

А.А. Лямин

**Проектирование и расчет
конструкций тепловых сетей**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
А11

А11 **А.А. Лямин**
Проектирование и расчет конструкций тепловых сетей / А.А. Лямин – М.:
Книга по Требованию, 2013. – 296 с.

ISBN 978-5-458-49490-8

ISBN 978-5-458-49490-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

этот способ совместной прокладки подземных коммуникаций различного назначения позволяет рационально решить вопросы организации городского подземного хозяйства и обеспечить долговечную и надежную службу трубопроводов и электрических кабелей. Сооружение таких коллекторов дает возможность упростить и удешевить эксплуатацию подземных коммуникаций. Поэтому при проектировании магистральных и разводящих тепловых сетей необходимо как можно шире использовать их совместную прокладку в общих коллекторах с водопроводами, газопроводами, электрокабелями высокого напряжения и кабелями связи.

В опубликованной в настоящее время литературе по вопросу расчета трубопроводов на прочность рассматриваются главным образом трубопроводы электрических станций, судовых установок, магистральных нефтепроводов и газопроводов, которые по условиям работы, способам прокладки и параметрам транспортируемых продуктов (температуре и внутреннему давлению) значительно отличаются от трубопроводов наружных тепловых сетей.

Ведущие проектные организации, занимающиеся проектированием тепловых сетей, пользуются каждая своими собственными методами расчета, формулами, графиками и номограммами. Результаты таких расчетов при определении напряжений и усилий, действующих в трубах и передаваемых на опорные конструкции, сильно отличаются друг от друга. Особенно большие расхождения наблюдаются при применении упрощенных формул в расчетах трубопроводов на самокомпенсацию температурных удлинений, а также формул для определения сил трения в сальниках компенсаторов, усилий в линзовых компенсаторах и др.

В существующей проектной практике часто используются расчетные предпосылки, не отражающие реальных условий работы теплопроводов. Это относится прежде всего к подземным бесканальным теплопроводам.

В расчетах самокомпенсирующихся трубопроводов (Г- и Z-образные схемы), широко используемых в наружных тепловых сетях, для упрощения расчетов в большинстве случаев не учитывается дополнительная гибкость отводов. Упрощенные расчеты (по схеме рам с прямыми жесткими углами) приводят к большим неточностям. По этой же причине следует с большой осторожностью пользоваться графиками и номограммами, например номограммами, помещенными в справочнике «Расчет трубопроводов на прочность», разработанному американской фирмой «Келлог» и изданному Госэнергоиздатом в 1963 г.

Отсутствие утвержденных нормативов и недостаточную разработанность теории расчета теплофикационных трубопроводов на прочность, отсутствие экспериментальных работ по измерению действующих в трубах усилий и напряжений про-

ектные организации компенсируют увеличенными запасами прочности. Все это приводит к излишнему расходу стальных труб, прокатного металла, бетона и железобетона, к удорожанию строительства тепловых сетей.

Необходимо внедрять в практику проектирования тепловых сетей научно обоснованные методы расчета и расчетные формулы, рационально выбирать строительные конструкции, компенсационные устройства, а также наиболее долговечные и экономичные строительные и теплоизоляционные материалы.

При разработке отдельных разделов книги в основу положены:

1) опыт проектирования строительства и эксплуатации строительного-изоляционных конструкций тепловых сетей и специальных сооружений;

2) указания и рекомендации СНиП по проектированию и расчету конструкций;

3) типовые детали конструкций и сооружений;

4) результаты новейших теоретических и экспериментальных исследований в области трубопроводной техники, а также результаты исследований, проведенных в лаборатории теплофикации Всесоюзного теплотехнического института им. Ф. Э. Дзержинского по испытанию компенсаторов, теплоизоляционных материалов и конструкций, на действующих теплопроводах и стендовых установках.

Первое издание настоящей книги было выпущено Госстройиздатом в 1957 г. под названием «Строительные конструкции тепловых сетей из сборных железобетонных деталей». Во втором издании больше чем в первом уделено внимания вопросам проектирования тепловых сетей. Написан новый раздел «Конструкции теплопроводов», которого не было в первом издании. В этом разделе рассмотрены вопросы расчета и конструирования теплофикационных трубопроводов и их элементов, а также выбора теплоизоляционных конструкций и материалов.

