



SOCAR Proceedings

Transportation, storage of oil and gas

journal home page: <http://proceedings.socar.az>



СООРУЖЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ. ИННОВАЦИИ И ПРИОРИТЕТЫ

Р.Н.Бахтизин, Ф.М.Мустафин, Л.И.Быков, Р.Р.Хасанов, Р.Н.Кунафин

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Construction and Operation of Pipelines. Innovations and Priorities

R.N.Bakhtizin, F.M.Mustafin, L.I.Bykov, R.R.Hasanov, R.N.Kunafin

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Abstract

Crucial role of the pipeline transportation in the supply of hydrocarbons to the Russian enterprises, CIS and foreign countries is evident and it is the subject of scientific and economic research. In article the system of pipeline transport, priorities of pipeline construction, basic trends in development of research efforts of Ufa State Petroleum Technological University are considered.

Keywords:

Main pipeline,
Building and repair,
Operational reliability,
Intense-deformed condition,
Innovations and priorities.

© 2016 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Магистральный трубопроводный транспорт – неотъемлемая составляющая топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России. На территории РФ создана разветвленная сеть магистральных газопроводов, нефтепроводов и продуктопроводов. Степень надежности трубопроводов во многом определяет стабильность обеспечения регионов страны важнейшими топливно-энергетическими ресурсами. Одним из путей решения проблемы повышения надежности газонефтепроводов является использование новых эффективных научно обоснованных технологий строительства и ремонта трубопроводных систем. Основной особенностью строительства и ремонта трубопроводов является разнообразие природно-климатических и гидрогеологических характеристик местности вдоль трассы, что требует значительного разнообразия конструктивных и технологических решений при прокладке и эксплуатации линейной части трубопроводов.

Учитывая старение и высокий износ основных фондов нефтегазотранспортных систем, на ближайшие годы поставлены крупномасштабные задачи в области диагностики и ремонта линейной части трубопроводов, позволяющие существенно повысить надёжность и безопасность работы трубопроводных магистралей.

Основными приоритетами трубопроводного строительства на сегодняшний день являются:

1. Возрастание удельного веса трубопроводов, сооружаемых на морских шельфах (Охотское, Баренцево, Северное, Карское, Черное, Балтийское, Каспийское моря, Байдарацкая и Обская губа, Татарский пролив).
2. Гармонизация Российских строительных норм со стандартами ведущих стран мира.
3. Увеличение рабочего давления. Уже сегодня магистральные газопроводы «Голубой поток», СЕГ работают при давлении 20 МПа. Ряд отдельных объектов работают и с большим давлением. Например, трубопроводы, соединяющие буровые платформы и береговые сооружения на проектах Сахалин-1 и 2, работают при 45 МПа.
4. Осуществление контроля качества 100% сварных стыков труб неразрушающими методами и внедрение 100%-й внутритрубной диагностики вновь построенных магистральных трубопроводов, что позволит обеспечить высокую эксплуатационную надежность линейной части на длительный период времени.
5. Использование труб с улучшенными прочностными характеристиками.
6. Применение при строительстве переходов через реки и другие естественные и искусственные препятствия в сложных гидрогеологических условиях методов наклонно-направленного бурения (ННБ) и микротоннелирования, обеспечивающих высокую промышленную и экологическую безопасность эксплуатации.

E-mail: ftt2010@mail.ru

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20160300289>

7. Использование труб с заводской изоляцией при строительстве новых трубопроводов и комбинированных полимерно-битумных защитных покрытий при капитальном ремонте и реконструкции действующих трубопроводов.
8. Ужесточение экологических требований. Особое внимание должно уделяться районам Крайнего Севера и тундры.
9. Применение современных строительных машин с большей производительностью и надежностью.
10. Эффективное управление и финансирование строительства и капитального ремонта объектов ТЭК.

Основные направления развития научно-исследовательской работы кафедры «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ» Уфимского государственного нефтяного технического университета неразрывно связаны с решением вышеназванных задач, а также общей концепцией расширения исследовательских услуг высшими учебными заведениями.

Проблемы снижения пропускной способности и коррозии труб решаются за счёт применения новых систем защитных покрытий, которые наносятся на внешнюю и внутреннюю поверхности труб. На новые конструкции защитных покрытий кафедрой получено 3 патента на изобретения РФ [1]. На основании наших новых исследований получены патенты по эффективной защите от коррозии промысловых трубопроводов и трубопроводов городской инфраструктуры [2,3].

