

УДК 622.279.5(211)+620.17(18)

А.Г. Филиппов<sup>1</sup>; Б.А. Ерехинский<sup>1</sup>, e-mail: B.Erekhinskiy@adm.gazprom.ru; К.А. Попов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, Россия).

<sup>2</sup> ООО «Газпром добыча Надым» (Надым, Россия).

## К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫХ ЛИФТОВЫХ ТРУБ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В статье рассмотрены технические проблемы, возникающие при строительстве и эксплуатации скважин месторождений нефти и газа на Арктическом побережье Северного Ледовитого океана, где распространены засоленные многолетнемерзлые породы. Описан опыт освоения газовых месторождений в районах Крайнего Севера. Приведены технические решения по обеспечению устойчивости скважин на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении (НГКМ), в том числе решение по использованию теплоизолированных лифтовых труб. Рассмотрены варианты конструкции теплоизолированных лифтовых труб, приведены преимущества и недостатки экранно-вакуумной изоляции. Обоснована необходимость повышенных мер контроля работоспособности теплоизолированных лифтовых труб на месторождениях как перед спуском, так и во время эксплуатации в скважине. Предложен тепловизионный способ контроля теплоизолированных лифтовых труб в целях снижения рисков спуска в скважину труб с нарушенными теплоизоляционными свойствами. Кроме того, предложен метод контроля работоспособности теплоизолированных лифтовых труб при эксплуатации скважины с использованием распределенного датчика температуры – опτικο-волоконного кабеля. Приведены основные характеристики современных систем распределенного датчика температуры и результаты обработки полученной информации.

**Ключевые слова:** многолетнемерзлые породы, скважина, теплоизолированные лифтовые трубы, экранно-вакуумная изоляция, тепловизионный способ контроля, распределенный датчик температуры.

Одно из перспективных направлений добычи углеводородов в Российской Федерации связано во многом с освоением новых месторождений нефти и газа на Арктическом побережье Северного Ледовитого океана. Распространение в этом регионе засоленных многолетнемерзлых пород (ММП) осложняет его освоение. Несмотря на имеющиеся результаты, проблема изучения образования засоленных многолетнемерзлых пород и их свойств далека от разрешения и продолжает оставаться актуальной [1].

Суровый климат и широкое распространение многолетней мерзлоты предъявляют особые требования к строительству и эксплуатации скважин [2].

Эксплуатируемая скважина вступает с окружающими мерзлыми породами не только в физико-химическое взаимодействие. Чаще наиболее важным фактором, влияющим на устойчивость стенок ствола скважины в ММП, является тепловое воздействие, в результате которого стенка скважины теряет устойчивость и разрушается.

Еще одной проблемой при эксплуатации скважин в зоне ММП может являться повышенное гидратообразование, причем при остановках скважины может происходить ее полная блокировка газогидратами.

Одно из решений проблемы растепления зоны ММП состоит, с одной стороны, в учете этого явления при расчете прочностных характеристик обсадных колонн на смятие внешним давлением, а с другой – в регулировании температуры в межтрубном и затрубном простран-

