

УДК 622.692.4.076:662.998

## Совершенствование конструктивных решений по теплоизоляции газопроводов на мерзлых грунтах

А.С. Кузьбожев<sup>1\*</sup>, Т.И. Работинская<sup>1</sup>, И.В. Шишкин<sup>1</sup>, И.Н. Бирилло<sup>1</sup>, П.А. Кузьбожев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, Российская Федерация, 169330, Республика Коми, г. Ухта, ул. Севастопольская, д. 1-а

\* E-mail: a.kuzbozhev@sng.vniigaz.gazprom.ru

**Тезисы.** В соответствии с проектом на строительство магистральных газопроводов (МГ) Бованенково – Ухта предусмотрено применение теплоизоляционных материалов – для теплоизоляции труб и грунтовых оснований. Ряд факторов – строительных и эксплуатационных – могут приводить к развитию повреждений в теплоизоляции газопровода, в частности, механическое воздействие мерзлого грунта на поверхность теплоизоляции при засыпке газопровода может привести к сдвигу сегментов теплоизоляции.

Конструкция теплоизоляции газопровода представляет собой кольцевую теплоизоляцию, сформированную из сегментов, выполненных из теплоизоляционного материала (пенополистирол), размещаемых на внешней поверхности труб и закрепляемых с помощью стальных или пластиковых полос, оснащенных фиксирующими элементами. Также теплоизоляционное покрытие дополнительно оснащают гидроизолирующей оболочкой.

Наряду с теплоизоляцией труб применяют теплоизоляцию основания насыпей линейных объектов и участков наземной прокладки МГ, выполненную из жестких плоских плит. Теплоизоляцию стенок и дна траншеи также выполняют из жестких плоских плит, укладываемых на выровненное грунтовое основание.

В процессе проведения строительных работ, в том числе засыпки газопровода грунтом, возможно образование разобращения сегментов кольцевой теплоизоляции. Также формирование нарушений в теплоизоляции возможно в случае наличия на дне траншеи для укладки газопровода или в насыпном основании мерзлых или скальных фрагментов грунта, при взаимодействии с которыми будет происходить разрушение сегментов покрытия в окрестности нижней образующей труб.

С целью решения возникающих задач была разработана конструкция теплоизоляционного экрана (патент РФ № 2703839, патентообладатель ПАО «Газпром»), позволяющего исключить риски возникновения нарушений сплошности кольцевой теплоизоляции и теплоизоляционного экрана, вызванные относительными перемещениями грунта и трубопровода, просадкой грунтового основания.

В соответствии с проектом на строительство магистрального газопровода (МГ) Бованенково – Ухта для теплоизоляции труб и грунтовых оснований предусмотрено применение теплоизоляционных материалов. В том случае, если теплоизоляция при последующей эксплуатации газопровода будет сохранять монолитность слоя покрытия, это минимизирует влияние теплового поля на вмещающие газопровод грунты и грунтовые основания технологических объектов. При этом исключается критическое изменение температурного режима мерзлых или талых грунтов, сопровождающееся снижением их несущей способности или увеличением объема при промерзании. Однако ряд строительных и эксплуатационных факторов могут приводить к развитию повреждений в теплоизоляции газопровода. В частности, механическое воздействие мерзлого грунта на поверхность теплоизоляции при засыпке газопровода может привести к сдвигу сегментов теплоизоляции. Аналогично к смещениям теплоизоляции с образованием зазоров между сегментами могут приводить подвижки газопровода при эксплуатации, механическое взаимодействие газопровода с мерзлыми грунтами, взаимные перемещения грунта и газопровода. Поэтому важным направлением обеспечения сохранности теплоизоляции газопроводов является разработка практических мер по предотвращению возможных нарушений в теплоизоляционных покрытиях, внедряемых на стадии строительства газопроводов.

**Ключевые слова:** магистральный газопровод, мерзлый грунт, пучинистый грунт, теплоизоляция.

### Конструкция теплоизоляции газопровода

Кольцевую теплоизоляцию труб газопровода при строительстве формируют из сегментов, выполненных из теплоизоляционного материала (пенополистирола), размещаемых на внешней поверхности труб и закрепляемых с помощью стальных или пластиковых полос, оснащенных фиксирующими элементами (рис. 1а).

