

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫХ ЛИФТОВЫХ ТРУБ В УСЛОВИЯХ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

УДК 622.279.5

С.Г. Чикалов, д.т.н., ПАО «ТМК» (Москва, РФ), ChikalovSG@tmk-group.com

И.Ю. Пышминцев, д.т.н., ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (Челябинск, РФ), PyshmintseviU@tmk-group.com

Е.М. Засельский, ПАО «СинТЗ» (Каменск-Уральский, РФ), ZaselskiyEM@sintz.ru

А.П. Медведев, д.т.н., ПАО «ТМК», MedvedevAP@tmk-group.com

К.Л. Марченко, к.т.н., ПАО «ТМК», MarchenkoKL@tmk-group.com

Н.Т. Тихонцева, к.т.н., ПАО «СинТЗ», nt1703@yandex.ru

В связи с развитием добычи нефти и газа в северных регионах мира все большую актуальность приобретает использование тепловых методов, в частности применение теплоизолированных лифтовых труб. В статье представлен опыт разработки, стендовых испытаний и промышленной эксплуатации отечественных теплоизолированных лифтовых труб на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении (п-ов Ямал).

Впервые в практике российской газодобывающей компании использовано комплексное теплотехническое решение (теплоизолированные лифтовые трубы и система температурной стабилизации грунтов), обеспечивающее сохранение в многолетнемерзлом состоянии горных пород в пределах газовой скважины и объектов кустовой площадки.

По результатам термометрических наблюдений установлено, что на скважинах, термостабилизация многолетнемерзлых пород которых осуществляется только за счет работы сезонно действующих систем температурной стабилизации грунтов (без применения теплоизолированных лифтовых труб), фиксируется повышение температуры вмещающих грунтов по стволу скважины. В скважинах, дополнительно обустроенных теплоизолированными лифтовыми трубами, за счет их совместной работы с системами охлаждения в пределах цементного кольца сохраняются отрицательные температуры в течение всего года и кустовые основания остаются в многолетнемерзлом состоянии. Существенных просадок в приустьевых зонах скважин, деформаций обсадных колонн и фундаментов трубопроводных обвязок не отмечается.

Применение комплексных решений по термостабилизации устьевых зон скважин позволило сблизить скважины в кусте до 20 м и снизить до 30 % затраты на обустройство кустовых площадок за счет сокращения их размеров, получив значительный экономический эффект.

Для технологий пароинжекции может быть использован теоретический расчет снижения температуры пара от устья до забоя скважины в зависимости от коэффициента теплопроводности теплоизолированных лифтовых труб и длины колонны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫЕ ЛИФТОВЫЕ ТРУБЫ, ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, ГЕТТЕР, ВАКУУМ, МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ.

Продвижение добычи нефти и газа в северные районы земного шара, добыча нефти с помощью тепловых методов выявили потребность в применении теплоизолированных лифтовых труб (ТЛТ), для которого характерно два основных направления.

Во-первых, при добыче нефти и газа в районах с многолетнемерзлыми породами ТЛТ при-

меняются в целях исключения растепления грунта в затрубном пространстве и, соответственно, предотвращения разрушения всей инфраструктуры скважины. Кроме того, исключается образование парафиновых и газогидратных пробок из-за снижения температуры добываемой среды в верхней части скважины. Данный класс труб минимизирует

передачу тепла от добываемого флюида в окружающее пространство, а также снижает влияние отрицательных температур стенок скважины на температуру добываемой среды.

Во-вторых, внедрение в нефтяной промышленности тепловых методов добычи нефти, в частности пароциклических методов добычи «тяжелой» (вязкой) нефти

Chikalov S.G., Doctor of Sciences (Engineering), TMK PJSC (Moscow, Russian Federation), ChikalovSG@tmk-group.com

Pyshmintsev I.Yu., Doctor of Sciences (Engineering), Russian Research Institute of the Tube & Pipe Industries OJSC (Chelyabinsk, Russian Federation), PyshmintsevIU@tmk-group.com

Zaselsky E.M., SinTZ PJSC (Kamensk-Uralsky, Russian Federation), ZaselskiyEM@sintz.ru

Medvedev A.P., Doctor of Sciences (Engineering), TMK PJSC, MedvedevAP@tmk-group.com

Marchenko K.L., Candidate of Sciences (Engineering), TMK PJSC, MarchenkoKL@tmk-group.com

Tikhontseva N.T., Candidate of Sciences (Engineering), SinTZ PJSC, nt1703@yandex.ru

Experience of application of insulated lift pipes in the conditions of gas fields in the North of Western Siberia

Development of the oil and gas production in the northern regions of the world leads to the increasing relevance of the thermal methods use, in particular the use of insulated lift pipes. The article presents the experience of development, bench testing and industrial operation of domestic insulated lift pipes at the Bovanenkovskoe oil and gas condensate field (Yamal Peninsula). For the first time in the practice of the Russian gas producing company, an integrated heat engineering solution (insulated lift pipes and a system of temperature stabilization of soils) was used, ensuring the preservation of rocks in the permafrost state within the gas well and objects of the cluster pad.

