УДК 622.691.1.053

НОВЫЙ ПОЛИМЕРНЫЙ КОНТЕЙНЕРНЫЙ УТЯЖЕЛИТЕЛЬ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Тарасенко А.А., Редутинский М.Н.

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, redutinsky@yandex.ru

В статье рассмотрен вопрос использования новых полимерных грунтозаполняемых утяжелителей. Обоснована необходимость элементов дополнительной устойчивости пригруза от опрокидывания и профилирования граней короба. Элементы дополнительной устойчивости пригруза от опрокидывания выполняются из объёмной георешетки и монтируются с наружной стороны нижней части короба. Свойства выбранного материала обеспечивают отсутствие предельных состояний при деформациях во всём интервале эксплуатационных нагрузок. Наличие элементов дополнительной устойчивости от опрокидывания позволит повысить балластирующую способность утяжелителя и использовать в качестве грунта-заполнителя торф. Данное решение снизит затраты на балластировку за счет максимального использования местной сырьевой базы. Обеспечение беспрепятственного перемещения трубопровода в продольном направлении под утяжелителем, за счет применения антифрикционных накладок, увеличит устойчивость утяжелителя от опрокидывания, а также минимизирует вероятность повреждения изоляционного покрытия трубопровода.

Ключевые слова: трубопровод, балластировка, продольное перемещение трубопровода, изоляционное покрытие

NEW POLYMER CONTAINER BALLAST WEIGHTS FOR MAIN PIPELINE

Tarasenko A.A., Redutinskiy M.N.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, redutinsky@yandex.ru

In the article, the question of use of polymer container ballast weights. The necessity of additional elements stability ballast and profiling edges of the box. Elements added stability ballast weights stall made of volumetric geogrids and mounted on the outside of the bottom of the box. The properties of the selected material provides no limit states at deformations throughout the range of operating loads. The presence of additional elements will significantly increase the stability of ballasting weight material and the ability to be used as a soil – aggregate peat. This decision will reduce the cost of ballasting by maximizing use of local raw materials. Ensure the smooth movement of the pipe in the longitudinal direction by weighting, by the use of anti-friction pads increase the stability of the weighting agent from tipping over, and also minimizes the chance of damage to the insulating coating of the pipeline.

Keywords: pipeline, ballasting, longitudinal pipeline movement, insulation coating

Магистральные трубопроводы в течение всего срока эксплуатации подвергаются воздействию различного рода нагрузок, как временного, так и постоянного характера, приводящих к его подвижкам. Перемещения носят зачастую циклический знакопеременный характер. Трубопровод перемещается как в продольном, так и в поперечном направлении.

На периодически затопляемых участках, слабонесущих грунтах, болотах и русловых участках подводных переходов с целью сохранения проектного положения трубопровода выполняется его балластировка. Исследования, проведенные [3, 4, 6, 7] на двух участках действующего магистрального газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск Сургутского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Сургут», показали, что действительные продольные перемещения трубопровода превышают значения, заложенные при проектировании средств балластировки в несколько раз. В результате значительных продольных перемещений трубопровода вероятно повреждение изоляционного покрытия балластирующими устройствами, а также их опрокидывание и разрушение [1, 8]. В связи с этим для сохранения изоляционного покрытия в работоспособном состоянии и повышения эффективности средств балластировки необходимо обеспечить свободное перемещение трубопровода под утяжелителем в продольном направлении.

При выполнении работ по балластировке доставка средств закрепления к месту производства работ требует значительных материальных затрат, что к тому же осложняется сложными дорожными условиями. Очевидно, что для сокращения затрат на балластировку трубопроводов необходимо максимально использовать местную сырьевую базу.

В связи с этим представляется возможным сформулировать требования к новому утяжелителю:

1. Уменьшение веса несущей оболочки утяжелителя.
2. Максимальное использование местной сырьевой базы и материалов, находящихся в непосредственной близости от места производства работ.

3. Простота изготовления и монтажа.

4. Обеспечение беспрепятственного перемещения трубопровода в продольном направлении под утяжелителем в интервале значений, полученных в [4].

Развитие промышленности привело к широкому применению различного рода полимерных и композитных материалов для создания устройств закрепления трубопроводов в проектном положении [2, 5]. Наибольшее распространение получили утяжелители, представляющие в общем виде ёмкость, заполняемую грунтом. Среди этой группы утяжелителей следует отметить полимерно-контейнерные балластирующие устройства (ПКБУ) и контейнеры текстильные (КТ) (рис. 1). Данные утяжелители нашли широкое применение и внесены в реестр оборудования, допущенного к применению в ОАО «Газпром» и ОАО «АК «Транснефть».