Сегменты кольцевой теплоизоляции для труб МГ диаметром 1420 мм представляют собой блоки высотой 100 мм, шириной 0,25...0,65 м, длиной 2,5...4,0 м, боковые поверхности которых имеют ступенчатый профиль, торцевые грани плоские, верхняя и нижняя поверхности криволинейные, соответствующие геометрии наружной поверхности трубы. Размещенные по окружности трубы сегменты формируют секцию кольцевой теплоизоляции труб, последовательно размещенные секции образуют теплоизолированный участок МГ. Теплоизоляцию верхней половины труб формируют из аналогичных теплоизоляционных сегментов (рис. 1б).

Часть участков МГ Бованенково – Ухта с теплоизоляционным покрытием трассового

нанесения, выполненным из сегментов, дополнительно оснащена гидроизолирующей оболочкой, выполненной из ленточного полимерного покрытия «Полилен» или термоусаживаемых лент «Терма-МХ».

Наряду с теплоизоляцией труб применяют теплоизоляцию основания насыпей линейных объектов и участков наземной прокладки МГ, выполненную из жестких плоских плит толщиной 50 мм, шириной 0,6...2,4 м и длиной до 2,4 м, изготовленных из теплоизоляционного материала (пенополиуретана). Верхняя и нижняя поверхности теплоизоляционных плит выполнены гладкими, боковые и торцевые грани имеют ступенчатый профиль. Схема наземной прокладки газопровода помимо применения теплоизоляции предусматривает использование средств инженерной защиты насыпи (рис. 2).

При обустройстве теплоизоляции насыпи жесткие плиты укладывают на основание из уплотненного слоя минерального грунта, перекрытого полотнами из нетканого синтетического материала. Для закрепления жестких плит в основаниях насыпей линейных объектов от возможных перемещений при отсыпке

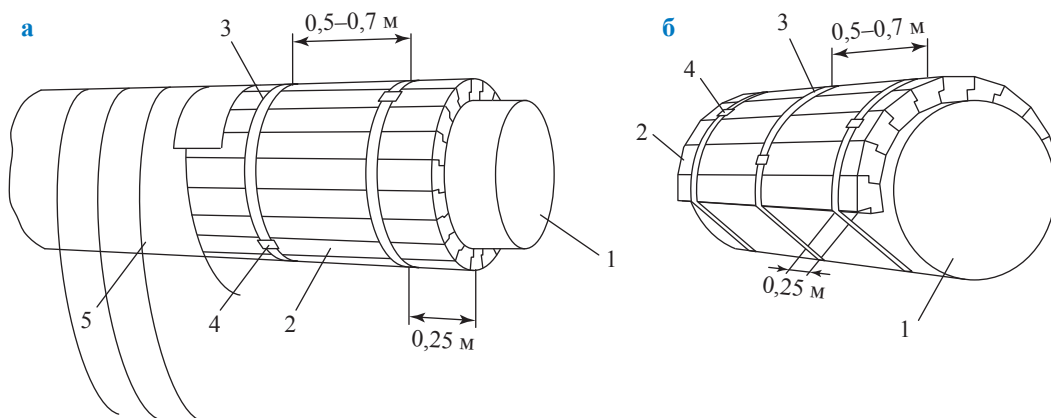


Рис. 1. Схемы кольцевой теплоизоляции трубы (а) и теплоизоляции верхней половины трубы (б): 1 – магистральный газопровод; 2 – сегмент теплоизоляции; 3 – стальная или пластиковая полоса; 4 – фиксирующий элемент; 5 – покрытие из полимерных лент

