

УДК 697.34

ВЫГЛУБЛЕНИЕ КАНАЛОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ – КЛЮЧ К ИХ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Чичерин Станислав Викторович,
man_csv@hotmail.com

Омский государственный университет путей сообщения,
Россия, 644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Актуальность. Бедственное состояние объектов подземной инфраструктуры жизне- и ресурсообеспечения вынуждает производить постоянные вскрытия прокладки и замену отдельных элементов инфраструктуры на протяжении всего срока службы (до 25 лет). В качестве примера можно привести работы по эксплуатации сильно заглубленных каналов тепловых сетей, требующие значительных по размеру строительных площадок и применения специального оборудования (например, тяжелой строительной техники), рабочей силы и материалов, что делает характерной конструктивной особенностью тепловой сети глубину ее заложения.

Цель и задачи исследования. В настоящее время возникает множество проблем с теми участками системы тепловых сетей, при строительстве которых не выполнялись требования по выполнению мер, соответствующих геологическим условиям местности, в которой они были проложены. С целью решения этой проблемы требуется сопоставить практику заложения каналов тепловых сетей в 70–80-е гг. прошлого столетия и в настоящее время; определить факторы, влияющие на расположение отметки низа канала; обосновать необходимость выглубления каналов тепловых сетей; предложить дополнительные меры.

Методы. Автор руководствуется схемой системного подхода, что предопределило использование следующих методов: декомпозиции, связанной с изучением объектов исследования с точки зрения выделенных критериев (уровней заглубления и отметок), и практики организации эксплуатации теплосетевой инфраструктуры в условиях наличия проблемы грунтовых вод; обработки, анализа и синтеза полученных результатов; композиции, т. е. составления выводов, рекомендаций и заключения в целом.

Объектом исследования послужили: приложения к актам на осмотр тепломагистралей в шурфе, рабочая и проектная документация омского предприятия магистральных тепловых сетей с акцентом на раздел профилей, включая отметки всех точек системы, величину ее уклона к низшим точкам, показанную в масштабе, все существующие и новые коммуникации с обозначением их фактического заглубления; отчеты по инженерно-геологическим изысканиям на объекты капитального строительства в г. Омске.

Результаты. Обращает на себя внимание участок канальной прокладки тепловой сети по ул. 8-я Ремесленная диаметром 1020 (!) мм, где глубина заложения составляет всего 0,3 м, что меньше нормативной величины. Отмечено, что происходит чрезмерное местное увеличение глубины заложения, приводящее не только к увеличению земляных работ, но и к усложнению дальнейшей эксплуатации, его причинами становится необходимость обеспечения минимальной величины уклона 0,002 при сохранении заглубления не менее 0,5 м в точке максимального подъема и наличие пересечения трассы тепловой сети другими коммуникациями. Таким образом, установлено, что отметка низа канала, как правило, мало зависит от диаметра и в большей степени определяется местными условиями нахождения участка тепловой сети. В городе Омске остро стоит проблема высокого уровня грунтовых вод. Положение уровня грунтовых вод относительно глубины прокладки труб тепловой сети также оказывает существенное влияние на скорость их коррозии. Наиболее неблагоприятным оказывается вариант, когда трубопроводы тепловых сетей проложены на уровне грунтовых вод и периодически подвергаются увлажнению. Принятые ранее решения о значительном заглублении тепловых сетей приводят к тому, что в условиях повсеместного отсутствия ливневой канализации теплофикационные каналы регулярно затапливаются водой. К сожалению, в условиях плотной городской застройки и наличия большого числа смежных коммуникаций выглубить канал без их выноса не всегда возможно. Исследование показало, что практика заглубления каналов тепловых сетей более чем на 2 м, имевшая место в 70–80-е гг. прошлого столетия, не имеет широкого распространения в настоящее время.