Весьма актуальной остается проблема потери устойчивости трубопроводов, прокладываемых на периодически обводняемых, водонасыщенных грунтах и под водой. Наиболее надёжным способом балластировки является применение чугунных и бетонных пригрузов, а также сплошное обетонирование труб. Нами разработаны экономичные технологии с применением методов технической мелиорации грунтов и анкерных устройств с повышенной удерживающей способностью, на которые получено шесть патентов на изобретения и разработано четыре отраслевых инструкции и руководящих документов [4-6]. Считаем, что на стадии проектирования недоучтены гидродинамические усилия потока среды и продольные силы в трубопроводах, что во многих случаях приводит к выходу подводных участков трубопроводов из проектного положения и к последующей необходимости переукладки.

Совместно с представителями «Главвосток-трубопроводстрой» для надежного выполнения транспортных работ в болотистой местности внедрены в производство разработанные дорожное армирующее полотно и конструкции подъездных и вдольтрассовых дорог для прохождения тяжелой строительной техники [7].

Вопросы охраны окружающей среды всегда находятся под пристальным вниманием руководителей строительных, эксплуатирующих орга-

низаций и научных центров. У специалистов кафедры имеются изобретения и целый ряд внедренных объектов на территории Западной Сибири, Урала и Поволжья по обустройству берегоукреплений и защиты от размыва берегов рек и склоновых участков с использованием методов технической мелиорации грунтов и применением антиэрозийного решетчатого покрытия из армированного полиэтилена, разработаны вяжущие ВМТ-1 и ВМТ-3. Продолжаются исследования по взаимодействию трубопроводов с грунтами при строительстве, капитальном ремонте и эксплуатации. По результатам исследований получены многочисленные патенты, к примеру, патент на изобретение РФ №2389930 «Способ вскрытия траншеи и подъема подземного трубопровода при демонтаже и капитальном ремонте».

Большой вклад внесли специалисты и выпускники кафедры в разработку новых конструкций резервуаров и технологию их сооружения (патенты РФ №2302365, 79534, 80834, 82742, 95715 и другие). За последние годы разработаны и успешно внедрены в производство пять изобретений новых конструкций водосливов и затвора плавающих крыш резервуаров.

Экономическую эффективность также доказали предложенные кафедрой способы снижения напряженно-деформированного состояния (НДС) сложных участков трубопроводов, в том числе, на выпуклых и вогнутых рельефах, на переходах через водные преграды, на отводах и байпасных линиях (изобретение №1122860 «Способ прокладки подземного трубопровода», патенты РФ №95059 «S-образный компенсатор для трубопровода», №88763 «Компенсатор для трубопровода», №116947 «Стабилизатор продольных перемещений трубопровода», №116958 «Линзовый стабилизатор продольных деформаций» и другие [8,9]). Наиболее универсальным является способ применения S-образных компенсаторов, которые без дополнительных технологий и особых затрат устанавливаются на потенциально опасных участках трубопроводов (рис.1).

Разработанная на кафедре под руководством профессора Л.И.Быкова новая конструкция трубопроводного перехода (рис.2) состоит из концевых опор 2 и 4, содержит поддерживающий элемент в виде фермы 3, которая может иметь прямоугольное поперечное сечение, образованное двумя плоскими фермами, соединенными между собой с помощью поперечных и диагональных связей в единую жесткую конструкцию, либо сечение в виде равнобедренного треугольника, благодаря этому конструкция обладает меньшей материалоемкостью. Внутри фермы размещается трубопровод 1. Пояса ферм 5 могут иметь тавровое поперечное сечение, решетка 6 может быть выполнена из равнобоких уголков.

