

**Международная научно-практическая конференция
«ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И ПУТИ ИХ
РЕШЕНИЯ (ARCTD 2021)»**



**Анализ особенностей прокладки систем теплоснабжения в условиях
многолетнемерзлых грунтов**

Пухкал Виктор Алексеевич

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Особенности строительства и эксплуатации тепловых сетей в районах распространения многолетнемерзлых грунтов

Особенностями строительства и эксплуатации тепловых сетей в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, определяющими технологические и конструктивные решения, являются отрицательная в течение длительного периода года температура окружающей среды (воздуха, грунта) и резкое изменение физико-механических свойств большинства грунтов при их оттаивании.

В соответствии с этим при проектировании тепловых сетей следует учитывать:

- а) мерзлотно-грунтовые условия строительных площадок и участков;
- б) влияние освоения территории на мерзлотно-грунтовые условия за счет изменения растительного покрова, перераспределения снежных отложений, появления новых очагов разгрузки грунтовых вод и т. д.;
- в) необходимость температурного и гидравлического регулирования транспортируемого теплоносителя с целью предохранения его от замерзания или для уменьшения теплопотерь;
- г) тепловое воздействие трубопроводов на окружающие грунты;
- д) механическое воздействие грунтов на трубопроводы при протаивании и промерзании грунтов;
- е) тепловое влияние трубопроводов на основания зданий и сооружений;
- ж) опасность непосредственного теплового и гидравлического воздействия транспортируемой жидкости на мерзлые грунты при авариях трубопроводов.

Тепловые сети (СП 124.13330.2012)

Районы вечномерзлых грунтов

16.13 Выбор трассы тепловых сетей, а также размещение компенсаторов, камер, неподвижных опор, дренажных устройств трубопроводов следует производить на основе материалов инженерно-геокриологических изысканий на застраиваемой территории с учетом прогноза изменения мерзлотно-грунтовых условий и принятого принципа использования вечномерзлых грунтов как оснований проектируемых и эксплуатируемых зданий и сооружений.

16.14 Для компенсации тепловых удлинений трубопроводов следует применять гибкие компенсаторы (различной формы) из стальных труб и углы поворотов трубопроводов. Допускается предусматривать сильфонные и линзовые компенсаторы для тепловых сетей.

16.15 Схемы тепловых сетей городов и других населенных пунктов должны предусматривать подачу теплоты не менее чем по двум взаимно резервируемым трубопроводам. Независимо от способа прокладки каждый трубопровод должен быть рассчитан на подачу 100 % теплоты при заданном уровне показателей надежности. Трубопроводы должны прокладываться на расстоянии не менее 50 м друг от друга и иметь между собой резервирующие перемычки.

16.16 При подземном и надземном способах прокладки тепловых сетей в просадочных (при оттаивании) вечномерзлых грунтах необходимо предусматривать следующие мероприятия по сохранению устойчивости конструкций тепловых сетей:

прокладку сетей в каналах или тоннелях с естественной или искусственной вентиляцией, обеспечивающей требуемый температурный режим грунта;

Тепловые сети (СП 124.13330.2012)

замену грунта в основании каналов и тоннелей на непросадочный;

устройство свайного основания, обеспечение водонепроницаемости каналов, тоннелей и камер;

удаление случайных и аварийных вод из камер и тоннелей.

Выбор мероприятий по сохранению устойчивости тепловых сетей должен выполняться на основе расчетов зоны оттаивания мерзлого грунта около трубопроводов и общего прогноза изменения мерзлотно-грунтовых условий застраиваемой территории.

16.17 Надземная прокладка тепловых сетей должна предусматриваться на эстакадах, низких или высоких отдельно стоящих опорах, а также в наземных каналах, расположенных на поверхности земли.

16.18 При подземной прокладке тепловых сетей для ответвлений к отдельным зданиям, возводимым или возведенным на вечномерзлых грунтах с сохранением мерзлого состояния (принцип 1 по СП 25.13330), необходимо на расстоянии 6 м от стены здания предусматривать надземную прокладку сетей. Допускается предусматривать подземную прокладку тепловых сетей совместно с другими инженерными сетями в вентилируемых каналах с выходом их на поверхность в пределах проветриваемого подполья зданий, при этом должны быть приняты меры по предотвращению протаивания грунтов под фундаментами зданий.

