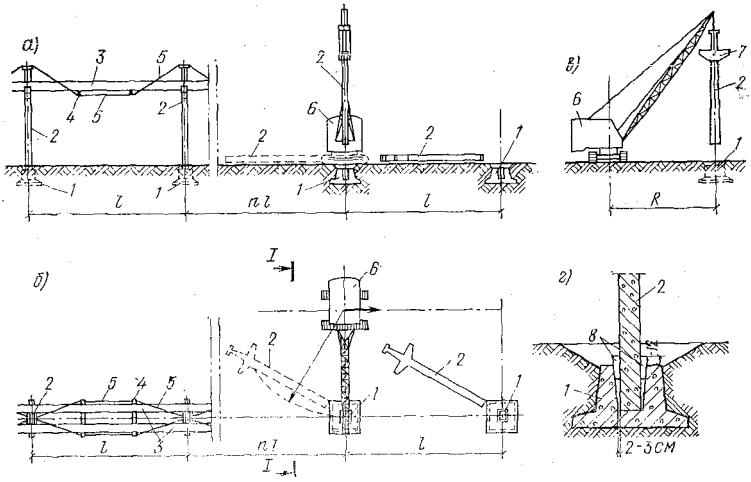


Рис. 5.35. Монтаж железобетонных мачт для надземной прокладки теплопроводов

а — вид сбоку; *б* — план; *в* — разрез I—I; *г* — установка стойки в фундамент; *1* — железобетонный фундамент стаканного типа; *2* — крестообразная железобетонная стойка; *3* — теплопроводы; *4* — подвесные балки; *5* — ванта; *6* — монтажный кран; *7* — рамочный захват; *8* — клинья

на растворе, укрепляя их между собой сваркой закладных деталей.

Монтаж опор для надземной прокладки теплопроводов. Опоры делают в виде отдельно стоящих стоек и рам из железобетона и стали. Трубы теплопроводов при надземной прокладке являются самонесущими многопролетными балками, поэтому расстояния между опорами определяют расчетом из условия несущей способности трубы и заданной величины прогиба. Наиболее экономичной, позволяющей увеличить расстояние между опорами, является вантовая система (рис. 5.35). Стойками вантовой системы являются железобетонные напряженно армированные мачты крестообразной формы, консоли которых служат опорами теплопроводов. Кроме этих опор в пролетах устраивают подвесные балки (обычно из прокатной стали), которые с помощью вант подвешивают на оголовки стоек. Стойки устанавливают в сборные железобетонные фундаменты стаканного типа.

Монтаж сборных железобетонных фундаментов и стоек производят так же, как и монтаж промышленных зданий. На бетонную подготовку устанавливают фундаментный блок, затем производят установку стоек самоходным стре-

ловым краном при помощи рамочного захвата. После выверки и временного закрепления стойки при помощи клиньев (рис. 5.35,*г*) заделывают стык. Монтаж трубопроводов начинают после того, как бетон стыка наберет необходимую прочность. Трубопроводы укладывают плетями. Работы по установке подвесных балок, натяжке вант, изоляции, укреплению трубопроводов, сварке, испытанию и изоляции стыков ведут с инвентарных передвижных подмостей.

5.7. Испытание и промывка теплопроводов

Законченные строительством отдельные участки тепловых сетей в процессе производства работ, а также теплопроводы, строительство которых закончено в полном объеме, подвергают гидравлическим испытаниям и в отдельных случаях пневматическим, когда по каким-либо причинам применение гидравлического испытания затруднено или невозможно (например, в зимнее время при отсутствии горячей воды). Испытание стальных теплопроводов проводят пробным давлением, равным 1,25 рабочего, но не менее 1,6 МПа (16 кгс/см^2) для подающих трубопроводов и не меньше 1,2 МПа (12 кгс/см^2) для обратных линий.

Асбестоцементные теплопроводы испытывают давлением, равным рабочему плюс 0,3 МПа (3 кгс/см^2), но не меньше 0,5 заводского испытательного давления на водонепроницаемость. Подземные теплопроводы, уложенные в непроходных каналах и непосредственно в траншеях, испытываются дважды: предварительно и окончательно. Теплопроводы, проложенные в проходных каналах и надземно (т. е. доступные к осмотру в процессе эксплуатации), могут быть испытаны 1 раз.

Предварительное испытание, производимое на отдельных участках трубопроводов, в процессе строительства выполняют до установки сальниковых компенсаторов и секционирующих задвижек, до перекрытия непроходных каналов и после присыпки трубопроводов при бесканальной прокладке с оставлением неприсыпанных стыков. На время испытаний вместо секционирующих задвижек устанавливают «катушки». Порядок проведения предварительного гидравлического испытания следующий: 1) во время заполнения теплопровода водой воздух из него удаляют через воздухоспускные краны, устанавливаемые в наиболее высоких местах, где более вероятно скопление воздуха; 2) в теплопроводе устанавливают пробное давление в самой высо-

кой точке испытываемого участка и выдерживают его 5 мин, затем снижают до величины рабочего давления; при этом давлении трубопровод осматривают околошовные зоны (не ближе 100 мм от сварного шва) молотком массой 1,5 кг. Если в процессе испытания не будет падения манометрического давления, в сварных швах, трубах и других местах не обнаружатся признаки разрыва, течи, запотевания и сдвига или деформации конструкции неподвижных опор, результаты предварительного гидравлического испытания считаются удовлетворительными. Предварительные гидравлические испытания производит строящая организация в присутствии представителей заказчика и организации, в чьем ведении находятся тепловые сети. Результаты этих испытаний заносят в журнал работ.

Окончательное гидравлическое испытание производят по окончании всех работ, после установки оборудования и полной засыпки траншей. Окончательное гидравлическое испытание выполняют при открытых секционных задвижках и на ответвлениях; на концевых задвижках устанавливают заглушки. Если во время испытания не произошло падения манометрического давления, не обнаружено признаков разрыва, течи или запотевания в сварных швах, корпусах, сальниках арматуры, во фланцевых соединениях, то результаты окончательных гидравлических испытаний считаются удовлетворительными. Окончательное гидравлическое испытание выполняют строители в присутствии представителей заказчика и организации, в чьем ведении находятся тепловые сети.

Для гидравлических испытаний используют пружинные манометры, проверенные и опломбированные организациями Госстандарта СССР. Пружинные манометры должны иметь класс точности не ниже 1,5; диаметр корпуса не менее 150 мм и шкалу, рассчитанную на номинальное давление около $^4/_3$ измеряемого. Гидравлические испытания производят водой, которую получают обычно из городской сети. Повышают давление в теплопроводах при испытании гидравлическим прессом.

Пневматическое испытание производят, как отмечалось выше в исключительных случаях. Например, при минусовой температуре окружающего воздуха. Величину пробного давления согласовывают с Госгортехнадзором. Пневматическое испытание проводят аналогично гидравлическому в два приема: предварительное и окончательное. *Предварительное пневматическое* испытание теплопровода проводят участками, длина которых не должна превышать

1 км. Заполненный воздухом теплопровод выдерживают для выравнивания температур окружающей среды и воздуха в теплопроводе в течение: двух часов при диаметре теплопровода до 300 мм; четырех часов при d от 300 до 600 мм; восьми часов при d от 600 до 900 мм; шестнадцати часов при d от 900 до 1200 мм; двадцатичетырех часов при d от 1200 до 1400 мм.

После этого теплопровод под пробным давлением выдерживают 30 мин и далее, после снижения давления до 0,3 МПа (3 кгс/см^2) трубопровод осматривают. Утечки воздуха определяют путем обмыливания стыков подогретым мыльным раствором, а также по свисту (звуку) выходящего воздуха. Целостность трубопровода контролируют добавлением к воздуху одоранта или задымлением воздуха. Если в процессе испытания не окажется деформации в сварных швах, нарушений целостности трубопровода и арматуры или утечек, а также сдвига или деформаций неподвижных опор, трубопроводы считают выдержавшими предварительное пневматическое испытание. Обнаруженные дефекты устраняют после снятия избыточного давления.

Окончательное пневматическое испытание теплопроводов проводят воздухом, получаемым от компрессора с требуемым давлением в следующей последовательности: давление в трубопроводе повышают до пробного, под которым трубопровод выдерживают 30 мин. Если при наблюдении по манометру нарушения целостности трубопровода не произойдет, то давление снижают до 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) и под этим давлением трубопровод выдерживают в течение 24 ч. По окончании срока выдержки устанавливают давление $p_в$, равное 3000 мм вод. ст. (при заполнении жидкостного манометра водой) и 3450 мм кер.ст. (при заполнении манометра керосином), отмечая время начала испытания, а также барометрическое давление (p в мм рт.ст.). Продолжительность испытания должна соответствовать данным, приведенным в табл. 14 СНиП III-30-74. По истечении времени испытания измеряют давление в трубопроводе $p_к$ в мм вод.ст. (или в мм кер.ст.) и барометрическое давление $p_к^б$ в мм рт.ст. Величину снижения давления (в мм вод. ст.) в трубопроводе определяют по формуле

$$p = \gamma (p_н - p_к) + 13{,}6 (p_н^б - p_к^б),$$

где γ — плотность жидкости в манометре (для воды $\gamma = 1$, для керосина $\gamma = 0{,}87$).

Трубопровод считают выдержавшим окончательное пневматическое испытание, если не будет обнаружено нарушения его целостности и величина p, определенная по формуле, не будет превышать допускаемую величину, указанную в табл.14 СНиП III-30-74. Если длина испытываемого участка превышает 1 км, то указанную в табл. 14 (СНиП III-30-74) продолжительность испытания умножают на длину участка в км. По результатам испытаний составляют акт. После проведения окончательного испытания трубопроводы следует промыть.

Промывка тепловых сетей. Все вновь смонтированные тепловые сети, а также капитально отремонтированные перед пуском в эксплуатацию тщательно промывают с целью удаления из них случайно попавшего мусора и различных отложений. Промывку проводят водопроводной, технической или сетевой водой с температурой до 20°С. В открытых системах теплоснабжения промывку производят водой, качество которой соответствует стандартам на питьевую воду. При обычной промывке скорость движения воды должна быть 1—3 м/с. Обычная промывка требует больших затрат воды, особенно на крупных диаметрах теплосетей.

В настоящее время применяют более эффективный способ промывки, называемый *гидропневматической промывкой*. В этом случае в воду промываемого участка вводят сжатый воздух с давлением 0,3—0,4 МПа (3—4 кгс/см^2), что ускоряет промывку и в 2—3 раза сокращает расход воды. Эффект достигается за счет пульсации давления и расхода воды, гидравлических ударов и вибрации промываемого участка. Источником снабжения воздухом являются передвижные или стационарные компрессорные станции. Для гидропневматической промывки составляют схему трубопровода с разбивкой на участки и указанием порядка их промывки, при этом руководствуется тем, что длина промываемых участков трубопроводов не должна превышать: 500 м при диаметрах трубопроводов до 250 мм; 1000 м при d=300—600 мм; 2500 м при d=700—1400 мм. В начале и в конце участка устанавливают запорную арматуру: в начале участка — штуцеры для подачи сжатого воздуха и воды для промывки, а в конце — патрубок с задвижкой сброса воды. В начале и в конце участка устанавливают манометры. На воздухопроводах и водопроводах для промывки необходимо устанавливать задвижки, обратные клапаны и штуцеры для манометров.

Технологическая последовательность проведения гидро-

пневматической промывки следующая. В соответствии со схемой участок заполняют водой, после чего открывают задвижку на сбросном трубопроводе и одновременно включают насосы, подающие промывочную воду. Далее открывают вентиль подачи воздуха от компрессорной установки, доводя расход его до расчетного. Через каждые 10—15 мин расход воздуха сокращают в течение 5 мин, а затем снова увеличивают до расчетного расхода, создавая тем самым пульсацию. Промывку ведут до полного осветления воды. За 15 мин до окончания промывки прекращают подачу воздуха. В процессе промывки замеряют давление и расход воды и воздуха и записывают в журнал. Промывочную воду отводят в водоисточник или, в крайнем случае, в канализационные системы. На проведение промывки составляют акт.

5.8. Сдача и приемка в эксплуатацию тепловых сетей

Приемку в эксплуатацию законченных строительством тепловых сетей производят в соответствии со СНиП III-3-76 и III-30-74. Вновь построенные трубопроводы принимают в эксплуатацию комиссии в составе представителей заказчика, подрядчика и управления тепловых сетей (технадзора), а при непосредственном водоразборе и представителя санитарно-эпидемиологической службы. Трубопроводы с горячей водой ($t=115°C$) принимают в эксплуатацию в соответствии со СНиП III-30-74. Трубопроводы с рабочим давлением 0,07—1,6 МПа (0,7—16 кгс/см^2) и температурой свыше 115°С принимают в эксплуатацию с учетом «Правил устройства и безопасности эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» без регистрации теплопроводов в органах Госгортехнадзора. Трубопроводы с горячей водой рабочим давлением свыше 1,6 МПа (16 кгс/см^2) и температурой свыше 115°С с условным проходом более 100 мм подлежат регистрации в органах Госгортехнадзора СССР, их применяют в эксплуатацию при обязательном участии инспекции Госгортехнадзора СССР.

Сдаче в эксплуатацию законченного строительством всего объекта или его части (которая может самостоятельно эксплуатироваться) предшествует промежуточная приемка отдельных его частей или видов работ в процессе строительства. Промежуточной приемке, оформляемой соответствующими актами, подлежат: разбивка трассы, устройство оснований траншей и котлованов; укладка трубопроводов;

сварка трубопроводов и закладных частей сборных конструкций, антикоррозионное покрытие труб; монтаж строительных конструкций; заделка и омоноличивание стыков, тепловая изоляция трубопроводов; дренажные устройства; гидроизоляция строительных конструкций; устройство электрозащиты; растяжка П-образных компенсаторов; ревизия и испытание арматуры; сальниковые компенсаторы; засыпка траншей и котлованов; очистка внутренней поверхности труб, укладка футляров; промывка трубопроводов; гидравлическое или пневматическое испытание.

Приемку в эксплуатацию теплопроводов осуществляют рабочие комиссии (от заказчика), состав которых указан выше.

Строительная организация должна предъявить комиссии следующую документацию: рабочие чертежи проекта тепловых сетей с нанесенными на них изменениями (исполнительными чертежами), допущенными в процессе строительства и согласованными с проектной организацией и управлением тепловых сетей; паспорт трубопроводов; акты (указанные выше); сертификаты: на трубы, сварочные материалы, фасонные части заводского изготовления, теплоизоляционные и гидроизоляционные материалы и изделия, бетон и бетонные изделия; схему сварных стыков; журнал производства работ; заключения по проверке сварных стыков физическими методами контроля и результаты механических испытаний контрольных сварных стыков; паспорта на установленную арматуру, приборы учета и контроля и автоматические регуляторы.

Ознакомившись с документами, комиссия производит наружный осмотр коллекторов, каналов и самих трубопроводов, компенсаторов, узлов, камер, колодцев и всех доступных осмотру элементов сооружений. Одновременно с этим проверяют возможность свободного удаления воздуха из сети и опорожнения трубопровода во всех точках согласно проекту. После этого рабочая комиссия знакомится с актами на испытания трубопроводов. Промывку трубопроводов можно производить в присутствии рабочей комиссии или же комиссия может ограничиться просмотром актов на промывку трубопроводов. В процессе работы комиссия устанавливает качество выполненных работ и соответствие их проекту. Приемку в эксплуатацию уникальных и особо важных объектов производят государственные приемочные комиссии.

В состав государственных приемочных комиссий включают: представителей заказчика (застройщика), генераль-

ного подрядчика, генерального проектировщика, органа государственного санитарного надзора, органа государственного пожарного надзора, органов по использованию и охране водных ресурсов, технической инспекции советов профсоюзов и финансирующего банка. Государственная приемочная комиссия рассматривает заключение рабочих комиссий о готовности объекта к приемке в эксплуатацию; проверяет наличие и содержание актов на приемку теплопроводов и сооружений, составленных рабочей комиссией, комплектность и достоверность представленной заказчиком технической документации; устанавливает соответствие предъявленного приемке в эксплуатацию объекта утвержденному проекту, качество выполненных работ; проверяет соответствие фактической стоимости выполненной части объекта сметной; проверяет готовность предъявляемого к приемке в эксплуатацию объекта к действию в соответствии с правилами технической эксплуатации, технике безопасности и производственной санитарии; дает оценку качества выполненным работам и объекту в целом. В заключение своей работы как рабочая, так и государственная приемочные комиссии составляют и подписывают акты приемки в эксплуатацию объекта. После этого начинается нормальная эксплуатация принятого объекта.