Наличие фермы позволяет увеличить длину перекрываемого пролета в 2-3 раза без устройства промежуточных опор при достаточной

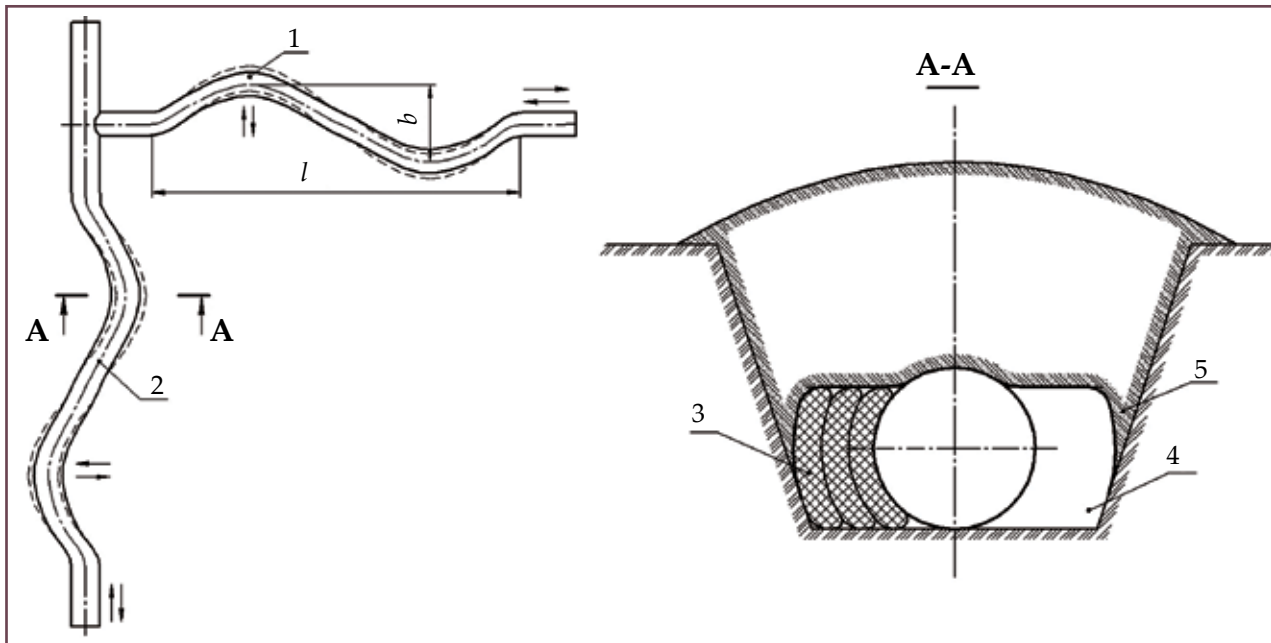


Рис.1. S-образный компенсатор

- 1 – S-образный компенсатор на трубопроводе-отводе;
- 2 – S-образный компенсатор на основном трубопроводе;
- 3 – упругодеформируемые маты;
- 4 – защитная обертка;
- 5 – грунт засыпки