соединенные между собой мягкими силовыми поясами. Данные устройства соответствуют всем вышеуказанным требованиям, но имеют ряд недостатков. Оболочка из синтетического материала не обладает необходимыми прочностными свойствами, в результате чего минеральный грунт высыпается и балластирующее устройство перестает выполнять свои функции. Помимо этого, в процессе подвижек трубопровода распорная металлическая рамка ПКБУ контактирует с изоляционным покрытием и приводит к его разрушению, а соединительные пояса КТ разрушаются.

В статье [11] описано применение стеклопластиковых полимерно-контейнерных устройств для балластировки газопроводов (рис. 2) и их значительное преимущество перед аналогами. Доказана эффективность применения ПКУ на действующих объектах системы транспорта газа.

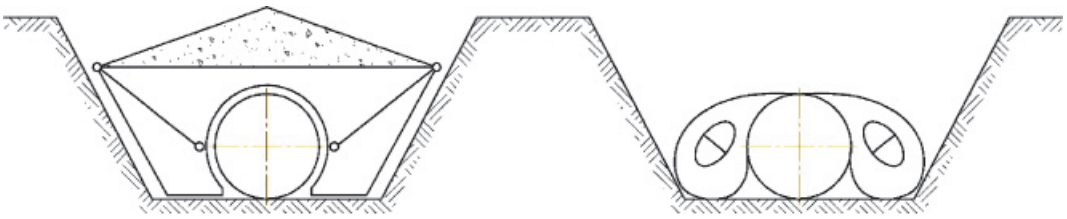

Рис. 1. Общий вид трубопровода, забалластированного полимерно-контейнерным балластирующим устройством (а) и контейнером текстильным (б)

Рис. 2. Полимерно-контейнерные устройства (ПКУ) разработки ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Полимерно-контейнерное балластирующее устройство представляет собой два контейнера, размещенных по обе стороны трубопровода, выполненные из синтетического материала и соединенные мягкими силовыми лентами и металлическими распорными рамками. Контейнеры текстильные представляют собой заполненные минеральным грунтом замкнутые объемные конструкции,

Проведенный анализ конструкции выявил ряд недостатков, устранение которых позволит существенно расширить область и повысить эффективность применения ПКУ. Авторами предлагается конструкция модернизированного грунтозаполняемого балластирующего устройства (рис. 3).

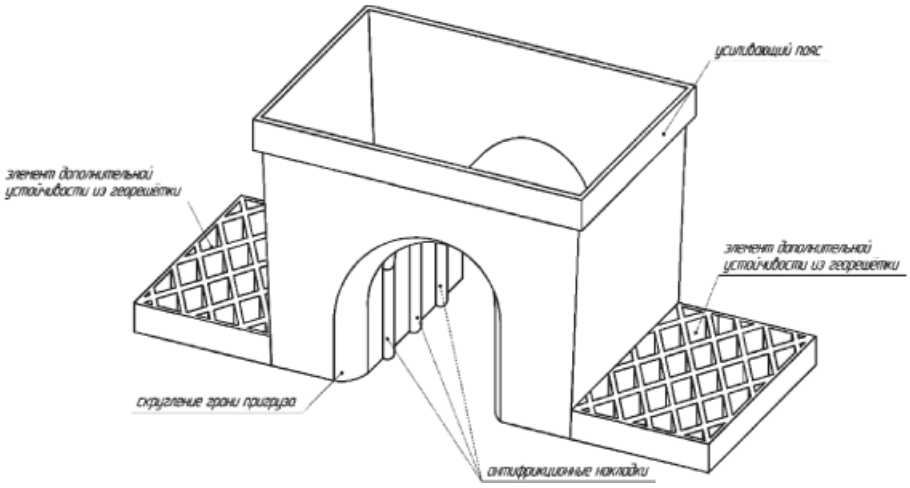

Рис. 3. Общий вид предлагаемого контейнерного утяжелителя

Равномерное распределение контактного давления ПКУ на трубопровод после засыпки грунта позволяет обеспечить сохранность изоляционного покрытия [11], но в то же время препятствует свободному перемещению трубы в продольном направлении, что может привести к опрокидыванию пригруза. Для обеспечения свободного перемещения трубопровода в продольном направлении предлагается грани модернизированного балластирующего устройства, обращённые в смонтированном положении к трубе, изготавливать скруглёнными, а на поверхности контактирующей с изоляционным покрытием устанавливать антифрикционные накладки, это позволит повысить работоспособность балластирующего устройства при значительных продольных перемещениях трубопровода за счет уменьшения трения.