According to the results of thermometric observations, it was found that in the wells with permafrost stabilization only by seasonally operating systems (without using insulated lift pipes), the temperature rise of the surrounding soils is recorded along the wellbore. In the wells, additionally equipped with insulated lift pipes, the negative temperatures are maintained in the cement ring throughout the year and the cluster foundations are kept in the permafrost state due to the joint operation of these lift pipes with cooling systems. There were no significant subsidence in the wellhead areas of wells, deformations of casing strings and foundations of piping.

The use of integrated solutions for temperature stabilization of wellhead areas of wells allowed to locate the wells in the cluster up to 20 m closer and reduce the cost of arrangement of cluster pads by 30% by reducing their size, and to get a significant economic effect. For steam injection technologies, a theoretical calculation can be used to reduce the temperature of steam from the wellhead to the bottom of a well, depending on the thermal conductivity of the insulated lift pipes and the length of the string.

KEYWORDS: INSULATED LIFT PIPES, HEAT CONDUCTIVITY, GETTER, VACUUM, PERMAFROST.



Базовая конструкция ТЛТ
Basic construction of the insulated lift pipe

в целях увеличения дебита скважины. Данные методы предусматривают нагнетание в глубь скважины теплоносителя с температурой до 350 °С и последующим подъемом на поверхность нефти с пониженной вязкостью.

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЛТ

По строению ТЛТ состоит из двух коаксиально зафиксированных по торцам наружной и внутренней трубы с заполненным тепловой изоляцией (вмещающей газо-

поглотители, или геттеры) межтрубным пространством (см. рис.). После сборки труб межтрубное пространство вакуумируется. Для сборки теплоизолированной колонны ТЛТ используются муфтовые соединения с газогерметичными резьбами класса «Премиум» или резьбой «Баттресс» и муфтовым вкладышем из теплоизолирующего материала.

Разработанная российской компанией – производителем ТЛТ конструкция теплоизолированной трубы (защищено патентами РФ [1–3]) перед промышленным применением на месторождении была испытана в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» с использованием специально разработанного стендового оборудования для проведения теплофизических исследований. В процессе исследований определялся коэффициент теплопроводности вакуумной изоляции ТЛТ. Нагрев внутренней трубы и выход на стационарный тепловой

режим обеспечивался потоком воздуха, нагретого до 85–95 °С на входе каждой из двух сборок ТЛТ.

После прогрева и достижения режима стационарного теплового потока в каждой сборке из двух свинченных теплоизолированных труб проводились измерения: температуры на внутренней стенке внутренней трубы; температуры на внешней стенке наружной трубы; теплового потока на внешней стенке наружной трубы в окрестности радиуса теплоизолированной трубы, достаточно удаленного от области сварки наружной и внутренней труб.

По результатам измерений на основе средних значений вычислялись коэффициенты теплопроводности вакуумной изоляции ТЛТ.

Расчет коэффициента теплопроводности проводился по формуле:

$$\lambda_{\text{изол}} = q \cdot \frac{D_3 \cdot \ln \frac{D_3}{D_2}}{2(T_1 - T_4)}$$

Таблица 1. Результаты испытаний ТЛТ в ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
Table 1. Test results of insulated lift pipes in Gazprom VNIIGAZ LLC

№ опытного образца No. of prototype	Температура, °C Temperature, °C		Тепловой поток q , Вт/м ² Heat flow rate q , W/m ²	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{изол}}$ Вт/(м·К) Thermal conductivity coefficient $\lambda_{\text{изол}}$ W/(m·K)
	внутренняя T_1 internal T_1	внешняя T_4 external T_4		
1	88,5	29,2	11,2	0,004
2	83,4	28,0	12,3	0,005
3	93,1	34,9	21,5	0,008
4	87,1	33,0	15,4	0,006
Требования СТО Газпром 2-3.2-174-2007 [8] Requirements of the Company Standard STO Gazprom 2-3.2-174-2007 [8]				≤0,012

Таблица 2. Результаты замеров температуры грунтов
Table 2. Results of soil temperature measurements

