DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-5-134-143

УДК 624.078.7

Д.Ф. Хусаинов, Р.Р. Хасанов (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

О ПРОБЛЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ

Danis F. Khusainov, Rustyam R. Khasanov (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

ABOUT SUSTAINABILITY OF TRUNK PIPELINE ON SOFT SOILS

Введение

Одной из основных задач при сооружении и эксплуатации магистральных трубопроводов является обеспечение устойчивости их положения. Это комплексная проблема, решение которой зависит от конкретных условий строительства и осложняющих факторов, одним из которых являются слабонесущие грунты.

В настоящий момент для обеспечения устойчивости магистральных трубопроводов используются удерживающие устройства, подразделяющиеся на две группы по способу воздействия на сооружение: за счет собственного веса; за счет несущей способности грунтов и конструктивных особенностей устройства. Каждый тип устройства обладает своим рядом достоинств и недостатков, с учетом которых принимается решение об их использовании при строительстве в конкретных условиях, но, как показывает практика, они не способны в достаточной степени обеспечить устойчивость магистральных трубопроводов на весь срок их эксплуатации.

Цели и задачи

Целью статьи является представление конструкции удерживающих устройств второй группы, работающих совместно с матричной сеточной системой.

Background

One of the main tasks in the construction and operation of trunk pipelines is to ensure the stability of their position. This is a complex problem, its solution depends on the specific construction conditions and the complicating factors, one of them is soft soils.

Currently, to ensure the stability of the trunk pipelines, restraint devices are used, which are divided into two groups according to the method of influencing the structure: due to their own weight; due to the bearing capacity of soils and the design features of the device. Each type of device has its own advantages and disadvantages, taking into account which a decision is made on their use in construction in specific conditions, but as practice shows, all these methods are not able to sufficiently ensure the stability of trunk pipelines for the entire duration of their operation.

Aims and Objectives

The purpose of this article is to present the design of restraints of the second group, working in conjunction with a matrix grid system.

© Хусаинов Д.Ф., Хасанов Р.Р., 2019

Анкер, включающий левый и правый анкерные блоки, верхнюю соединительную муфту, устанавливается совместно с балластирующим полукольцом, закрепленным на трубопроводе и соединенным с анкерными блоками через хомуты. При этом каждый анкер в группе связывается с соседними сеточной системой.

Методы

Для решения задач применялись инженерные методы расчета устойчивости положения трубопровода.

Результаты

1. Установлено, что на сегодняшний день не существует универсального решения по обеспечению проектного положения магистральных трубопроводов на слабонесущих грунтах. Имеющиеся конструкции и методы не позволяют в достаточной степени обеспечить надежное выполнение главной функции системы трубопроводного транспорта нашей страны - бесперебойную и безотказную поставку продукта до конечного потребителя.

2. Предлагаемая авторами система, состоящая из анкеров, объединенных в группы матрично-сеточной системой, может позволить решить одну из основных проблем удерживающих устройств второго типа, а именно - обеспечение устойчивости положения магистрального трубопровода на весь срок его эксплуатации. При этом на особо опасных участках трассы (при большой просадочности многолетнемерзлого грунта, на заболоченных участках с повышенным риском всплытия трубопровода) конструкция может дополняться балластирующим устройством, повышающим несущую способность системы за счет воздействия на трубопровод собственным весом.

3. Задачами дальнейших исследований являются аналитическое и эмпирическое определения значений ряда выведенных параметров устойчивости; определение оптимального числа анкеров, объединенных в одну матрично-сеточную систему; количественная оценка повышения несущей способности трубопровода при использовании матричной сеточной системы.

An anchor, including left and right anchor blocks, an upper coupling, is installed together with a ballasting half ring fixed to the pipeline and connected to the anchor blocks via clamps. In addition, each anchor in the group is associated with neighboring grid systems.

Methods

To solve the tasks, engineering methods to calculate the stability of the pipeline were used.

Results

1. It has been found that to date, there is no universal solution to ensure the design position of trunk pipelines on weakly bearing soils. The existing designs and methods do not allow us to sufficiently ensure reliable fulfillment of the main function of the pipeline transport system of our country - uninterrupted and trouble-free delivery of the product to the final consumer.