16.19 При подземной прокладке тепловых сетей, строящихся по принципу сохранения мерзлоты (принцип I), бесканальную прокладку принимать не допускается.

Тепловые сети (СП 124.13330.2012)

16.28 Расстояния в свету по горизонтали от тепловых сетей при их подземной прокладке до фундаментов зданий и сооружений должны приниматься:

при строительстве зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах по принципу I – не менее 2 м от зоны оттаивания грунта около канала, определяемой расчетом, но не менее величин, указанных в таблице 5;

при строительстве зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах по принципу II (без сохранения вечной мерзлоты) – не менее величин, указанных в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Грунт	Среднегодовая температура вечномёрзлого грунта, °С		
	от 0 до минус 2	от минус 2 до минус 4	ниже минус 4
	Наименьшие расстояния в свету по горизонтали, м		
Глинистый	7	6	6
Песчаный	8	7	6
Крупнообломочный	10	8	8

16.29 Засыпную тепловую изоляцию при прокладке тепловых сетей в наземных каналах и совместную подвесную изоляцию для подающего и обратного трубопроводов допускается принимать при обосновании.

Тепловые сети бесканальной прокладки. Правила проектирования (СП 315.1325800.2017)

12.3 Районы вечномерзлых грунтов

12.3.1 Выбор трассы тепловой сети бесканальной прокладки следует проводить на основе материалов инженерно-геокриологических изысканий на застраиваемой территории с учетом прогноза изменения мерзлотно-грунтовых условий и использования вечномерзлых грунтов как оснований проектируемых и эксплуатируемых зданий и сооружений.

12.3.2 Для компенсации трубопроводов следует применять гибкие компенсаторы (различной формы) из стальных труб и углы поворотов трубопроводов, допускается предусматривать СК.

12.3.3 При бесканальной прокладке тепловых сетей в просадочных (при оттаивании) вечномерзлых грунтах необходимо предусматривать мероприятия по сохранению устойчивости конструкций:

- вести прокладку сетей с увеличенной толщиной теплоизоляционного слоя, обеспечивающей требуемый температурный режим грунта;
- проводить замену грунта в основании тепловых сетей на непросадочный. Выбор мероприятий по сохранению устойчивости следует осуществлять на основе расчетов зоны оттаивания мерзлого грунта около тепловых сетей и общего прогноза изменения мерзлотно-грунтовых условий застраиваемой территории.

12.3.4 Дренажные устройства тепловых сетей должны быть рассчитаны на спуск воды непосредственно в системы канализации с охлаждением воды до температуры, допускаемой конструкциями сетей канализации и исключаящей вредное тепловое воздействие на вечномерзлые грунты в основании.

Расчет глубины оттаивания и промерзания в основании подземных и наземных магистральных трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах (СП 25.13330.2020)

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ

СП 25.13330.2020

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ
НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

СНиП 2.02.04-88

Издание официальное

Москва 2020

СП 25.13330.2020

Приложение II

Расчет глубины оттаивания и промерзания в основании подземных и наземных магистральных трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах

II.1 Глубину многолетнего оттаивания многолетнемерзлых грунтов под центром горячих и теплых подземных трубопроводов (см. расчетную схему на рисунке II.1а) следует рассчитывать по формуле (II.1).

$$H_{th} = \begin{cases} \zeta_f \times r_{ms} & \text{при } \beta_T \leq 0,1 \\ \zeta_n \times r_{ms} & \text{при } \beta_T > 0,1 \end{cases} \quad (II.1)$$

где H_{th} – глубина многолетнего оттаивания, отсчитываемая от дневной поверхности, м;
 r_{ms} – радиус до внешней образующей изоляции трубы;

ζ_f, ζ_n – безразмерные глубины оттаивания под центром трубы, определяемые по номограммам на рисунках II.2 и II.3 в зависимости от безразмерных параметров m, l, β_T .