Глубина, м Depth, m	Скв. № 5303 Well No. 5303		Температура газа, °C Gas temperature, °C	Скв. № 4614 Well No. 4614		Температура газа, °C Gas temperature, °C	Скв. № 5306 Well No. 5306		Температура газа, °C Gas temperature, °C
	Температура грунта, °C Soil temperature, °C			Температура грунта, °C Soil temperature, °C			Температура грунта, °C Soil temperature, °C		
	15.01.2016 January 15, 2016	15.06.2017 June 15, 2017		15.07.2017 July 15, 2017	04.08.2017 August 4, 2017		15.12.2014 December 15, 2014	15.02.2015 February 15, 2015	
0	-14,2	-9,1	18-37	-2,8	-2,2	9-29	-14,0	-17,0	4-31
4	-10,3	-7,6		-4,2	-3,7		-10,5	-15,0	
8	-6,0	-4,8		-3,3	-3,2		-9,0	-11,0	
12	-7,0	-6,1		-4,1	-3,9		-7,0	-11,0	
16	-4,4	-3,0		-3,0	-3,0		-5,0	-7,0	
20	-2,0	-1,1		-2,5	-2,4		-3,8	-3,0	

где $\lambda_{\text{изол}}$ – теплопроводность цилиндрического слоя теплоизоляции от стенки диаметром D_2 (внешний диаметр внутренней трубы) до стенки диаметром D_3 (внутренний диаметр внешней трубы) в окрестности радиуса с размещенными датчиком температуры T_1 на внутренней стенке внутренней трубы, датчиком температуры T_4 на внешней стенке наружной трубы, датчиком теплового потока q на внешней стенке наружной трубы [4].

Исследования проводились в термостабильных условиях, исключающих дополнительный нагрев или охлаждение поверхности ТЛТ сторонними источниками.

По результатам испытаний определено, что при транспор-

тировке горячего воздуха с температурой до 84–93 °C температура наружной поверхности находится в диапазоне 28–35 °C, коэффициент теплопроводности составляет 0,004–0,008 Вт/(м·К). Результаты испытаний представлены в табл. 1 и подтверждены со стороны ООО «Газпром ВНИИГАЗ» [5].

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЛТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ

После прохождения стендовых испытаний ТЛТ производства российской компании были допущены до промышленной эксплуатации на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении (НГКМ) российской газодобывающей компании.

При строительстве скважин и обустройстве кустовых площадок на Бованенковском НГКМ впервые в практике российской газодобывающей компании использовано комплексное теплотехническое решение, обеспечивающее сохранение в многолетнемерзлом состоянии породы в пределах газовой скважины и объектов кустовой площадки. Растворение многолетнемерзлых пород вокруг скважины происходит вследствие того, что температура многолетнемерзлых пород в пределах территории Бованенковского НГКМ изменяется в диапазоне –3...–6 °C, а температура добываемого газа в приустьевой зоне скважин составляет 4–37 °C. Реализованное

комбинированное техническое решение (охлаждающие системы и ТЛТ) направлено на сокращение теплотокота от скважин во вмещающие многолетнемерзлые породы и ограничение размеров ореолов оттаивания.

Проектные решения для газовых скважин Бованенковского НГКМ предусматривают использование ТЛТ со спуском до глубины 50 м. В приустьевой зоне скважин предусмотрены системы температурной стабилизации, представленные парожидкостными трубчатыми охлаждающими системами с глубиной спуска 15 м, использующими естественные конвекционные свойства хладагента при наличии градиента температур между слоем вечной мерзлоты и наружным воздухом [6].

При этом с целью определения теплотокота от газовых скважин и эффективного коэффициента теплопроводности стенок ТЛТ при

различных дебитах добычи газа и температурах флюида проектом предусмотрены трубки-сателлиты, обустраиваемые в пределах цементного кольца газовой скважины, по данным ПАО «Газпром».

На сегодняшний день термометрические наблюдения за температурным режимом грунтов приустьевой зоны скважин, обустроенных ТЛТ, ведутся в скважинах газовых промыслов ГП-1 и ГП-2.

Измерения в трубках-сателлитах проводятся с применением автоматизированного термометрического оборудования, включающего термометрические косы и логгеры цифровых датчиков, запрограммированные на получение и сохранение данных с температурных датчиков с периодичностью раз в сутки. Полученные данные хранятся в базе данных службы геотехнического мониторинга Инженерно-технического центра.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

По результатам наблюдений установлено, что в интервале заложения систем температурной стабилизации и теплоизолированных труб грунты находятся в мерзлом состоянии. Глубже, где снижение теплового воздействия на многолетнемерзлые породы от скважин обеспечивается только с помощью ТЛТ, вокруг скважин формируются ореолы оттаивания ограниченного радиуса. На текущий момент период мониторинга некоторых газовых скважин при эксплуатации составляет до 6 лет.