Выводы. Следует еще раз поднять вопрос о пересмотре преимущественного положения «мягких» коммуникаций (электрические, телефонные и осветительные кабели) перед теплосетью, особенно большого диаметра (от 500 мм), тем более в свете бедственного положения в вопросе реконструкции аварийных теплосетей; продолжить рассматривать в качестве приоритетного мероприятия выглубление канала; в процессе производства ремонтных работ особое внимание уделять восстановлению и замене строительных конструкций каналов, устройству их гидроизоляции, а также нанесению антикоррозионных покрытий и кровного слоя теплоизоляции. Плита перекрытия канала тепловой сети может и должна служить основанием для дорожного покрытия тротуаров и автомобильных проездов, а не должна быть глубоко закопанной в землю.

Ключевые слова:

Теплоснабжение, трубопровод, глубина, отметка, грунт, уклон, бетонный канал, коммуникации, грунтовые воды, обслуживание, нормативные требования.

Введение

В настоящее время централизованные источники тепла выработали свой ресурс более чем на 70 %, а состояние тепловых сетей таково, что тепловые потери при транспортировке теплоносителя доходят до 20 % (при норме не более 5 %), а его утечки – 18–20 % (при норме 0,25 % от объема теплоносителя в системе). Неудовлетворительное состояние теплосетевой инфраструктуры, кроме того, приводит к ежегодным плановым отключе-

ниям горячего водоснабжения [1]. Повреждаемость тепловых сетей уже превышает два повреждения на 1 км трассы, что увеличивает и без того большие эксплуатационные затраты. Анализ современного состояния тепловых сетей показывает, что резервы надежности теплоснабжения зависят от конструктивных особенностей тепловых сетей, их протяженности и качества эксплуатации [2]. Характерной конструктивной особенностью тепловой сети является глубина ее заложения.

В работе [3] эффективность эксплуатации напрямую увязывается с надежностью теплоснабжения. Обращается внимание на то, что нужно исключить халатность строительно-монтажных служб и повысить технический и культурный уровень специалистов, ответственных за приемку рабочей документации по проектам реконструкции или строительства новых тепловых сетей. Допущения инженеров-проектировщиков, разрабатывающих как план, так и профиль трассы, и монтажников, осуществляющих прокладку, могут привести к негативным последствиям, в том числе к снижению надежности функционирования объектов. Имеются теоретические исследования процессов теплопереноса в зонах размещения теплопроводов [4–6], однако авторы не связывают глубину заложения участка тепловой сети с возможными проблемами, возникающими при их эксплуатации.

Британские коллеги [7, 8] освещают вопрос расположения подземных коммуникаций, в частности глубины их заложения, с позиций необходимости использования туннелей и коллекторов для совместной прокладки трубопроводов тепловых сетей, водопровода, кабелей связи и силовых кабелей. Рассматривается ситуация в отдельных населенных пунктах применительно к уровню грунтовых вод и к проблеме возможного подтопления без акцента на системе централизованного теплоснабжения [9]. Публикация [10] также описывает способы защиты фундаментов любых объектов капитального строительства при высоком уровне грунтовых вод. Что касается сетей теплоснабжения, то связь между заглублением трубопроводов и интенсивностью их коррозии выявлена [11] и в других странах. Задолго до настоящего исследования предлагалось [12] в процессе производства ремонтных работ особое внимание уделять восстановлению и замене строительных конструкций каналов, устройству их гидроизоляции. Важность анализа состояния строительных конструкций тепловых сетей подчеркивается в источнике [13]. Исследованы системы теплоснабжения, в т. ч. технологии прокладки теплофикационных сетей, и в отдельно взятой стране, например в Швеции [14]. В научных публикациях также отражена связь между эффективностью их эксплуатации и процессом снятия/подключения отопительной нагрузки [15].

Цель настоящего исследования – решение одной из проблем современной промышленной теплоэнергетики: повышение эффективности работы и экономичности эксплуатации систем транспортировки тепловой энергии.