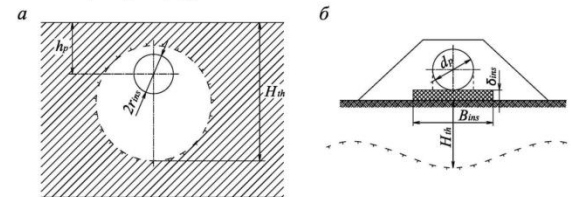


Рисунок II.1 – Расчетная схема для определения глубины многолетнего оттаивания многолетнемерзлых грунтов под теплыми и горячими трубопроводами, проложенными подземно (а) и наземно (б)

$$m = h_p / r_{ms} \quad (II.2)$$

$$I_f = \frac{\lambda_{th}(T_{ms} - T_{bf})l}{4L_c r_{ms}^2} + I_{ce} \quad (II.3)$$

$$\beta_T = \frac{\lambda_f(T_0 - T_{bf})}{\lambda_{th}(T_{ms} - T_{bf})} \quad (II.4)$$

Расчет глубины оттаивания и промерзания в основании подземных гибких полимерных труб на многолетнемерзлых грунтах

Расчет оттаивания ММГ вокруг подземного трубопровода

Исходные данные

Внешний радиус трубопровода, м	r_p	0,0315
Плотность ММГ, кг/м ³	ρ	2000
Суммарная влажность ММГ, д.е.	W_{tot}	0,1765
Количество незамерзшей воды в ММГ, д.е.	W_w	0,05
Объемная теплоемкость талого грунта, Вт•ч/(м ³ •°С)	C_1	833
Объемная теплоемкость и мерзлого грунта, Вт•ч/(м ³ •°С)	C_2	556
Расстояние от поверхности грунта до центра трубы, м	h_p	1
Радиус трубы с изоляцией, м	r_{ins}	0,055
Температура теплоносителя, °С	T_{pr}	70
Температура грунта, °С	T_o	-2
Температура оттаивания грунта, °С	T_{bf}	-0,2
Теплопроводность талого грунта, Вт/(м•°С)	λ_1	1,3
Теплопроводность мерзлого грунта, Вт/(м•°С)	λ_2	1,8
Теплопроводность материала изоляции, Вт/(м•°С)	λ_{ins}	0,032
Коэффициент теплообмена между теплоносителем и внутренней поверхностью трубопровода, В/(м ² •°С)	α	116
Время эксплуатации трубопровода, ч.	t	262800
Расстояние от середины трубы по горизонтали, м	x	0

Результаты расчета

Температура поверхности изоляции, °С	T_{ins}	5,30
Безразмерная температура	β_t	0,45
Глубина оттаивания под центром трубы, м	H_o	1,96
Радиус ореола оттаивания вокруг трубы, м	R	0,73
Расположение центра ореола оттаивания по вертикали, м.	C	1,24
Глубина оттаивания на расстоянии x , м	H_x	1,96

Примечание: Отсчет глубин ведется от поверхности грунта.

Трубопроводы двух типов:

а) теплые

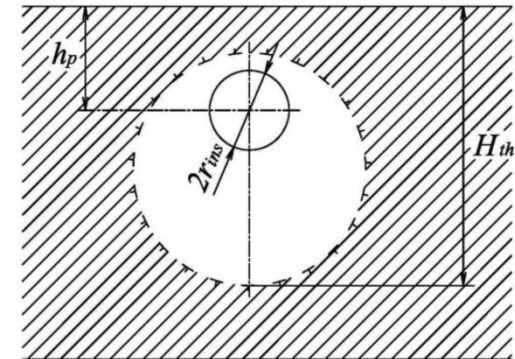
(низкотемпературные)

– $\beta_t \geq 0,2$;

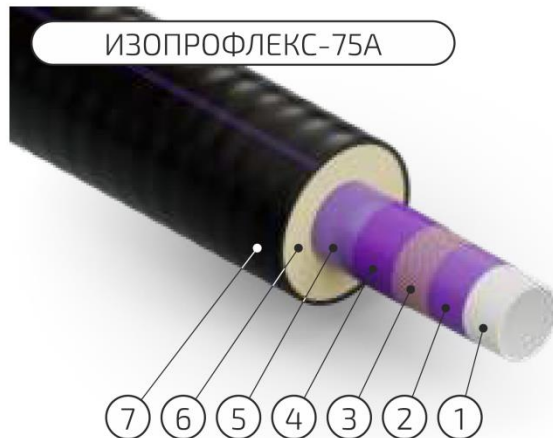
б) горячие

(высокотемпературные)

– $\beta_t < 0,2$.