На 18 кустовых площадках (163 скважины), термостабилизация многолетнемерзлых пород которых осуществляется только за счет работы сезонно действующих систем охлаждения (без применения ТЛТ), фиксируется повышение температуры вмещающих грунтов по стволу скважины, что требует осуществления дополнительного мониторинга на этапе



КАЛЕНДАРЬ КОНФЕРЕНЦИЙ 2019



II Международная конференция
«ОСВОЕНИЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД – 2019»
19 апреля, Москва, ЦБК «Экоцентр»



Международная конференция
«ПОЛИМЕРЫ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, РАЗВИТИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ – 2019»
26 апреля, Москва

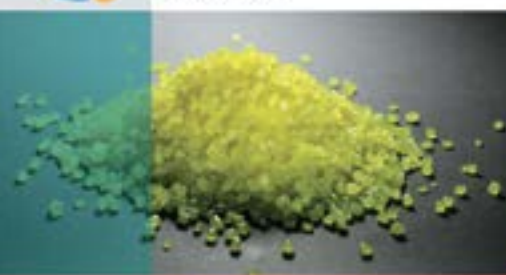


XVI Международная конференция
«ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА РОССИИ И СНГ – 2019»
17 мая, Москва, отель «Балчуг Кемпински»

НАЦИОНАЛЬНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ ФОРУМ
16-18 апреля 2019
ЦБК «Экоцентр»

19-20 апреля 2019
ЦБК «Экоцентр»

НЕФТЕГАЗ-2019



IV Международная конференция
«ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА И СОЖ В МЕТАЛЛУРГИИ, МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ И МАШИНОСТРОЕНИИ – 2019»
20-29 мая, Москва, ЦБК «Экоцентр», Novotel Moscow City



X МЕЖДУНАРОДНАЯ НЕДЕЛЯ
СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ – 2019»
8-11 октября, Москва, отель «Рэдиссон Ройал»



III Международная конференция
«РЫНОК НЕФТЕПРОДУКТОВ РФ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ – 2019»
29 ноября, Москва, отель «Балчуг Кемпински»

в рамках Международной специализированной выставки
«МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2019»



на правах рекламы



+7 (495) 502-54-33; +7 (495) 778-93-32



Konstantinova.Elena@rpi-inc.ru



www.rpi-conferences.com

эксплуатации. В результате изменения температуры в трубке-сателлите, обустроенной на газовой скважине № 5403, в конструкции которой отсутствует ТЛТ, после отключения сезонно действующих систем термостабилизации грунтов, начиная с марта, за счет теплового воздействия газовой скважины происходит достаточно быстрое повышение температуры, и уже в начале мая ореол оттаивания выходит за пределы цементного кольца скважины.

В скважинах, обустроенных ТЛТ, за счет совместной работы ТЛТ и систем охлаждения в пределах цементного кольца сохраняются отрицательные температуры в течение всего года.

Результаты замеров температуры грунтов в трубках-сателлитах газовых скважин № 5303, 4614 и 5306 представлены в табл. 2.

На работающих скважинах отмечается тепловое влияние муфтовых соединений на температурный режим грунтов, не оказывающих критичного влияния на общее состояние скважины по причине незначительной длины муфтового соединения по сравнению с телом теплоизолированной трубы.

С момента ввода скважинного фонда Бованенковского НГКМ в эксплуатацию службой геотехнического мониторинга Инженерно-технического центра российской газодобывающей компании организованы регулярные визуальные наблюдения для контроля геотехнического состояния инженерных сооружений на кустовых площадках [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт первых лет эксплуатации Бованенковского НГКМ проде-