В тех случаях, когда сдача в эксплуатацию теплосетей производится отдельными, полностью законченными участками, присоединение их к действующим сетям производится следующим образом. Если развитие сети предусмотрено проектом, то в местах присоединения заранее устанавливают фланцы с задвижками или заглушками. Если присоединение ранее не предусмотрено, то в действующую линию врезают штуцера и устанавливают запорную арматуру, к которой присоединяют новую линию. Для этого действующий трубопровод выключают, давление в нем снижают и теплоноситель удаляют. По окончании сварочных работ трубопровод промывают. После этого новую линию заполняют теплоносителем и приступают к ее эксплуатации.

ГЛАВА VI. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

6.1. Общие положения

Строительство тепловых сетей ведут на основе проектов и смет, в которых содержатся все технические решения и экономические обоснования, а также рабочие чертежи. От качества проекта, глубины его разработки, научной

обоснованности технических решений и своевременности выполнения проектных работ в большой мере зависят качество, срока и экономичность строительства. Отступление от рабочих чертежей заказчик обязан согласовать с проектной организацией. Проектная документация по организации строительства включает проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР).

Организация строительного производства тепловых сетей имеет целью обеспечить: планомерное ведение строительно-монтажных и специальных работ прогрессивными методами, ввод в эксплуатацию теплопроводов в установленные планом сроки, выполнение строительно-монтажными организациями и их подразделениями плановых заданий по росту производительности труда и снижению себестоимости работ при их высоком качестве. Строительство тепловых сетей следует вести индустриальным, преимущественно поточным методом. Весь комплекс работ по строительству тепловых сетей выполняют строительные, строительно-монтажные и специализированные подразделения, оснащенные комплектами общестроительных и специализированных машин и оборудования.

Основным направлением развития строительства в целом и строительства тепловых сетей в частности является *индустриализация.* Сущность индустриализации работ при строительстве тепловых сетей заключается в отделении заготовительных работ от сборочных. Заготовительные работы необходимо концентрировать на заготовительных предприятиях, задачей которых является выпуск максимально укрупненных узлов с последующей сборкой из них на объекте тепловых сетей. Индустриализация характеризуется степенью сборности, т. е. отношением сметной стоимости заготовок к общей сметной стоимости.

Составной частью индустриализации является комплексная механизация строительно-монтажных работ. Под комплектной механизацией следует понимать применение машин, механизмов и других технических средств (увязанных между собой по производительности), обеспечивающих выполнение всех технологических процессов по всему циклу производства без применения ручного труда, за исключением операций управления машинами и механизмами, их регулировки и наладки.

Все виды строительно-монтажных работ следует выполнять со строгим соблюдением СНиП, стандартов и других нормативных документов, утвержденных Госстроем СССР или согласованных с ним, а также ведомственных норма-

тивных документов, утвержденных или согласованных в установленном порядке. Кроме того, в течение всего срока строительства тепловых сетей особое внимание необходимо уделять требованиям охраны труда, пожаро- и взрывобезопасности, охраны окружающей среды.

Продолжительность (срок) строительства, регламентируемая общесоюзными нормами («Нормы продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений», СН 440—79), — одно из основных положений, определяющих организацию строительства тепловых сетей. Нормы продолжительности строительства являются обязательными при определении сроков ввода в действие тепловых сетей в целом или его очередей, включая объекты непроизводственного назначения, при составлении планов капитальных вложений, строительно-монтажных работ и распределения их объемов по годам строительства, а также при составлении планов материально-технического снабжения, проектов организации строительства и производства работ.

6.2. Проект организации строительства

Проект организации строительства (ПОС) является неотъемлемой частью технического проекта на строительство тепловых сетей. Проект организации строительства разрабатывают для всего периода строительства и всего объема строительно-монтажных работ. Его должна составлять специализированная проектная организация, осуществляющая проектирование тепловых сетей. ПОС должен быть согласован с генеральной подрядной строительной организацией, которой поручено осуществление строительства тепловых сетей. В проекте организации строительства устанавливают очередность и сроки строительства, его потребность в денежных средствах, материально-техническом снабжении, строительных кадрах и пр. На основе этого проекта ведется планирование строительства и его материально-технического снабжения, а также составляются проекты производства работ.

ПОС тепловых сетей должен основываться на передовом опыте и новейших достижениях науки и строительной техники, учитывать требования повышения эффективности строительного производства и высокого класса строительно-монтажных и специальных работ, предусматривать выполнение планов по повышению производительности труда и

комплексной механизации, снижению трудоемкости и себестоимости работ.

Проект организации строительства должен содержать:

1) сводный календарный план строительства с выделением очередей пусковых комплексов и основных объектов по главным магистралям, распределительным и квартальным тепловым сетям. Формы календарных планов приведены в «Инструкции по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ» (СН 47-74);

2) сводную ведомость объемов основных строительно-монтажных работ с распределением их по комплексам строительства и отдельным крупным объектам;

3) ведомость объемов работ, выполняемых в подготовительный период;

4) сводный график потребности в трубах, строительных конструкциях, деталях, полуфабрикатах и основных материалах;

5) строительный генеральный план (стройгенплан) с расположением на нем всех постоянных и временных зданий, сооружений и устройств, включая дороги, склады, и т. д.

6) пояснительную записку, содержащую следующие данные: описание и обоснование принятых методов производства работ; определение потребности в основных строительных и монтажных машинах и транспорте; определение потребности в рабочих кадрах по годам строительства с учетом запланированного роста производительности труда и обеспечения их жильем и культурно-бытовым обслуживанием; обоснование потребности в воде, электроэнергии, паре, сжатом воздухе и кислороде с указанием источников удовлетворения этой потребности; перечень временных сооружений, вспомогательных предприятий и хозяйств, необходимых для строительства, с указанием принимаемых для них типовых проектов; основные технико-экономические показатели — продолжительность строительства, уровень применения сборных конструкций, выработка на одного рабочего в денежном выражении, уровень механизации основных видов работ и др. ПОС для небольших и технически несложных сооружений разрабатывают сокращенно и состав их можно ограничить календарным планом строительства с выделением в нем графика выполнения подготовительных работ и пояснительной записки с необходимыми указаниями и расчетами.

6.3. Проект производства работ

Последовательность, увязка между собой и продолжительность выполнения работ по сооружению тепловых сетей принимается в соответствии с проектом производства работ (ППР). Он является также руководящим материалом для текущего планирования и оперативного руководства строительством тепловых сетей, а также для контроля и учета строительного производства. ППР составляют на основе ПОС по рабочим чертежам на строительство новых или реконструкцию и расширение действующих тепловых сетей, а также на выполнение отдельных видов строительно-монтажных работ и работы подготовительного периода.

ППР разрабатывает генеральная подрядная строительная организация вместе с субподрядными строительно-монтажными и специализированными организациями на основе решений, принятых в ПОС с учетом плана организационно-технических мероприятий строительно-монтажных организаций. Строительство тепловых сетей без утвержденных в установленном порядке ППР запрещается. Затраты, связанные с разработкой ППР, а также с привязкой проектов к местным условиям, осуществляются каждой строительной организацией за счет ее накладных расходов.

Проектные организации разрабатывают ППР как исключение в тех случаях, когда имеются заказы строительно-монтажных организаций. Эти работы выполняются на основе договоров, причем разработка осуществляется, как правило, непосредственно на строительных площадках. При особой сложности схемы участков теплопроводов (например, воздушных мостовых переходов или подводных через реки), сложности условий производства работ и в случае применения новых конструкций или строительных материалов, по решению организации, утвердившей технорабочий (технический) проект, разработку ППР выполняет проектная организация за счет средств на проектирование.

Для разработки ППР необходимы следующие исходные данные: сводная смета; проект организации строительства; рабочие чертежи; задание на разработку ППР (сведения об объеме и сроках строительства); сведения о сроках и порядке поставок готовых конструкций, материалов, даталей и оборудования, о наличии технических средств, кадров и др.

ППР на строительство тепловых сетей должен содержать:

1) календарный план (график) производства работ или

№№ п/п	Наименование работ	Объем работ: Един. измерения	Объем работ: кол-во	Трудоемкость в чел.-днях	Потребные машины: наименование	Потребные машины: кол-во м.-см	Продолжительность работы, дн.	Количество смен	Число рабочих в смену	Состав бригады
1	Подготовительные работы			10	—	—	5	1	2	Трубоукл. 4р. – 1 2р. – 1
2	Механизированная разработка траншей и котлованов под тепло-фикационные камеры	м³	1880	24,0	Э-155	24,0	12,0	2	1	Машин. – 4р.
3	Подчистка дна траншеи и рытье приямков	м³	350	56,0	—	—	14	1	4	Трубоукл. 5р. – 1 4р. – 2 2р. – 1
4	Устройство песчаного основания	м³	520	78	—	—	20	1	4	— " —
5	Укладка и сварка теплопроводов	м³	1950	61,2	К-51	15,3	7,8	2	4	Сварщ. – 6р. Трубоукл. 4р. – 2 2р. – 1
6	Устройство сборных железобетонных опор	шт.	13	26,2	К-51	6,5	3,25	2	4	Трубоукл. 5р. – 1 4р. – 2 2р. – 1
7	Установка сальниковых компенсаторов	шт.	26	15,6	К-51	4,4	2,2	2	4	Сварщ. – 6р. Трубоукл. 4р. – 2 2р. – 1
8	Установка задвижек	шт.	6	2						
9	Устройство щитовых ж/б опор	шт.	14	15	—	—	4	1	4	— " —
10	Гидравлическое испытание	м	2000	48,2	—	—	12	1	4	— " —
11	Противокорроз. изоляция стыков	м	100	2,1	—	—	3,6	1	4	Труб. 5р. – 1 4р. – 2; 2р. – 1
12	Тепловая изоляция стыков	м	100	12,5						
13	Присыпка траншей вручную	м³	150	10,9	—	—	2,8	1	4	— " —
14	Засыпка траншей бульдозером	м³	1420	1,5	Д-271	1,5	1,5	1	1	Машин. – 6р.

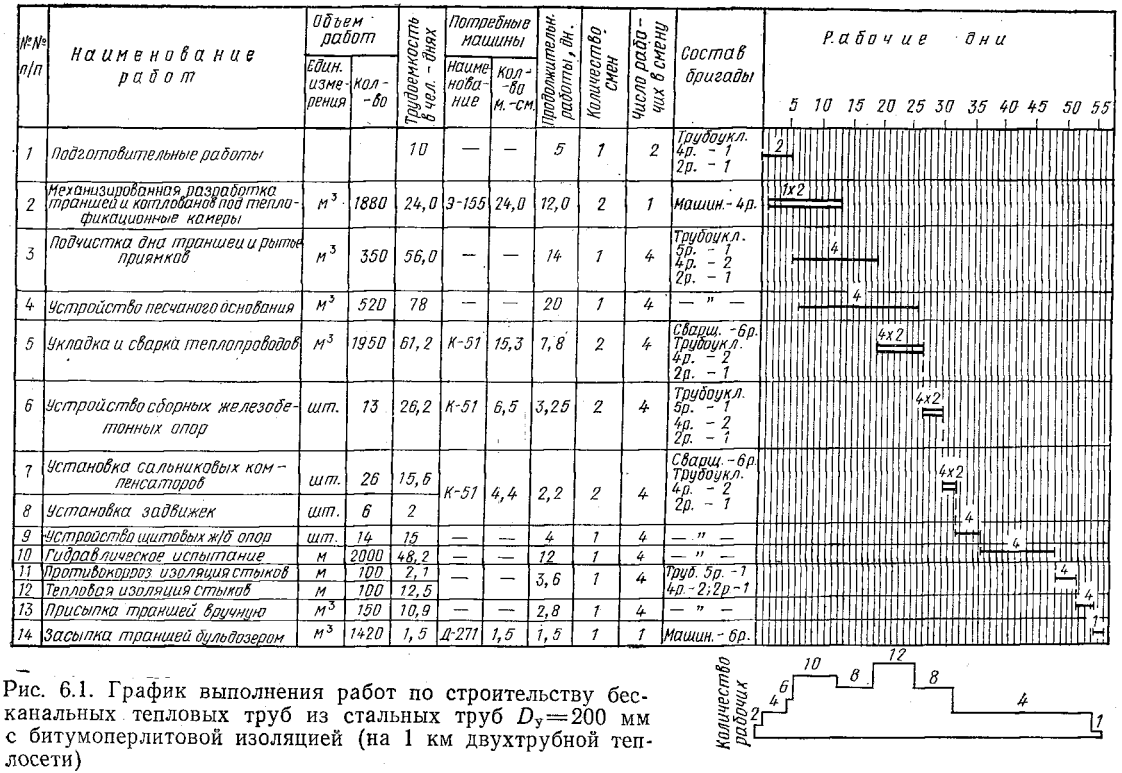


Рис. 6.1. График выполнения работ по строительству бесканальных тепловых труб из стальных труб $D_у = 200$ мм с битумоперлитовой изоляцией (на 1 км двухтрубной теплосети)

сетевой график по объектам с указанием последовательности и сроков выполнения строительно-монтажных работ в целом. Пример календарного графика на строительство бесканальных тепловых сетей с битумоперлитной изоляцией показан на рис. 6. 1.

Следует отметить, что сетевые графики не находят широкого применения на строительстве линейной части трубопроводов, в частности, тепловых сетей (за исключением строительства подводных и воздушных переходов через крупные водные преграды), прежде всего потому, что набор работ здесь небольшой (примерно от 10 до 20 наименований). Пример сетевого графика на прокладку тепловых сетей приведен на рис. 6.2.

Сетевые графики, на наш взгляд, целесообразно применять для строительства крупных комплексов, включающих большое количество видов строительно-монтажных и специальных работ, в том числе и по строительству тепловых сетей, когда может потребоваться оптимизация графиков, особенно при наличии автоматизированных систем управления строительством с применением ЭВМ. Кроме того, традиционные календарные планы (графики) производства работ по строительству теплопроводов отличаются простотой построения, возможностью варьирования объемом информации, предельной простотой корректировки в ходе строительства и, что особенно важно, наглядностью;

2) график поступления на объект труб, изоляционных материалов, строительных конструкций, деталей, полуфабрикатов, оборудования, арматуры и других материалов, согласованный с соответствующими управлениями производственно-технической комплектации;

3) график движения рабочих по профессиям;

4) график работы основных строительных и специальных машин, механизмов и комплектов оборудования (сварочного, водоснабжения и др.);

5) строительный генеральный план объекта с планом теплотрассы, с нанесением на нем всех действующих подземных коммуникаций и проектируемых трубопроводов, с указанием способа прокладки (в каналах, бесканально, в коллекторах, на мачтах и т. д.) с нанесением фундаментов мачт, камер, ниш и прочих строительных конструкций. На генеральном плане указывают: разделение трассы на отдельные строительные участки, места размещения плетей или звеньев труб, материалов, деталей и всех временных устройств, места размещений строительных механизмов, расположение ограждений; участков работ, места устройства пешеходных и проездных мостов, мероприятия техники безопасности и противопожарные мероприятия;

6) технологические карты на сложные по составу и исполнению работы, а также на работы, выполняемые по но-

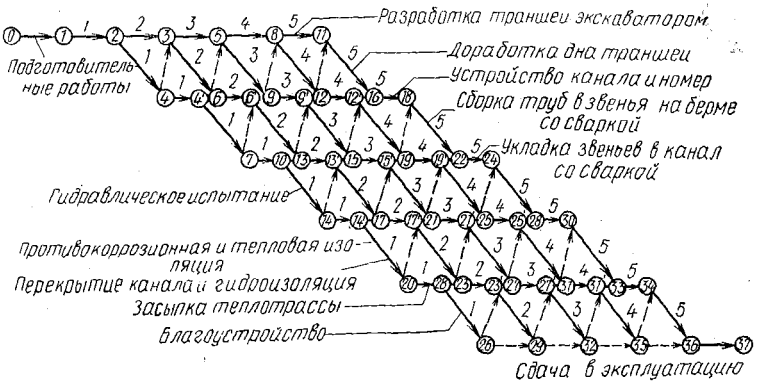


Рис. 6.2. Модель сетевого графика прокладки тепловых сетей

вым технологическим и организационным схемам и с использованием новой техники. На остальные виды работ составляют схемы производства работ (на каждый вид или совмещенные) или используют типовые технологические карты после их привязки к конкретным условиям строительства тепловых сетей;

7) рабочие чертежи временных зданий и сооружений (складов, бытовок, навесов и т. д.);

8) мероприятия по технике безопасности, производственной санитарии и противопожарной безопасности, требующие проектной разработки и отвечающие конкретным условиям строительства тепловых сетей;

9) решения по охране окружающей среды на весь период строительства тепловых сетей;

10) пояснительная записка, которая должна содержать все необходимые обоснования принятых в ППР решений, расчеты потребности в ресурсах и графический материал, а также следующие технико-экономические показатели: общая продолжительность строительства тепловой сети, в том числе продолжительность периода подготовки строительного производства; механовооруженность производственных подразделений, выполняющих отдельные виды работ, их энерговооруженность; уровень индустриализации строительства; трудоемкость (в человеко-днях на 1 км или 1 м теплопровода); среднедневная выработка по строительству теплосети в целом и среднемесячная выработка на одного рабочего (в рублях за месяц).