2. The system proposed by the authors of this article, consisting of anchors, combined into groups by a matrix-grid system can solve one of the main problems of the second type of holding devices, namely, ensuring the stability of the position of the main pipeline for the entire period of its operation. At the same time, in especially dangerous sections of the route (for example, when there is a large subsidence of permafrost, in wetlands with an increased risk of pipeline emergence), the design can be supplemented by a ballasting device that increases the carrying capacity of the system due to its own weight on the pipeline.

3. The objectives of further research are the analytical and empirical determination of the values of a number of derived stability parameters, the determination of the optimal number of anchors combined into one matrix-grid system, and the quantitative assessment of the increase in the carrying capacity of the pipeline when using the matrix grid system.

Ключевые слова: магистральный трубопровод; устойчивость положения трубопроводов; слабонесущие грунты; матричная сеточная система

Key words: trunk pipeline; pipeline sustainability; soft soils; matrix grid system

Основной функцией системы трубопроводного транспорта нашей страны является обеспечение бесперебойной и безотказной поставки углеводородного сырья до конечного потребителя. Для выполнения поставленной задачи вся система должна соответствовать требуемому уровню надежности, устанавливаемому действующей нормативно-технической документацией. Одним из условий надежного функционирования магистральных трубопроводов является обеспечение устойчивости их положения.

Особенно данная проблема актуальна при сооружении и эксплуатации трубопроводов на территориях многолетней мерзлоты и слабонесущих грунтов. Помимо воздействия внутреннего давления, суточных и сезонных колебаний температуры, упругого изгиба и внешних нагрузок на трубопровод оказывают влияние дополнительные осложняющие факторы. Для многолетнемерзлых грунтов осложняющим фактором является изменение их свойств при оттаивании: в мерзлом состоянии грунты имеют характеристики, резко отличающиеся от таковых при нормальной температуре. При оттаивании мерзлые грунты теряют свою несущую способность, могут давать значительные осадки. При замораживании оттаявшего грунта также может произойти их пучение. Все это может привести к потере устойчивости трубопровода и, следовательно, выпучиванию его из траншеи и изменению напряженно-деформированного состояния вследствие возрастания величины внутренних напряжений [1].

При строительстве магистральных трубопроводов на болотах осложняющим фактором является выталкивающая сила воды: при положительной плавучести нагрузки от веса трубопровода будет не достаточно для обеспечения проектного положения, следовательно, произойдет его всплытие [2].

В настоящий момент для обеспечения устойчивости магистральных трубопроводов используются удерживающие устройства, которые подразделяются на две группы [3-5].

К первой группе относятся устройства, удерживающие трубопровод на счет собственного веса [6, 7].

Сюда относятся следующие конструкции:

- кольцевые железобетонные и чугунные утяжелители;
- седловидные утяжелители;
- утяжелители охватывающего типа;
- каркасные и бескаркасные грунтозаполняемые устройства;
- сплошное обетонирование.

Ко второй группе относятся устройства, удерживающая способность которых обеспечивается несущей способностью грунтов и особенностями их конструкций. Сюда относятся анкеры различных типов [8]:

- винтовые;
- вмораживаемые;
- раскрывающиеся;
- выстреливаемые;
- взрывные;
- анкеры-инъекторы.

Однако все эти устройства имеют ряд недостатков. К недостаткам кольцевых утяжелителей относят затраты при их транспортировании на площадку строительства, погруочно-разгрузочные работы, необходимость использования футеровки для предотвращения повреждения изоляции трубопровода. При использовании железобетонных кольцевых утяжелителей также стоит отметить их массивность, что приводит к увеличению объема работ по разработке траншеи. Это критично как в условиях строительства на многолетнемерзлых грунтах по причине высоких физико-механических свойств таких грунтов в мерзлом состоянии, так и в условиях строительства на болотах ввиду использования специальных мер по снижению удельного давления строительной техники на грунт и сопутствующего снижения скорости производства земляных работ. В случае использования чугунных кольцевых утяжелителей необходимо принимать во внимание их подверженность коррозионному воздействию грунтовых вод на болотах и талых вод на многолетнемерзлых грунтах [9].