Для повышения устойчивости балластирующего устройства на опрокидывание предлагается с наружной стороны нижней части короба устанавливать элементы дополнительной устойчивости из объёмной георешетки. Свойства выбранного материала обеспечивают отсутствие предельных состояний при деформациях во всём интервале эксплуатационных нагрузок [10]. Применение элементов дополнительной устойчивости, за счет снижения центра тяжести пригруза, приведет к уменьшению опрокидывающего момента. Кроме того, увеличение ширины опорной поверхности позволит увеличить устойчивость утяжелителя на опрокидывание, а также повысить его балластирующую способность.

В нижней части грунтозаполняемых карманов предусматриваются отверстия для дренажа воды (рис. 4). До заполнения короба грунтом на дно карманов укладывается нетканый синтетический материал, для предотвращения вымывания грунта через дренажные отверстия.

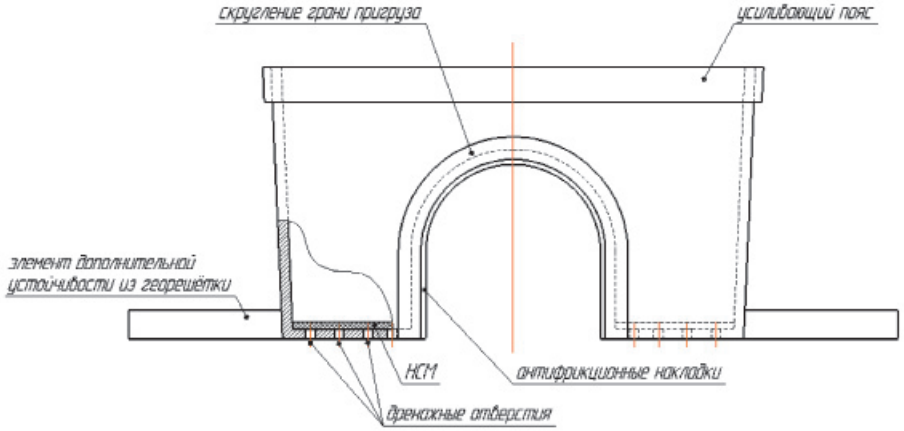

Рис. 4. Расположение дренажных отверстий

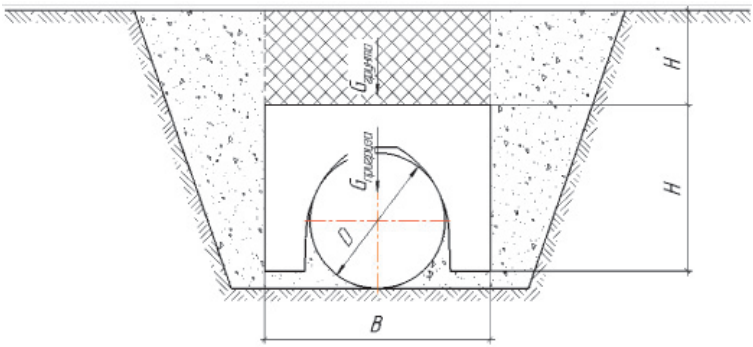

Рис. 5. Расчетная схема трубопровода, забалластированного утяжелителем 1-УБКм

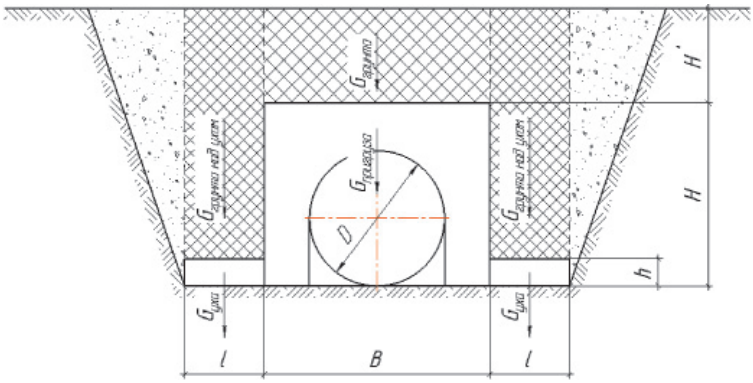

Рис. 6. Расчетная схема трубопровода, забалластированного модернизированным контейнерным утяжелителем