При разработке проекта производства работ необходимо учитывать: достижение непрерывности и поточности произ-

водства; максимальное внедрение в производство готовых конструкций, узлов и деталей заводского изготовления; максимальную комплексную механизацию всех строительно-монтажных процессов с применением для этих целей специальных машин со сменным оборудованием, средств малой механизации, контейнерной доставки материалов и т. д.; уменьшение объема и количества временных сооружений и установок путем использования соответствующих передвижных или сборно-разборных инвентарных конструкций; использование наиболее прогрессивной и безопасной технологии и последовательности отдельных работ, что решается использованием существующих или разработкой специальных технологических карт (ТК), карт труда (КТ) и других документов; организацию контроля за ходом и качеством строительно-монтажных работ.

Для строительства тепловых сетей небольшой протяженности и небольших диаметров ППР можно ограничить календарным планом (графиком) производства работ, строительным генеральным планом, схемой производства основных видов работ и краткой пояснительной запиской. ППР должен быть утвержден главным инженером строительно-монтажной организации и передан на объект не позднее чем за два месяца до начала работ. ППР согласовывают с организациями, дающими разрешение на производство работ. При изменениях условий работ в ППР могут быть внесены коррективы, обеспечивающие выполнение плана работ по объекту в установленные сроки.

6.4. Технологические карты

Практика разработки и внедрения проектов производства работ по строительству тепловых сетей показывает, что наиболее эффективным является составление и применение типовых технологических карт (ТК) производства отдельных видов работ с привязкой их к конкретным условиям строительства. Это объясняется тем, что состав работ, выполняемых при строительстве тепловых сетей, практически постоянен, однако различие их типоразмеров, грунтовых, природно-климатических и других условий определяет специфику производства каждого вида работ.

Технологические карты регламентируют порядок и технологическую последовательность отдельных производственных процессов при выполнении определенных видов работ и определяют необходимые для этого ресурсы, оснастку, оборудование, инструмент и состав звена или бригады. Привяз-

ка типовых ТК к местным условиям строительства заключается в уточнении объемов работ, средств механизации, потребности в материальных ресурсах, а также графической схемы организации процесса работ. При этом методы выполнения работ, принятые в типовой ТК, и технико-экономические показатели могут изменяться только в сторону их улучшения.

Типовые ТК производства отдельных видов строительных, монтажных и специальных работ, выполняемых при прокладке теплопроводов, разрабатывают с целью обеспечения соответствующих организаций наиболее рациональными решениями по технологии и организации строительного производства, способствующими повышению производительности труда, повышению качества и снижению себестоимости работ. Типовые ТК разрабатывают на основе изучения обобщения передового опыта планирования и современного уровня техники, технологии, организации и управления строительством тепловых сетей.

В них должны предусматриваться:

применение технологических строительных и монтажных процессов, строительных и монтажных операций, рабочих приемов и рабочих движений, обеспечивающих необходимый уровень производительности труда и качества работ;

синхронная по объемам и времени поставка труб, изоляционных и других материалов, конструкций, изделий, деталей и приспособлений из расчета на 1 км теплотрассы;

внедрение комплексной механизации всех видов работ, в том числе вспомогательных, с максимальным использованием машин, механизмов и оборудования (рекомендуется в две, а иногда в три смены), а также широкое применение средств малой механизации;

применение сборного железобетона, готовых опорных и других конструкций, укрупненных узлов оборудования камер, инвентарных узлов для подключения агрегатов при испытании теплопроводов и т. д., изготовленных в заводских или базовых условиях;

контроль качества работ;

соблюдение действующих правил охраны труда и техники безопасности;

выполнение мероприятий по охране окружающей среды.

Типовые ТК включают, как правило, следующие основные разделы: 1) область применения; 2) технико-экономические показатели; 3) организация и технология строительного процесса; 4) организация и методы труда рабочих; 5) материально-технические ресурсы.

6.5. Организация работ поточным методом

Строительство зданий и сооружений, в том числе и тепловых сетей, ведут по последовательному или по совмещенному графику производства работ. При *последовательном графике* к выполнению каждого отдельного вида работ по объекту приступают после полного окончания предыдущего вида, например, устройство канала начинают после окончания земляных работ по траншее; монтаж и испытание трубопроводов — после устройства канала; перекрытие канала и засыпку траншеи — после монтажа и испытания трубопроводов и т. д.

При *совмещенном графике* производства работ трассы разбивают на участки, на которых ведут различные виды работ в порядке технологической последовательности их выполнения. По окончании работ по разработке траншеи на первом участке рабочие переходят на второй участок, где выполняют ту же работу, тогда как на первом другая бригада или звено начинает устройство канала. По окончании земляных работ на втором участке рабочие переходят на третий участок, а на второй участок с первого переходит бригада или звено по устройству канала; на первом участке в это же время начинают работы по монтажу трубопроводов. По окончании земляных работ на третьем участке рабочие переходят на четвертый участок, а на третий участок со второго переходит бригада по устройству канала, а на второй участок с первого переходит бригада по монтажу трубопроводов; на первом участке в это же время начинают работы по перекрытию канала и засыпке траншеи.

Такой метод организации производства строительно-монтажных работ, основанный на принципе совмещения во времени рабочих процессов и их непрерывности, называют **поточным методом.** На рис. 6.3 приведены графики выполнения работ по последовательному и совмещенному (поточному) методам. В приведенных графиках условно приняты четыре вида рабочих процессов с одинаковой трудоемкостью — по 400 чел.-дней при общем сроке производства работ, равном 40 дням. При последовательном графике срок выполнения каждого рабочего процесса 10 дней при численности каждой специализированной бригады 40 чел.

При поточном методе организации работ график строят с разделением объекта на несколько участков, в данном случае на 5. Если каждая из четырех специализированных

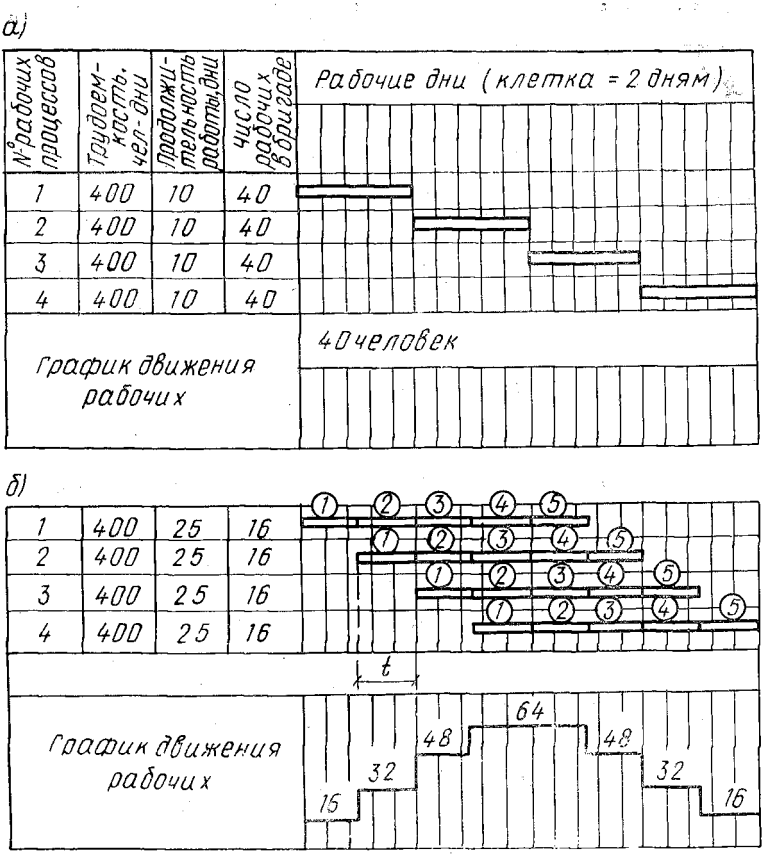


Рис. 6.3. Графики производства работ и движения рабочих
а — последовательный график; *б* — совмещенный график; *t* — шаг потока

бригад состоит из 16 чел., продолжительность работы каждой бригады составит 25 дней с переходом с одного участка на другой через каждые 5 дней. При таком построении графика при полном развороте работ на объекте будут одновременно выполняться четыре рабочих процесса; общее число одновременно занятых рабочих достигнет 64 чел. и будет постепенно снижаться по мере окончания работ на участке.

Из приведенных примеров видно, что при поточном методе производства работ потребность в рабочих каждой профессии снижается, а продолжительность работы каждой бригады на объекте увеличивается; последнее является од-

ним из требований рационального использования рабочих. В поточном методе закономерно сочетается последовательное и параллельное выполнение различных процессов производства на многих участках работ. Последовательное выполнение разнородных процессов позволяет вести одновременно работы бригадами различных специальностей по заранее запланированному графику.

При поточном методе строительства линейно-протяженного сооружения (например, теплопроводов) весь процесс производства работ расчленяется на отдельные элементарные потоки, которые в сумме составляют комплексный поток. Элементарные потоки следуют один за другим. Если шаги элементарных потоков равны (шагом потока называется время перехода от одного элементарного потока к другому), комплексный поток называется ритмичным. Ритмичный поток целесообразно строить по захватной системе.

Рассмотрим на примере. Предположим, что необходимо проложить бесканальным способом теплопроводы с заводской тепловой изоляцией. На трассе необходимо будет произвести следующие виды работ (излагается для простоты объяснения схематично): во-первых, рытье траншей, во-вторых, устройство основания, в-третьих, укладка труб и их соединение, в-четвертых, испытание, в-пятых, изоляция стыков, в-шестых, присыпка труб и засыпка траншей, Все эти шесть видов работ выполняются последовательно один за другим.

Чтобы построить ритмичный поток, всю длину теплопровода разбивают на участки, причем длину участка определяют по сменной производительности ведущей машины (например, экскаватора). Таким образом, длину разрытого участка за смену мы примем за длину захватки и все последующие виды работ организуем так, чтобы на участке этой длины они выполнялись за смену. В этом случае комплексный ритмичный поток будет выполняться по шестизахватной системе (захватками называют участки работ с приблизительно равной трудоемкостью, на которых смежные процессы выполняются в одно и тоже время) со сменным шагом потока. Делянкой будет захватка, а длина общего фронта работ будет равна сумме длин всех шести захваток.

Одновременное выполнение работ постоянного состава на различных захватках в течение смены позволяет каждому предшествующему звену подготавливать делянку следующему за ним звену, выполняющему последующий вид

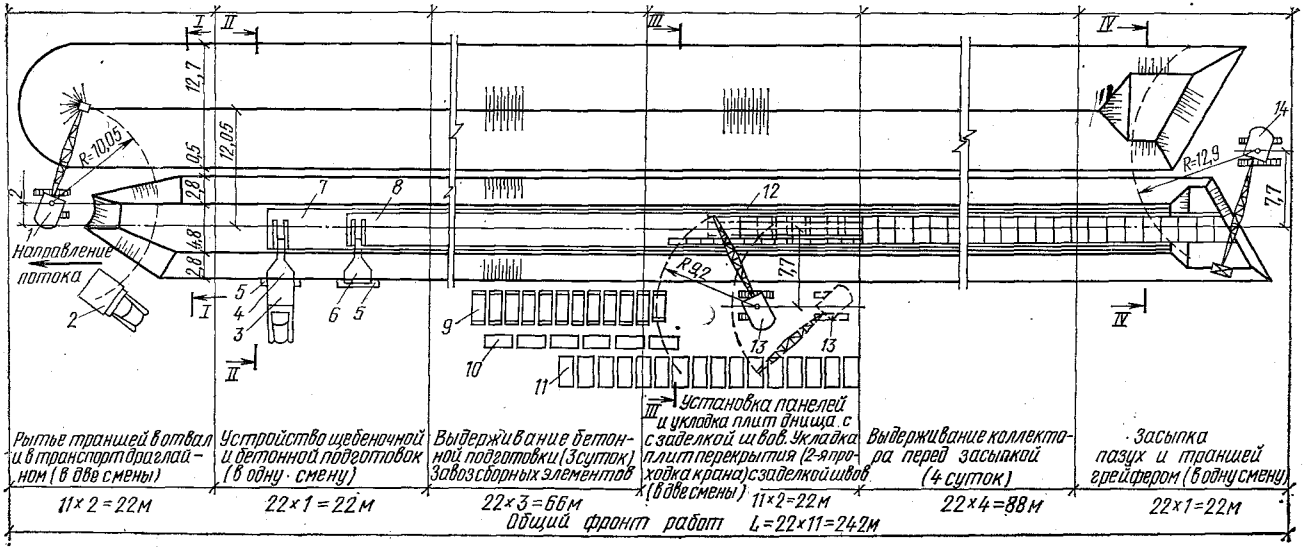
работ. Непрерывность производства и строгая очередность работы звеньев достигаются соответствующим расчетом элементов потока, состава бригад (и звеньев) и технического оснащения. Каждый поток характеризуется рядом показателей, взаимно связанных между собой. Такими показателями являются шаг потока, число захваток на объекте, количество последовательно работающих звеньев, определяемых по количеству рабочих процессов, и общая продолжительность всех работ на потоке.

Поточный метод организации строительства при равных шагах элементарных потоков обеспечивает непрерывность и ритмичность общего технологического процесса, что способствует повышению производительности труда рабочих, сокращению сроков строительства, снижению его себестоимости. Обязательным условием для успешного выполнения строительства поточным методом является организация своевременного и комплексного снабжения материально-техническими ресурсами и механизация трудоемких процессов.

Организация работ поточным методом наиболее целесообразна на строительстве сооружений линейного характера, к которым относятся и теплопроводы, когда специализированные бригады продвигаются по трассе, выполняя каждая определенный полностью законченный объем определенного участка работ, характеризующий интенсивность потока.

Следует отметить, что при строительстве тепловых сетей из стальных труб применение поточного метода встречает определенные трудности. Причиной этого является то, что строительство тепловых сетей из стальных труб, особенно при прокладке в каналах, состоит из сложного комплекса строительно-монтажных работ, включающих большое количество технологических процессов, многие из которых требуют большого количества ручного малопроизводительного труда. В результате этого при построении потока количество захваток может составлять 10—15 и даже более (см. рис. 6.2), что затрудняет четкую организацию работ на всех захватках. Кроме того, объемы работ на каждой захватке могут изменяться по причине изменения диаметров трубопроводов, неравномерности распределения по трассе камер, компенсаторов, опор и других конструкций, что также вызывает дополнительные трудности.