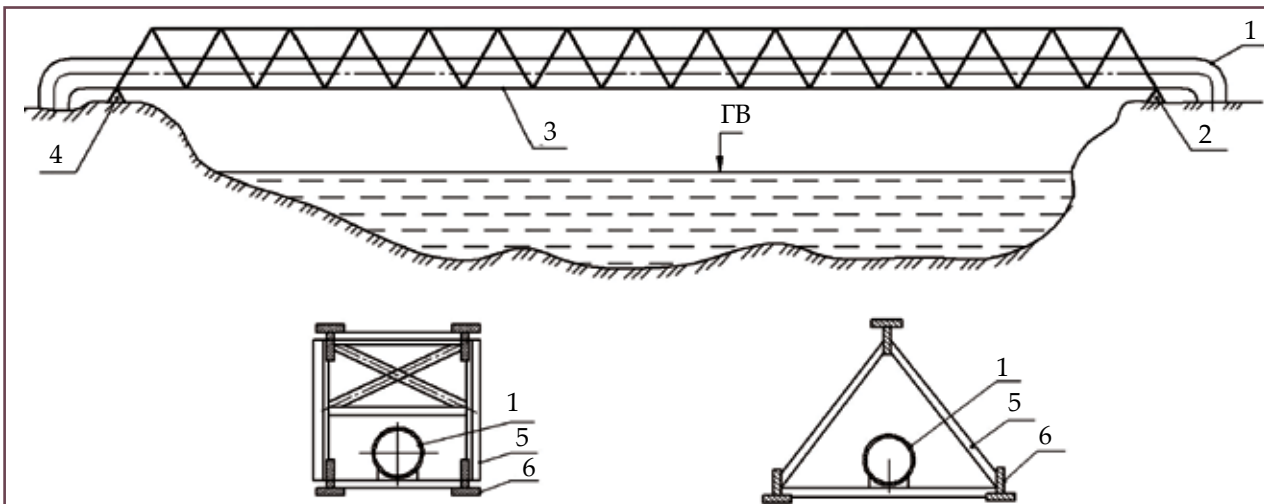


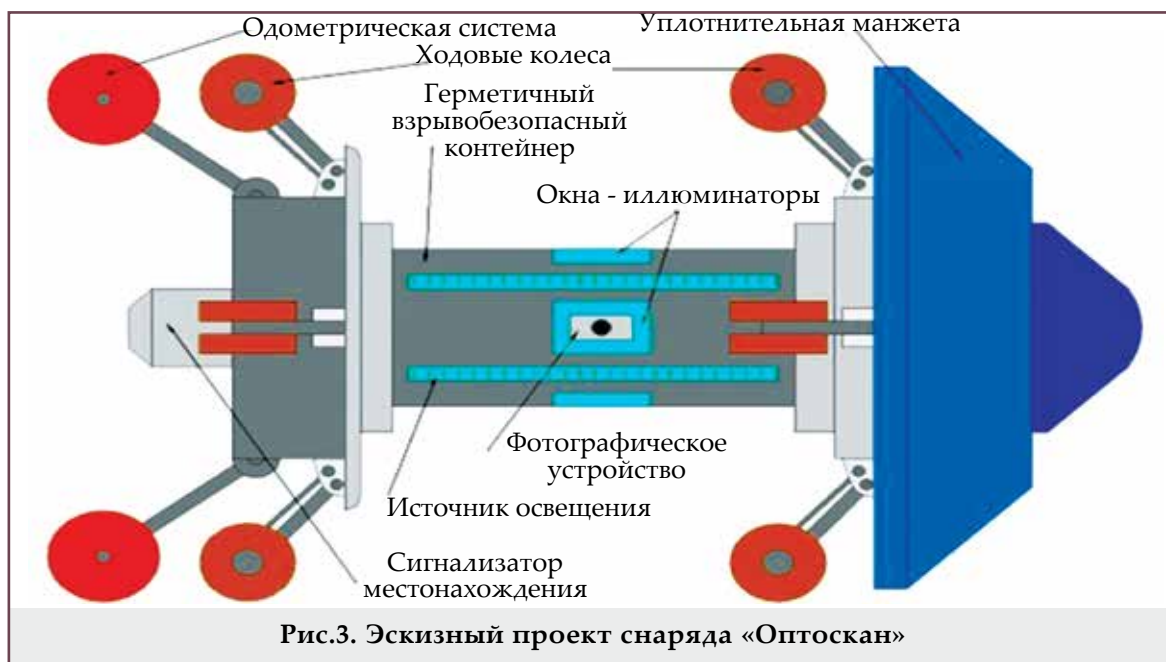
Рис.2. Трубопроводный переход с поддерживающим элементом в виде фермы

горизонтальной жесткости. Конструкция трубопроводного перехода может предусматривать наличие эксплуатационного мостика для осмотра и обслуживания трубопровода.

Не менее острыми являются проблемы обеспечения надежности объектов трубопроводного транспорта и на этапах эксплуатации. Успешное решение этих задач во многом стало возможным благодаря реализации комплексных диагностических программ, включающих своевременное выявление критичных и значительных дефектов металла труб и сварного шва, а также постоянный мониторинг напряженно-деформированного состояния трубопровода в целом. Поэтому важно не только развивать и модернизировать существующие методы и при-

боры контроля соответственно, но и предлагать принципиально новые.

Примером может служить, система «Оптоскан». Это автономный внутритрубный снаряд, использующий визуально-оптический метод (ВОМ) диагностирования [10, 11]. Основой системы является набор фотографических устройств высокого разрешения с терабайтным объемом памяти и с мощным собственным источником освещения (рис.3). Снаряд предназначен для использования в магистральных трубопроводах диаметром от 530 до 1420 мм с оптически прозрачными средами, например, газопроводах, водоводах, продуктопроводах. Для использования в магистральных газопроводах снаряд снабжается системой регулирования скорости.