Задачи:

- сопоставить практику заложения каналов тепловых сетей в 70–80-е гг. прошлого столетия и в настоящее время;
- определить факторы, влияющие на расположение отметки низа канала;
- обосновать необходимость выглубления каналов тепловых сетей;
- предложить дополнительные меры.

Методы

Автор делает попытку руководствоваться схемой системного подхода [16], которая применительно к настоящему исследованию имеет следующий вид:

- 1) установление критериев оценки результатов [17];
- 2) идеализация: изучение существующих публикаций и нормативных документов;
- 3) разработка методов, в т. ч. терминологии исследования, и выбор его объектов;
- 4) декомпозиция, связанная с изучением объектов исследования с точки зрения выделенных критериев (уровней заглубления и отметок) и практики организации эксплуатации теплосетевой инфраструктуры в условиях наличия проблемы грунтовых вод;
- 5) обработка, анализ и синтез полученных результатов;
- 6) композиция, т. е. составление выводов, рекомендаций и заключения в целом.

Несмотря на не раз рассмотренные преимущества применения трубопроводов современного типа из предварительно (в заводских условиях) изолированных пенополиуретаном (ППУ) труб, выполненные оценки, показавшие меньшие общие приведенные затраты на предизолированные трубы в течение нормативного срока службы участка тепловых сетей, капитальные единовременные затраты на сооружение теплотрассы такого типа, все-таки остаются выше аналогичных затрат на привычную с советских времен конструкцию канальной прокладки. Этот фактор становится определяющим в условиях непрекращающегося финансового кризиса, хронической нехватки средств на реконструкцию и вызванной этим недозаменой и высокой повреждаемостью трубопроводов тепловых сетей.

Кроме того, применение предварительно изолированных труб в ППУ изоляции, уложенных непосредственно в грунт, ограничено и требованиями действующих правил. К примеру, в просадочных, засоленных и набухающих грунтах при подземной прокладке тепловых сетей бесканальную прокладку применять не допускается [18]. Совокупность информации обусловила выбор предмета настоящего исследования – тепловые сети канальной прокладки.

Объектом исследования послужили:

- приложения к актам на осмотр тепломагистралей в шурфе (фактические схемы сечения канала);
- рабочая и проектная документация омского предприятия магистральных тепловых сетей с акцентом на раздел профилей. В рассмотрение было взято более десяти комплектов рабочей документации, выполненных за последние четыре года; особое внимание обращалось на чертежи, предназначенные для производства строительно-монтажных работ (основной комплект рабочих чертежей марки ТС), и входящие в комплект профили сетей;

- отчеты по инженерно-геологическим изысканиям на объекты капитального строительства в г. Омске.

Шурфовкой называют обследование труб в местах контрольных вскрытий для определения фактического технического состояния трубопровода. Для этого используются различные методы диагностики, однако сразу следует указать на локальный характер этого подхода – глубина заложения и другие характеристики прокладки достоверно определяются лишь в одной точке [14]. В случае канальной прокладки заглублением тепловых сетей принято называть расстояние от поверхности земли или дорожного покрытия (кроме автомобильных дорог I, II и III категорий) до верха перекрытий каналов и тоннелей.

Результаты

Требования по проектированию тепловых сетей, сооружений на тепловых сетях во взаимосвязи со всеми элементами системы централизованного теплоснабжения установлены в Своде Правил [18]. Он предписывает при новом строительстве тепловых сетей принимать расстояния по горизонтали и вертикали от наружной грани строительных конструкций каналов и тоннелей до зданий, сооружений и других инженерных сетей по включенному в документ приложению (приложению А). При

прокладке теплопроводов по территории промышленных предприятий – по соответствующим нормам для промышленных предприятий.

Уменьшение нормативных указаний в приложении А возможно при обосновании и регламентируется постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» раздел I пункт 5. При реконструкции и капитальном ремонте тепловых сетей, при стесненных условиях строительства и сохранении границ охранной зоны тепловой сети возможно уменьшение нормативных расстояний до зданий, сооружений и инженерных сетей (приложение А) путем выполнения мероприятий по обеспечению сохранности существующих зданий, сооружений и инженерных коммуникаций (приложение Д).