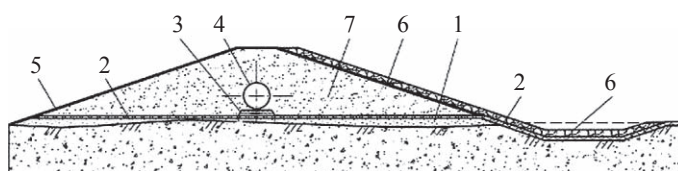
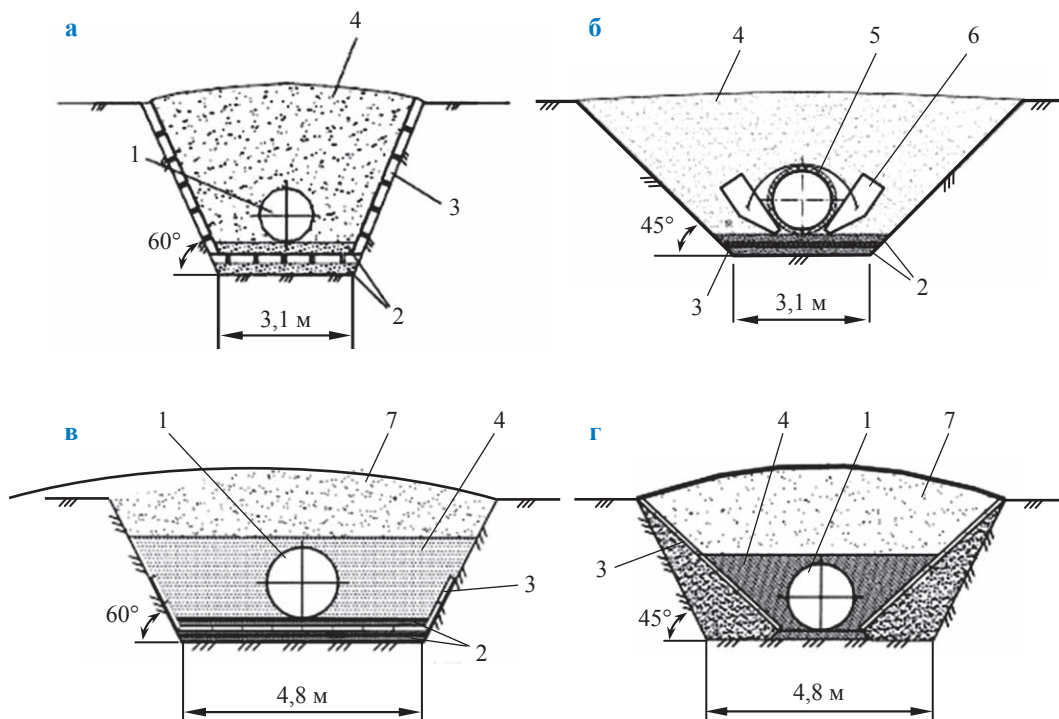


Рис. 2. Схема размещения теплоизоляции в основании насыпи наземного участка магистрального газопровода: 1 – выравнивающий слой привозного минерального грунта; 2 – теплоизоляция (жесткая плита); 3 – насыпное грунтовое основание газопровода; 4 – магистральный газопровод; 5 – средства инженерной защиты насыпи; 6 – георешетка; 7 – насыпь



**Рис. 3. Варианты исполнения теплоизоляции траншеи МГ: стенок и дна траншеи (а); дна траншеи (б); дна траншеи, частичная теплоизоляция стенок (в); стенок траншеи (г), где 1 – МГ; 2 – выравнивающие слои из привозного грунта; 3 – теплоизоляция; 4 – обсыпка МГ из привозного грунта; 5 – теплоизоляция для труб; 6 – устройства для балластировки МГ; 7 – грунт, извлеченный при обустройстве траншеи**

и уплотнении вышележащих слоев грунта (в процессе формирования насыпи) применяют фиксирующие анкеры.

Теплоизоляцию стенок и дна траншеи также выполняют из жестких плоских плит, укладываемых на выровненное грунтовое основание. Вариантами исполнения теплоизоляции стенок и дна траншеи могут быть различные комбинации перекрытия дна и стенок траншеи (рис. 3).

### Возможные нарушения теплоизоляции

Возможные повреждения кольцевой теплоизоляции газопровода обусловлены особенностями конструкции сборной теплоизолирующей оболочки, формируемой из отдельных сегментов. Сборка теплоизоляции из отдельных сегментов при монтаже выполняется вручную, что является достаточно трудоемким процессом, особенно при удерживании и стягивании полностью собранных вокруг трубы сегментов с помощью фиксирующей ленты. В процессе засыпки газопровода грунтом и его последующего оседания силы вертикального давления грунта на поверхность теплоизоляции будут

стремиться разобщить сегменты теплоизоляции с образованием между ними единичных или множественных зазоров (рис. 4а, б).

Подобным нарушениям монолитного слоя теплоизоляции также будет способствовать недостаточное натяжение стяжных хомутов или их разрушение. В результате взаимодействия теплоизоляционного покрытия и грунта возможно разрушение стяжных хомутов, вызывающее смещение и выпадение из теплоизоляционной оболочки отдельных сегментов покрытия (рис. 4в).

Формирование нарушений в теплоизоляции возможно также в случае наличия на дне траншеи для укладки газопровода или в насыпном основании мерзлых или скальных фрагментов грунта, при взаимодействии с которыми будет происходить разрушение сегментов покрытия в окрестности нижней образующей трубы. В случае смещения газопровода в продольном направлении либо продольного смещения грунта возможно образование кольцевых зазоров в теплоизоляции газопровода по торцевым кромкам сегментов теплоизоляции (рис. 4г). Вполне очевидно, что образование указанных

нарушений в теплоизоляции труб возможно лишь при условии отсутствия монолитной покровной гидроизолирующей оболочки из полимерных лент.