Данные решения усложнят технологию изготовления балластирующих устройств, но существенно повысят эффективность их применения. Балластирующая способность модернизированного контейнерного пригруза была сравнена с утяжелителем 1-УБКм-1420-10, как наиболее близким по конструкции бетонным утяжелителем. Расчетные схемы представлены на рис. 5 и 6.

Результаты расчетов [9] приведены на графике рис. 7. График характеризует зависимость изменения балластирующей способности утяжелителя от вида заполняющего грунта при различной длине элементов дополнительной устойчивости.

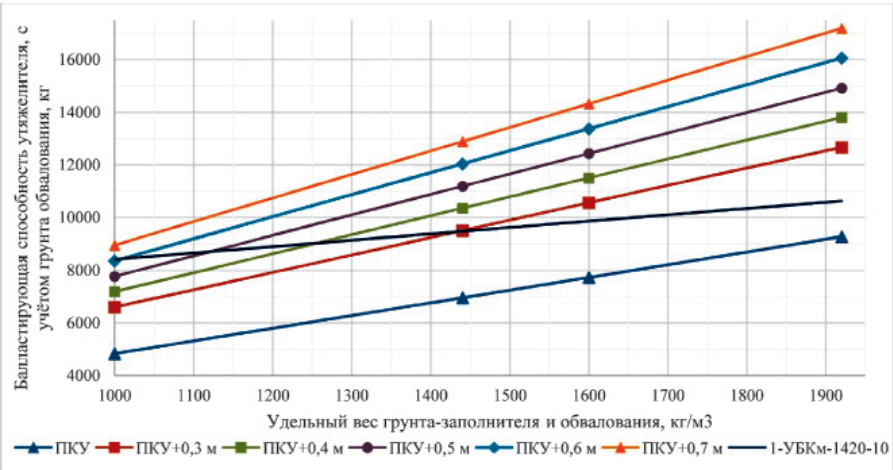

Рис. 7. Зависимость изменения балластирующей способности утяжелителя от вида заполняющего грунта при различной длине элементов дополнительной устойчивости с учётом грунта обвалования

Из графика видно, что контейнерный утяжелитель без элементов дополнительной устойчивости (приравненный к утяжелителю ПКУ-1420 разработки ООО «Газпром ВНИИГАЗ») существенно уступает железобетонному вне зависимости от грунта заполнителя. При наличии элементов дополнительной устойчивости, с учётом грунта обвалования, контейнерный утяжелитель превосходит бетонный аналог. В зависимости от типа заполняющего грунта возможно подобрать оптимальную длину элементов дополнительной устойчивости, что позволит избежать дополнительных работ по уширению траншеи. Увеличение высоты применяемой объёмной георешетки не изменяет балластирующую способность утяжелителя, но увеличивает общую жёсткость конструкции.

Значительный объём работ по балластировке трубопроводов выполняется на заторфованных участках трассы. В связи с этим применение торфа в качестве грунта заполнителя является определяющим. На рис. 8 представлен график изменения балластирующей способности предлагаемого контейнерного утяжелителя, заполненного торфом, в зависимости от длины элементов дополнительной устойчивости.

Из графика видно, что при длине элементов дополнительной устойчивости более 0,6 метров эффективность балластировки предлагаемым утяжелителем выше, чем у 1-УБКм-1420-10. Применение элементов дополнительной устойчивости большой длины приведет к необходимости локальных уширений траншеи в месте установки утяжелителя, но за счет использования торфа в качестве заполнителя позволит существенно сократить транспортные расходы без снижения эффективности балластировки.

Выводы

1. Применение скруглённых граней короба и антифрикционных накладок позволит повысить работоспособность утяжелителя, обеспечить свободное перемещение трубопровода в продольном направлении и снизить вероятность опрокидывания пригруза.

2. Наличие элементов дополнительной устойчивости, выполненных из георешётчатого материала, не только повысит устойчивость утяжелителя на опрокидывание, но и увеличит его балластирующую способность. Наличие элементов дополнительной устойчивости длиной более 0,6 метров позволит использовать в качестве заполняющего грунта торф и существенно снизить затраты на балластировку.