При прокладке нескольких видов инженерных коммуникаций (в том числе и тепловых сетей) в общих коллекторах бывает целесообразно организовать самостоятельный поток по возведению самого коллектора. На рис. 6.4 приведена схема организации строительно-монтажных работ поточным методом при сооружении сборного железобетонного коллектора общего назначения. Ведущие работы — разработка траншеи экскаватором и монтаж сборных конструк-


I
II
III
IV
12,7
12,05
0,5
2,8
4,8
2,8
R=10,05
Направление потока
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
R=92
7,7
R=12,9
7,7
Рытье траншей в отвал и в транспорт драглайном (в две смены)
11×2=22м
Устройство щебеночной и бетонной подготовок (в одну смену)
22×1=22м
Выдерживание бетонной подготовки (3 суток) Завоз сборных элементов
22×3=66м
Установка панелей и укладка плит днища с заделкой швов. Укладка плит перекрытия (2-я проходка крана) с заделкой швов (в две смены)
11×2=22м
Выдерживание коллектора перед засыпкой (4 суток)
22×4=88м
Засыпка пазух и траншей грейфером (в одну смену)
22×1=22м
Общий фронт работ L=22×11=242м

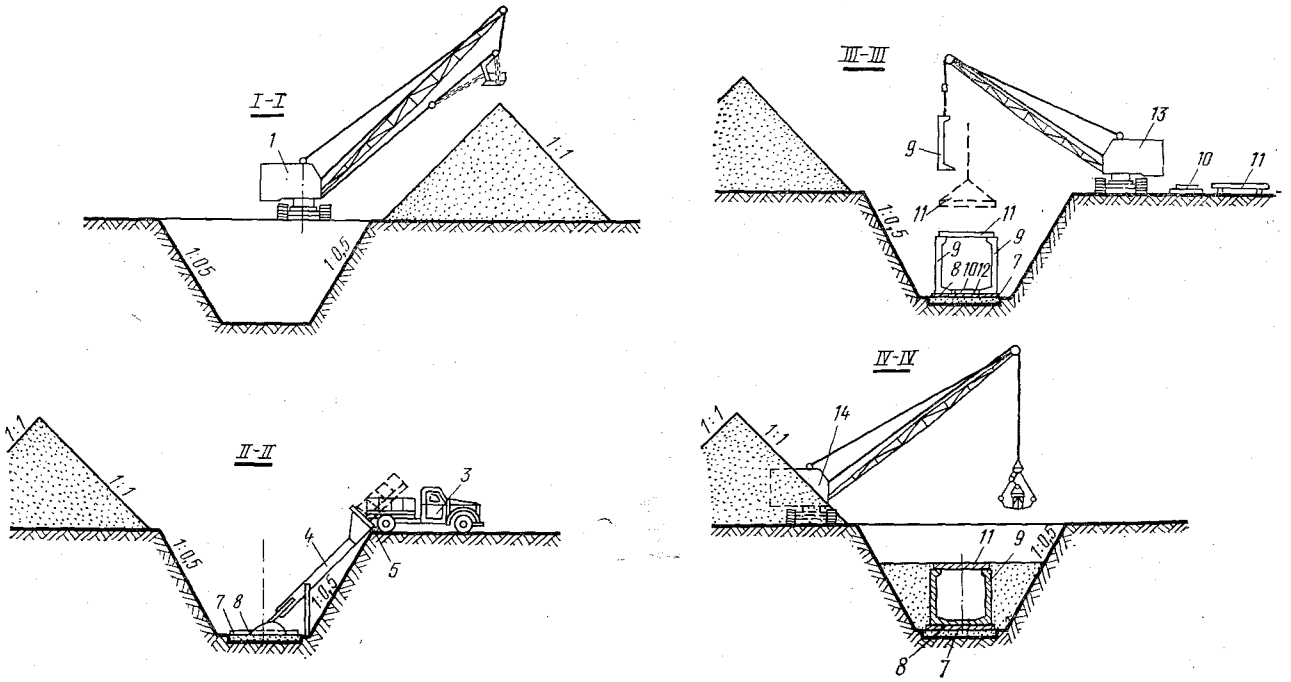


Рис. 6.4. Схема организации производства строительно-монтажных работ поточным методом при сооружении сборного железобетонного коллектора общего назначения

1 — экскаватор-драглайн Э-652; *2* — автосамосвал, отвозящий лишний грунт; *3* — автосамосвал со щебнем; *4* — лоток для спуска щебня в траншею; *5* — отбойный брус; *6* — лоток для спуска бетонной смеси в траншею; *7* — щебеночная подготовка *8* — бетонная подготовка; *9* — стеновые панели коллектора; *10* — плиты днища; *11* — плиты перекрытия; *12* — замоноличиваемый стык панелей стен и днища; *13* — кран-экскаватор Э-652; *14* — экскаватор Э-652 с грейферным ковшом

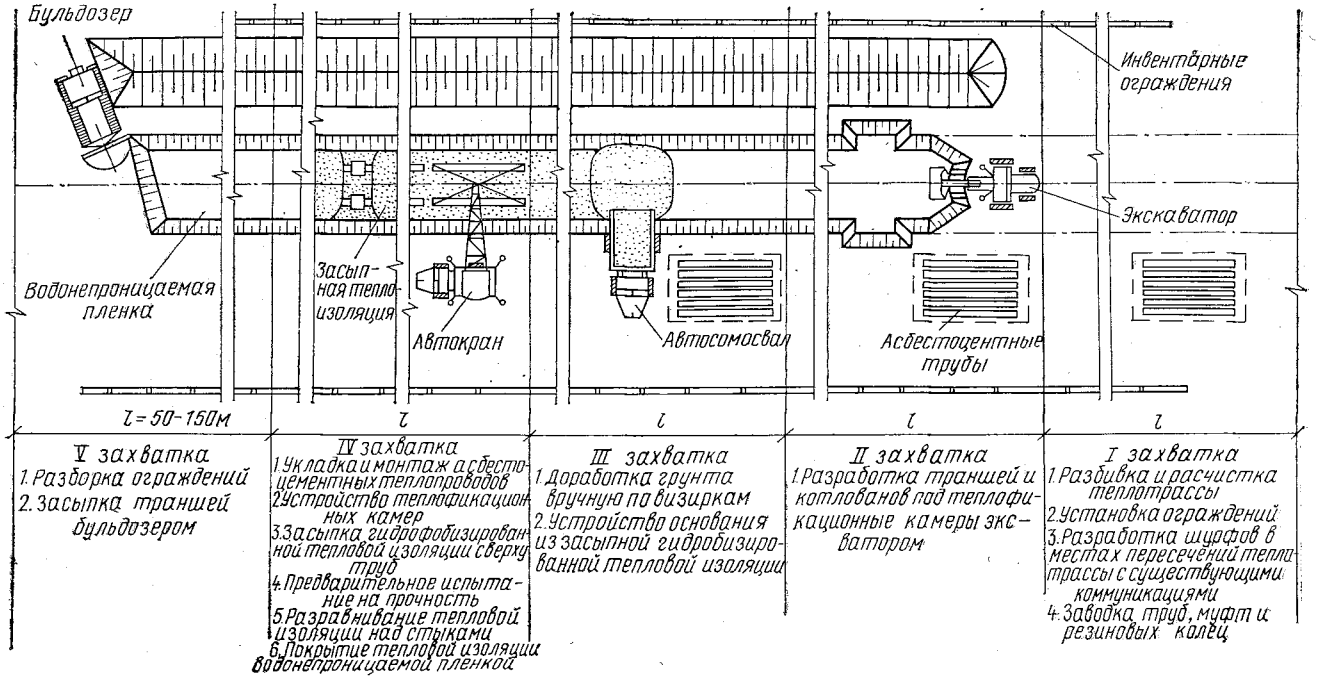


Рис. 6.5. Технологическая схема производства работ при бесканальной прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб по пятизахватной системе

кций краном предусмотрены в две смены. Общий фронт работ, равный 242 м, состоит из 11 линейных захваток по 22 м каждая. У экскаватора и крана сменная линейная захватка 22 мм при работе в две смены. Если монтаж теплопроводов и других коммуникаций ведут после устройства коллектора, то трубы, оборудование, теплоизоляционные и другие материалы подают в коллектор через люки и проемы, устраиваемые в перекрытии.

Значительное упрощение процесса сооружения бесканальных тепловых сетей расширяет возможности для практического применения поточного метода строительства. На рис. 6.5 показана технологическая схема производства работ по строительству поточным методом бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб по пятизахватной системе. На каждой захватке производят определенные виды работ: на первой — расчистку трассы, установку ограждений, разработку шурфов в местах пересечения теплотрассы с существующими коммуникациями, завоз труб, муфт и резиновых колец, т. е. все подготовительные работы; на второй — разработку экскаватором траншей под трубопроводы и котлованов под теплофикационные камеры; на третьей — доработку грунта и устройство основания из засыпной гранулированной гидрофобизированной тепловой изоляции; на четвертой — укладку и монтаж асбестоцементных теплопроводов, устройство теплофикационных камер, засыпку гранулированной гидрофобизированной тепловой изоляции сверху труб, предварительное гидравлическое испытание, разравнивание тепловой изоляции, покрытие тепловой изоляции защитной пленкой; на пятой — разборку ограждений и засыпку траншей бульдозером. Оптимальную длину захваток в зависимости от диаметра труб и условий работ принимают в пределах 50—150 м. Составы звеньев на захватках определяют расчетом в зависимости от трудоемкости.

Строительство бесканальных тепловых сетей производят также по четырехзахватной системе в зависимости от условий работ. В качестве примера на рис. 6.6 показан график поточного метода бесканальной прокладки двухтрубных тепловых сетей протяженностью 500 м из асбестоцементных труб D_y-150 мм с монолитной тепловой изоляцией укрупненными блоками по четырехзахватной системе.

Расчет и построение потока. Предположим, что поточным методом проектируется прокладка теплопровода, который для построения потока разбит на 20 участков одинаковой длины. Производство работ проектируется по пятизахват-

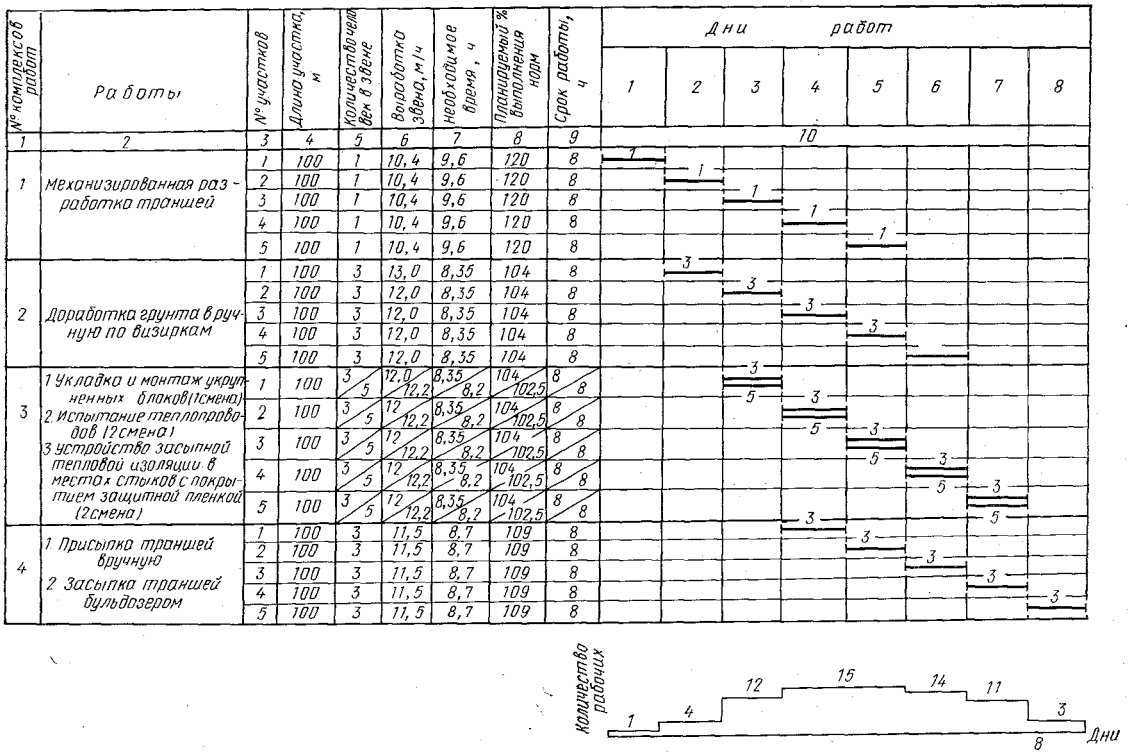


Рис. 6.6 График поточного метода бесканальной прокладки двухтрубных тепловых сетей протяженностью 500 м из асбестоцементных труб $D_у = 150$ мм с монолитной тепловой изоляцией укрупненными блоками

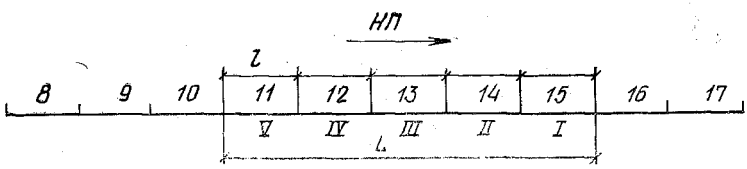


Рис. 6.7. Схема разбивки теплопровода на участки и захватки
8—17 — номера участков; *I—V* — номера захваток; *l* — длина захватки; *L* — длина фронта работ; НП — направление потока

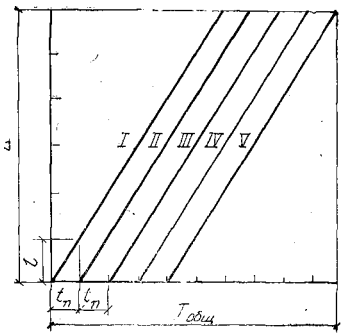


Рис. 6.8. График потока
L — общая длина тепловых сетей; $T_{общ}$ — общая продолжительность; $t_п$ — шаг потока; *I—V* — графики элементарных потоков по захваткам; *l* — длина захватки

ной системе, т. е. при развернутом потоке работы выполняют одновременно на пяти захватках. На каком-то этапе работы будут производиться на участках с 11-го по 15-й (рис. 6.7). При этом общая длина участка (фронта) *L* работ составит 5 *l* (где *l* — средняя длина захватки). Если работы на каждой захватке выполнять, например, в одну смену, то ежедневно на участке длиной *l* будет полностью завершаться весь цикл работ, включая и засыпку. В этом случае говорят, что работы производят *со сменным шагом ритмичного потока.*

На каждой захватке производят определенные виды работ; их выполняет специализированное звено. Это звено ежедневно, оканчивая работу на предыдущем участке, переходит на последующий, а на его место вступает следующее звено. Работа каждого звена построена по своему индивидуальному потоку, который называется *элементарным потоком.* В приведенном примере (см. рис. 6.7) на каждом участке ежедневно в начале смены вступает новое звено, т. е. начинается самостоятельный элементарный поток. Таким образом, время между сменой элементарных потоков равно одной смене, а значит, что работа ведется со сменным шагом потока.

Все специализированные звенья, выполняющие весь комплекс работ на захватках с I до V, объединяются в одну комплексную бригаду. Следовательно, бригадой ежедневно

выполняется (в нашем случае) пять элементарных потоков. Сумма таких элементарных потоков называется комплексным потоком. Продукцией комплексной бригады в смену в рассматриваемом примере является законченный строительством участок теплопровода длиной l. Величина его характеризует интенсивность потока.

Для расчета и построения потока (рис. 6.8) применяют методику, предложенную д-ром техн. наук профессором А. П. Шальновым, при которой интенсивность потока определяют по ведущей машине — экскаватору. Интенсивность потока (м/ч) определяют по скорости движения экскаватора при рытье траншеи v, которую находят по формуле

$$v = П/V T_{см},$$

где $П$ — производительность экскаватора, м³ в смену; V — средний объем грунта на данном участке, приходящийся на 1 м траншеи, м³; $T_{см}$ — время смены, ч (при 8-часовой смене $T_{см}=8$).

Для расчета принимают эксплуатационную сменную производительность экскаватора, определяемую по ЕНиР. Сменная производительность экскаватора (м³/см) равна:

$$П = T_{см}/H_{вр},$$

где $H_{вр}$ — норма машинного времени на разработку 1 м³ грунта в плотном состоянии по ЕНиР, маш.-ч.

При подборе экскаватора, когда заранее задается интенсивность потока (по скорости v), производительность экскаватора (м³/см) определяют по преобразованной формуле

$$П = v V T_{см}.$$

Определив скорость движения экскаватора по трассе или задавшись интенсивностью потока, приступают к выбору других механизмов и расчету состава комплексной бригады, подчиняя производительность участвующих в потоке машин и выработку звеньев принятой интенсивности потока, которая должна быть строго увязана с шагом потока.

Поток работ с использованием захватной системы строится в зависимости от принятого метода. Если принят метод, при котором рытье траншей производят экскаватором, а засыпку бульдозером, то бульдозер выбирают также по производительности в соответствии с интенсивностью потока, для чего определяют условную скорость движения бульдозера по трассе. Для городских условий работ используют наиболее легкие бульдозеры. После выбора всех машин и приспособлений производят расчет звеньев и бригад по комплексам работ.

Определяют трудоемкость и рассчитывают состав звеньев для каждого комплекса работ, т. е. для каждой захватки в отдельности, при этом длину захватки для упрощения расчета принимают средней. Расчет ведут по ЕНиР. Все расчеты и обоснования выбранных машин механизмов приводят в пояснительной записке к проекту производства работ на строительство теплопровода.

Общая продолжительность строительства тепловых сетей складывается из продолжительности работы экскаватора и продолжительности работ до экскаватора и после него

$$T_{общ} = T_э + T_1,$$

где $T_э$ — время работы экскаватора; T_1 — время работы до экскаватора и после него.

Время работы экскаватора равно:

$$T_э = L/v,$$

где L — общая длина участка тепловых сетей; v — интенсивность потока.

Время работы до экскаватора и после него определяют по формуле

$$T_1 = (N - 1)\ t_п,$$

где N — количество захваток; $t_п$ — шаг потока.

Тогда

$$T_{общ} = L/v = (N - 1) + t_п.$$

Таким образом, зная протяженность теплотрассы и производительность экскаватора, легко рассчитать общую продолжительность строительства тепловых сетей.

При организации поточного строительства тепловых сетей в состав проекта производства работ входит разработка строительного генерального плана с построением потока на весь объем работ и размещением необходимых механизмов и приспособлений по каждой захватке. В нем указывают размеры захваток, длину фронта работ, направление и интенсивность потока.