В теплоизоляции грунтовых оснований насыпей, а также теплоизоляции стенок и дна траншеи в случаях оседания, оплывания при оттаивании мерзлого грунта могут образовываться зазоры между теплоизоляционными плитами, которые нарушают монолитность теплоизоляционного слоя и существенно снижают его теплоизоляционные свойства (рис. 5).

### Новые технические решения в области теплоизоляции

Для снижения трудоемкости монтажа теплоизоляционных конструкций при строительстве газопроводов предложена усовершенствованная модульная конструкция кольцевой теплоизоляции, формируемой из последовательно размещаемых и соединяемых между собой теплоизолирующих модулей, состоящих

из сегментов, установленных в полимерные обоймы. Для повышения механической прочности и устойчивости теплоизоляции к воздействию мерзлого грунта при эксплуатации газопроводов предложено использование хомутов из эластичного материала с Т-образными выступами, позволяющими закреплять на поверхности трубопровода сегменты и защитное покрытие без использования вспомогательного оборудования и исключая перемещение устанавливаемых сегментов теплоизоляции (рис. 6).

Представленное техническое решение защищено патентом РФ № 2703897 [1].

С целью исключения образования зазоров между теплоизоляционными плитами вследствие неравномерной осадки мерзлого грунтового основания разработана и рекомендована конструкция теплоизоляционного экрана, сохраняющего свою целостность и работоспособность в условиях высоких весовых нагрузок трубопровода и грунта обратной засыпки,