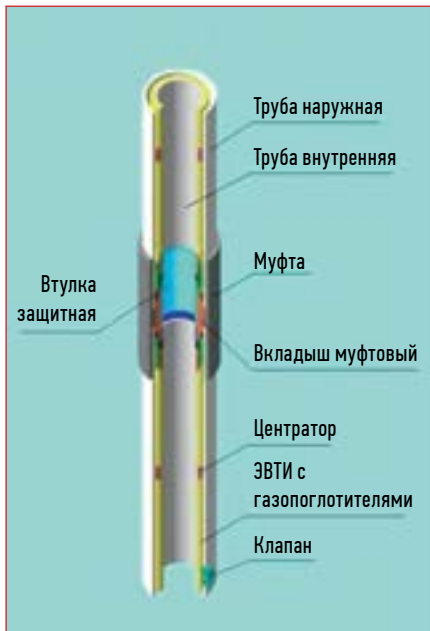


Рис. 1. Конструкция ТЛТ

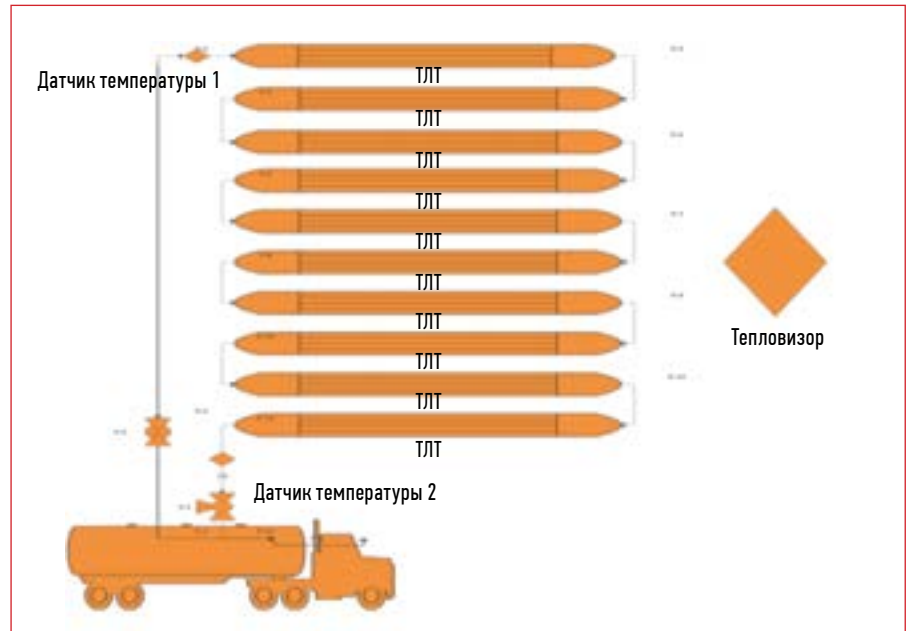


Рис. 2. Схема стенда для нагрева внутренних труб ТЛТ и тепловизионной съемки

стве эксплуатируемой скважины с применением теплоизолированных конструкций [3].

При разработке технических решений по обеспечению устойчивости скважин на Бованенковском НГКМ ПАО «Газпром» совместно

с научно-исследовательскими и проектными институтами решало проблему по двум направлениям:

1) размещение кустовых площадок на участках с наименее неблагоприятными геокриологическими условиями на основе специали-

зированного геокриологического картирования и мерзлотного параметрического бурения;

2) разработка комплексных решений по термостабилизации многолетнемерзлых грунтов в приустьевой зоне с использованием



**УРАЛИНТЕХ**

Россия, 620017, г. Екатеринбург,  
пр. Космонавтов, 18  
тел./факс: +7(343)270-87-00  
+7(343)270-87-10 (размещение заказа),  
+7(343)380-02-32 (дирекция по продажам)  
[www.uralinteh.com](http://www.uralinteh.com)

### АО "УРАЛИНТЕХ"

АО "УРАЛИНТЕХ" выпускает наукоемкую продукцию из цветных и драгоценных металлов; имеет сертификат соответствия ISO 9001:2008. Научный потенциал подтвержден 13 патентами.

Для газовой отрасли разработаны и выпускаются малорастворимые заземлители АЗК-ОП и АЗК-МП, которые **включены в Реестр оборудования ЭХЗ ОАО «Газпром»**. Специфика предприятия позволяет производить легкие, малогабаритные, удобные при монтаже заземлители, работающие в любых грунтах, в т.ч. в условиях блуждающих токов в течение не менее:

- 50 лет – в грунте;
- 35 лет – в водной, в том числе морской, среде.

