

Абовский Н.П., д-р техн. наук, профессор, почетный член РААСН
Палагушкин В.И., канд. техн. наук, доцент
Сапкалов В.И., инженер
Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск

МОБИЛЬНЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ЭКОЛОГИЧНЫЕ ОПОРЫ ПОД НАДЗЕМНЫЕ МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

В связи с большим размахом строительства трубопроводных систем в сибирских условиях, где широко распространены вечномёрзлые грунты, а так же в сложных грунтовых условиях и сейсмичности в густонаселенных и природоохраняемых зонах с различными природными условиями требуется проведение специальных дорог и больших земляных работ. Поэтому особое значение имеет прокладка труб при сохранении экологической обстановки и повышения надежности систем. Целесообразность и вынужденная необходимость надземной прокладки магистральных трубопроводов в северных нефтегазоносных районах Сибири доказана многими исследователями и практиками. Д.М. Хомяков д.т.н. профессор МГУ им. М.В. Ломоносова чётко указал: «единственным приемлемым решением при строительстве нефтегазовых объектов является сохранение растительного покрова...» Поэтому конструкции надземных опор должны удовлетворять требованиям не только индустриальности и экономичности, но и экологичности [1].

Используемые решения, например, шпальные клетки, свайные опоры этим требованиям плохо удовлетворяют. Из-за использования тяжелой техники для забивки свай под опоры трубопровода, вокруг металлических свай образуется протаивание, оврагообразование, нарушающее несущую способность свай (рис.2). На Аляске были использованы специальные трубчатые термосваи (сваи – холодильники), отличающиеся высокой стоимостью и сложностью строительства.



Рис. 1. Термоэрозия и оврагообразование в полосе газопровода из-за использования тяжелой техники. Протаивание вокруг металлических свай и потеря их работоспособности

Применение свай, кроме этого, требует больших работ по восстановлению земляного покрова. Важнейшим вопросом является требование демонтажа трубопроводов после, например 30 летнего срока их эксплуатации. Использование свайных опор весьма усложняет и удорожает этот процесс, сопоставимый со стоимостью строительства.

Эти соображения легли в основу предлагаемых новых запатентованных конструкций надземных опор [1], представляющих собой регулируемые мобильные опоры на железобетонной плите, не требующих заглабления в грунт, состоящих из опорной железобетонной плиты, осуществляющей функции наземного (незаглубленного) фундамента, на которой на болтах смонтированы опоры козлового типа под трубопровод (рис. 2,3).

Имеющиеся дополнительные отверстия в металлических элементах под болты, позволяют при их сборке устанавливать требуемую высоту и наклон опорной части трубопровода согласно реальной местности. Эта же способность управляемости сохраняется при ремонте и эксплуатации трубопроводов в случае просадки грунтов и неравномерную осадку опор.

Данные опоры выполняют также функции сборочного стенда трубопроводов и их сварки с помощью переносного сварочного оборудования [6].

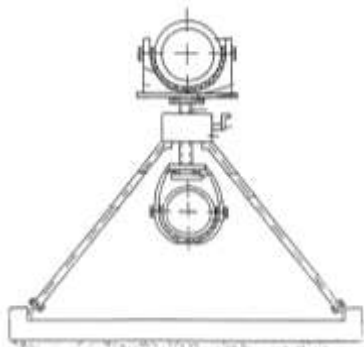


Рис. 2. Опора надземного трубопровода. Патент № 2246657



Рис. 3. Регулируемая опора надземного трубопровода для строительства в сложных грунтовых условиях. Патент № 41829

Изготовлен опытный образец мобильной регулируемой надземной опоры ОАО «Соцкульбытстрой» г. Красноярска (рис. 4).



Рис. 4. Мобильная регулируемая опора, объединенная с фундаментной плитой, для надземных магистральных трубопроводов

Опоры могут быть использованы для слежения и управления за напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях и на вечномёрзлых грунтах; они обладают повышенной надёжностью и качеством управления за счёт учитывания реальных свойств конструкции (рис. 5) [4,5].

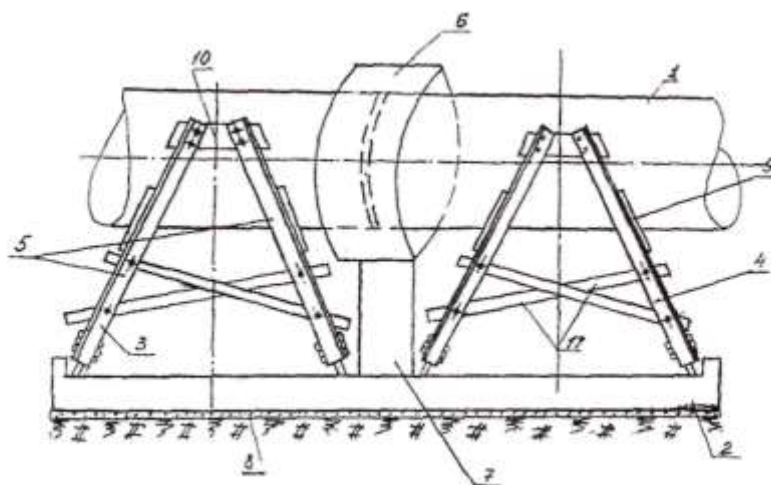


Рис. 5. Устройство слежения и управления напряженно-деформируемым состоянием с помощью оптических и механических устройств

Устройство слежения и управления напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов состоит в том, что в его опасных места размещены измерительные устройства. Измерительные устройства могут быть оптическими и механическими.