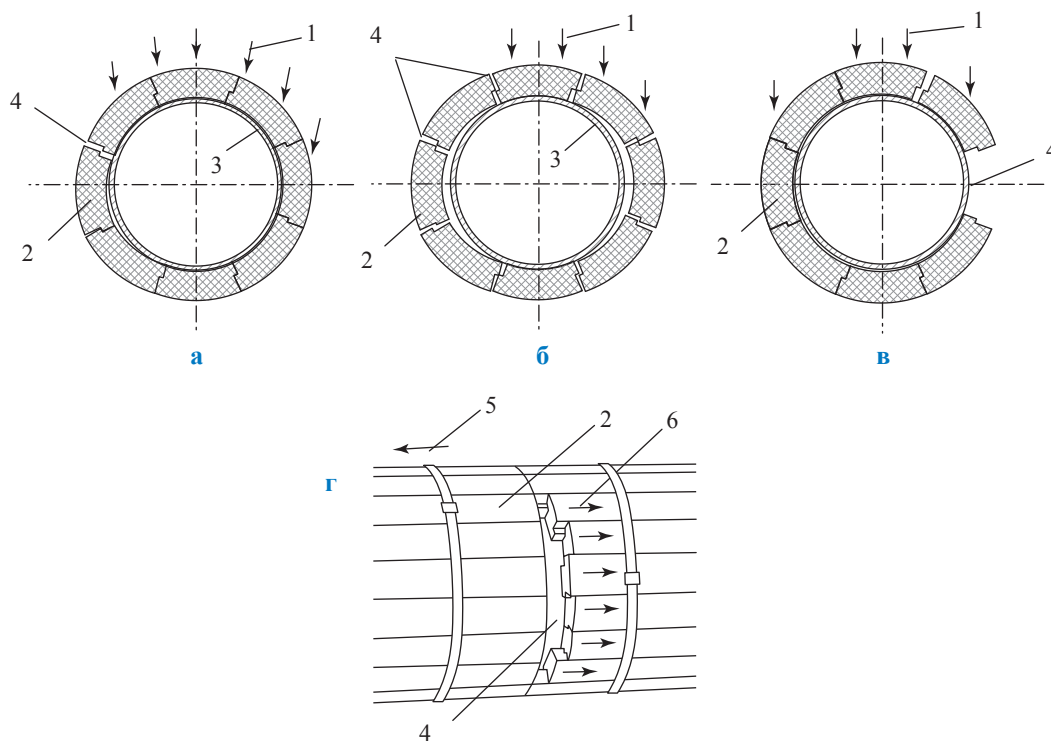
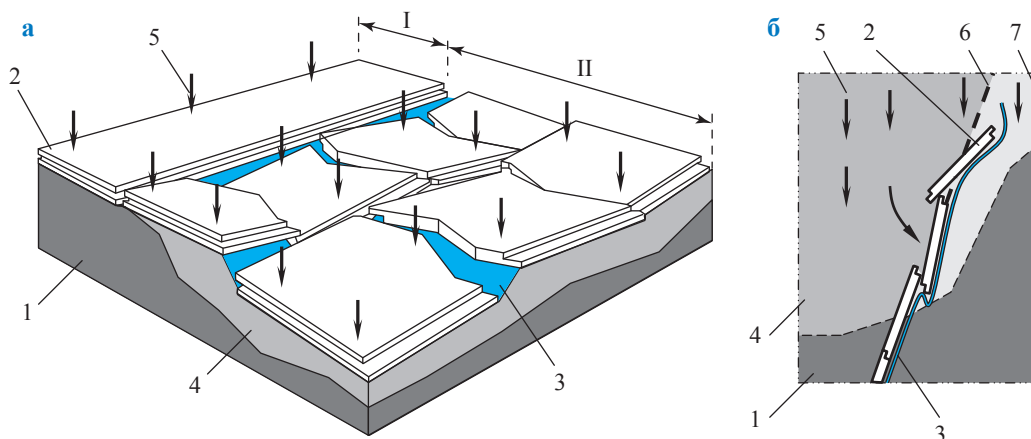
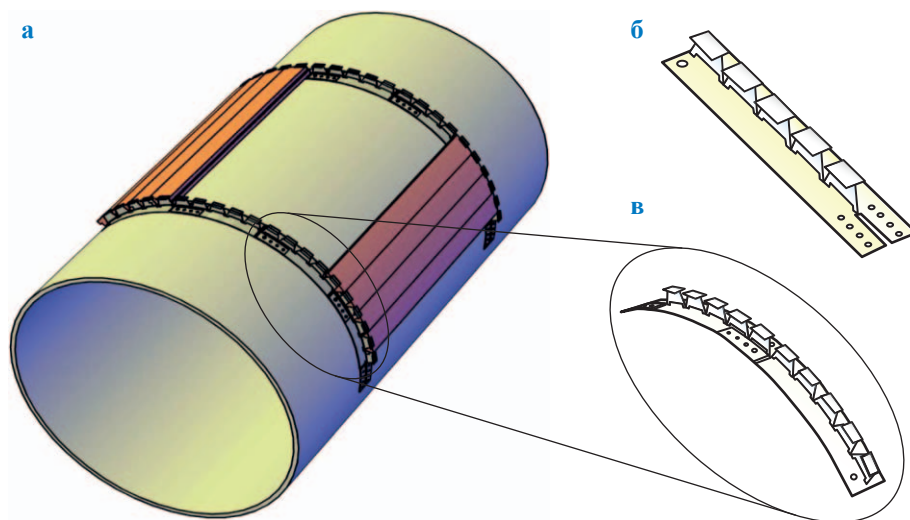


Рис. 4. Возможные нарушения кольцевой теплоизоляции газопровода: единственный продольный зазор между сегментами (а); множественные продольные зазоры между сегментами (б); выпадение единичного сегмента (в); кольцевой зазор по торцевым кромкам сегментов теплоизоляции (г), где 1 – направление воздействия нагрузок со стороны грунта засыпки; 2 – сегменты теплоизоляции; 3 – газопровод; 4 – нарушения теплоизоляции; 5 – направление продольного перемещения газопровода; 6 – направление смещения сегментов



**Рис. 5. Схемы развития повреждений теплоизоляции плитами: осадка, смещение и разрушение теплоизоляционных плит (а) (I – исходное состояние; II – поврежденное состояние теплоизоляции); смещение плит при оттаивании мерзлого грунта у стенок траншеи (б), где 1 – мерзлый грунт; 2 – жесткая (теплоизоляционная плита); 3 – полотно из нетканого синтетического материала; 4 – талый грунт; 5 – направление воздействия нагрузок со стороны вышележащих слоев грунта; 6 – стенка траншеи; 7 – грунт талый с ненарушенной структурой**