### Преимущества АЗК-МП и АЗК-ОП

— малые габариты (1200x Ø0,06) мм и масса (не более 3,5 кг) позволяют вести монтаж подповерхностных и глубинных заземлений:

- ручную;
- с применением средств малой механизации;
- на малой площади (в стесненных условиях, например, на компрессорных станциях);

— высокая степень заводской готовности:

- существенно сокращает затраты при монтаже;
- повышает надежность герметизации контактных узлов и заземлителя в целом;

— заземлители с металлическим покрытием – АЗК-МП

- применимы в условиях повышенного уровня наведенных переменных токов;

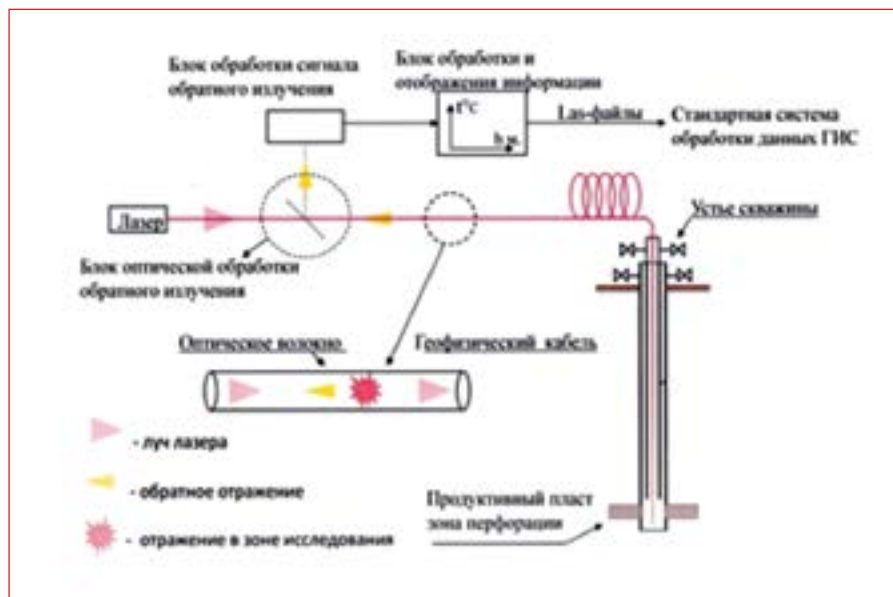


Рис. 3. Принцип работы распределенного датчика температуры

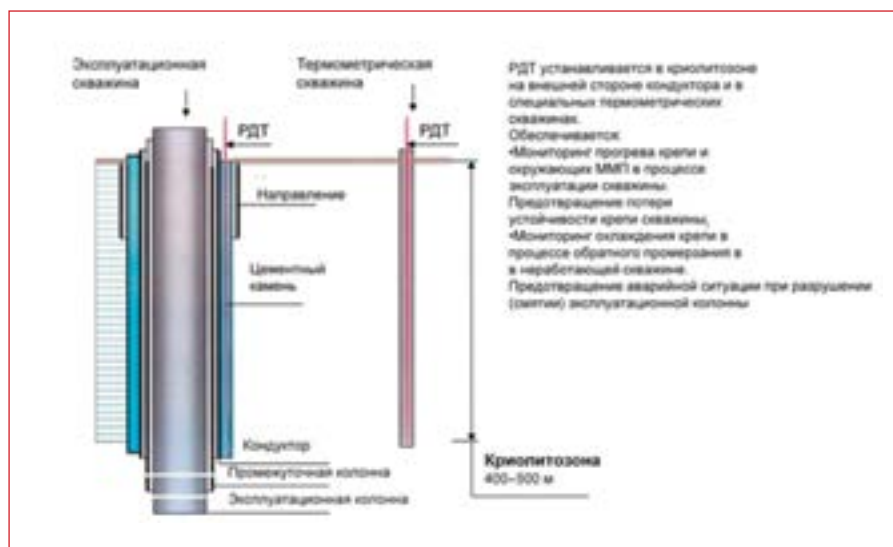


Рис. 4. Схема мониторинга прискважинных участков в зоне ММП

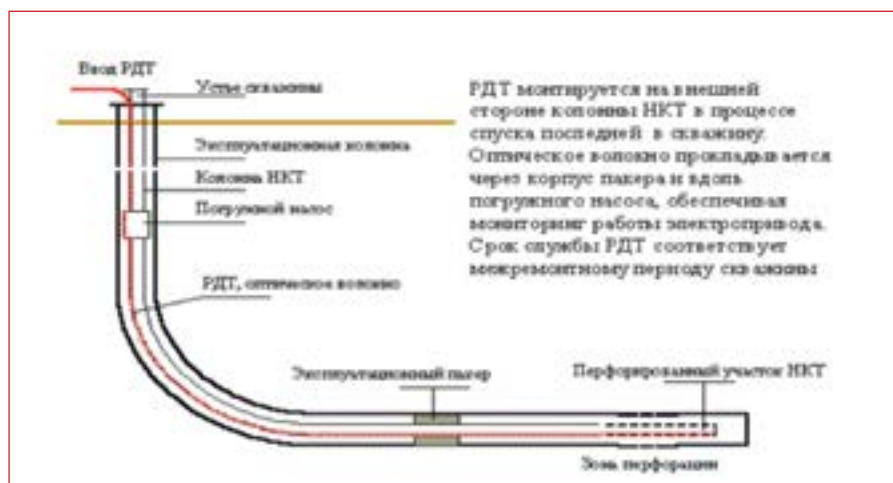


Рис. 5. Схема прокладки РДТ в скважине с горизонтальным участком

теплоизолированных лифтовых труб и парожидкостных охлаждающих систем.

С целью исключить приустьевое оттаивание многолетнемерзлых пород в условиях Бованенковского месторождения предусмотрено использование теплоизолированных лифтовых труб (ТЛТ).

#### ГЛАВНЫЕ ДОСТОИНСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЛТ:

- снижение затрат на отсыпку грунтов и уменьшение размера кустовой площадки вследствие сокращения допустимого расстояния между устьями. В частности, если сравнивать ТЛТ со стандартными нетеплоизолированными