6.6. Крупноблочный монтаж теплопроводов

Централизованное изготовление укрупненных узлов, блоков и деталей тепловых сетей на заготовительных предприятиях — один из важнейших этапов индустриализации работ по их прокладке. При этом сокращаются общие сроки строительства тепловых сетей, так как узлы тепло-

проводов изготавливаются параллельно с общестроительными работами; снижается стоимость работ за счет уменьшения трудоемкости изготовления, значительного повышения производительности труда в результате внедрения механизации, уменьшения организационных потерь и ликвидации зависимости производства работ от метеорологических условий, сокращения отходов и потерь материалов, уменьшения расходов на хранение материалов на месте монтажа. Заготовительными предприятиями в строительно-монтажных организациях являются центральные заготовительные заводы (ЦЗЗ) и мастерские (ЦЗМ), а также участковые заготовительные мастерские (УЗМ).

При централизованном изготовлении укрупненных узлов тепловых сетей обеспечивается возможность перенести до 60% всех трудозатрат с монтажной площадки в заводские условия: механизировать большинство производственных процессов; внедрять высокопроизводительные станки и машины, сборочно-сварочные установки и приспособления; широко применять механическую, механизированную газопламенную и газоэлектрическую резку, полуавтоматические и автоматические способы сварки; механизировать подъемно-транспортные операции; значительно повышать качество выполнения работ. Технология изготовления укрупненных узлов теплопроводов делится на два этапа: изготовление элементов и их последующая сборка и сварка в узлы. Такая последовательность позволяет применять при изготовлении элементов трубопроводов преимущественно автоматическую сварку стыков.

При монтаже тепловых сетей используют стандартные и нестандартные детали и узлы. Применение стандартных деталей способствует повышению качества строительно-монтажных работ. Узлы, устанавливаемые в камерах тепловых сетей, состоят, как правило, из фасонных частей и трубопроводной арматуры (задвижек, компенсаторов и т. д.). В настоящее время узлы комплектуют из стандартных деталей (отводы, переходы, заглушки и т. д.). Однако в некоторых случаях возникает необходимость в использовании нестандартных деталей, размеры которых привязаны к конкретным условиям их установки в рабочее положение и зависят от строительных размеров камер. В этих случаях составляют замерные эскизы и схемы, по которым изготовляют узлы и детали на монтажных заводах или в заготовительных мастерских.

Укрупнительную сборку узлов и блоков теплопроводов выполняют на жестких, хорошо выверенных стеллажах

или на бетонированной площадке. Такие площадки размещают в зоне действия монтажного крана и рядом с подъездными дорогами. Для сборки применяют специальные стенды и приспособления — кондукторы и центраторы, обеспечивающие правильное положение деталей, узлов, труб и арматуры при сборке и сварке. Гидравлическое испытание готовых укрупненных узлов и блоков, как правило, не производят, так как они испытываются в составе теплопровода после их монтажа.

Размеры и масса укрупненных узлов и блоков должны обеспечивать удобство их транспортирования к месту монтажа и установки в проектное положение. Если узел имеет большие габариты и нетранспортабелен в собранном виде, то его собирают на месте монтажа из укрупненных элементов, выполненных на заводе или в мастерских. При транспортировании изолированных узлов и блоков теплопроводов следует принимать специальные меры для предупреждения повреждения изоляции. Оборудование, арматуру, узлы и детали отправляют на объект монтажа комплектно с крепежными и прокладочными материалами и каждую партию изделий сопровождают документами (сертификатами).

Укрупнительную сборку узлов и блоков на объекте монтажа выполняют в соответствии с проектом производства работ, а при его отсутствии принимают решения исходя из условий монтажа. Укрупненные узлы или блоки при подъеме и установке должны сохранять необходимую жесткость и прочность во избежание их поломки или остаточной деформации. В отдельных случаях на период монтажа устанавливают временные связи, обеспечивающие требуемую жесткость. Перед установкой узлов, блоков, деталей и труб в проектное положение необходимо убедиться в надежном закреплении всех опорных конструкций.

При строительстве неподвижных опор тепломагистралей большого диаметра также целесообразно применять готовые укрупненные блоки из сборного железобетона. Однако изготовление сборных деталей большого габарита возможно только на специализированных заводах железобетонных конструкций для инженерных сетей и сооружений.

Задача ближайшего времени при строительстве тепловых сетей — дальнейшее повышение индустриальности и сборности конструкций теплопроводов, сокращение малопроизводительного ручного труда в теплоизоляционных

работах на трубопроводах, трудоемких в исполнении монолитных конструкций и сооружений из кирпича. Большую роль в повышении качества и ускорении сроков строительства тепловых сетей играют организационные и технико-экономические мероприятия.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

ГЛАВА VII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

7.1. Основные задачи эксплуатации

Современные системы централизованного теплоснабжения в процессе эксплуатации обслуживают различные подразделения, от согласованного действия которых зависит бесперебойное снабжение потребителей теплом и безаварийная работа оборудования источников тепла, тепловых сетей и абонентских вводов. Четкая работа теплоснабжения обеспечивается службами эксплуатации.

Одной из основных задач эксплуатации является организация бесперебойной подачи потребителям теплоносителя требуемых параметров при минимальных потерях тепла. Для этого необходимо: согласованная работа источников тепла (ТЭЦ или котельных), тепловых сетей и теплопотребляющих установок абонентов; правильное распределение тепла по потребителям и учет отпущенного тепла; тщательное наблюдение за тепловыми сетями и станционным оборудованием, своевременное проведение ревизии и ремонта, обеспечение быстрой локализации и ликвидации аварий и неполадок; организация контроля за состоянием теплоприемников у потребителей.

Нормальная работа системы теплоснабжения требует постоянного соблюдения тепловой станцией заданного графика отпуска тепла и параметров теплоносителя. Суточный отпуск тепла со станции должен совпадать с потребным суточным расходом тепла у абонентов. При нарушении этого требования нарушается тепловой режим сети. Под надежным теплоснабжением понимают обеспечение теплом каждого потребителя, т. е. сюда входит задача правильного распределения циркулирующей сетевой воды по вводам потребителей.

В крупных протяженных теплосетях необходимо обра-

щать внимание на расходы, связанные с транспортированием и распределением тепла. Эти расходы растут с повышением удельной стоимости тепловых сетей и их обслуживания, увеличением процента тепловых потерь в сетях вследствие увеличения средней протяженности и особенно среднего диаметра сетей; с повышением напора сетевых насосов на ТЭЦ и появлением дополнительных перекачивающих станций на сети в связи с увеличением радиуса действия. Чем технически совершеннее выполнена система теплоснабжения, тем меньше трудозатрат при ее эксплуатации.

Основная задача надежности систем теплоснабжения состоит в бесперебойном обеспечении потребителей тепловой энергией в соответствии с их действительной потребностью. Перерывы в подаче тепла на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения могут привести к замораживанию систем, а также трубопроводов самой тепловой сети, т. е. к разрушению системы теплоснабжения. Прекращение же подачи тепла промышленным предприятиям, где теплоноситель используется для технологических нужд, приводит к срыву технологических процессов и работы предприятий.

Важными предпосылками надежной работы системы теплоснабжения являются минимальные потери тепла и теплоносителя из сети. Большая утечка теплоносителя приводит к снижению давления в отдельных точках сети, недостаточному напору на вводе потребителя, попаданию воздуха в системы теплопотребления и нарушению циркуляции в них, а большие тепловые потери — к значительному охлаждению теплоносителя на пути от источника к потребителю и недогреву системы последнего. Кроме того, потери тепла и теплоносителя ухудшают технико-экономические показатели работы системы теплоснабжения, повышают себестоимость отпущенного тепла и в значительной мере являются причиной дальнейшего ухудшения состояния тепловых сетей и перерасхода топлива.

Постоянной заботой эксплуатационной организации является совершенствование оборудования системы теплоснабжения и методов его эксплуатации, повышение производительности труда эксплуатационного персонала. Чем выше техническое совершенство системы теплоснабжения — надежность примененных строительных и механических конструкций, оборудования (задвижек, компенсаторов, опор, регуляторов и др.), рациональность схемы сети, тем меньше трудозатрат при обслуживании и ремонте.

7.2. Организация эксплуатации

Современные методы эксплуатации тепловых сетей определили новые организационные формы управления системами теплоснабжения. Структура эксплуатационной службы зависит от единичной мощности и количества источников тепловой энергии, радиуса действия тепловых сетей и других причин. В крупных городах и промышленных районах для организации эксплуатации тепловых сетей от коммунальных и промышленных ТЭЦ создаются специальные предприятия — Тепловые сети (Теплосеть), подчиненные районному энергетическому управлению. Радиус действия предприятия Теплосеть распространяется на тепловые сети в пределах границ обслуживания (от выходных задвижек магистралей на коллекторах ТЭЦ до входных задвижек на центральных тепловых пунктах или на абонентских вводах).

Теплосеть, получая тепло от ТЭЦ, руководит транспортированием тепловой энергии по наружным тепловым сетям, распределением его по тепловым пунктам и осуществляет контроль за использованием тепла потребителями. Теплосеть должна систематически проверять правильность установленных режимов работы ТЭЦ и тепловых сетей, изучать состояние и условия работы оборудования тепловых сетей и абонентских вводов и заниматься совершенствованием этого оборудования. Задачей предприятия является контроль за работой действующих тепловых сетей, проведение профилактического, текущего и капитального ремонтов тепловых сетей, разработка и реализация оптимальных гидравлических и тепловых режимов для обеспечения надежного и качественного теплоснабжения потребителей.

Предприятие Теплосеть состоит из подразделений: административно-управленческого, производственного и эксплуатационных районов. На рис. 7.1 показана примерная организационная структура Теплосети. Ниже приведены характеристики и назначение основных производственных служб Теплосети. **Производственно технический отдел** решает задачи совершенствования оборудования и режимов его эксплуатации, разрабатывает противоаварийные профилактические мероприятия, направленные на повышение надежности и экономичности работы сетей и оборудования, разрабатывает программы испытаний и наладки сетей теплоснабжения, составляет инструкции по обслуживанию тепловых сетей, насосных подстанций, те-

пловых пунктов и т. д., разрабатывает оргмероприятия по техническому перевооружению и развитию систем теплоснабжения.

Диспетчерская служба теплосети осуществляет общее оперативное управление эксплуатацией, а также управление тепловым и гидравлическим режимами системы теплоснабжения. Служба разделяется на группу режимов и оперативную группу. Группа режимов разрабатывает режимы приготовления тепла, графики температур, давлений и расходов теплоносителя и др. В состав оперативной группы входят центральный диспетчерский пункт (ЦДП) и районные диспетчерские пункты (РДП). На ЦДП возлагаются важнейшие функции деятельности: разработка режимов теплоприготовительного оборудования источников тепла и контроль их исполнения; контроль параметров и распределения теплоносителя в тепловых сетях; наблюдение за подключением новых сетей; руководство действиями обслуживающего персонала тепловых станций и сетевых районов при регулировании режимов потребления тепла, по обнаружению и ликвидации аварий и др. ЦДП имеет прямую телефонную связь с РДП и ТЭЦ, а крупные теплосети — средства дистанционного управления, позволяющие контролировать работу тепловых пунктов на больших расстояниях от места управления. Поступающая информация и указания, выдаваемые диспетчером ЦДП, регистрируются в оперативном журнале и книге распоряжений, а изменения тепловых и гидравлических режимов заносятся в суточные диспетчерские графики.

Диспетчерский пункт получает от бюро погоды прогноз погоды на следующий день. На основании этих данных составляют график отпуска тепла потребителям, устанавливают температуру сетевой воды, давление на обратном коллекторе ТЭЦ или котельной, напор на коллекторе или количество воды, подаваемой в теплосеть. В центральный диспетчерский пункт стекается вся информация о фактическом состоянии оборудования сети и систем теплопотребления и о текущей потребности в тепловой энергии. Диспетчер сети, в соответствии с текущими метеорологическими условиями и графиком отпуска тепла, разрабатывает и задает станции необходимые на ближайший отрезок времени тепловой и гидравлические режимы. При этом он исходит из реальной технической возможности имеющегося теплофикационного оборудования ТЭЦ, обеспечения максимальной экономичности работы системы теплоснабжения в целом.

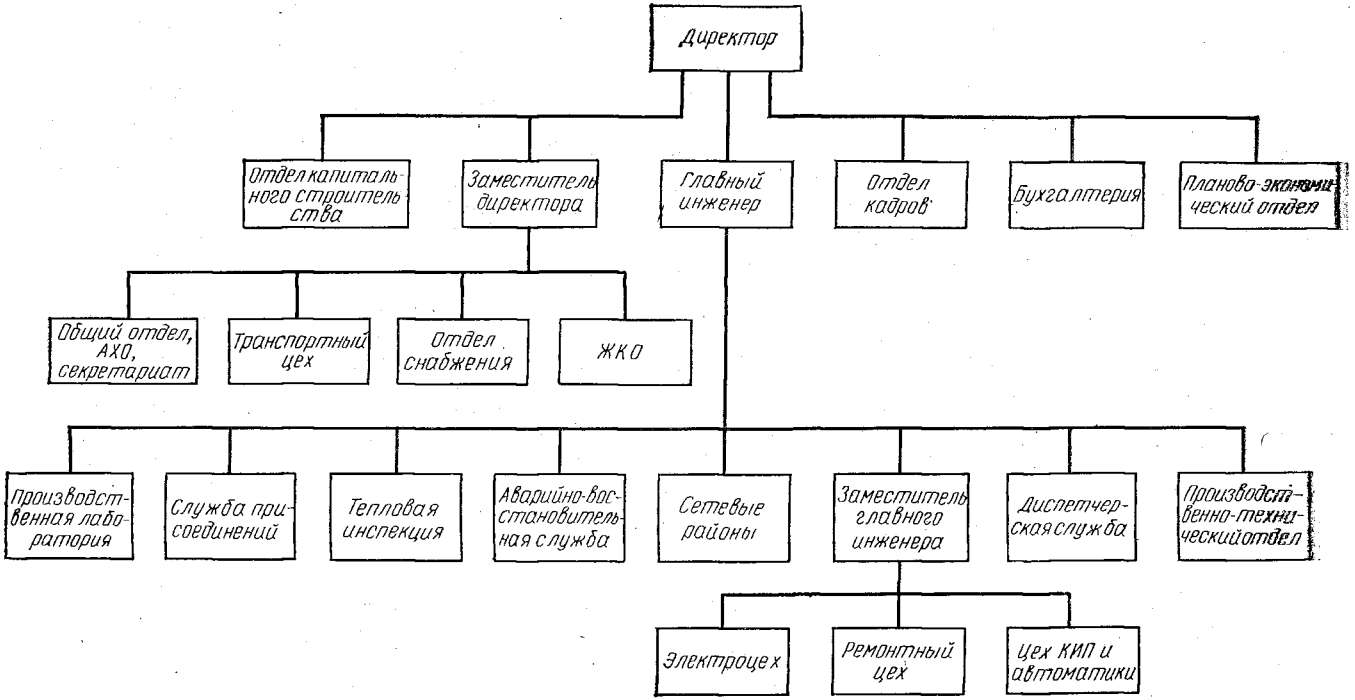


Рис. 7.1. Примерная организационная структура Теплосети

Диспетчер сети следит за подпиткой тепловых сетей, так как объем утечки указывает на состояние герметичности сети. В случае резкого увеличения объема подпитки тепловых сетей (а в открытых водяных системах теплоснабжения с непосредственным водоразбором на горячее водоснабжение учитывается и график водопотребления), показывающего наличие повреждения сети, диспетчер дает указание о немедленной проверке теплосети и местных систем, а также о проверке теплового оборудования на ТЭЦ. В распоряжении диспетчера имеется аварийная бригада слесарей, запас необходимых материалов, арматуры, запасных частей, а также специальные автомашины технической помощи, снабженные приспособлениями необходимыми для ликвидации повреждений.

Важная роль в Теплосети принадлежит *аварийно-восстановительной службе,* задачей которой является быстрая локализация и ликвидация возможных аварий в тепловых сетях. Для этой цели служба должна быть оснащена соответствующими механизмами и машинами (экскаваторами, бульдозерами, аварийным транспортом, сварочными агрегатами, компрессорами, насосными установками и т. д.). При нормальной работе системы теплоснабжения (т. е. при отсутствии аварий) основной персонал аварийно-восстановительной службы входит обычно в состав ремонтного цеха и занимается капитальным ремонтом тепловых сетей.

Для обеспечения надежной и экономичной работы теплосети необходимо, чтобы потребители строго выполняли правила использования тепла, для чего персонал тепловой сети должен проводить систематическую проверку и инспектирование абонентских вводов и теплопотребляющих установок. Эти функции осуществляет *тепловая инспекция,* основной задачей которой является контроль рационального использования тепла и состояния теплоиспользующих установок. **Служба присоединения** производит учет присоединенных абонентов и решает вопросы о выдаче технических условий и разрешений на присоединение к тепловым сетям новых теплоиспользующих установок.