Отдельные разделы книги написаны: первый — инж. А. А. Ляминим, второй — А. А. Скворцовым.



Раздел первый

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Глава I.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Проектирование конструкций тепловых сетей является составной частью проектирования схем теплоснабжения городов в целом и отдельных его районов, схем теплоснабжения от ТЭЦ, тепломагистралей и разводящих тепловых сетей.

При разработке схем теплоснабжения производится выбор основных решений по конструкциям теплопроводов и способам их прокладки, а также определение стоимости и затрат основных материалов по укрупненным показателям.

Выбор конструкций тепловых сетей и способов прокладки при составлении схем теплоснабжения производится с учетом гидрогеологических условий и перспектив градостроительства.

Тепловые сети проектируют, как правило, в две стадии: проектное задание и рабочие чертежи.

Проектное задание тепловых сетей города или отдельного района выполняется на основании схемы теплоснабжения, разрабатываемой на определенный расчетный период. Проектное задание тепловых сетей от существующих или ранее запроектированных тепловых сетей разрабатывается на основании утвержденного технического задания на проектирование.

Рабочие чертежи разрабатываются по утвержденному проектному заданию.

Основными исходными данными для проектирования конструкций тепловых сетей являются: а) план трассы теплопроводов, выполненный на геодезической основе с нанесенными на ней подземными коммуникациями и наземными сооружениями; б) профиль трассы с нанесенными на нем гидрогеологическими данными и пересекаемыми подземными коммуникациями и сооружениями.

При проектировании тепловых сетей широко применяются типовые проекты конструкций и деталей или повторно используемые наиболее экономичные решения.

Трасса городских тепловых сетей проектируется как по проездам, так и по кварталам города. В пределах проезда трасса тепловых сетей, прокладываемых в самостоятельных конструкциях, выбирается, как правило, в зеленой зоне. При выборе трассы тепловых сетей необходимо учитывать преимущество совместной прокладки теплопроводов с другими трубопроводами и кабелями в общем городском коллекторе. Общее направление трассы магистральных тепловых сетей должно приниматься с учетом ее минимальной протяженности и прокладки в районах с наиболее плотной тепловой нагрузкой. Следует избегать размещения трассы на проездах с усовершенствованным дорожным покрытием и интенсивным движением транспорта. При трассировке тепловых сетей в новых районах массовой застройки и по незастраиваемым территориям следует избегать пересечения рек, оврагов и заболоченных мест, так как это связано с необходимостью возведения специальных сооружений.

Выбор трассы и способов прокладки тепловых сетей должен производиться с учетом указаний СНиП II-Г.10-62 «Тепловые сети. Нормы проектирования», СНиП II-К.3-62 «Улицы, дороги и площади населенных мест. Нормы проектирования» и СНиП II-К.2-62 «Планировка и застройка населенных мест. Нормы проектирования».

Расстояния трассы тепловых сетей до других сооружений и параллельно проложенных коммуникаций должно обеспечивать сохранность этих сооружений и коммуникаций как при строительстве, так и в период эксплуатации.

Минимальные расстояния в плане от конструкций тепловых сетей до инженерных сетей и сооружений приведены в табл. I.1.

Заглубление тепловых сетей от поверхности земли до верха перекрытия каналов, туннелей и конструкций при бесканальной прокладке должно быть не менее: при наличии дорожного покрытия — 0,5 м, при отсутствии дорожного покрытия — 0,7 м.

Расстояние в свету от перекрытия каналов и туннелей до подошвы рельса железнодорожных и трамвайных путей должно быть не менее 1 м.

Минимальные расстояния по вертикали от тепловых сетей до других инженерных сооружений в местах пересечения принимаются по табл. I.2.

Уклон тепловых сетей принимается не менее:

а) при подземной прокладке и отсутствии грунтовых вод и надземной прокладке — 0,002;

б) при подземной прокладке в зоне грунтовых вод с попутным фильтрующим дренажем — 0,003;

в) при подземной прокладке в просадочных грунтах — 0,02.