Согласно приложению А, величину расстояния от поверхности земли или дорожного покрытия (кроме автомобильных дорог I, II и III категорий) до верха перекрытий каналов и тоннелей следует принимать не менее 0,5 м.

Изучение приложений к актам на осмотр тепломатриалы в шурфе показало, что на участках, первоначально смонтированных в 80-х гг. прошлого столетия, величина заглубления составляет не менее одного метра. Так, отметка низа ка-



Рис. 1. Прокладка трубопровода через зону зеленых насаждений с плитой перекрытия, находящейся на глубине около полу-метра ниже уровня земли

Fig. 1. Routing of piping across a green space with a concrete cover about 0.5 m below surface-grade elevation

нала с учетом его высоты (1,2 и 1,6 м соответственно) находится на 2,2 м ниже отметки уровня земли на участке диаметром 820 мм между камерами V-С-ТК-21 и V-С-ТК-22 по ул. Тарской и на 2,6 м на участке диаметром 530 мм между камерами I-3-ТК-43 и I-3-ТК-45 (рис. 1).

Обращает на себя внимание участок канальной прокладки тепловой сети по ул. 8-я Ремесленная диаметром 1020 (!) мм, где глубина заложения составляет всего 0,3 м, что меньше нормативной величины.

Анализ современной рабочей и проектной документации омского предприятия магистральных тепловых сетей выявил, что в настоящее время отметка пола канала редко находится ниже отметки уровня земли более чем на 2 м. Так, в проекте технического перевооружения участка Северного луча г. Омска максимальная величина заглубления 1,34 м.

Существует два возможных объяснения такой величины заглубления:

- необходимость обеспечения минимальной величины уклона 0,002 при сохранении заглубления не менее 0,5 м в точке максимального подъема;
- наличие пересечения трассы тепловой сети кабелем городской электросети на глубине 0,7 м ниже уровня земли.

Происходит чрезмерное местное увеличение глубины заложения, приводящее не только к увеличению земляных работ, но и к усложнению дальнейшей эксплуатации [19]. Нормативный документ [18] требует, чтобы прокладка трубопрово-

дов тепловых сетей предусматривалась в одном ряду или над другими инженерными сетями. В то же время при подземной прокладке тепловые сети в случае пересечения с силовыми, контрольными кабелями и кабелями связи могут располагаться над или под ними, как в данном случае. Кроме того, пересечения с силовыми кабелями приводят к усилению процесса местной электрохимической коррозии (рис. 2).

Минимальное заглубление в упомянутом проекте технического перевооружения участка Северного луча находится вблизи правой границы проектирования и составляет всего 0,786 м.

Проект технического перевооружения участка по территории Онкологического диспансера диаметром 325 мм предполагает монтаж нижней отметки монолитного канала тепловой сети высотой 1,12 м на 1,8–2,1 м ниже уровня земли. Значение определено, исходя из требуемого уклона, однако в одном месте величина заглубления достигает 1,235 м, что связано с организацией пересечения с автомобильной дорогой при помощи бетонных разгрузочных плит. Как и выше, величина заглубления определялась вычитанием значений проектной или фактической отметки уровня земли (92,6 м) и отметки потолка канала (91,365 м).