Производственная лаборатория осуществляет испытание нового оборудования и новых схем теплоснабжения, усовершенствование и внедрение новой регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры, проводит гидравлические и тепловые испытания тепловых сетей и абонентских вводов, систематически контролирует качество воды

у абонентов и в тепловой сети. На основе обобщения результатов испытаний оборудования тепловых сетей и абонентских вводов производственная лаборатория разрабатывает предложения по дальнейшему совершенствованию системы теплоснабжения. Для осуществления технического надзора за строительством новых тепловых сетей, а также за реконструкцией действующих тепловых сетей и насосных подстанций в крупных теплосетях имеются *отделы капитального строительства.*

Транспортный цех предназначен для обеспечения службы ремонта и сетевых районов транспортом и механизмами специального назначения во время ремонтов и эксплуатации. *Электроцех* осуществляет монтаж и эксплуатацию электрокабелей, электрических приводов арматуры, электрического оборудования насосных подстанций, устройство средств электрической защиты и освещения. Персонал цеха обеспечивает дежурство электриков, а также ремонт электрооборудования.

Ремонтный цех осуществляет ремонтные работы на тепловых сетях и другом оборудовании. Механические мастерские снабжают эксплуатационные подразделения деталями, необходимыми для проведения ремонтов, производят ремонт арматуры, механизмов, автоматических регуляторов и контрольно-измерительных приборов. *Служба контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики* ведает обслуживанием, ремонтом и наладкой приборов учета тепла, регуляторов и других контрольно-измерительных приборов сетей и тепловых пунктов.

Сетевые районы являются основными производственными подразделениями предприятия, непосредственно занимающимися эксплуатацией тепловых сетей в пределах отведенных границ обслуживания. Организационная структура эксплуатационного (сетевого) района показана на рис. 7.2. Сетевой район осуществляет обычно эксплуатацию тепловых сетей от одной, в редких случаях от двух ТЭЦ. Сетевые районы имеют свои районные диспетчерские пункты РДП, оснащенные необходимым количеством указывающих, регистрирующих и регулирующих приборов, позволяющих вести постоянный контроль за режимами работы тепловой сети и теплопотребляющих установок. В помещениях РДП должна находиться оперативная схема тепловых сетей района с указанием длины участков, диаметров трубопроводов, номеров тепловых пунктов и абонентских вводов.

Все работы в районе выполняют обходчики тепловых се-

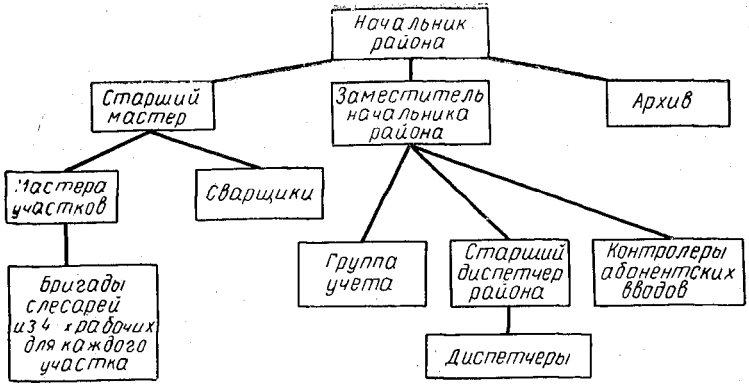


Рис. 7.2. Организационная структура эксплуатационного района

тей и абонентских вводов под руководством мастеров. Периодичность обхода и обязанности обходчиков указаны в инструкции по эксплуатации. Результаты каждого обхода регистрируются в рапорте. Дефекты, требующие устранения, мастер заносит в журнал дефектов с указанием сроков выполнения.

Для эксплуатации систем теплоснабжения на базе районных котельных созданы специализированные эксплуатирующие организации «Производственные предприятия объединенных котельных и тепловых сетей» (ПОК и ТС). Эти предприятия находятся в подчинении областных энергетических управлений исполнительных комитетов Советов народных депутатов. Создание производственных предприятий объединенных котельных и тепловых сетей позволило значительно повысить технический уровень эксплуатации городского теплоэнергетического хозяйства, уменьшить число неэкономичных котельных, находившихся в ведении различных организаций, создало условия для повышения квалификации обслуживания и снижения уровня эксплуатационных затрат, существенно улучшило контроль качества ремонта котельного оборудования и тепловых сетей, позволило создать производственно-технические базы, оснащенные современным оборудованием.

Наряду с этим, еще большое число мелких систем теплоснабжения от местных или небольших квартальных котельных продолжает эксплуатироваться жилищными управлениями (отделами) или предприятиями различных ведомств. В этих небольших разобщенных системах тепло-

снабжения вследствие низкой квалификации обслуживающего персонала крайне медленно внедряются научно-технические достижения передовых эксплуатирующих предприятий, слабо выполняются указания по экономии тепла и расходованию материалов, часты нарушения режимов регулирования и правил эксплуатации, трудно осуществлять мероприятия по защите воздушного бассейна от загрязнения.

7.3. Обслуживание тепловых сетей

Техническое обслуживание тепловых сетей в основном носит профилактический характер. Оно способствует нормальной и правильной их эксплуатации и заключается в ежесменном наблюдении за их состоянием, в устранении мелких неисправностей.

Обслуживание тепловых сетей включает в себя следующие основные мероприятия: обеспечение расчетного распределения теплоносителя по тепловым пунктам потребителей; поддержание в тепловой сети и на тепловых пунктах потребителей необходимых гидравлического и теплового режимов при систематической проверке в характерных точках сети и на тепловых пунктах потребителей требуемых параметров; устранение сверхнормативных потерь тепла путем удаления скапливающейся в каналах и камерах воды, ликвидации возможности проникновения грунтовых и верховых вод в каналы и камеры, своевременного восстановления нарушенной изоляции; устранение сверхнормативных гидравлических потерь в сети за счет регулярной промывки и очистки трубопроводов; поддержание в исправном состоянии всего оборудования, строительных и других конструкций тепловых сетей путем проведения своевременного их осмотра и ремонта; наблюдение за работой компенсаторов, опор, арматуры, дренажа, контрольно-измерительной аппаратуры и других конструктивных элементов и своевременное устранение возникающих неисправностей; своевременное удаление воздуха через воздушники из теплопроводов и предотвращение подсоса воздуха путем постоянного поддержания избыточного давления во всех точках сети и системах потребителей; принятие мер по предупреждению, локализации и ликвидации неполадок и аварий в тепловых сетях абонентских вводах.

При эксплуатации системы централизованного теплоснабжения трубопроводы и оборудование сетей и тепловых

пунктов находятся под воздействием давления и температуры теплоносителя. Постоянные изменения температуры наружного воздуха приводят к соответствующим изменениям температурного и гидравлического режимов сети, а вместе с тем напряжений, испытываемых трубопроводами и оборудованием сети и тепловых пунктов. Эти напряжения через опоры передаются также на строительные и изоляционные конструкции тепловых сетей и тепловых пунктов.

С другой стороны, трубопроводы и оборудование тепловых сетей и тепловых пунктов подвергаются постоянному воздействию окружающей среды — атмосферного воздуха, грунта, всевозможных агрессивных газов, попадающих в окружающую среду, а также блуждающих электрических токов, вследствие чего стальные трубы и оборудование тепловых сетей, а также все связанные с ними строительные, теплоизоляционные и антикоррозионные конструкции подвергаются постоянному износу, старению и разрушению.

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы системы теплоснабжения необходимо: осуществлять систематический надзор за состоянием трубопроводов и всего оборудования, уход за ними, своевременное профилактическое обслуживание и устранение возникающих неполадок. Такой надзор производят по графику систематическим обходом сети и тепловых пунктов слесарями-обходчиками и мастерами, которые контролируют состояние всего оборудования.

Частоту осмотра оборудования устанавливает главный инженер теплосети в зависимости от типа и состояния оборудования от 1 до 4 раз в месяц. При этом все камеры следует осматривать не реже 1 раза в месяц, а камеры, в которых установлены дренажные насосы, не реже 2-х раз в неделю. Для обеспечения своевременного ремонта трубопроводов и оборудования тепловых сетей и тепловых пунктов результаты их осмотра фиксируют в рапортах обхода, которые ежедневно просматривают руководящие работники теплосети.

Дефекты, которые невозможно устранить без останова сети, но не представляющие опасности для надежности ее работы, необходимо учитывать особо и устранять их в период ближайшей остановки сети на ремонт. Неисправности в оборудовании или в трубопроводах, которые могут стать причиной аварии, следует устранять немедленно. Важным условием для обеспечения нормальной эксплуатации тепловых сетей является постоянное обеспечение свободного подхода ко всем ее объектам: камерам, павильонам, насосным станциям и т. д. Часто в процессе эксплуа-

тации требуется закрыть одни задвижки и открыть другие. В этих случаях свободный подход к люкам тепловых камер или дверям павильона является необходимым условием быстрого оперативного переключения теплосети.

Не менее важной задачей обслуживающего персонала является систематическое наблюдение за планировкой поверхности земли на трассе тепловой сети и выполнение мероприятий, исключающих возможность попадания верховых вод на теплопроводы, так как только сухое состояние трубопроводов тепловых сетей обеспечивает их долговечность и минимальные потери тепла через изоляционные конструкции.

В процессе эксплуатации трубопроводы и оборудование тепловых сетей подвергаются износу. Этому способствуют постоянные температурные и динамические напряжения, испытываемые сетью, а также неизбежный процесс наружной и внутренней коррозии. Поэтому во избежание аварий от скрытых дефектов, которые были выявлены в течение отопительного сезона, но могут явиться причиной таковых в дальнейшем, сети должны пройти испытание на герметичность (опрессованы). Все выявленные дефекты должны быть устранены. Для того чтобы убедиться, что во время ремонта все дефекты устранены полностью и определить качество замененной запорной и регулирующей арматуры, после ремонта испытания повторяют.

В процессе эксплуатации тепловых сетей температура теплоносителя постоянно меняется в соответствии с изменением температуры наружного воздуха (при центральном качественном регулировании). Это вызывает температурные деформации трубопроводов, для восприятия которых тепловая сеть оснащена компенсаторами и неподвижными опорами. При этом как на компенсаторы, так и на неподвижные опоры действуют значительные силы. При малейшей неисправности компенсаторов или ослабления опор эти силы могут привести к разрушению теплопровода. Наибольшего значения силы достигают при максимальной расчетной температуре воды в тепловой сети.

Для того чтобы в течение отопительного периода такие явления не наблюдались, необходимо заранее испытать компенсационную способность теплосети при максимальной температуре теплоносителя. Опыт эксплуатации показывает, что такие испытания следует проводить не реже 1 раза в 2 года перед окончанием отопительного сезона с тем, чтобы выявленные неисправности в компенсационных устройствах можно было устранить во время летнего ремонта теп-

лосети. Испытания тепловых сетей на расчетную температуру теплоносителя должны проводиться не реже чем 1 раз в 2 года, непосредственно перед окончанием отопительного сезона. Испытаниям должна подвергаться вся сеть от источника теплоснабжения до тепловых пунктов систем теплоснабжения.

Испытания на тепловые потери проводят с целью определения качества тепловой изоляции и для установления норм тепловых потерь. Испытания водяных теплопроводов проводят при постоянной температуре воды, замеряя расходы и температуру воды в начале и конце испытываемых участков сети. Испытания проводят при отключенных потребителях; циркуляция осуществляется через открытые перемычки в конце сети. Испытания по определению тепловых потерь в тепловых сетях следует проводить не реже чем 1 раз в 5 лет. Гидравлические испытания для определения действительных гидравлических характеристик трубопроводов также следует проводить не реже одного раза в 5 лет. Все виды испытаний тепловых сетей выполняются отдельно. Тепловые сети не реже 1 раза в 3 года должны подвергаться гидропневматической промывке. Внеочередные промывки необходимо производить после выполнения капитального ремонта.

Одним из важнейших показателей уровня эксплуатации тепловых сетей является относительный объем утечки теплоносителя. Поскольку химводоподготовка подпиточной воды дорогая, поэтому снижение утечки из сети значительно повышает экономичность работы всей системы теплоснабжения. Кроме того, при сильной утечке, превышающей мощность химводоподготовки источника тепла, нарушается водный режим теплосети, что влечет за собой усиление внутренней коррозии труб и ухудшение их гидравлических характеристик. Поэтому борьба с утечками является одной из основных задач при обслуживании тепловых сетей. Среднечасовая величина утечки за год не должна превышать 0,25% объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним непосредственно систем теплопотребления.

В объем утечек включаются все непроизводительные сливы воды из сети и систем, за исключением расхода воды на разовое заполнение сети и систем перед их пуском до начала отопительного сезона. Однако расход подпиточной воды на повторное заполнение уже считается утечкой. Фактическая среднечасовая утечка теплоносителя за определенный промежуток времени определяется: *для закрытых*

систем теплоснабжения — путем деления всего количества подпиточной воды (за вычетом расхода воды на первоначальное заполнение системы) на число часов нахождения системы за этот промежуток времени в заполненном состоянии; *для открытых систем* — как разность величины подпитки и количества воды на горячее водоснабжение потребителей (учтенного приборами) за этот определенный промежуток времени.

Расчетный часовой расход подпиточной воды, учитывающий возможные колебания утечки в течение года в зависимости от режимных условий работы системы теплоснабжения, принимают равным 0,5% объема воды в трубопроводах тепловой сети и непосредственно присоединенных к ним систем теплопотребления. При утечке теплоносителя, превышающей установленные нормы, должны быть приняты срочные меры к обнаружению места утечки и устранению неплотностей.

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы системы теплоснабжения необходимо, чтобы эксплуатационный персонал был постоянно осведомлен о фактическом состоянии трубопроводов тепловой сети не только надземных, но также проложенных в каналах или бесканально. Для контроля состояния подземных теплопроводов, теплоизоляционных и строительных конструкций следует периодически производить шурфовки на тепловой сети. Число ежегодно проводимых плановых шурфовок устанавливают в зависимости от протяженности тепловой сети, типа прокладки и теплоизоляционной конструкции, числа коррозионных повреждений труб и т. п. На 5 км трассы должно быть не менее одного шурфа. На новых участках тепловой сети шурфовки проводят с третьего года эксплуатации. По результатам шурфовок делают заключение о состоянии тепловых сетей и о необходимых мерах для повышения их антикоррозионной стойкости.

7.4. Защита тепловых сетей от коррозии

Одной из важнейших задач эксплуатации тепловых сетей является защита тепловых сетей от коррозии. В тепловых сетях имеют место два вида коррозии: внутренняя и наружная. Основной причиной появления *внутренней коррозии* является присутствие в сетевой воде растворенного кислорода. При наличии растворенной углекислоты коррозион-

ная активность кислорода увеличивается. В водяные тепловые сети кислород попадает в основном с подпиточной водой.

Скорость коррозии зависит от концентрации кислорода и скорости диффузии его к поверхности металла. Чем больше растворенного кислорода и выше температура теплоносителя, тем интенсивнее протекает процесс коррозии. Коррозионные отложения часто в виде шлама забивают арматуру. Для предупреждения внутренней коррозии необходимо ликвидировать все места подсоса воздуха, для чего следует поддерживать в трубопроводах избыточное давление не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) и производить подпитку только деаэрированной водой. За водным режимом тепловых сетей необходимо вести тщательный контроль, для чего не реже 1 раза в неделю производить анализ проб воды из подающего и обратного трубопроводов.

Кроме того, для своевременного определения наличия и интенсивности внутренней коррозии необходимо внутри трубопроводов в характерных точках сети (на выводах ТЭЦ, на концевых участках, в двух-трех промежуточных узлах магистрали) устанавливать индикаторы, представляющие собой тарированные металлические пластины определенной формы и массы. По степени коррозии этих индикаторов за год определяют характер и интенсивность коррозии трубопроводов. На основании полученных данных разрабатывают мероприятия по устранению причин коррозии и по защите от нее трубопроводов. Если опасность внутренней коррозии практически устраняется при подпитке тепловых сетей деаэрированной водой, то наружная коррозия стальных труб до сих пор продолжает оставаться основным фактором, сокращающим долговечность тепловых сетей и наносящим существенный ущерб экономике теплоснабжения.

Наружная коррозия тепловых сетей в зависимости от способа прокладки и условий эксплуатации может быть вызвана электрохимическим взаимодействием металла труб с увлажненной тепловой изоляцией и блуждающими токами, стекающими с поверхности труб в грунт через увлажненную тепловую изоляцию. В электрохимическом процессе коррозии разрушение металла происходит в результате соприкосновения с электролитами, при котором вместе с химическим взаимодействием возникает движение электрического тока. В грунтах содержатся многие агрессивные элементы, вызывающие электрохимические

реакции, поэтому коррозию труб в грунте называют почвенной. Этой коррозии наиболее подвержены бесканальные теплопроводы из стальных труб, так как химические соединения, вымываемые влагой из грунта и теплоизоляции, имеют свободный допуск к поверхности труб. В канальных прокладках почвенная коррозия встречается реже, так как стенки каналов и воздушная прослойка ограждают металл от прямого контакта с почвенной влагой.