ВОМ может широко использоваться при обследовании магистрального трубопровода, а так же при приёмке новых трубопроводов после строительства (прогонкой снаряда воздухом). Существующие в настоящее время дефектоскопы на основе метода визуального обследования внутренних полостей сосудов и трубопроводов имеют ограничения по применению (дальности или глубине объекта) из-за наличия кабельной связи с оператором и источником питания и не являются в полном смысле автономными.

Эффективность снаряда определяется его относительно низкой себестоимостью, наглядным представлением диагностической информации (в виде фотографических снимков), приспособленностью к существующим технологиям внутритрубного обследования трубопроводов.

Довольно сложной является задача обеспечения прочности и надежности тройников и тройниковых соединений. Согласно статистическим данным именно на этих узлах интенсивность отказов среди оборудования трубопроводного транспорта является одной из наиболее высоких [12].

Результатом многолетних исследовательских работ стала разработка беспроводной закладной контрольно-измерительной аппаратуры (ЗКИА) для мониторинга фактического НДС металла тройников подземных трубопроводов – устройства «Enigma» [13].

Принципиальным отличием разработанного прибора от устройств подобного рода, используемых в других областях промышленности, является возможность ведения постоянного мониторинга напряженного состояния объекта в режиме реального времени. Для уменьшения общей погрешности устройства, вызванной температурным воздействием на соединительные кабели, передача информации на поверхность к оператору осуществляется по беспроводному радиоканалу в цифровом виде.

Для обработки и вывода результатов изме-

рений на монитор портативного компьютера (ПК) разработано программное обеспечение «Enigma». Программа на основании вводимых геометрических и прочностных характеристик исследуемой детали строит его компьютерную модель, в зависимости от типа тройника рассчитывает значение допустимого напряжения (в соответствии с требованиями нормативных документов) и сравнивает его с показаниями, регистрируемыми устройством «Enigma». В случае приближения действующих «пиковых» напряжений к допустимым предупреждает оператора звуковым сигналом.

Программа совместно с устройством позволяют вести мониторинг фактического напряженного состояния тройника как в режиме реального времени, постоянно, так и в режиме записи, отложено. В первом случае регистрируемые показатели передаются непосредственно на ПК, где, после процедуры обработки, выводятся на монитор оператора. Во втором случае показания чувствительных элементов – тензорезисторов записываются на блок памяти прибора. Сохраненная информация с определенной периодичностью (сутки, неделя, месяц и т.д.) дистанционно снимается оператором и подвергается изучению.

На рисунке 4 показана объемная модель тройника с цветной сеткой на поверхности, характеризующая распределение напряжений в детали. Сетка окрашивается в соответствии с уровнем эквивалентных напряжений по Мизесу, определенных на основе показаний активных тензорезисторов. Шкала измерений на мониторе соответствует цветовому спектру, в диапазоне которого размещаются значения контрольных напряжений.

Особо опасными и значимыми являются последствия аварий на подводных переходах нефте- и продуктопроводов. Актуальность обозначенной проблемы многократно возрастает в зимнее время, в период ледостава, когда наличие