В городе Омске остро стоит проблема высокого уровня грунтовых вод. Подземные воды типа поровых, безнапорных (грунтовых) на период взятых в рассмотрение инженерно-геологических изысканий встречены на глубине от 2,3 до 2,4 м от поверхности земли. Подземные воды, как правило,



Рис. 2. Место интенсивной коррозии вблизи точки пересечения с электрическим кабелем

Fig. 2. An electricity cable crossing with a supply pipe strongly affected by corrosion

приурочены к аллювиальным пластичным супесям. Водоупор скважинами глубиной до 8 м не вскрыт. Тип режима подземных вод террасовый, способ питания преимущественно инфильтрационный и за счёт притока с гипсометрически вышерасположенных территорий, в связи с чем уровень подвержен природным сезонным и годовым колебаниям. По результатам многолетних наблюдений за режимом подземных вод в аналогичных условиях в разрезе года максимальный уровень подземных вод для ненарушенного гидрогеологического режима следует ожидать в мае, минимальный – в сентябре. Средняя годовая амплитуда колебания уровня на данном геоморфологическом элементе составляет 1,2 м. Положение уровня грунтовых вод относительно глубины прокладки труб тепловой сети также оказывает существенное влияние на скорость их коррозии. Трубы теплосетей изготавливаются из стали марок 17Г1С, 10 и 20, имеющих низкую коррозионную стойкость в традиционном диапазоне рабочих температур [20], а наиболее неблагоприятным оказывается вариант, когда трубопроводы тепловых сетей проложены на уровне грунтовых вод и периодически (в зависимости от времени года и погодных условий) подвергаются увлажнению [21]. Принятые ранее решения о значительном заглублении тепловых сетей приводят к тому, что в условиях повсеместного отсутствия ливневой канализации теплофикационные каналы регулярно затапливаются водой. В настоящее время уже на этапе проектирования [22] анализируется возможность выглубления канала и трубопроводов из зоны подтопления. К сожалению, в условиях плотной городской застройки и наличия большого числа смежных коммуникаций выглубить канал без их выноса не всегда возможно. Частично решает проблему более поверхностное заглубление тепловых сетей (до 0,3 м)

на вводе тепловых сетей в здание. Крайней мерой может стать уменьшение при высоком уровне грунтовых вод величины заглубления каналов и тоннелей и расположение перекрытий выше поверхности земли на высоту не менее 0,4 м, если при этом не нарушаются условия передвижения транспорта [18].

Заключение

Практика заглубления каналов тепловых сетей более чем на 2 м, имевшая место в 70–80-е гг. прошлого столетия, не имеет широкого распространения в настоящее время. В целом отметка низа канала, как правило, мало зависит от диаметра и в большей степени определяется местными условиями нахождения участка тепловой сети.

Следует еще раз поднять вопрос о пересмотре преимущественного положения «мягких» коммуникаций (электрические, телефонные и осветительные кабели) перед теплосетью, особенно большого диаметра (от 500 мм), тем более в свете бедственного положения в вопросе реконструкции аварийных теплосетей [19]. Требуется продолжить рассматривать в качестве приоритетного мероприятия выглубление канала и предложить распространить данную практику в других теплосетевых организациях.