Для защиты труб тепловых сетей от наружной коррозии применяют следующие способы: пассивную защиту с помощью изолирующих антикоррозионных покрытий, защищающих стальные трубы от внешнего воздействия; активную (электрическую) защиту, при которой на поверхности стальных труб создаются защитные величины потенциалов по отношению к окружающей среде. Важную роль в борьбе с коррозией играют также конструктивные и эксплуатационные мероприятия, направленные на предотвращение коррозионных процессов. К ним относятся: рациональный выбор трассы тепловых сетей; правильный выбор способа прокладки и строительно-изоляционных конструкций; искусственное понижение и отвод грунтовых и поверхностных вод; электроизоляция трубопроводов в местах опор и снижение продольного электрического сопротивления трубопроводов; ограничение утечки блуждающих токов с рельсовых путей.

В настоящее время наиболее действенным средством защиты тепловых сетей от электрохимической коррозии являются антикорозионные покрытия (пассивная защита). Кроме антикоррозионных свойств покрытие должно обладать термостойкостью при максимальной температуре теплоносителя. В защите от коррозии нуждаются также все металлоконструкции теплосети, так как режим тепла и влаги вызывает коррозию не только труб, но и металлических опор, балок перекрытий, мачт и т. д. Применявшиеся ранее антикоррозионные лакокрасочные и битумные покрытия наружной поверхности теплопроводов себя не оправдали, так как опыт эксплуатации показал, что эти покрытия не в состоянии предотвратить и даже замедлить процессы наружной коррозии стальных труб.

Лишь после принятия специального решения Технического совета Минэнерго СССР началось внедрение более совершенных материалов. В результате экспериментальных работ, проведенных специализированными организациями, для защиты наружной поверхности труб от коррозии при прокладке в непроходных каналах и бесканальной

был рекомендован ряд покрытий. Для водяных тепловых сетей с температурой теплоносителя до 150°С рекомендовано изоловое покрытие, которое выполняется из рулонного материала изола, наклеенного в два слоя на холодной мастике марки МРБ-Х-Т15.

Для теплопроводов с температурой теплоносителя до 100°С может применяться бризоловое покрытие: два слоя бризола по холодной мастике марки МРБ-Х-Т15. Технология нанесения аналогична изоловому. Бризол по составу и внешнему виду подобен изолу, однако уступает ему по качеству, чем и объясняется ограниченная область применения бризолового покрытия. Наиболее стойким из испытанных ОРГРЭСом эпоксидных покрытий является покрытие на основе эпоксидной эмали ЭП-56, разработанной институтом ГИПИ-ЛКП. Область их применения — канальные прокладки с температурой теплоносителя до 150°С. Для тех же условий рекомендовано покрытие из краски ЭФАЖС, предложенное институтом ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева.

В ОРГРЭС были испытаны и рекомендованы к внедрению покрытия из органосиликатных материалов, разработанных Институтом химии силикатов АН СССР. В частности, для канальных прокладок с температурой теплоносителя до 180°С рекомендуется покрытие из органосиликатного материала АС-8а, наносимого в три слоя при термической обработке с температурой 200°С или в четыре слоя с отвердителем.

Стеклоэмалевые покрытия являются наиболее стойкими антикоррозионными покрытиями по сравнению с другими, применяемыми в тепловых сетях. Для использования в каналах и бесканальных прокладках тепловых сетей с температурой теплоносителя до 300°С рекомендованы четырехслойные стеклоэмалевые покрытия марок 64/64 и 105Т, имеющие один грунтовый и три покровных слоя. Однако широкому применению эмалирования препятствует необходимость сооружения цехов со сложной технологией, требующей значительных капитальных затрат, а также установок по эмалированию непосредственно на трассе стыков труб, фасонных частей и опор.

Одним из наиболее разработанных и эффективных методов антикоррозионной защиты тепловых сетей является нанесение металлизационных или металлизационно-лакокрасочных покрытий, например, *алюминирование*. В нашей стране работает несколько механизированных и атоматизированных линий по алюминированию труб методом электродугового или газопламенного напыления. Материал

для алюминирования — алюминиевая проволока — относительно доступен.

Для условий среднего пояса СССР стоимость 1 м² покрытой слоем напыленного алюминия поверхности составляет около 2,5—3 руб., что в 3—4 раза дешевле, чем при использовании стеклоэмалирования, где стоимость 1 м² покрытия составляет около 8—12 руб. Некоторой сложностью процесса является большая затрата электроэнергии непосредственно на напыление и на необходимую подготовку поверхности с помощью дробеструйной обработки. Защитное антикоррозионное действие металлоизоляционных алюминиевых покрытий многократно усиливается при их комбинировании с лакокрасочными покрытиями. По антикоррозионному эффекту металлизационно-лакокрасочные покрытия значительно превосходят эффект от взятых отдельно алюминиевых или лакокрасочных покрытий.

Электрическую коррозию металла вызывает блуждающий электрический потенциал между грунтом и трубопроводом. Схема коррозии подземных теплопроводов блуждающими токами показана на рис. 7.3. Электрический ток поступает от подвижного состава электрифицированных железных дорог и трамваев на рельсы и частично попадает в грунт. По сравнению с грунтом теплопровод имеет меньшее омическое сопротивление, поэтому в зоне прокладки бо́льшая часть токов проходит по нему и снова выходит в грунт. Движением блуждающих токов на теплопроводе наводятся катодная (КЗ) и анодная (АЗ) зоны поляризации. Эти зоны разделяются нейтральной переходной зоной (*ПЗ*). На катодной зоне трубопровод имеет отрицательный потенциал по отношению к грунту, а на анодной зоне — положительный. В анодной зоне стоков электричества происходит интенсивная коррозия и повреждение стенки теплопровода.

Коррозия под воздействием блуждающих токов протекает быстро, но захватывает небольшие участки теплопроводов, расположенных вблизи рассеивания электричества. Основную трудность борьбы с электрокоррозией представляет частое изменение величины и места концентрации блуждающих токов, поэтому при разработке конкретных мер борьбы требуется произвести предварительную электроразведку местности.

К активным способам защиты относятся электрические дренажи, катодные и протекторные устройства. *Электрические дренажи* применяют для защиты от блуждающих токов тепловых сетей, проложенных в непосредственной близости от рельсов электрифицированного транспорта. Они служат для отвода электричества от трубопроводов к источнику тока. По принципу действия электродренажи бываю прямые и поляризованные. Прямые электродренажи обладают двусторонней проводимостью электричества. Их применяют редко, когда стоки электричества с рельсов малы.

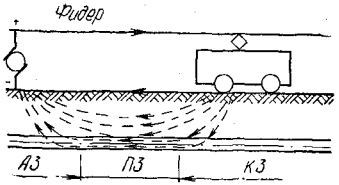


Рис. 7.3. Схема распространения блуждающих токов

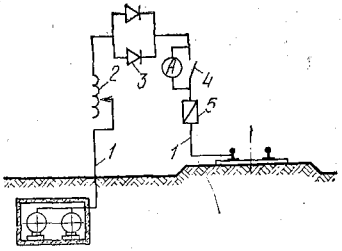


Рис. 7.4. Схема поляризованного электродренажа

1 — кабель; *2* — реостат; *3* — селеновый выпрямитель; *4* — рубильник; *5* — плавкий предохранитель

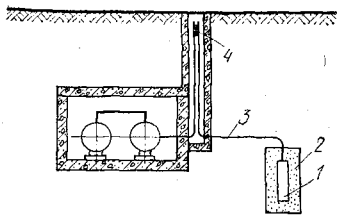


Рис. 7.5. Схема протекторной защиты трубопроводов

1 — протектор из магниевых сплавов; *2* — обмазка; *3* — кабель; *4* — контактный вывод

Поляризованные электрические дренажи (рис. 7.4) обеспечивают односторонний пропуск электричества с помощью выпрямителей. Их применяют при положительном или знакопеременном потенциале трубопроводов по отношению к земле. Ток из трубопроводов, имеющих повышенный положительный потенциал по сравнению с рельсами, протекает по электрической цепи к рельсам. При этом разрушения теплопроводов не происходит, так как ток отводится организованно по цепи. Выпрямитель устраняет обратное движение электричества с рельсов в случае, если потенциал рельсов становится выше потенциала на теплопроводе.

Катодную и протекторную защиты применяют для предохранения от электрохимической коррозии трубопроводов на участках с высокой агрессивностью грунта, а также от блуждающих токов с небольшим положительным потенциалом. Принцип действия *катодной защиты* состоит в поляризации теплопровода с помощью наложенного тока. Наложенный ток будет протекать от заземляющего устройства через электролит грунта к теплопроводу. При стекании тока с заземляющего устройства металл последнего растворяется. Использование катодной защиты особенно эффективно при бесканальной прокладке тепловых сетей. Наибольший эффект от применения катодной защиты достигается при наличии на поверхности трубы диэлектрических антикоррозионных покрытий. При отсутствии такого

покрытия следует иметь в виду, что теплоизоляционная конструкция должна обладать высоким электрическим сопротивлением. Катодную защиту теплопроводов, прокладываемых в каналах с воздушным зазором, рекомендуется осуществлять с использованием в качестве анодного электрода металлической сетки, входящей в защитный слой теплоизоляционной конструкции, или специальных электродов, расположенных в тепловой изоляции.

Протекторная защита (рис. 7.5) состоит в наложении на защищаемых трубах катодной поляризации с помощью протекторов, создающих больший отрицательный потенциал по отношению к грунту. В результате, как и при катодной защите, ток от протектора, выполняющего роль анода, растекается в грунте, попадая на трубы, создавая на них катодную полярность. Под воздействием электричества, стекаемого на теплопроводы, протектор разрушается. При применении электрических методов защиты предусматриваются мероприятия по увеличению продольной электропроводимости теплопроводов, для чего на протяжении защищаемого участка устанавливают продольные шунтирующие электроперемычки на фланцевых соединениях и сальниковых компенсаторах, а между подающим и обратным трубопроводами с интервалом не более 200 м устанавливают потенциально-уравнительные перемычки.

Во вновь строящихся тепловых сетях для прокладки в непроходных каналах или бесканально в зоне влияния блуждающих токов следует устанавливать электроизолирующие подвижные и неподвижные опоры. На вводах тепловых сетей к объектам, которые могут являться источниками блуждающих токов (трамвайные депо, тяговые подстанции и т. д.), необходимо устанавливать изолирующие фланцы. Для систематического измерения потенциалов теплопроводов с поверхности земли устанавливают постоянные контрольно-измерительные пункты (КИП) с интервалом не более 200 м.

Все трубопроводы тепловых сетей до ввода их в эксплуатацию проверяют на потенциал блуждающих токов. Однако в процессе эксплуатации этот потенциал может изменяться как по значению, так и по направлению вследствие ввода вблизи тепловых сетей новых источников постоянного тока (линий городского электрического транспорта, электросварочных постов, гальванических ванн и т. д.). Поэтому на находящихся в эксплуатации теплопроводах периодически проверяют наличие и величину блуждающих токов.

ГЛАВА VIII. РЕМОНТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

8.1. Методы обнаружения и ликвидации аварий

Признаком аварии водяной тепловой сети является падение давления и увеличение расхода подпиточной воды. При этом дежурный персонал теплосети устанавливает в течение 2—3 ч контроль за работой подпитывающей установки. Тепловой режим теплосети в этом случае поддерживают неизменным, чтобы термическое изменение объема воды в системе не отразилось на расходе воды для подпитки.

Для быстрого обнаружения и ликвидации аварии эксплуатационный персонал теплосети имеет заранее разработанный оперативный план действий, в котором предусмотрены: порядок отключения магистрали и ответвлений, правила аварийного обхода теплосети и абонентских установок, условия аварийного включения резервных перемычек между магистралями и другие требования. На весь период поиска места повреждения должен быть обеспечен нормальный или специальный аварийный режим теплоснабжения. При значительной утечке воды во избежание опорожнения отопительных систем используют все подпиточные средства (включая подпитку недеаэрированной водой).

Одновременно принимают экстренные меры к отысканию места аварии, для чего в первую очередь проводят внешний осмотр тепловой сети. Места повреждения определяют по явным признакам: по растаявшему снегу, по появлению горячей воды в камерах, подвалах и на поверхности земли, по сильному парению по трассе теплопроводов и из камер, а также по характерному шуму в камерах при утечке воды. В первую очередь рекомендуется осматривать тепловые сети, недавно введенные в эксплуатацию, и наиболее старые, сильно изношенные участки. Параллельно с внешним осмотром тепловой сети на тепловой станции проверяют герметичность подогревательной установки. При разрыве трубок подогревателей сетевая вода вытекает в межтрубное пространство и смешивается с конденсатом.

Герметичность подогревателя устанавливают несколькими способами;

1) химическим анализом конденсата. При попадании сетевой воды в конденсат его жесткость и щелочность повышаются;

2) сравнением расхода пара и количества возвращаемого конденсата. Значительное расхождение указанных величин свидетельствует о наличии утечки сетевой воды;

3) наблюдением за уровнем конденсата в подогревателях. При утечке сетевой воды уровень конденсата в подогревателе, в котором имеется утечка, устанавливается выше обычного, а при значительных разрывах труб может произойти переполнение подогревателя сетевой водой;

4) поочередным отключением отдельных подогревателей от сети. При отключении неисправного подогревателя утечка воды из сети прекращается.

Для сигнализации разрыва или неплотности трубок все станционные подогреватели оснащают солемерами, дающими импульс на срабатывание светового или звукового сигнала. При быстром подъеме уровня конденсата в подогревателе, последний должен быть немедленно отключен. При этом в случае отсутствия необходимого резерва систему теплоснабжения переводят на аварийный режим, при котором в первую очередь обеспечивается расход тепла на отопление (системы горячего водоснабжения и часть вентиляционной нагрузки предприятий могут быть временно отключены).

Если станционные подогреватели находятся в полной исправности, а при внешнем осмотре тепловой сети обнаружить место утечки не удается, то поочередно отключают секционные участки, распределительные сети, отдельные абонентские установки, пока не обнаружится источник аварии. При отключении аварийного участка расход подпиточной воды резко уменьшается, а в отключенном поврежденном участке наблюдается быстрое падение статического давления. В последние годы для определения мест повреждений в подземных теплопроводах стали применять электронно-акустические приборы различных конструкций.

Основным видом повреждений подземных теплопроводов являются свищи в стенках труб, образующиеся в результате наружной коррозии. Кроме того, при эксплуатации могут быть срывы неподвижных опор, разрывы корпусов чугунных задвижек, повреждение компенсаторов, срыв резьбы спускных кранов, поломка хвостовиков гильз для термометров и т. д. Быстрота локализации аварии зависит прежде всего от выявления поврежденной секции теплопровода, наличия и исправности секционных задвижек, типа и надежности их привода, доступности и предохранения от залива горячей водой.

При отсутствии телемеханического управления секцион-

ными задвижками даже исправное состояние их приводов и наличие дежурного персонала не может обеспечить быстрого отключения, необходимого при повреждениях теплопроводов, особенно большого диаметра. До организации телемеханического обнаружения повреждений и мест утечек рекомендуется применять принцип разомкнутой работы каждой магистрали, отходящей от ТЭЦ, так как перемычки между магистралями даже небольшого диаметра искажают показания расходомеров и мешают найти и произвести быстрое отключение повреждений магистрали. После отключения поврежденного участка перемычки между магистралями можно включить для организации теплоснабжения потребителей в аварийном режиме до устранения аварии.

8.2. Виды и организация ремонтов тепловых сетей

Оборудование тепловых сетей так же, как и всякое другое требует периодического ремонта, основной задачей которого является обеспечение надежной и бесперебойной работы станционного оборудования, теплопроводов, абонентских вводов и местных систем. Ремонт тепловых сетей представляет собой комплекс технических мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных качеств, а также на модернизацию как отдельных конструкций и элементов, так и тепловой сети в целом.

Своевременное и качественно проведенный ремонт тепловых сетей повышает их долговечность, возвращает утерянное в период эксплуатации первоначальное или близкое к нему техническое состояние тепловых сетей, предупреждает неожиданный выход их из строя. Поэтому бесперебойная и экономичная работа систем теплоснабжения зависит не только от правильной технической эксплуатации, но и от своевременного проведения планово-предупредительного ремонта (ППР) тепловых сетей, оборудования тепловых станций и абонентских вводов. В состав ППР тепловых сетей входят периодические осмотры, профилактические, текущие и капитальные ремонты.

Периодические осмотры проводят по утвержденному плану через определенные промежутки времени. Во время осмотров устанавливают состояние тепловых сетей и необходимость в их текущем или капитальном ремонте. *Профилактический ремонт* выполняют в процессе эксплуатации

сетей с кратковременным отключением отдельных участков при ликвидации утечек, мелком ремонте запорно-регулирующей арматуры, креплении опор, ремонте тепловой изоляции, очистке грязевиков, набивке сальников, смазке и т. п. Хорошо поставленная профилактическая работа способствует увеличению межремонтного периода, обеспечивает более экономичную и надежную работу тепловых сетей.