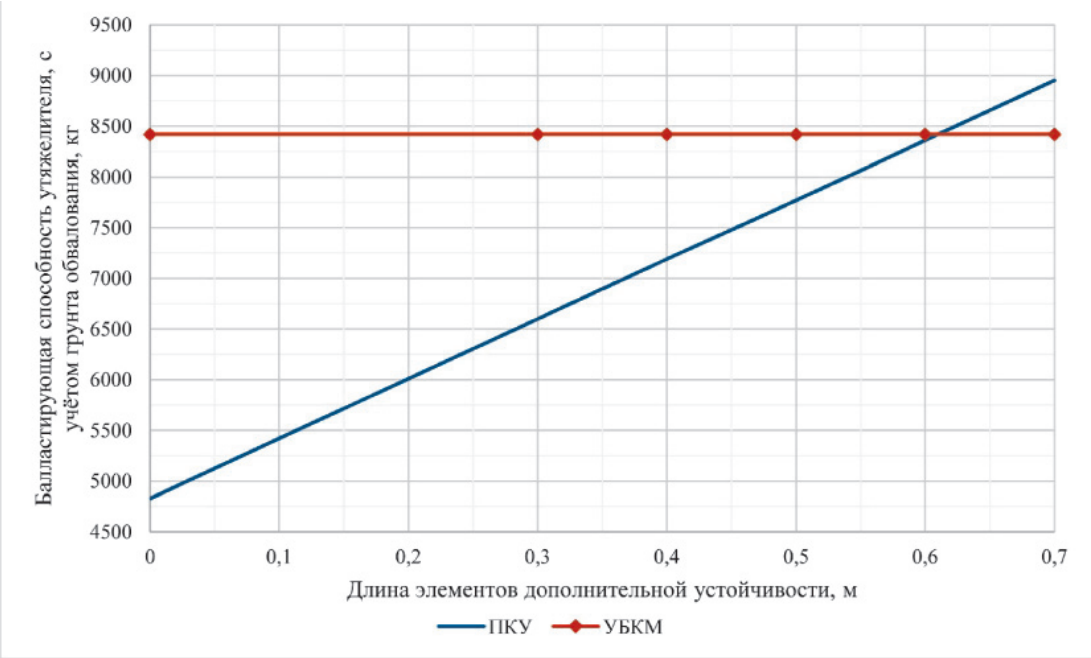

Рис. 8. Зависимость изменения балластирующей способности утяжелителя, заполненного торфом, от длины элементов дополнительной устойчивости с учетом грунта обвалования

Список литературы

1. Батищев К.Э., Гретченко Д.А., Тарасенко А.А., Тарасенко М.А. Безопасность строительства и осуществление строительного контроля. Актуализация нормативных документов на 20 ноября 2014 года: учебное пособие // ТРО ООО «Ассоциация инженерного образования России». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 296 с.

2. Вайншток С.М., Новоселов В.В., Прохоров А.Д. и др. Трубопроводный транспорт нефти: учебник для вузов. – Т. 2. – М.: ООО «Недра -Бизнес-центр@, 2004. – 621 с.

3. Иванов И.А. Геотехнические проблемы трубопроводного транспорта: учеб. пособие // С.Я. Кушнир, С.А. Пульников, И.А. Иванов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 209 с.

4. Карнаухов М.Ю. Разработка методики мониторинга пространственного положения магистрального газопровода в сложных геологических условиях: дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2013. – 162 с.

5. Курушина В.А. Развитие систем трубопроводного транспорта в ретроспективе и перспективе // Перспективное развитие науки, техники и технологий: материалы II-й Международной научно-практической конференции, в 2-х томах, Т. 1; Юго-Зап. гос.ун-т. – Курск, 2012. – С. 197–198.

6. Редутинский М.Н., Аксёнов А.В. Строительство противоэрозионных сооружений магистральных трубопроводов с применением габионных сетчатых изделий // Проблемы эксплуатации систем транспорта: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию со дня основания Тюменского индустриального института им. Ленинского комсомола; ответ. ред. В.И. Бауэр. – 2008. – С. 264–266.

7. Редутинский М.Н., Соколов С.С., Шарков А.Е. Анализ взаимодействия средств балластировки и изоляции при продольных перемещениях трубопровода // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 291–295.