Дополнительной мерой может стать прокладка попутных дренажей и выпусков воды [23]. В процессе производства ремонтных работ особое внимание следует уделять восстановлению и замене строительных конструкций каналов, устройству их гидроизоляции, а также нанесению антикоррозионных покрытий и покровного слоя теплоизоляции. Плита перекрытия канала тепловой сети может и должна служить основанием для дорожного покрытия тротуаров и автомобильных проездов, а не должна быть глубоко закопанной в землю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичерин С. В., Лебедев В. М., Глухов С. В. Оценка потерь от ежегодных плановых отключений горячего водоснабжения в г. Омске // Энергетик. – 2017. – № 3. – С. 25–26.
2. Титов Г. И., Новопашина Н. А., Титов В. Г. Причины повреждения тепловых сетей // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2016. – № 2 (23). – С. 19–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.4.
3. Обеспечение надежности тепловых сетей при проектировании новых объектов, реконструкции и авторском надзоре / Ю.В. Ваньков, В.И. Богаткин, У.Б. Учаров, Т.Г. Горбунова // Энергетика Татарстана. – 2011. – № 4 (24). – С. 52–55.
4. Половников В.Ю., Хузеев В.А. Численный анализ влияния промерзания грунта в зоне прокладки на тепловые потери бесканальных теплопроводов // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 2 (37). – С. 19–24.
5. Three-dimensional numerical model of heat losses from district heating network pre-insulated pipes buried in the ground / J. Danielewicz, B. Sniechowska, M.A. Sayegh, N. Fidorów, H. Jouhara // Energy. – 2016. – V. 108. – P. 172–184.
6. Половников В.Ю., Глазырин Е.С. Численный анализ влияния инженерных сооружений на тепловые потери бесканальных теплопроводов // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 2 (46). – С. 5–13.
7. Hunt D.V.L., Nash D., Rogers C.D.F. Sustainable utility placement via multi-utility tunnels // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2014. – V. 39. – P. 15–26.
8. Underground asset location and condition assessment technologies / S.B. Costello et al. // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2007. – V. 22. – № 5. – С. 524–542.
9. Софиенко Н.П., Рутман М.Г. Геоэкологические проблемы г. Омска. Подтопление // Материалы 57-й научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – С. 211–215.
10. Some methods of protection of concrete and reinforcement of reinforced-concrete foundations exposed to environmental impacts / Z. Bonić et al. // Procedia Engineering. – 2015. – V. 117. – P. 419–430.
11. Duffy P.F. Underground district heating mains: Causes of failure // Building Services Engineering Research and Technology. – 1991. – V. 12. – № 3. – P. 111–113.
12. Скворцов А.А., Заверткин И.А. Повышение надежности конструкций подземных тепловых сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 104 с.

13. Trends of European research and development in district heating technologies / M.A. Sayegh et al. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – V. 68. – P. 1183–1192.
14. Werner S. District heating and cooling in Sweden // *Energy*. – 2017. – V. 126. – P. 419–429.
15. Чичерин С.В. Планирование и оценка преимуществ увеличения нагрузки системы централизованного теплоснабжения // *Вестник ВСГУТУ*. – 2017. – № 2 (65). – С. 17–23.
16. Boulding K.E. General systems theory – the skeleton of science // *Management science*. – 1956. – V. 2. – № 3. – P. 197–208.
17. Lake A., Rezaie B., Beyerlein S. Review of district heating and cooling systems for a sustainable future // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – V. 67. – P. 417–425.
18. СП 124.13330.2012 Тепловые сети (актуализация СНиП 41–02–2003). – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2012. – 52 с.
19. Степанова Г.А. Основные требования к проектам прокладки тепловых сетей из труб в ППУ-изоляции // *Тепловые сети. Со-временные практические решения: тр. Первой науч.-практ. конф.* – М.: Новости теплоснабжения, 2005. – С. 19–23.
20. Чичерин С.В. Надежность и эффективность среднетемпературного теплоснабжения // *Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки*. – 2017. – Т. 23. – № 2. – С. 75–80. DOI: 10.18721/JEST.230207.
21. Слепченко В.С. Опыт эксплуатации коммунального теплоэнергетического предприятия. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 266 с.
22. Жуков Д.В. Внедрение энергосберегающих мероприятий при проведении ремонта тепловых сетей АО «Омск РТС» // *Повышение эффективности объектов теплоэнергетики и систем теплоснабжения: Межвуз. темат. сб. науч. тр.* – Омск: Изд-во ОмГУПС, 2017. – 73 с.
23. Werner S. International review of district heating and cooling // *Energy*. – 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.045>.

Поступила 01.07.2017 г.

Информация об авторах

Чичерин С.В., аспирант кафедры теплоэнергетики Омского государственного университета путей сообщения.

UDC 697.34

UNLOCKING A POTENTIAL OF DISTRICT HEATING NETWORK EFFICIENT OPERATION AND MAINTENANCE BY MINIMIZING THE DEPTH OF A TRENCH SYSTEM

Stanislav V. Chicherin,
man_csv@hotmail.com

Omsk State Transport University,
35, Marx avenue, Omsk, 644046, Russia.