Разделение ремонта тепловых сетей на *капитальный* и *текущий* зависит от степени неисправностей, объема работ и материальных затрат. Объемы работ по текущему и капитальному ремонту устанавливают на основании описей неисправностей систем теплоснабжения, составляемых в процессе эксплуатации. Все работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту производят за счет эксплуатационных расходов предприятия. Капитальный ремонт производят за счет амортизационных отчислений в размерах, предусматриваемых существующими положениями. *Текущий ремонт* обычно производят сетевые районы. Для проведения *капитального ремонта* сетей при тепловых сетях организуют ремонтный цех, в который входят: механические мастерские, заготовительный и строительный участки.

Основным содержанием системы ППР тепловых сетей является определение трудовых затрат на выполнение ремонтных работ, длительности простоя при ремонтах, длительности и структуры ремонтных циклов, определение видов ремонтных работ, определение категорий сложности ремонта, организация снабжения запасными частями и узлами, а также оснащение ремонтных работ соответствующими материалами, механизмами и приспособлениями. Система ППР предполагает также создание необходимой ремонтной базы, организацию контроля качества ремонта и эксплуатации, разработку и внедрение мероприятий, обеспечивают проведение ремонтных работ в возможно короткие сроки с наименьшими затратами труда и материалов, определение необходимого числа персонала для нормального технического обслуживания, ремонта и эксплуатации тепловых сетей.

Ремонт тепловых сетей и тепловых пунктов следует производить по мере необходимости на основе результатов периодических осмотров, испытаний и ежегодных опрессовок и шурфовок. График выполнения ремонтных работ необходимо разрабатывать исходя из условия одновременного ремонта трубопроводов сети и тепловых пунктов. До

недавнего времени ремонт тепловых сетей и тепловых пунктов планировали и осуществляли в соответствии с установленными нормами, которыми регламентировался межремонтный срок эксплуатации отдельных элементов.

Практика эксплуатации показала, что при такой системе планирования значительные материальные и трудовые ресурсы отвлекались на выполнение ремонтных работ, не имевших первостепенной важности для обеспечения надежной работы тепловых сетей. При этом действительно нуждавшееся в ремонте оборудование и конструкции тепловых сетей оставались без ремонта, что порою являлось причиной повреждений и аварий. Например, согласно действующим нормам запорные задвижки подлежали ежегодному ремонту с притиркой колец и дисков. При нормальной эксплуатации и использовании задвижек только в качестве запорного, а не регулирующего органа межремонтный период для них может быть продлен до 2—3 лет. То же относится к ремонту трубопроводов, компенсаторов и другого оборудования. Поэтому в настоящее время учитывается, что объем ремонтных работ определяется на основе фактических данных эксплуатации и испытаний.

Ремонты тепловых сетей, как правило, проводят в летний период, после окончания отопительного периода. Основная задача организации ремонтных работ заключается в сокращении сроков, удешевлении работ и обеспечении высокого качества ремонтов. Одно из важнейших условий сокращения сроков ремонта — подготовка к его проведению, поскольку время проведения работ всегда ограничивается. Для сокращения сроков ремонта рекомендуется применять поагрегатный и узловой методы ремонта путем замены дефектного оборудования и отдельных узлов заранее отремонтированными или изготовленными в центральных ремонтных мастерских или на заводах.

Для успешного проведения ремонтных работ важное значение имеет заблаговременная подготовка запасных частей, материалов, инструмента и приспособлений. Объемы ремонтных работ определяют с учетом дефектов, выявленных в процессе текущей эксплуатации, а также на основе данных испытаний, шурфовок и ревизий. Годовые и месячные планы капитальных и текущих ремонтов тепловых сетей составляет эксплуатирующая организация не позднее чем за 4 мес, планы модернизации — за 6 мес до начала планируемого года.

Планы-графики отключения тепловых сетей для произ-

водства ремонтных работ согласовывают с местными органами районных Советов народных депутатов и утверждаются главным инженером теплосети. Ввиду того, что нагрузка горячего водоснабжения в настоящее время составляет значительную величину, а резервирование не обеспечено, задача резкого сокращения сроков простоя тепловых сетей в ремонте является важнейшей. При составлении плана-графика ремонта необходимо учитывать, что максимальная длительность отклонения горячего водоснабжения не должна превышать 12 дней.

Капитальный и текущий ремонты тепловых сетей производят специальные скомплектованные ремонтные бригады, включающие в свой состав помимо ремонтного персонала теплосети весь эксплуатационный персонал района, высвобождающийся от обычной работы по текущей эксплуатации тепловых сетей и тепловых пунктов. Руководство ремонтной бригадой в зависимости от характера и значительности работ возлагается на мастера района теплосети. Общее руководство ремонтными работами в каждом районе теплосети осуществляет начальник района.

Организация труда персонала по ремонту и техническому обслуживанию тепловых сетей включает в себя выполнение работ по демонтажу, монтажу, ремонту, профилактике, обходам и осмотрам оборудования с применением машин, механизмов, средств малой механизации, такелажной оснастки, измерительных приборов и средств безопасности персонала. Капитальный и текущий ремонт тепловых сетей выполняет служба ремонтов, которая в условиях мастерских изготовляет простейшие узлы, приспособления, заготовки, запасные части и детали для производства ремонтных работ. Рабочие места персонала службы ремонтов находятся непосредственно на участках производства работ. Работа выполняется по производственному заданию.

На ремонтные участки персонал службы выезжает на спецмашине, укомплектованной спецоборудованием и приборами, а также инструментами, приспособлениями, мелкими запасными узлами, заготовками, деталями, необходимыми для ведения работ на месте. Грузоподъемные, землеройные механизмы и другие средства механизации направляются службой ремонтов предприятия к месту и назначенному времени по заявке ответственного руководителя работ. Количественный и качественный состав бригад,

звеньев устанавливают в зависимости от характера, объема и трудоемкости выполняемых работ.

Ремонт и замену участков трубопроводов, крупной арматуры, компенсаторов производят с применением механизмов (автокраны, лебедки, тали и т. д.) на подготовленных площадках. При наличии дренажных вод их откачивают насосами с электрическим или механическим приводом. Для планирования и управления ремонтом применяют графики планирования и управления, в которых отражены: весь комплекс процесса ремонтов, изготовления узлов, технология производства работ, очередность, сроки окончания отдельных процессов и контроль за ходом ремонтов. Там же указаны потребность в рабочих и сроки завоза материалов, обеспечение механизмами и инструментом.

8.3. Текущий ремонт тепловых сетей

Текущий ремонт представляет собой комплекс профилактических мероприятий, который осуществляется в процессе эксплуатации тепловых сетей для гарантированного обеспечения их работоспособности, предупреждения износа отдельных элементов системы теплоснабжения и устранения мелких дефектов на период до следующего капитального ремонта. Текущий ремонт проводят по мере необходимости по утвержденному графику.

В перечень основных работ, выполняемых при текущем ремонте тепловых сетей, входят:

1) по трубопроводам, оборудованию сетей, насосных подстанций, тепловых пунктов и т. д.:

смена отдельных труб, отводов, тройников, переходов;

сварка или подварка отдельных стыков труб;

частичный ремонт тепловой изоляции в проходных каналах и камерах;

вскрытие, ревизия и ремонт со сменой отдельных деталей запорной, дренажной, воздухоспускной и регулирующей арматуры; притирка дисков или золотников; набивка или смена сальниковых уплотнений; смена прокладок и подтяжка болтов фланцевых соединений;

ревизия и мелкий ремонт насосов;

ревизия и мелкий ремонт электрических, электромагнитных и гидравлических приводов запорной и регулирующей арматуры, электродвигателей насосов и пусковой аппаратуры к ним;

смена и ремонт гильз для термометров и кранов для контрольно-измерительных приборов;

вскрытие и очистка грязевиков, фильтров и аккумуляторных баков;

мелкий ремонт автоматической аппаратуры и самопишущих приборов контроля и учета;

2) по строительным конструкциям (каналы, камеры, павильоны, эстакады, опоры и т. д.);

восстановление отдельных разрушений частей стен проходных каналов и камер и закрепление отдельных конструкций;

смена и ремонт отдельных лестниц (ходовых скоб), площадок и ограждений с подваркой металлоконструкций;

восстановление окраски металлоконструкций;

очистка ершами дренажных трубопроводов от отложений ила;

восстановление и заделка разрушенных люков.

Мелкий ремонт, например, ликвидацию течей сальниковых уплотнений, фланцевых соединений, чистку дренажей, воздушников, правку и закрепление опор, смазку трущихся узлов выполняют без отключения теплопроводов. Текущий ремонт более крупного оборудования выполняют при кратковременном отключении участков тепловой сети.

8.4. Капитальный ремонт тепловых сетей

Капитальный ремонт предназначен для полного восстановления изношенных тепловых сетей или их частей и их модернизации с применением более экономичного и современного оборудования. К капитальному ремонту приурочивают также реконструкцию с целью присоединения новых потребителей и дальнейшего увеличения мощности тепловых сетей на перспективную нагрузку.

В перечень основных работ при капитальном ремонте тепловых сетей входят:

1) по трубопроводам, оборудованию сетей, насосных подстанций, тепловых пунктов и т. д.:

смена или замена на больший диаметр вышедших из строя отдельных участков теплопроводов с установкой нового оборудования (опор, компенсаторов, задвижек и т. д.);

полная или частичная замена тепловой изоляции трубопроводов;

восстановление или нанесение вновь гидроизоляционного покрытия;

смена запорной, регулировочной и предохранительной арматуры, компенсаторов и фасонных частей или их ремонт со сменой вышедших из строя деталей. Ликвидация перекосов арматуры и оборудования, образовавшихся в результате осадок трубопроводов (особенно при бесканальной прокладке);

смена или ремонт с заменой деталей электрических, электромагнитных, гидравлических и других приводов задвижек, регуляторов, насосов, а также пусковой аппаратуры к ним;

смена или ремонт с заменой деталей насосов, грязевиков, подогревателей, элеваторов, аккумулирующих емкостей и другого теплотехнического оборудования, тепловых станций и абонентских вводов;

смена и ремонт с заменой деталей силовой, контрольно-измерительной и осветительной аппаратуры;

ремонт или установка вновь на действующих сетях устройств для защиты от электрокоррозии;

очистка внутренней поверхности и тепломеханического оборудования от накипи и продуктов коррозии механическим или химическим методом с последующей гидропневматической промывкой;

2) по строительным конструкциям (каналы, камеры, павильоны, эстакады, опоры и т. д.):

восстановление поврежденных или смена пришедших в негодное состояние конструкций каналов, камер, павильонов и опор надземных прокладок;

восстановление поврежденных, смена вышедших из строя или прокладка дополнительных дренажных устройств из камер и каналов, а также попутных дренажей для понижения уровня грунтовых вод в действующих тепловых сетях;

восстановление или устройство нового защитного слоя в железобетонных конструкциях каналов, камер, павильонов, а также штукатурка конструкций;

полная или частичная замена гидроизоляции каналов, камер и павильонов;

восстановление или замена подвижных и неподвижных опор, а также системы креплений при надземных прокладках;

вскрытие и очистка каналов от нанесенного в процессе эксплуатации ила;

смена металлических лестниц в камерах и на эстакадах или ходовых скоб;

смена люков.

Ремонтные работы, которые соответствуют текущему, но выполняются на данном участке тепловой сети одновременно с капитальным ремонтом, относятся к капитальному ремонту. Капитальный ремонт и выполняемые одновременно с ним работы по текущему ремонту, как правило, производят в летний период по заранее составленному плану-графику. План-график ремонтных работ составляют из условия поочередного ремонта магистральных теплопроводов. Ответвления ремонтируют одновременно с ремонтом соответствующей магистрали, а капитальный ремонт подстанций и тепловых пунктов производят одновременно с ремонтом тепловых сетей.

Для улучшения качества ремонта и сокращения сроков простоя оборудования в ремонте, а также снижения затрат на капитальный ремонт в целом применяют скоростные методы ремонта. Работы по капитальному ремонту тепловых сетей следует выполнять индустриальным методом с предварительной заготовкой и сборкой укрупненных узлов и элементов трубопроводов в заготовительных мастерских или на заводах. По окончании капитального ремонта тепловые сети испытывают и промывают до полного осветления теплоносителя.

Список литературы

1. **Витальев В. П.** Бесканальные прокладки тепловой сети. М., Энергоатомиздат, 1983, с. 280.

2. **Громов Н. К., Лямин А. А., Сурис М. А., Шубин Е. П.** Совершенствование конструкций подземных тепловых сетей. М., Стройиздат, 1979, с. 173.

3. **Козин В. Е., Левина Т. А., Марков А. П., Пронина И. Б., Слезмин В. А.** Теплоснабжение. М., Высшая школа, 1980, с. 408.

4. **Лямин А. А., Скворцов А. А.** Проектирование и расчет конструкций тепловых сетей. М., Стройиздат, 1965, с. 296.

5. **Мельников О. Н., Ежов В. Т., Блоштейн А. А.** Справочник монтажника сетей теплогазоснабжения. Л., Стройиздат, 1980, с. 208.

6. **Переверзев В. А., Шумов В. В.** Справочник мастера тепловых сетей. Л., Энергия, 1980, с. 248.

7. **Соколов Е. Я.** Теплофикация и тепловые сети. М., Энергоиздат, 1982, с. 360.

8. **Справочник проектировщика.** Проектирование тепловых сетей/Под ред. А. А. Николаева. М., Стройиздат, 1965, с. 359.

9. **Тавастшерна Р. И.** Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. М., Стройиздат, 1980, с. 299.

10. **Теплофикация СССР.** Сборник статей под редакцией С. Я. Белинского, Н. К. Кромова. М., Энергия, 1977, с. 312.

11. **Теплофикация Москвы** — Под общ. ред. И. Н. Ершова и Н. И. Серебряникова, Энергия, 1980, с. 188.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Раздел первый. Конструкции тепловых сетей 5

Глава I. Классификация тепловых сетей 5

1.1. Общие положения 5
1.2. Устройство теплопроводов 10
1.3. Надземная прокладка теплопроводов 16
1.4. Подземная прокладка теплопроводов 19

Глава II. Конструктивные элементы тепловых сетей из стальных труб . 23

2.1. Трубы и их соединения 23
2.2. Компенсаторы 31
2.3. Опорные конструкции 42
2.4. Тепловая изоляция 49
2.5. Каналы и коллекторы 56
2.6. Камеры тепловых сетей 65
2.7. Арматура тепловых сетей 70
2.8. Попутный дренаж 77
2.9. Специальные сооружения 81

Глава III. Бесканальные тепловые сети из стальных труб 87

3.1. Бесканальные теплопроводы в автоклавном армопенобетоне 87
3.2. Бесканальные теплопроводы с битумоперлитной изоляцией 96
3.3. Бесканальные теплопроводы с изоляцией из фенольного поропласта . . 110
3.4. Бесканальные теплопроводы с изоляцией из асфальтокерамзитобетона . 119
3.5. Бесканальные теплопроводы с изоляцией из асфальтоизола 128
3.6. Общие конструктивные особенности бесканальных тепловых сетей из стальных труб 138

Глава IV. Бесканальные тепловые сети из асбестоцементных труб . . . 146

4.1. Асбестоцементные трубы 146
4.2. Стыковые соединения асбестоцементных теплопроводов 154
4.3. Тепловая изоляция 159
4.4. Сопряжения асбестоцементных теплопроводов 162
4.5. Конструктивные особенности бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб 164

Глава V. Производство строительно-монтажных работ 166

5.1. Подготовка к строительству тепловых сетей 166
5.2. Земляные работы 171
5.3. Укладка стальных теплопроводов 182
5.4. Укладка асбестоцементных теплопроводов 193
5.5. Сварочные работы 207
5.6. Монтаж строительных конструкций и сооружений 215
5.7. Испытание и промывка теплопроводов 229
5.8. Сдача и приемка в эксплуатацию тепловых сетей 233

Глава VI. Организация работ 235

6.1. Общие покожения 235
6.2. Проект организации строительства 237
6.3. Проект производства работ 239
6.4. Технологические карты 243
6.5. Организация работ поточным методом 245
6.6. Крупноблочный монтаж теплопроводов 256

Глава VII. Эксплуатация тепловых сетей 259

7.1. Основные задачи эксплуатации 259
7.2. Организация эксплуатации 261
7.3. Обслуживание тепловых сетей 267
7.4. Защита тепловых сетей от коррозии 271

Глава VIII. Ремонт тепловых сетей 278

8.1. Методы обнаружения и ликвидации аварий 278
8.2. Виды и организация ремонтов тепловых сетей 280
8.3. Текущий ремонт тепловых сетей 284
8.4. Капитальный ремонт тепловых сетей 285
Список литературы 287