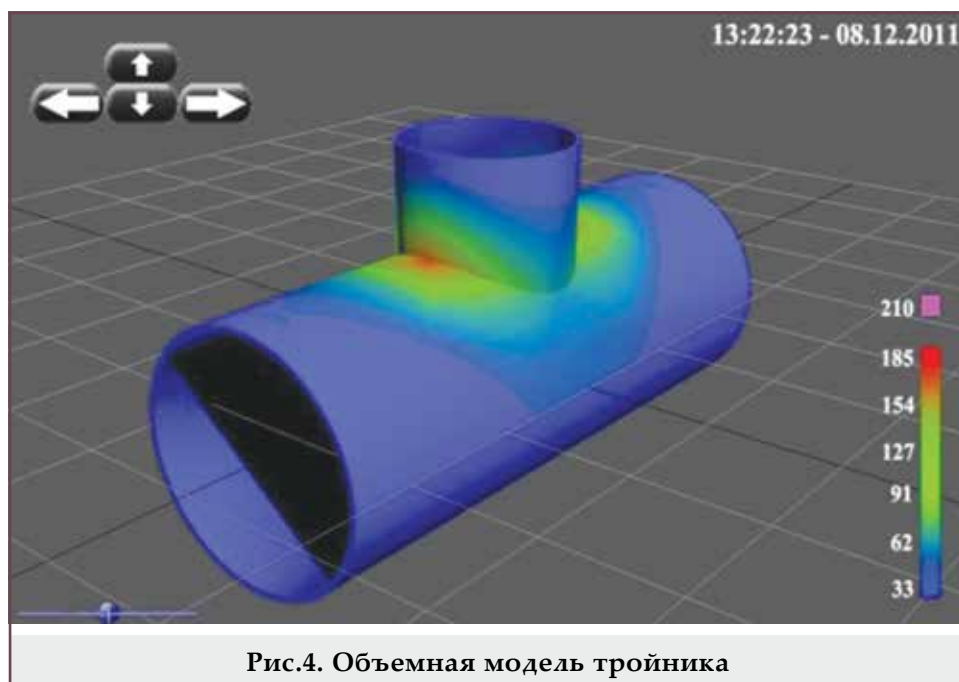


Рис.4. Объемная модель тройника

льда и снега на поверхности водоёма зачастую делает невозможным оперативное визуальное обнаружение утечки, а так же ограничивает возможности применения традиционных методов локализации и ликвидации продуктов разлива.

Для решения поставленных задач нашими сотрудниками предложена система всепогодных стационарных боновых заграждений переменной плавучести – система «Стабонза» (рис.5). Переменная плавучесть необходима для перевода системы в положение ожидания (например, на судоходных реках), когда боны находятся в затопленном состоянии на дне реки, и в рабочее положение, когда боны находятся на поверхности (по факту появления утечки или заранее, превентивно).

Предлагаемая система «Стабонза» является более дешёвой, простой и надёжной реализацией идеи боновых заграждений переменной плавучести, чем существующие сегодня.

Принцип работы системы заключается в регулировании плавучести заграждения заполнени-

ем его полости водой или воздухом. В режиме ожидания заграждение находится в затопленном состоянии на дне. Для всплытия заграждения, т.е. приведения в рабочее положение необходимо вытеснить воду из полости трубы, для чего в трубу компрессором закачивается воздух, который выдавливает воду в реку через негерметичный торец противоположного конца бона. Система начинает всплывать и локализирует разливающийся продукт по принципу известных боновых заграждений.

Для перевода системы в режим ожидания воздух из полости бона откачивается вакуумным насосом, из-за создающегося при этом разрежения вода начинает заполнять его через фильтрующий элемент и система плавно опускается на дно.

Осенью, до наступления ледостава, заграждение заблаговременно затопливается. После наступления ледостава заграждение может быть поднято или продолжать находиться на дне реки. При всплытии заграждение плотно прилегает ко льду. Таким образом, система надёжно устраняет