Таблица 1.1

**Минимальные расстояния в плане от тепловых сетей
до инженерных сооружений**

Наименование	Минимальные расстояния в свету в м
При подземной прокладке	
До ближайшего трамвайного рельса	2
» оси ближайшего железнодорожного пути	4 (но не менее чем на глубину траншеи от по- дошвы насыпи)
» ближайшего рельса электрифицированной же- лезной дороги	10
До бордюрного камня автомобильной дороги	1,5
» наружной бровки кювета или подошвы насыпи автомобильной дороги	1
До обреза фундаментов зданий и сооружений:	
а) при прокладке на уровне или выше осно- ваний фундаментов	2
б) при прокладке ниже оснований фундамен- тов в зависимости от глубины заложения тепловых сетей и фундаментов с учетом естественного откоса грунта	Не менее 5
До мачт и столбов наружного освещения, контакт- ной сети и сети связи	1,5
До кабелей связи и силовых кабелей напряжени- ем до 35 кВ	2
До бронированного телефонного кабеля или до блока телефонной канализации	1
До водопровода	1,5 (но не менее раз- ницы в глубине заложения)
» канализации, водостоков и дренажей	1
» газопровода давлением до 6 кг/см ²	2
То же, давлением 6—12 кг/см ²	4
До фундамента опоры наземного газопровода	1
» оси дерева с кроной не более 5 м в диаметре	2
» кустарника	1
При надземной прокладке	
До железных дорог широкой и узкой колеи	По габаритам приближе- ния строений—габарит «С» по ГОСТ 9238—59 и ГОСТ 9720—61
» автомобильных дорог от грани бордюрного камня или внешней бровки кювета	0,5
До трамвайных путей от оси ближайшего пути на прямых участках	2,8
До оси дерева с кроной не более 3 м в диаметре	2
» проводов линий электропередачи (при рас- стоянии по высоте не менее принятого для пе- ресечения в табл. 1.2)	2

Таблица 1.2

**Минимальные расстояния по вертикали от тепловых сетей
до инженерных сооружений**

Наименование	Минимальные расстояния в свету в м
При подземной прокладке	
До сетей водопровода, водостока, газопровода и канализации	0,2
До бронированного телефонного кабеля и кабеля при напряжении до 35 кв	0,5
До блока телефонной канализации или бронированного телефонного кабеля в трубах	0,15
При надземной прокладке	
До головки рельса железных дорог широкой и узкой колеи	По габаритам приближения строений — габарит «С» по ГОСТ 9238—59 и ГОСТ 9720—61
До одежды проезжей части дороги	
» головки рельса трамвайных путей	4,5
Над пешеходными дорогами и проходами	2
» проводами троллейбуса	0,2
До проводов линии электропередачи от внешних габаритов конструкций тепловых сетей (включая лестницы, площадки, ограждения и пр.) — до ближайшего провода при напряжении до 20 кв	3
То же, до 35—110 кв	4
То же, до 150 »	4,5
То же, до 220 »	5
То же, до 330 »	6

2. КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Одной из основных особенностей теплопроводов является относительно высокая температура транспортируемого по ним продукта — воды или пара, в большинстве случаев превышающая 100°C, что в значительной мере предопределяет характер конструкций тепловых сетей, так как требует устройства тепловой изоляции и обеспечения свободы перемещений труб при их нагревании или охлаждении.

Наличие тепловой изоляции и требование свободного перемещения труб значительно усложняет конструкцию теплопроводов — последние укладываются в каналах, туннелях или защитных оболочках.

Периодический нагрев стенок теплопроводов до температуры 130—150°C делают непригодными противокоррозийные покрытия, обычно применяемые для защиты ненагретых стальных трубопроводов, прокладываемых в грунте. Для защиты теплопроводов от наружной коррозии необходимо применение таких

строительно-изоляционных конструкций, которые препятствуют проникновению к трубопроводам грунтовой влаги.

Применяемые в настоящее время конструкции теплопроводов отличаются значительным разнообразием. По способу прокладки тепловые сети делятся на подземные и надземные (воздушные).