Недостатком балластирующих устройств охватывающего типа, так же как и в случае с железобетонными кольцевыми утяжелителями, является их массивность. По-

мимо этого для осуществления их монтажа на трубопровод необходимо наличие специальной траверсы.

Седловидные пригрузы обладают существенным недостатком - их центр тяжести находится выше оси трубопровода, из-за чего нередко случаи их опрокидывания.

К недостаткам грунтозаполняемых устройств следует отнести затраты на выполнение погрузочно-разгрузочных работ, а также вымывание грунта из устройства, что снижает их удерживающую способность по мере эксплуатации.

К общему недостатку устройств второй группы следует отнести высокую энергоемкость процесса монтажа, невозможность срочного извлечения без наличия специальной техники и невозможность их производства в полевых условиях.

Помимо этого, многолетний опыт сооружения и эксплуатации трубопроводов показал, что существующие конструкции анкеров ненадежны ввиду сложности обеспечения устойчивого положения трубопровода на весь срок эксплуатации при их использовании. При потере устойчивости одного анкера осталь-

ные в преобладающем большинстве случаев также последовательно потеряют свою устойчивость из-за возросших нагрузок и недостаточной несущей способности по принципу «домино». Стоит учесть, что в связи с данной проблемой в нормативной документации предусматривается использование только первого типа закрепляющих устройств.

Для решения данной проблемы предлагается использование *системы устройств второй группы - анкеров совместно с матричной сеточной системой*. Для повышения надежности всей системы на особо опасных участках трассы также предполагается комплексное использование устройств первого типа, например железобетонных полуколец (рисунки 1, 2).

Анкер, включающий левый и правый анкерные блоки, верхнюю соединительную муфту, устанавливается совместно с балластирующим полукольцом, закрепленным на трубопроводе и соединенным с анкерными блоками через хомуты. При этом каждый анкер в группе связывается с соседними сеточной системой.

- 1 - анкерные стержни; 2 - несущая конструкция анкера;
- 3 - трубопровод; 4 - балластирующее полукольцо;
- 5 - футеровочные маты; 6 - матричная сеточная система

Рисунок 1. Анкерная матрично-сеточная система (вид сбоку)

- 1 - анкерные стержни; 2 - несущая конструкция анкера;
3 - трубопровод; 4 - балластирующее полукольцо;
5 - футеровочный мат

Рисунок 2. Анкерная матрично-сеточная система, сечение A-A

Удерживающее устройство работает следующим образом. Воздействие нагрузок, действующих на сооружение и стремящихся сдвинуть его с проектных отметок, через анкерные стержни 1 передается на несущую конструкцию анкера 2. Это воздействие затем воспринимается грунтами, залегающими ниже оси трубопровода 3, несущая способность которых в совокупности с конструктивными особенностями анкера обеспечивает устойчивость сооружения. Балластирующее полукольцо 4 увеличивает несущую способность системы за счет собственного веса. Футеровочные маты 5 защищают изоляционное покрытие трубопровода от истирания контактными поверхностями пригруза. В случае если выдергивающие усилия на одном из анкеров превысят его несущую способность, сеточная система б не допустит потери его устойчивости за счет несущей способности соседних анкеров, что, в свою очередь, обеспечит устойчивость всего сооружения в целом.

Устойчивость трубопровода будет обеспечена при выполнении следующего условия [10]:

$$Q_{акт} \leq Q_{нас}, \quad (1)$$

где $Q_{акт}$ - суммарная расчетная нагрузка, действующая на трубопровод вверх; $Q_{нас}$ - суммарная расчетная нагрузка, действующая вниз, с учетом удерживающей способности анкера.

Рассмотрим нагрузки, действующие на трубопровод вверх.