монстрировал, что реализованные технические решения в полной мере себя оправдали. Кустовые основания сохраняются в многолетнемерзлом состоянии. Существенных просадок в приустевых зонах скважин, деформаций обсадных колонн и фундаментов трубопроводных обвязок не отмечается. Зафиксировано понижение среднегодовых температур многолетнемерзлых грунтов в зонах заложения свай в пределах кустовых площадок. Кроме того, применение комплексных решений по термостабилизации устьевых зон скважин позволило сблизить скважины в кусте до 20 м (вместо принятых 40 м), что позволило снизить до 30 % затраты на обустройство кустовых площадок за счет сокращения их размеров и получить значительный экономический эффект. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2487228 РФ, МПК E21B17/00. Секция теплоизолированной колонны / С.Г. Четвериков, Н.В. Трутнев, А.И. Грехов и др. Патентообладатель: ООО «ТМК-Премиум Сервис». Заявл. 20.12.2011, опубл. 10.07.2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/images/patents/483/2487228/patent-2487228.pdf> (дата обращения: 06.12.2018).
2. Патент № 2500874 РФ, МПК E21B17/00. Способ изготовления секции теплоизолированной колонны / С.Г. Четвериков, Н.В. Трутнев, А.И. Грехов и др. Патентообладатели: ОАО «СинТЗ», ОАО «РосНИТИ». Заявл. 02.02.2012, опубл. 10.12.2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/images/patents/498/2500874/patent-2500874.pdf> (дата обращения: 06.12.2018).
3. Патент № 2585338 РФ, МПК F16L9/133. Способ изготовления теплоизолированной лифтовой трубы / В.В. Попков, Д.В. Овчинников, А.И. Грехов и др. Патентообладатель: ПАО «СинТЗ». Заявл. 11.03.2014, опубл. 27.05.2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.freepatent.ru/images/img_patents/2/2585/2585338/patent-2585338.pdf (дата обращения: 06.12.2018).
4. 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» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
5. Протокол 000 «Газпром ВНИИГАЗ» № 48-23/2011 по результатам исследования теплофизических характеристик теплоизолированных насосно-компрессорных труб 168 × 114 мм производства ОАО «Синарский трубный завод» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
6. Галкин М.Л., Руквишников А.М., Генель Л.С. Термостабилизация вечномерзлых грунтов // Холодильная техника. 2013. № 10. С. 44-49.
7. Аналитическая записка «Анализ опыта эксплуатации теплоизолированных лифтовых труб на газовых скважинах Бованенковского НГКМ» службы технического мониторинга ИТЦ ООО «Газпром добыча Надым» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
8. СТО Газпром 2-3.2-174-2007. Технические требования к теплоизолированным лифтовым трубам. М.: ОАО «Газпром», 2008. 37 с.

REFERENCES

1. Patent No. 2487228 RF, MPK E21B17/00. Section of Insulated Columns. S.G. Chetverikov, N.V. Trutnev, A.I. Grekhov, et al. Patent holder: TMK-Premium Service LLC. Submit December 20, 2011, published July 10, 2013 [Electronic source]. Access mode: <http://www.freepatent.ru/images/patents/483/2487228/patent-2487228.pdf> (access date: December 6, 2018). (In Russian)
2. Patent No. 2500874 RF, MPK E21B17/00. Method of Manufacturing a Section of Insulated Columns. S.G. Chetverikov, N.V. Trutnev, A.I. Grekhov, et al. Patent holders: SinTZ OJSC, RosNITI OJSC. Submit February 2, 2012, published December 10, 2013 [Electronic source]. Access mode: <http://www.freepatent.ru/images/patents/498/2500874/patent-2500874.pdf> (access date: December 6, 2018). (In Russian)
3. Patent No. 2585338 RF, MPK F16L9/133. Method of Manufacturing the Insulated Lift Pipe. V.V. Popkov, D.V. Ovchinnikov, A.I. Grekhov, et al. Patent holder: SinTZ PJSC. Submit March 11, 2014, published May 27, 2016 [Electronic source]. Access mode: http://www.freepatent.ru/images/img_patents/2/2585/2585338/patent-2585338.pdf (access date: December 6, 2018). (In Russian)
4. Technical Specification TU 14-161-236-2010. Insulated Compressor Pipes in Cold-Resistant Design and Couplings for Them with Gas-Thermal Thread Connections of TMK GF, TMK CS, and TMK FMT for the Fields of Gazprom OJSC [Electronic source]. Access mode: limited. (In Russian)
5. Protocol of Gazprom VNIIGAZ LLC No. 48-23/2011 Based on the Results of the Study of the Thermal Characteristics of the Insulated Compressor Pipes 168 × 114 mm Produced by Sinarsky Pipe Plant OJSC [Electronic source]. Access mode: limited. (In Russian)
6. Galkin M.L., Rukavishnikov A.M., Genel L.S. Thermal Stabilization of Permafrost Soils. Kholodilnaya tekhnika = Refrigeration Equipment, 2013, No. 10, P. 44-49. (In Russian)
7. Analytical Note "Analysis of Operating Experience of Insulated Lift Pipes for Gas Wells of Bovanenkovskoe Oil and Gas Condensate Field" of the Technical Monitoring Service of the Engineering and Technical Center of Gazprom dobycha Nadym [Electronic source]. Access mode: limited. (In Russian)
8. Company Standard STO Gazprom 2-3.2-174-2007. Technical Requirements for Insulated Lift Pipes. Moscow, Gazprom OJSC, 2008, 37 p. (In Russian)