Подземная прокладка трубопроводов тепловых сетей выполняется:

- а) в непроходных и полупроходных каналах;
- б) в туннелях или коллекторах совместно с другими коммуникациями;
- в) в оболочках различной формы и в виде засыпных прокладок.

При подземной прокладке вдоль трассы сооружаются камеры, ниши для компенсаторов, неподвижные опоры и пр.

Надземная прокладка трубопроводов тепловых сетей выполняется:

- а) на эстакадах со сплошным пролетным строением;
- б) на отдельно стоящих мачтах (опорах);
- в) на подвесных пролетных строениях (вантовые).

К особой группе конструкций относятся специальные сооружения: подводные, надземные и подземные переходы и ряд других.

Основными недостатками применяемых в строительстве подземных конструкций теплопроводов являются: недолговечность, большие тепловые потери, трудоемкость изготовления, значительный расход строительных материалов и высокая строительная стоимость.

Наибольшее применение получили сборные конструкции непроходных каналов с бетонными стенками. Применение непроходных каналов оправдывается в случае прокладки тепловых сетей в мокрых грунтах при условии устройства попутного дренажа. Следует ориентироваться на применение непроходных каналов, выполняемых из унифицированных сборных железобетонных деталей (рабочие чертежи типовых деталей зданий и сооружений серии ИС-01-04, утвержденные Госстроем СССР в 1963 г.). Указанные железобетонные каналы могут быть применены для тепловых сетей диаметром до 600 мм. Возможно применение непроходных каналов, собираемых из вибропрокатных плит, изготовленных на станах системы инж. Н. Я. Козлова.

Непроходные каналы с подвесной теплоизоляцией, образующей вокруг труб воздушную прослойку, незаменимы на участках трассы с самокомпенсацией тепловых удлинений теплопроводов. Характерной особенностью канальной прокладки тепловых сетей в отличие от бесканальной является обеспечение перемещений теплопроводов в продольном и поперечном направлениях.

При прокладке теплопроводов под проездами с интенсивным уличным движением и усовершенствованным дорожным покрытием применяются полупроходные каналы из сборных железобетонных деталей. При прокладке большого количества теплопроводов значительных диаметров применяются проходные туннели.

Для тепломагистралей больших диаметров также имеются типовые конструкции каналов, положительно зарекомендовавшие себя как в строительстве, так и эксплуатации. Например, в Москве сооружаются тепломагистралы диаметром 700—1200 мм. Однако конструкции каналов должны совершенствоваться до получения более рациональных решений. Для прокладки теплопроводов используются сборные железобетонные каналы одноячейкового и двухъячейкового сечений. В основном эти каналы проектируются полупроходного типа для возможности осмотра их обслуживающим персоналом, а также обеспечения максимальной надежности тепломагистралей в эксплуатации.

Способ бесканальной прокладки теплопроводов не нашел еще широкого применения при строительстве тепловых сетей. Только в Ленинграде значительное применение получила такая конструкция тепловых сетей, где в качестве тепловой изоляции используется автоклавный армопенобетон, наложенный на трубы в виде цилиндрической оболочки в заводских условиях. Эта бесканальная конструкция является наиболее индустриальной в строительстве и наиболее дешевой. Повсеместному распространению этой конструкции препятствует довольно сложная технология изготовления теплоизоляционной оболочки, требующая организации специализированных заводов.

В Москве и некоторых других городах получила применение бесканальная прокладка теплопроводов с двухслойной цилиндрической оболочкой, состоящей из железобетонной трубы и теплоизоляционного слоя (минеральной ваты).

Железобетонные трубы обладают достаточной механической прочностью, высокой сопротивляемостью ударным и вибрационным нагрузкам, хорошей влагонепроницаемостью. Поэтому они надежно защищают теплопровод от воздействия влаги и нагрузок, передаваемых грунтом. Тем самым достигаются более благоприятные условия для работы теплопроводов: снижаются напряжения в стенках труб и обеспечивается долговечность тепловой изоляции.