Расчетная нагрузка от упругого отпора соответственно рельефу:

- для вогнутых участков

$$q_{изг} = \frac{32EI}{9\beta^2\rho^3}; \quad (2)$$

- для выпуклых участков

$$q_{изг} = \frac{8EI}{9\beta^2\rho^3}, \quad (3)$$

где E - модуль упругости первого рода, в расчете принимается $E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа;

I - осевой момент инерции поперечного сечения трубы;

D_H - наружный диаметр трубопровода;

$D_{вн}$ - внутренний диаметр трубопровода;

β - угол поворота оси нефтепровода в вертикальной плоскости;

ρ - радиус кривизны рельефа дна траншеи.

В случае строительства трубопровода на болотах на него будет действовать выталкивающая сила воды, которая определяется по формуле:

$$q_e = \frac{\pi \cdot D_{н.и.}^2}{4} \cdot \gamma_B, \quad (4)$$

где γ_B - удельный вес воды;

$D_{н.и.}$ - наружный диаметр трубы с изоляцией.

В случае строительства трубопровода на многолетнемерзлых грунтах необходимо учитывать силу морозного пучения, определяемую по формуле:

$$q = 2P_n \left(\frac{D_n}{2} + h_{m.m} + h_I \right), \quad (5)$$

где P_n - относительная нормальная сила пучения;

$h_{m.m}$ - глубина промерзания грунта;

h_I - расстояние от дневной поверхности до оси трубопровода.

Для обеспечения проектного положения трубопровода помимо выполнения условия (1) также необходимо проверить его устойчивость в продольном направлении путем определения эквивалентного продольного

осевого усилия в сечении трубопровода S и сопоставления его с критическим продольным усилием $N_{кр}$, зависящим от конкретных условий строительства и принятых проектных решений:

$$S = [(0,5 - \mu) \cdot \sigma_{кц} + \alpha_t \cdot E \cdot \Delta t] \cdot F, \quad (6)$$

где $\sigma_{кц}$ - кольцевые напряжение в стенке трубы;

μ - коэффициент Пуассона;

α_t - коэффициент линейного расширения стали;

Δt - расчетный температурный перепад;

F - площадь поперечного сечения трубы.

Рассмотрим нагрузки, действующие на трубопровод вверх.

Расчетная нагрузка от собственного веса заизолированного трубопровода:

$$q_{mp} = q_m + q_{из}, \quad (7)$$

где q_m - расчетный вес металла трубы;

$q_{из}$ - расчетный вес изоляции трубы.

Расчетная нагрузка от веса грунта над трубопроводом:

$$p_0 = n\gamma_{gp}D_n \left[h_0 + \frac{D_n}{2} \left(1 - \frac{\pi}{2} \right) \right], \quad (8)$$

где γ_{gp} - удельный вес грунта;

h_0 - расстояния от дневной поверхности до верхней образующей трубопровода;

n - коэффициент надежности по нагрузке от веса грунта.

Величина необходимого расчетного усилия анкера зависит от несущей способности грунта основания и определяется по формуле:

$$P_a = \frac{B_{анк}}{l_a}, \quad (9)$$

где $B_{анк}$ - расчетная несущая способность анкера;

l_a - расстояние между анкерами, определяемое в зависимости от потребного веса балластировки.

В случае, если предусматривается наличие удерживающего устройства первой группы, то также необходимо учитывать нагрузку от его веса с учетом соответствующего коэффициента надежности.

Таким образом, если суммарные расчетные нагрузки, действующие вниз, будут не меньше суммарных нагрузок, действующих вверх (в дальнейшем выдергивающая нагрузка), то выполняется условие (1), и устойчивость положения трубопровода будет обеспечена.

Рассмотрим случай, когда в некотором сечении трубопровода с анкерным устройством выдергивающая нагрузка окажется выше, чем суммарные расчетные нагрузки, дей-

ствующие вниз, то есть когда условие (1) не выполняется.