Relevance. The poor-quality of utilities causes the need to repeat excavation and reinstatement over their lifetime (up to 25 years) and therefore adds many longer-term costs relating to sustainability costs. For example, maintenance works are carried out within the deep-bury district heating networks therefore increasing significantly the size of working areas (above ground) and requirements for equipment (e.g. heavy machinery), labour and materials.

The aim of the research. Numerous problems are now encountered with such systems. Suitable design and installation guidelines were eventually developed which, when followed, gave no reasonable assurance of satisfactory service. In order to fill this need, we have undertaken a study to develop some guides for current systems.

Methods. We are reasonably aware of the key concepts of systems thinking to describe and understand the forces and interrelationships that shape the behavior of the system.

The object is appendixes related to inspection acts, projects of Omsk heat transmission enterprise with emphasis to the system layout profiles showing: all system stationing numbering, system slope drawn to scale to all low points, new and existing grade, all existing and new utilities shown at their actual burial depths; and a few detailed soil surveys made for capital projects in Omsk.

Results. Concrete trench floors shall be sloped at 2 meters in 1000 meter slope toward all low points to ensure proper drainage. This, and existing or new utilities at their actual burial depths lead to a low grade of buried systems. The grading design should ensure ground water will not pond or sit over the trench. The trench should not be routed through the existing flood plains, swales, or in areas where seasonal water are accumulated. In areas where seasonal ground water may cause a trench flotation problem, the design that will include a subdrainage system along the trench if thickening of the system walls and floor slabs to offset the buoyancy effect is not practical. The systems with the floor, usually about 2 meters below surface-grade elevation, emerged in the 1930s and dominated all new systems until the 1990s. Today, such systems are largely covered with soil and sloped independently of topography may be considered as an outdated technology.

Conclusions. It is an important challenge to gain the knowledge from placing electricity cables above district energy system and consequent catering disturbance claims for repeated excavation and reinstatement procedures. The installers of district heating should consider the location, spacing and depth of cover to avoid potential conflict with other existing underground apparatus. Heat distribution systems should be spaced to minimize the depth of the trench. The trench should be sealed to minimize the influx of ground water. Waterproof membranes should be placed in or below the concrete bottom slab and should be continued up the outer sides to the top of the sidewalls in accordance with the valve manhole guide specification. The top is constructed of reinforced concrete covers that protrude slightly above the surface and may also serve as a sidewalk.

Key words:

District heating, pipework, depth, grade, soil, slope, concrete trench, utility, ground water, operation, guidelines.

REFERENCES

- Chicherin S. V., Lebedev V. M., Glukhov S. V. Assessment of losses caused by annual routine domestic hot water interruptions: Omsk city. *Powerman*, 2017, no. 3, pp. 25–26. In Rus.
- Titov G.I., Novopashina N.A., Titov V.G. Causes of heat networks damageability. *Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture*, 2016, no. 2 (23), pp. 19–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.4. In Rus.
- Vankov Yu.V., Bogatin V.I., Ucharov U.B., Gorbunova T.G. Ensuring the reliability of heat networks in the design of new facilities, reconstruction and supervision. *Energy Tatarstan*, 2011, no. 4 (24), pp. 52–55. In Rus.
- Polovnikov V.Yu., Huzeev V.A. Numerical analysis of the effect of freezing ground in the laying zone pads on heat loss of channel-less pipelines laid out without canals. *Inzenerno-Stroitel'nyj Zhurnal*, 2013, no. 2, pp. 19–24. In Rus.
- Danielewicz J., Śniechowska B., Sayegh M. A., Fidorów N., Jouhara H. Three-dimensional numerical model of heat losses from district heating network pre-insulated pipes buried in the ground. *Energy*, 2016, vol. 108, pp. 172–184.
- Polovnikov V.Yu., Glazyrin E.S. Numerical analysis of the impact of engineering constructions on heat loss of channel-free heat pipelines. *Magazine of Civil Engineering*, 2014, no. 2 (46), pp. 5–13. In Rus.
- Hunt D.V.L., Nash D., Rogers C.D.F. Sustainable utility placement via multi-utility tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2014, vol. 39, pp. 15–26.
- Costello S.B. Underground asset location and condition assessment technologies. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2007, vol. 22, no. 5, pp. 524–542.
- Sofienko N.P., Rutman M.G. Geoeologicheskie problemy g. Omska. Podtoplenie [Omsk Geo Assets Issues. Flooding]. *Materialy 57 nauchno-tehnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchennykh* [Proc. of 57th conference for students and young scientists]. Omsk, SibADI Publ., 2003.
- Bonić Z. Some methods of protection of concrete and reinforcement of reinforced-concrete foundations exposed to environmental impacts. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 117, pp. 419–430.
- Duffy P.F. Underground district heating mains: causes of failure. *Building Services Engineering Research and Technology*, 1991, vol. 12, no. 3, pp. 111–113.
- Skvortsov A.A., Zaverkin I.A. *Povyshenie nadezhnosti konstruktov podzemnykh teplovykh setey* [Improving the reliability of underground distribution system structure]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1986. 104 p.
- Sayegh M.A. Trends of European research and development in district heating technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 68, pp. 1183–1192.