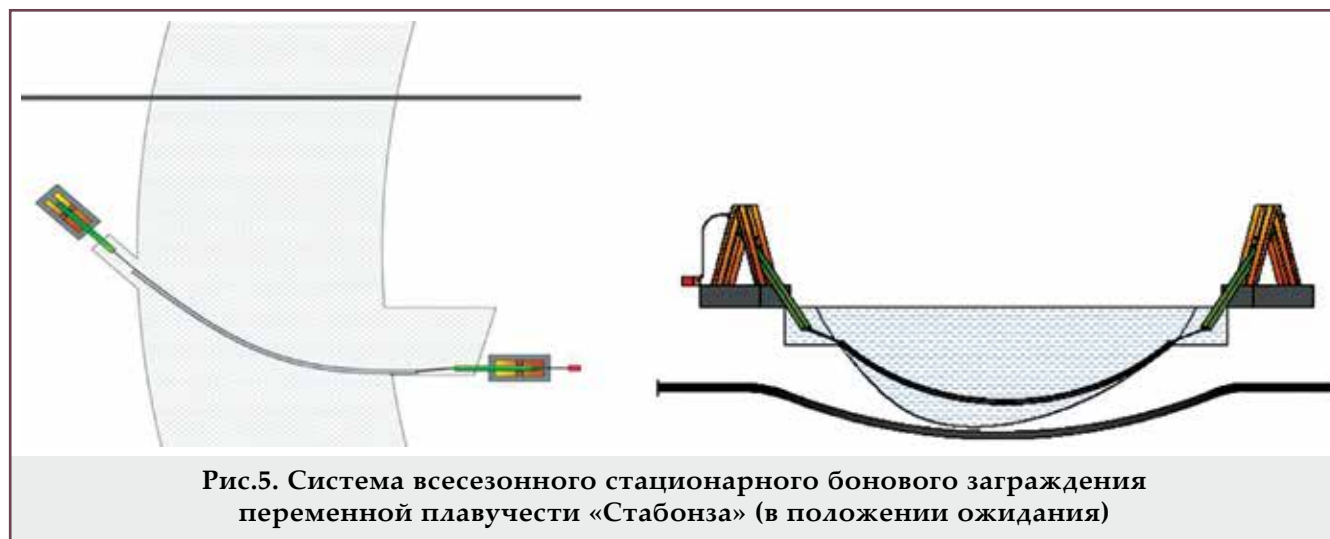


Рис.5. Система всепогодного стационарного бонового заграждения переменной плавучести «Стабонза» (в положении ожидания)

возможность растекания нефти подо льдом.

Для локализации и сбора вытекающей нефти на берегу рядом с одним из якорей (расположенного ниже по течению) сооружается небольшой залив. Продукт утечки скапливается в заливе, откуда его откачивают при помощи передвижных насосных агрегатов в автоцистерны.

Простота системы «Стабонза» обеспечивает её высокую надёжность в любых погодных условиях в любое время года, а оперативность её приведения в рабочее положение – снижение всех видов ущерба от разливов нефти. Невысокая стоимость

комплектующих и материалов системы может обеспечить её широкое внедрение во всех регионах России.

В целом, по результатам собственных научных исследований и аналитического обзора новейших разработок в нефтегазовой отрасли за последние годы на кафедре опубликовано около 400 работ, из них 20 уникальных и не имеющих аналогов монографий, учебников и учебных пособий для студентов ВУЗов и широкого круга специалистов и инженерно-технических работников отрасли.

Литература

1. Ф.М.Мустафин, Ю.И. Спектор. Способ изоляции стальных магистральных трубопроводов //Патент РФ № 2183785, 2002.
2. А.М.Шаммазов, Ф.М.Мустафин, Р.И.Габдрахманов и др. Сооружение для защиты промышленного трубопровода от коррозии //Патент РФ № 106714, 2011.
3. Ф.М.Мустафин, А.М.Шаммазов, К.В.Куценко и др. Сооружение для защиты подземных металлических конструкций от коррозии //Патент РФ № 111665, 2011.
4. РД 39Р-00147105-029-02. Инструкция по балластировке трубопроводов с применением винтовых анкерных устройств с повышенной удерживающей способностью. Уфа: УГНТУ, 2002.
5. РД 39Р-00147105-028-02. Инструкция по балластировке трубопроводов с применением анкер-инъекторов. Уфа: УГНТУ, 2002.
6. РД 39Р-00147105-039-2010. Инструкция по применению полимерных изоляционных лент и оберток с двусторонним липким слоем. Уфа: УГНТУ, 2010.
7. ТУ 8397-001-02069450-2003. Дорожное армирующее полотно. Уфа: УГНТУ, 2003.
8. А.М.Шаммазов, С.М.Султанмагомедов, Р.Р.Хасанов и др. Комплексное компенсирующее устройство трубопровода //Патент РФ № 111240, 2011.
9. Р.Р.Хасанов, С.М.Султанмагомедов и др. Стабилизатор механических напряжений //Патент РФ № 96212, 2010.
10. Р.Н.Кунафин, С.М.Султанмагомедов. Новый класс внутритрубных дефектоскопов для магистральных трубопроводов //Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. –2013. –№4. –С. 49-53.
11. Р.Н.Бахтизин, С.М.Султанмагомедов, Р.Н.Кунафин. Внутритрубный автономный дефектоскоп-снаряд «Оптоскан» //Патент РФ № 2529611, 2013.
12. С.М.Султанмагомедов, Р.Р.Хасанов. Повышение эксплуатационной надежности подземных тройников на магистральных трубопроводах //Наука и технологии. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. –2013. –№2. –С. 101-103.
13. С.М.Султанмагомедов, Р.Р.Хасанов. Напряженно-деформированное состояние и обеспечение надежности тройников подземных трубопроводов. Уфа: УГНТУ, 2013.