В таком случае под действием некоторой суммарной выдергивающей нагрузки N произойдет смещение трубопровода в данном сечении на некоторую малую величину h_m (рисунок 3). Это приведет к натяжению канатов матрично-сеточной системы и изменению их угла относительно горизонтальной плоскости на некоторый угол α , соответствующий вертикальному смещению h_m . В канатах возникнет сила натяжения T , вертикальная составляющая T_y которой эквивалентна половине разности выдергивающих N и удерживающих P сил:

$$T_y = \frac{N - P}{2}. \quad (10)$$

Рисунок 3. Работа матричной сеточной системы при потере анкером несущей способности

Далее воздействию выдергивающей силы N через матричную сеточную систему подвергаются соседние анкеры. Помимо собственных суммарных нагрузок, действующих вверх, данные анкеры будут дополнительно испытывать вертикальную нагрузку T_y , и условие (1) для них будет записываться в виде:

$$Q_{акт} + T_y \leq Q_{нас} . \quad (11)$$

За счет несущей способности соседних связанных анкеров дальнейшее смещения рассматриваемого сечения будет прекращено, и система сохранит свою устойчивость.

В случае, если и следующие за рассматриваемым анкеры потеряют свою устойчивость, то воздействию выдергивающей силы будут подвержены следующие по цепочке анкеры.

Выводы

1. На сегодняшний день не существует универсального решения по обеспечению проектного положения магистральных трубопроводов на слабонесущих грунтах. Имеющиеся конструкции и методы не позволяют в достаточной степени обеспечить надежное выполнение главной функции системы трубопроводного транспорта нашей страны - бесперебойную и безотказную поставку продукта до конечного потребителя.

2. Предлагаемая авторами система, состоящая из анкеров, объединенных в группы матрично-сеточной системой, может позволить решить одну из основных проблем

удерживающих устройств второго типа, а именно - обеспечение устойчивости положения магистрального трубопровода на весь срок его эксплуатации. При этом на особо опасных участках трассы (при большой просадочности многолетнемерзлого грунта, на заболоченных участках с повышенным риском всплытия трубопровода) конструкция может дополняться балластирующим устройством, повышающим несущую способность системы за счет воздействия на трубопровод собственным весом.

3. Задачами дальнейших исследований являются аналитическое и эмпирическое определения значений T_y и α , определение оптимального числа анкеров, объединенных в одну матрично-сеточную систему, количественная оценка повышения несущей способности трубопровода при использовании матричной сеточной системы.

Обеспечение устойчивости магистрального трубопровода - это сложная задача, решение которой заключается в качественном выполнении инженерно-изыскательных, проектировочных и строительно-монтажных работ в соответствии с положениями и требованиями нормативно-технической документации и с учетом многолетнего опыта сооружения и эксплуатации трубопроводов. Несмотря на то, что на сегодняшний день существует множество различных способов решения данной задачи, все они имеют ряд недостатков.

Таким образом, данная проблема до сих пор остается открытой и требует дальнейших исследований.

Список литературы

1. Быков Л.И., Мустафин Ф.М., Рафиков С.К. Типовые расчеты при сооружении газонефтепроводов. СПб.: Недра, 2011. 748 с.

References

1. Bykov L.I., Mustafin F.M., Rafikov S.K. *Tipovye raschety pri sooruzhenii gazonefteprovodov* [Typical Calculations for the Construction of Gas and Oil Pipe-