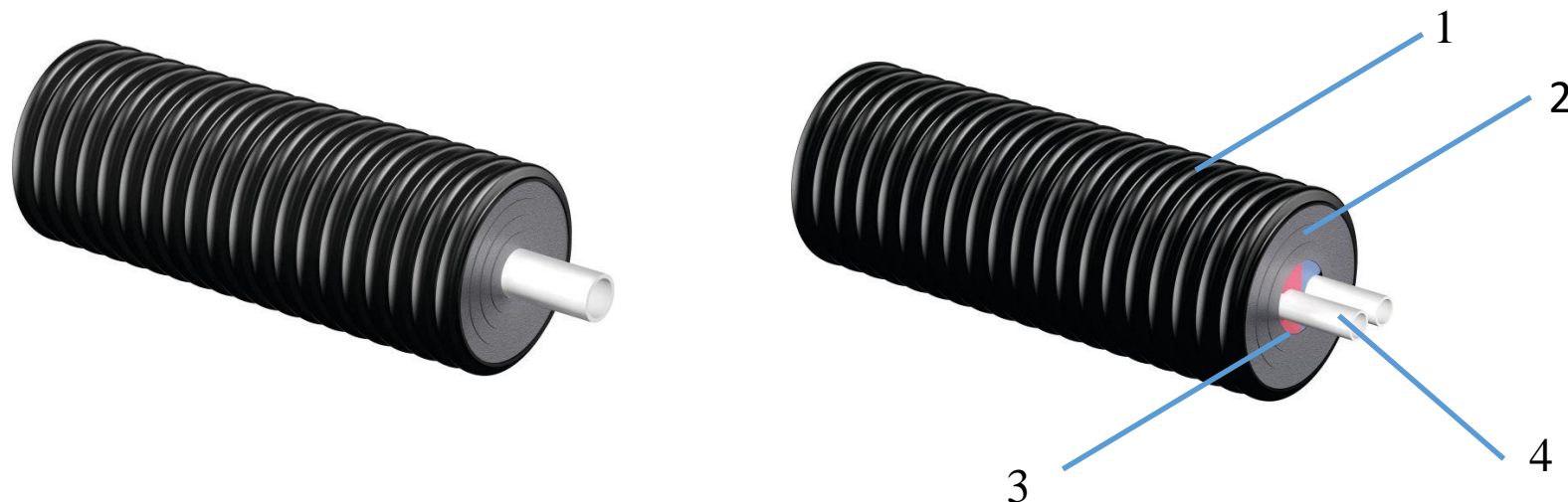


Семейство гибких полимерных армированных труб ИЗОПРОФЛЕКС-А для бесканальной подземной прокладки



1 - внутренний слой; 2 - адгезионный слой; 3 - армирующий слой; 4 - наружный слой; 5 - барьерный слой; 6 - теплоизоляционный слой; 7 - защитная оболочка