References

1. F.M.Mustafin, Ju.I.Spektor. Method of insulation of steel mains //RU Patent No. 2183785, 2002.
2. A.M.Shammazov, F.M.Mustafin, R.I.Gabdrakhmanov i dr. Sooruzhenie dlya zaschityi promyislovogo truboprovoda ot korrozii //RU Patent No. 106714, 2011.
3. F.M.Mustafin, A.M.Shammazov, K.V.Kutsenko i dr. Sooruzhenie dlya zaschityi podzemnyih metallicheskih konstruksiy ot korrozii //RU Patent No 111665, 2011.
4. RD 39R-00147105-029-02. Instruksiya po ballastirovke truboprovodov s primeneniem vintovyih ankernyih ustroystv s povyishennoy uderzhivayushey sposobnostyu. Ufa: UGNTU, 2002.
5. RD 39R-00147105-028-02. Instruksiya po ballastirovke truboprovodov s primeneniem anker-inektorov. Ufa: UGNTU, 2002.
6. RD 39R-00147105-039-2010. Instruksiya po primeneniyu polimernyih izolyatsionnyih lent i obertok s dvustoronnim lipkim sloem. Ufa: UGNTU, 2010.
7. TU 8397-001-02069450-2003. Dorozhnoe armiruyushee polotno. Ufa: UGNTU, 2003.
8. A.M.Shammazov, S.M.Sultanmagomedov, R.R.Hasanov i dr. Kompleksnoe kompensiruyushee ustroystvo truboprovoda //RU Patent No. 111240, 2011.
9. R.R.Hasanov, S.M.Sultanmagomedov i dr. Stabilizator mehanicheskikh napryazheniy //RU Patent No. 96212, 2010.
10. R.N.Kunafin, S.M.Sultanmagomedov. New class of diagnostic pigs for pipelines //Transport and storage of oil and hydrocarbons. –2013. –No.4. –P.49-53.
11. R.N.Bakhtizin, S.M.Sultanmagomedov, R.N.Kunafin. Intratubal autonomous defectoscope-pig "Optoscan" //RU Patent No. 2529611, 2013.
12. S.M.Sultanmagomedov, R.R.Khasanov. Operational reliability enhancement of underground t-bends on trunk pipelines //Science & Technologies. Oil and Oil Products Pipeline Transportation. –2013. –No.2. –C.101-103.
13. S.M.Sultanmagomedov, R.R.Hasanov. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie i obespechenie nadezhnosti troynikov podzemnyih truboprovodov. Ufa: UGNTU, 2013.

Сооружение и эксплуатация трубопроводов. Инновации и приоритеты

Р.Н.Бахтизин, Ф.М.Мустафин, Л.И.Быков, Р.Р.Хасанов, Р.Н.Кунафин
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Реферат

Важнейшая роль трубопроводного транспорта в поставках углеводородного сырья на российские предприятия, страны ближнего и дальнего зарубежья очевидна и является предметом научных и экономических исследований. В статье рассматриваются система трубопроводного транспорта, приоритеты трубопроводного строительства, основные направления развития научно-исследовательской работы Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, эксплуатационная надежность, напряженно-деформированное состояние, инновации и приоритеты.

Boru kəmərlərinin tikintisi və istismarı. İnnovasiya və prioritetlər

R.N.Baxtizin, F.M.Mustafin, L.İ.Bıkov, R.R.Xasanov, R.N.Kunafin
Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya

Xülasə

Karbohidrogenlərin Rusiya müəssisələrinə, yaxın və uzaq xarici ölkələrə tədarük edilməsində boru kəməri nəqliyyatının mühüm rolu aşkardır və elmi və iqtisadi tədqiqatların predmetidir. Məqalədə boru kəməri nəqliyyatı sisteminə, boru kəməri tikintisinin prioritetlərinə, Ufa Dövlət Neft Texniki Universitetinin elmi-tədqiqat işinin inkişafının əsas istiqamətlərinə baxılır.

Açar sözlər: magistral boru kəməri, istismar etibarlılığı, gərginlik-deformasiya vəziyyəti, innovasiya və prioritetlər.