2. Хасанов Р.Р., Гулин Д.А., Султанмагомедов С.М., Хамиллов Х.Ш. О закреплении подземных магистральных трубопроводов на болотах // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 3. С. 330-345. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p330-345_GulinDA_ru.pdf (дата обращения: 10.07.2019).
3. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. М.: Госстрой России, 2012. 87 с.
4. ВСН 39-1.9-003-98. Конструкция и способы балластировки и закрепления подземных газопроводов. М.: «Газпром», 1998. 47 с.
5. СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы. М.: ФАУ «ФЦС», 2014. 227 с.
6. РД 91.200.00-KTN-044-11. Регламент применения балластирующих устройств при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов. М.: АК «Транснефть», 2011. 36 с.
7. СП 107-34-96. Балластировка, обеспечение устойчивости положения газопроводов на проектных отметках. М.: «Газпром», 1996. 28 с.
8. Квятковский А.О. Разработка технологии закрепления трубопроводов с применением инъекционных анкерных устройств: дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2008. 156 с.
9. ВСН 007-88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Конструкции и балластировка. М.: Миннефтегазстрой, 1989. 37 с.
10. Хасанов Р.Р., Шамилов Х.Ш., Султанмагомедов С.М. Обеспечение устойчивости подземных магистральных трубопроводов в криолитозоне // Матер. VIII междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: В 3 Т. Уфа: УГНТУ, 2015. Т. 3. С. 260.
- lines]. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 2011. 748 p. [in Russian].
2. Khasanov R.R., Gulin D.A., Sultanmagomedov S.M., Khamilov Kh.Sh. O zakreplenii podzemnykh magistral'nykh truboprovodov na bolotakh [About Anchorage of Buried Trunk Pipelines in the Swamp]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2015, No. 3, pp. 330-345. Available at: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p330-345_GulinDA_ru.pdf (accessed 10.07.2019). [in Russian].
3. SP 36.13330.2012. *Magistral'nye truboprovody* [SP 36.13330.2012. Main Pipeline]. Moscow, Gosstroi Rossii Publ., 2012. 87 p. [in Russian].
4. VSN 39-1.9-003-98. *Konstruktsiya i sposoby ballastirovki i zakrepleniya podzemnykh gazoprovodov* [VSN 39-1. 9-003-98. Design and Methods of Ballasting and Fixing of Underground Gas Pipelines]. Moscow, «Gazprom» Publ., 1998. 47 p. [in Russian].
5. SP 86.13330.2014. *Magistral'nye truboprovody* [SP 86.13330.2014. Main Pipeline]. Moscow, FAU «FTsS» Publ., 2014. 227 p. [in Russian].
6. RD 91.200.00-KTN-044-11. *Reglament primeneniya ballastiruyushchikh ustroystv pri proektirovanii i stroitel'stve magistral'nykh truboprovodov* [RD 91.200.00-KTN-044-11. Regulations for the use of Ballasting Devices in the Design and Construction of Main Pipelines]. Moscow, AK «Transneft» Publ., 2011. 36 p. [in Russian].
7. SP 107-34-96. *Ballastirovka, obespechenie ustoichivosti polozheniya gazoprovodov na proektnykh otmetkakh* [SP 107-34-96. Ballasting, Ensuring the Stability of the Position of Gas Pipelines at Design Marks]. Moscow, «Gazprom» Publ., 1996. 28 p. [in Russian].
8. Kvyatkovskii A.O. *Razrabotka tekhnologii zakrepleniya truboprovodov s primeneniem in'ektsionnykh ankernykh ustroystv: dis. kand. tekhn. nauk* [Development of Technology of Fastening of Pipelines with Application of Injection Anchor Devices: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU Publ., 2008. 156 p. [in Russian].
9. VSN 007-88. *Stroitel'stvo magistral'nykh i promyslovykh truboprovodov. Konstruktsii i ballastirovka* [VSN 007-88. Construction of Main and Field Pipelines. Construction and Ballasting]. Moscow, Minneftegazstroi Publ., 1989. 37 p. [in Russian].
10. Khasanov R.R., Shamilov Kh.Sh., Sultanmagomedov S.M. *Obespechenie ustoichivosti podzemnykh magistral'nykh truboprovodov v kriolitozone* [Ensuring Stability of Underground Main Pipelines in the Cryolith Zone]. *Materialy VIII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh: V 3 T.* [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists: in 3 Volumes]. Ufa, UGNTU Publ., 2015, Vol. 3, pp. 260. [in Russian].

Авторы

• Хусаинов Данис Фанисович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: mineadm@mail.ru

• Хасанов Рустям Рафикович, канд. техн.
наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: hasanov25@mail.ru

The Authors

• Khusainov Danis F.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Construction and Repair of Gas and Oil
Pipelines and Gas and Oil Storage Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: mineadm@mail.ru

• Khasanov Rustyam R., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Construction and Repair
of Gas and Oil Pipelines and Gas and Oil Storage
Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: hasanov25@mail.ru