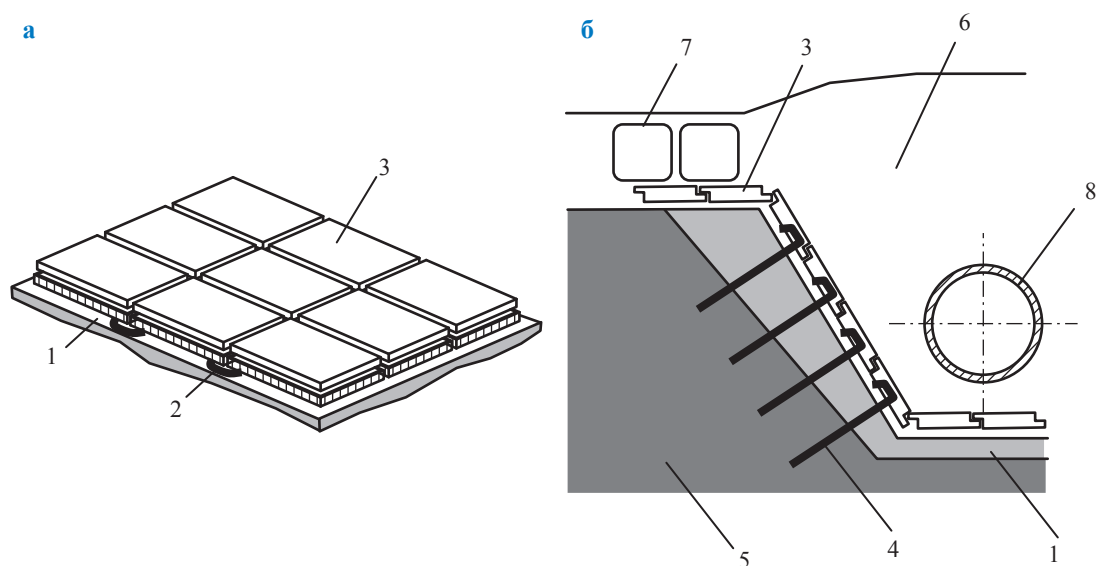
**Рис. 6. Схема монтажа сегментов кольцевой теплоизоляции для труб: схема установки сегментов (а); полимерный модуль (б); схема размещения полимерных модулей на трубе (в)**

при неравномерной осадке выравнивающего слоя грунта на мерзлом грунте основания.

Теплоизоляционный экран содержит теплоизолирующие модули, включающие полимерные обоймы для размещения теплоизоляционных плит из вспененного полимерного материала, соединенные между собой гибкими связями (рис. 7).

Надежность теплоизоляционного экрана обеспечивается за счет использования полимерных обойм, предохраняющих монолитный слой теплоизоляции от разрушения

при неравномерной осадке выравнивающего слоя грунта под действием значительной весовой нагрузки от вышележащих слоев грунта и трубопровода. Монолитность слоя теплоизоляции также обеспечивается за счет возможности адаптации этого слоя к частичным осадкам грунтового основания с повторением его новой конфигурации за счет наличия гибких связей теплоизолирующих модулей, обеспечиваемых с помощью гибких соединительных узлов. Представленное техническое решение защищено патентом РФ № 2703839 [2].



**Рис. 7. Схема теплоизоляционного экрана: общий вид (а); пример его укладки в траншее (б), где 1 – выравнивающий слой грунта; 2 – узел гибкой связи; 3 – теплоизоляционный модуль; 4 – анкер; 5 – мерзлый грунт; 6 – траншея; 7 – мешки с грунтом; 8 – трубопровод**

\*\*\*

Разработанные технические решения [1, 2] позволяют исключить риски возникновения нарушений сплошности кольцевой теплоизоляции и теплоизоляционного экрана, вызванные относительными перемещениями грунта и трубопровода, просадкой грунтового основания. В целом данные технические решения могут быть рекомендованы для применения при сооружении новых, реконструкции и ремонте существующих теплоизолированных трубопроводных систем.

#### Список литературы

1. Пат. 2703897 Российская Федерация, МПК F16L 59/14. Способ теплоизоляции трубопровода / Кузьбожев А.С., Шишкин И.В., Бирилло И.Н., Шкулов С.А., Маянц Ю.А., Елфимов А.В.; патентообладатель ПАО «Газпром». – № 2018138529; заявл. 31.10.2018; опубл. 22.10.2019, Бюл. № 30.
2. Пат. 2703839 Российская Федерация, МПК F16L 59/00, E04B 1/76. Теплоизоляционный экран / Кузьбожев А.С., Шишкин И.В., Бирилло И.Н., Шкулов С.А., Маянц Ю.А., Елфимов А.В.; патентообладатель ПАО «Газпром». – № 2018138531; заявл. 31.10.2018; опубл. 22.10.2019, Бюл. № 30.