14. Werner S. District heating and cooling in Sweden. *Energy*, 2017, vol. 126, pp. 419–429.
15. Chicherin S. V. Planning and Assessment of Advantages of Increase in Loading of the Centralized Heat Supply System. *ESSUTM Bulletin*, 2017, vol. 65, no. 2, pp. 17–23. In Rus.
16. Boulding K.E. General systems theory – the skeleton of science. *Management science*, 1956, vol. 2, no. 3, pp. 197–208.
17. Lake A., Rezaie B., Beyerlein S. Review of district heating and cooling systems for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 67, pp. 417–425.
18. SP 124.13330.2012 «Teplovye seti» [SP 124.13330.2012. Thermal networks]. Moscow, Gosstroy Rossii, FGUP TSPP Publ., 2012. 52 p.
19. Stepanova G.A. Osnovnye trebovaniya k proektam prokladki teplovykh setey iz trub v PPU-izolyatsii [The main requirements for the projects of laying heat networks with pipelines in PUR-insulation]. *Teplovye seti. Sovremennye prakticheskie resheniya: trudy pervoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Thermal networks. Modern practical solutions. Proc. of the first scientific and practical conference]. Moscow, Novosti teplosnabzheniya Publ., 2005.
20. Chicherin S.V. The Reliability and Efficiency of Medium-Temperature District Heating. *St. Petersburg Polytechnic University Journal of Engineering Science and Technology*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 75–80. DOI: 10.18721/JEST.230207. In Rus.
21. Slepchenok V. *Opyt ekspluatatsii kommunalnogo teploenergeticheskogo predpriyatiya* [Experience in operation of utility thermal engineering plant]. St-Petersburg, PEIPK Publ., 2003. 266 p.
22. Zhukov D.V. Vnedrenie energosberegayushchikh meropriyatiy pri provedenii remonta teplovykh setey AO «Omsk RTS» [Implementation of Energy Saving Measures for Repairs in Heat Networks at JSC «Omsk RTS»]. *Povyshenie effektivnosti obektov teploenergetiki i sistem teplosnabzheniya: Mezhdunarodnyy tematicheskiy sbornik nauchnykh trudov Omskogo gosudarstvennogo universiteta puty soobshcheniya* [Enhancing the efficiency of Heat-and-Power Machinery, and District Heating Systems. Proc. of Scholar Papers of the Omsk State transport University]. Omsk, Omsk State Transport University Publ., 2017. pp. 39–47.
23. Werner S. International review of district heating and cooling. *Energy*, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.045>.

Received: 01 July 2017.

Information about the authors

Stanislav V. Chicherin, postgraduate, Omsk State Transport University.