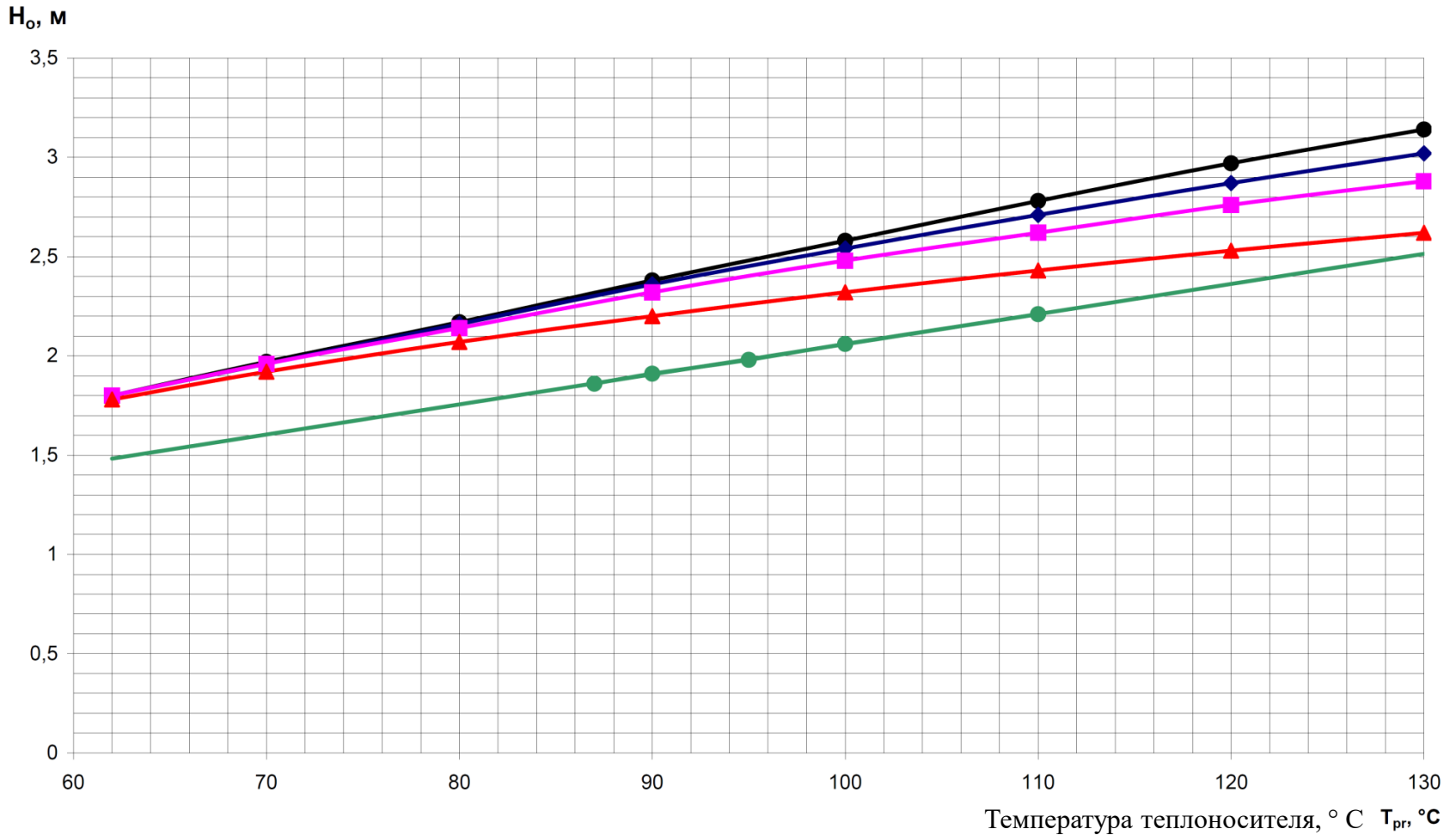
Теплоизолированные трубы Uronor Ecoflex Thermo для бесканальной подземной прокладки



1 – защитный слой из полиэтилена высокой плотности; 2 – теплоизоляция из вспененного сшитого полиэтилена РЕХ; 3 – двухцветная сердцевина; 4 – несущая труба из сшитого полиэтилена РЕХа

Расчет глубины оттаивания и промерзания в основании подземных и наземных магистральных трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах (СП 25.13330.2020)

Глубина оттаивания, м



—●— 50 лет —◆— 30 лет —■— 20 лет —▲— 10 лет —●— 30 лет; Ecoflex Thermo — Lineйный (30 лет; Ecoflex Thermo)

ИЗОПРОФЛЕКС-А

Uponor Ecoflex Thermo

Принципы строительства на многолетнемерзлых грунтах

При строительстве на многолетнемерзлых грунтах в зависимости от конструктивных и технологических особенностей зданий и сооружений, инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправленного изменения свойств грунтов основания применяется один из следующих принципов использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания сооружений (СП 25.13330.2020) :

принцип I – многолетнемерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения, или с допущением их промораживания в период строительства и эксплуатации;

принцип II – многолетнемерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения).

Принцип III – прокладка подземных бестраншейных теплопроводов из условия сохранения глубины деятельного слоя грунта.

Необходимое заглубление, конструкция и характеристики тепловой изоляции подземного бестраншейного теплопровода определяются из условия сохранения глубины деятельного слоя. Глубина оттаивания в окрестности теплопровода останется стабильной на протяжении многих лет. Выполненные расчеты показали возможность такого решения.



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