Наружная железобетонная оболочка остается неподвижной при перемещении теплопровода в осевом направлении вследствие температурных деформаций, что отличает данную конструкцию от конструкции с армопенобетонной оболочкой, перемещающейся в грунте вместе с теплопроводом.

Аналогичная конструкция выполняется и с применением в

качестве наружной оболочки асбестоцементных труб и железобетонных полуцилиндров.

Применение этих бесканальных конструкций может быть рекомендовано при прокладке в сухих грунтах с защитой наружной поверхности теплопроводов двумя слоями изола. Бесканальная прокладка теплопроводов с засыпной теплоизоляцией торфом, диатомовой крошкой и др. оказалась неудачной. В настоящее время ведутся экспериментальные работы по созданию материала засыпки.

Конструкции камер, применяемые при строительстве тепловых сетей, отличаются большим многообразием. Сборные камеры из железобетонных деталей разработаны для теплопроводов малых и средних диаметров. Камеры больших размеров выполняются из бетонных блоков и монолитного железобетона. Конструкции неподвижных опор в каналах выполняются из монолитного, а также сборного железобетона. В Москве, Новосибирске и других городах значительное распространение получили так называемые общие коллекторы, в которых теплопроводы прокладываются совместно с электрическими и телефонными кабелями, водопроводными и другими подземными сетями.

Проходные каналы и общие коллекторы оборудуются электрическим освещением, телефонной связью, вентиляцией, различными приборами автоматического управления и средствами водоотлива.

В вентилируемых проходных туннелях обеспечивается благоприятный температурно-влажностный режим воздушной среды, который способствует сохранности теплопроводов.

При строительстве общих коллекторов в Москве открытым способом работ хорошо зарекомендовала себя конструкция из крупных ребристых железобетонных блоков, предложенная инженерами Н. М. Давидянцом и А. А. Ляминам.

Способ совместной прокладки подземных сетей в общих коллекторах имеет целый ряд преимуществ, из которых наиболее существенными являются: повышение долговечности материальной части сетей и обеспечение наилучших условий эксплуатации. При эксплуатации тепловых сетей в коллекторах, а также при необходимости строительства новых подземных сетей не требуется вскрытия городских территорий для проведения ремонта. Размещение сетей различного назначения в коллекторах позволяет организовать их комплексное и плановое проектирование, строительство и эксплуатацию и дает возможность упорядочить всю систему размещения подземных сетей более компактно как в плане, так и в поперечном сечении городских проездов (рис. 1.1). Подземные городские коллекторы представляют собой современные инженерные сооружения (рис. 1.2). В табл. 1.3 приведено количество коммуникаций, размещаемых в коллекторах типовых сечений.

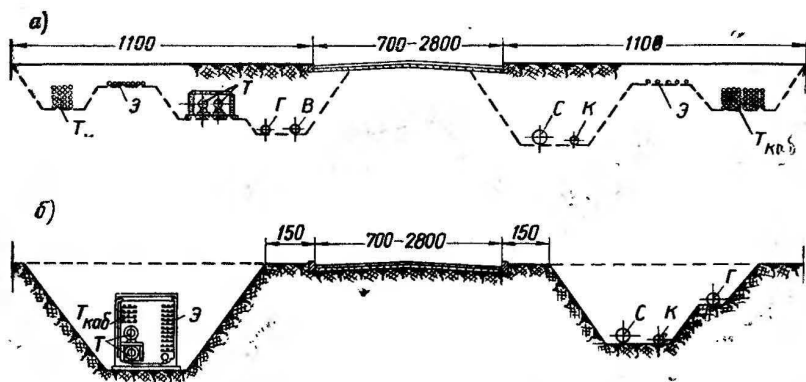


Рис. I.1. Поперечные сечения проездов при прокладке коммуникаций
a — раздельной; *b* — совместной; T_K — телефонная канализация; Э — электрические кабели; T — теплопроводы $2d=400$ мм; Γ — газопровод $d=300$ мм; B — водопровод $d=300$ мм; C — водосток $d=600$ мм; K — канализация $d=200$ мм; $T_{крб}$ — телефонные кабели



Рис. I.2. Внутренний вид общего коллектора