8. Тарасенко А.А. Промышленная безопасность магистрального транспорта углеводородов: учебное пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 540 с.

9. Тарасенко А.А., Пирожков В.Г., Иванцова С.Г. Использование программных комплексов для расчета нефтегазовых объектов: учебное пособие. – М., 2004.

10. Тарасенко А.А., Тимербулатов Г.Н., Забазнов А.И., Салюков В.В., Матросов В.И. Устройство для измерения деформаций растяжения и изгиба. Патент на изобретение RU 2047084 C1, 27.10.1995.

11. Яковлев А.Я., Шарыгин В.М., Тильков А.Н., Данилов Ю.А., Смирнов А.В. Балластировка газопроводов стеклопластиковыми грунтозаполняемыми контейнерами: преимущества и перспективы применения // Территория Нефтегаз. – 2012. – № 2. – С. 76–79.

References

1. Batishhev K.Je., Gretchenko D.A., Tarasenko A.A., Tarasenko M.A. Bezopasnost stroitelstva i osushhestvlenie stroitelnogo kontrolja. Aktualizacija normativnyh dokumentov na 20 nojabrja 2014 goda: uchebnoe posobie // *TRO OOO «Associacija inzhenernogo obrazovanija Rossii»*. Tyumen: TGNGU, 2014. 296 p.

2. Vajnshtok S.M., Novoselov V.V., Prohorov A.D. i dr. Truboprovodnyj transport nefti. Uchebnik dlja vuzov. T. 2. M.: *OOO «Nedra-Biznes-centr»*, 2004. 621 p.

3. Ivanov I.A. Geotehnicheskie problemy truboprovodnogo transporta: ucheb. posobie // S.Ja. Kushnir, S.A. Pulnikov, I.A. Ivanov. *Tyumen: TGNGU*, 2011. 209 p.

4. Karnauhov M.Ju. Razrabotka metodiki monitoringa prostranstvennogo polozhenija magistralnogo gazoprovoda v slozhnyh geologicheskih uslovijah: dis.... k-ta. tehn. nauk. Tyumen, 2013. 162 p.

5. Kurushina V.A. Razvitie sistem truboprovodnogo transporta v retrospektive i perspective // *Perspektivnoe razvitie nauki, tehniki i tehnologij: materialy II-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, v 2-h tomah, Tom 1; Jugo-Zap. gos. un-t. Kursk*, 2012, pp. 197–198.

6. Redutinsky M.N., Aksjonov A.V. Stroitelstvo protivojerozionnyh sooruzhenij magistralnyh truboprovodov s primeneniem gabionnyh setchatyh izdelij // *V sbornike: Problemy jekspluatacii sistem transporta sbornik materialov vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 45-letiju so dnja osnovanija Tjumenskogo industrialnogo instituta im. Leninskogo komsomola. Otvetstvennyj redaktor V.I. Baujer*. 2008. pp. 264–266.

7. Redutinsky M.N., Sokolov S.S., Sharkov A.E. Analiz vzaimodejstvija sredstv ballastirovki i izoljacii pri prodolnyh peremeshhenijah truboprovoda // *V sbornike: Nazemnye transportno-tehnologicheskie kompleksy i sredstva. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii. 2015.* pp. 291–295.

8. *Tarasenko A.A. Promyshlennaja bezopasnost magistralnogo transporta uglevodorodov: uchebnoe posobie. Tyumen: TGNGU*, 2014. 540 p.

9. Tarasenko A.A., Pirozhkov V.G., Ivancova S.G. Ispolzovanie programmnyh kompleksov dlja rascheta neftegazovyh obektov: uchebnoe posobie. *Moskva*, 2004.

10. Tarasenko A.A., Timerbulatov G.N., Zabaznov A.I., Saljukov V.V., Matrosov V.I. Ustrojstvo dlja izmerenija deformacij rastjazhenija i izgiba. *Patent na izobretenie RU 2047084 C1*, 27.10.1995.

11. Jakovlev A.Ja., Sharygin V.M., Tilkov A.N., Danilov Ju.A., Smirnov A.V. Ballastirovka gazoprovodov stekloplastikovymi gruntozapolnjaemymi kontejnerami: preimushhestva i perspektivy primenenija // *TerritorijaNeftegaz*. 2012. no. 2. pp. 76–79.

Рецензенты:

Соколов С.М., д.т.н., профессор кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Мерданов Ш.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.