лифтовыми колоннами, применение ТЛТ позволяет снизить это расстояние с 18 до 10 м при одинаковых условиях. Согласно проектным расчетам экономия только на отсыпке грунтов приводит к общей экономии на обустройстве кустовой площадки на 10 %;

- предотвращение порчи оборудования вследствие растепления многолетнемерзлых грунтов;
- сокращение размера кустовой площадки уменьшает площадь негативного воздействия на окружающую природу.

ТЛТ представляет собой конструкцию из двух труб с размещением трубы меньшего диаметра в трубе большего диаметра (конструкция «труба в трубе»), соединенных между собой сварным швом. Межтрубное пространство заполняется экранно-вакуумной изоляцией для уменьшения теплотерь и вакуумируется. Для поддержания высокого вакуума в процессе эксплуатации в межтрубное пространство вводится газопоглотитель (рис. 1) [4].

#### К ОСНОВНЫМ ПРЕИМУЩЕСТВАМ ЭКРАНО-ВАКУУМНОЙ ИЗОЛЯЦИИ МОЖНО ОТНЕСТИ СЛЕДУЮЩИЕ СВОЙСТВА:

- экранно-вакуумная изоляция обеспечивает самую низкую теплопроводность теплоизолированных конструкций;

- применение специальных газопоглотителей (прежде всего водорода) обеспечивает продолжительный срок отсутствия конвективного теплообмена в межтрубном пространстве ТЛТ;
- теплоотражающие экраны из алюминиевой фольги препятствуют инфракрасному нагреву наружной трубы ТЛТ, другие теплоизолирующие материалы пока не могут обеспечить заданных теплоизоляционных свойств в малых межтрубных пространствах.

**ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ КОНСТРУКЦИИ ТЛТ С ЭКРАННО-ВАКУУМНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ:**

- неремонтируемая конструкция в условиях трубных баз и в полевых условиях;
- резьбовое соединение рассчитано на ограниченное число спуско-подъемных операций (СПО) (даже применение резьбовых соединений класса премиум позволяет про-

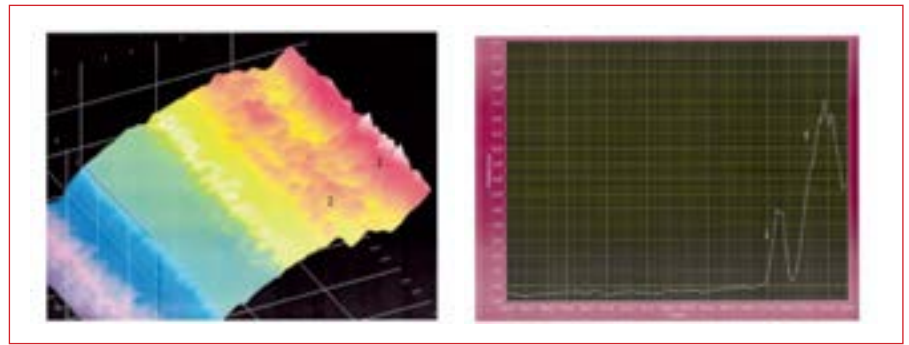


Рис. 6. 3D-съемка температурного распределения в скважине (а) и результат математической обработки 3D-съемки температурного распределения в скважине (б)

- извести до 10 гарантированных свинчиваний-развинчиваний при условии правильного обращения с резьбой);
- высокая чувствительность к механическим повреждениям с потерей вакуума;
- ограниченность применения в искривленных стволах скважин;
- индивидуальные условия производства для разных температурных режимов эксплуатации.

Изложенные выше недостатки требуют повышенных мер контроля работоспособности ТЛТ на месторождениях как перед спуском, так и во время эксплуатации в скважине. Наиболее доступным вариантом диагностики работоспособности (исправности) ТЛТ перед спуском может служить тепловизионная съемка труб, подключенных к передвижной парогенераторной установке (ППУ) (рис. 2).

# ООО "НЕФТЕГАЗКОМПЛЕКТ"

Г. РЕУТОВ, МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ  
 УЛ. ТРАНСПОРТНАЯ Д.6  
**ТЕЛ. (495) 786 68 11**  
**786 68 12, 786 68 13**  
 EMAIL SALES@NGKOMPLECT.RU



КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ  
 ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ  
 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ  
 НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ:

**ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ**  
**ТРУБЫ В ИЗОЛЯЦИИ**  
**ОТВОДЫ**  
**УСЛУГИ ПО ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ**



[WWW.NGKOMPLECT.RU](http://WWW.NGKOMPLECT.RU)

Данный способ контроля снижает риски спуска в скважину ТЛТ с нарушенными теплоизоляционными свойствами. Кроме этого, имея тепловизионный снимок каждой ТЛТ, сделанный на заводе, можно совместить их и определить, насколько повлияли транспортировка и хранение на работоспособность изделия. Съемку можно повторить при следующих СПО.

Вместе с тем, чтобы минимизировать риски растепления ММП и более эффективно применять средства дополнительного охлаждения приустьевых зон, необходимо вести постоянный температурный мониторинг тепловых режимов в скважине и в зоне за кондуктором. Для этих целей может быть применен метод распределенного датчика температуры (РДТ), которым является оптико-волоконный кабель, принцип работы которого представлен на рис. 3.

На рис. 4 представлена схема расположения РДТ при мониторинге температурного градиента в зоне ММП. Регистрирующая аппаратура может быть подключена к центральному пункту управления и контроля как по периодической схеме с временным подключением, так и по радиоканалу в режиме on-line постоянно. Единственно, о чем необходимо позаботиться при монтаже РДТ, – это антивандальная защита устьев термометрических скважин. Как показала практика, отсутствие такой защиты привело к тому, что многие термометрические скважины, заложенные в ряде проектов, оказались неработоспособными. Систему РДТ можно также заложить вдоль всего ствола скважины (рис. 5).

#### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ РДТ:

- максимальная длина оптико-волоконного кабеля-датчика – 5000 м;
  - пространственное разрешение (интервал дискретизации), шаг измерения регулируется, минимальный шаг измерения:
    - 0,25 м при длине кабеля-датчика до 2000 м;
    - 0,5 м при длине кабеля-датчика до 5000 м;
  - рабочий диапазон измерения температуры для кабеля-датчика, оснащенного стандартным оптическим волокном (ОВ) 50/125 мкм, составляет от –40 до 120 °С;
  - сенсорный температурный диапазон при оснащении кабеля-датчика специальным ОВ составляет от –40 до 700 °С;
  - точность измерения абсолютной температуры  $\pm 1$  °С;
  - температурное разрешение:
    - 0,08 °С при длине кабеля-датчика до 2000 м;
    - 0,10 °С при длине кабеля-датчика до 5000 м;
  - разрешение при определении степени относительного измерения температурного градиента при математической обработке данных – 0,02 °С;
  - время одного измерения температуры (время обновления данных) регулируется, минимальное время измерения – 10 с;
  - интерфейсы: интерфейс компьютера – USB, LAN;
  - число каналов одного прибора в режиме мониторинга – до 12.
- Результаты проведенных замеров могут быть представлены в виде графиков и диаграмм, показанных на рис. 6.

Как видно из графика на рис. 6б, получены данные как о сохранении температурного поля в верхней части колонны, так и о зонах нахождения перетока газа на участке 2 и продуктивного пласта на участке 1. Таким образом, показано, что применение ТЛТ является одним из эффективных методов предотвращения растепления ММП и связанных с этим аварий. Но сама конструкция ТЛТ требует повышенного внимания и контроля. На сегодняшний день перед спуском ТЛТ в скважину на месторождениях ПАО «Газпром» повторение заводской методики контроля работоспособности [4, 5] крайне дорого и требует специального оборудования и продолжительного времени. Тепловизионный метод съемки позволяет исключить эти недостатки и ускорить процесс диагностирования. Применение оптико-волоконных методов контроля температурных градиентов позволяет сделать процесс мониторинга за состоянием ММП, ТЛТ и герметичности колонн более простым по аппаратурному оформлению, вести мониторинг постоянно в режиме on-line с высокой точностью определения температурных градиентов и зон негерметичности. При этом блок регистрирующей аппаратуры, который может обслуживать 4–12 скважин (в зависимости от того, сколько каналов займет одна скважина), находится в постоянном режиме. Описанные способы диагностики и мониторинга работоспособности ТЛТ могут быть рекомендованы для использования на месторождениях ПАО «Газпром» с привлечением специализированной сервисной компании.

#### Литература:

1. Брушков А.В. Засоленные многолетнемерзлые породы арктического побережья, их происхождение и инженерно-геологические особенности: дис. ... д-ра геол.-мин. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1998.
2. Многолетние мерзлые породы (грунты) // Научно-информационный портал ВИНТИ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://earth.viniti.ru> (дата обращения: 09.04.2016).
3. Киршин В.И., Ерехинский Б.А., Чернухин В.И., Рекин С.А. Новая трубная продукция для добычи природного газа – результат научно-технического сотрудничества ОАО «Газпром» и ОАО «Трубная Металлургическая Компания» // Газовая промышленность. 2014. № 5. С. 86–88.
4. СТО Газпром 2-3.2-174-2007. Технические требования к теплоизолированным лифтовым трубам.
5. ТУ 14-161-236-2010. Трубы теплоизолированные насосно-компрессорные в хладостойком исполнении и муфты к ним с газогерметичными резьбовыми соединениями «ТМК GF», «ТМК CS» и «ТМК FMT» для месторождений ОАО «Газпром».