Магистральные трубопроводы часто подвергаются действию ветровых нагрузок, которые приводят к колебаниям трубопроводов, оказывают негативные воздействия на них и уменьшают надёжность их работы [7].

Предлагаемая конструкция (рис. 6) позволяет повысить надёжности эксплуатации надземных трубопроводов путем защиты их от действия ветровых нагрузок и предотвращения ветровых колебаний с помощью установки на трубопроводе шпренгельных и амортизационных устройств.

В целом эти устройства позволяют обеспечить предварительное напряжение трубопровода на рискованных участках, ужесточить конструкцию, изменить форму и частоту собственных колебаний и воспрепятствовать негативному воздействию [8]. Данные устройства являются съёмными, устанавливаются в опасных ветровых зонах в процессе наблюдения за эксплуатацией надземных трубопроводов.

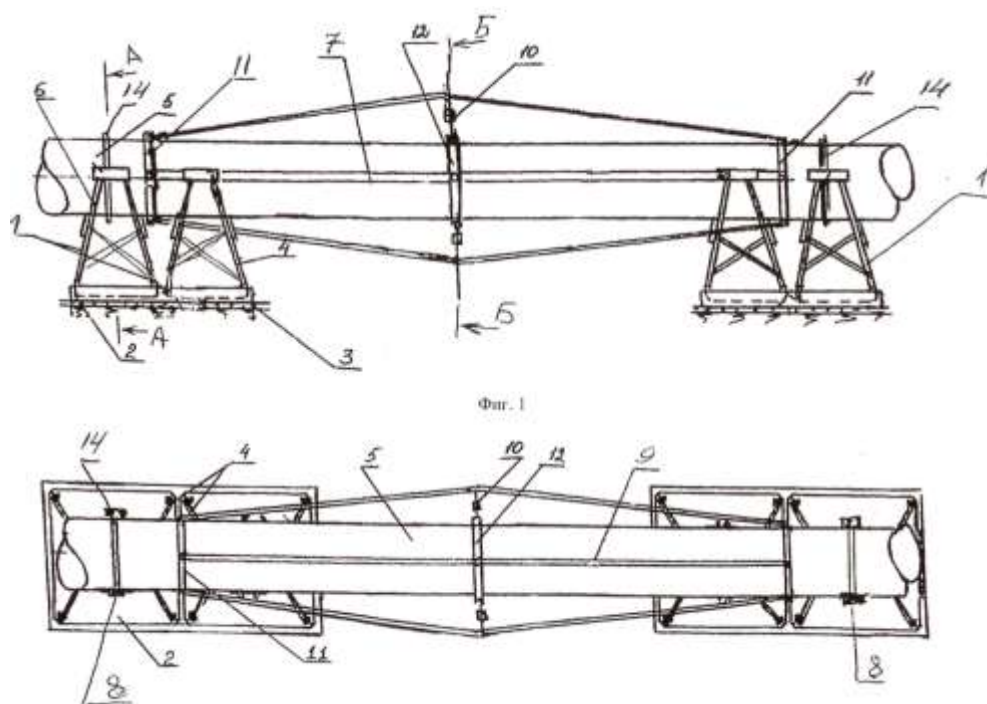


Рис. 6. Устройство для повышения надежности работы магистральных трубопроводов от ветровых воздействий

Данные опоры обладают следующими преимуществами:

- установка опоры на местности практически не требует производства земляных работ и применения тяжелой техники,
- сборка опор на болтах без применения сварки
- в опорах предусмотрена регулировка уровня и наклона установки трубопровода согласно рельефу местности
- опора является сборочным стендом для монтажа и сварки трубопровода
- в максимальной степени сохраняется экология окружающей среды, сохранность почв,
- позволяют следить и управлять напряженно-деформируемым состоянием труб на опорах с помощью оптических и механических устройств;
- предусматриваются практически все операции от доставки, сборки, монтажа, демонтажа и наблюдения за состоянием. удобство производства демонтажа.

Кроме нефтяников и газовиков, интерес к данным опорам проявили теплоэнергетики и работники магистральных сетей ЖКХ.

Экономическая эффективность мобильных опор под магистральные трубопроводы складывается из следующих факторов:

- **предотвращение аварийности из-за сейсмичности и неравномерных осадок.** Отметим, что в некоторых регионах, например, в Иркутской области, где наличие вечномёрзлых грунтов сочетается с высокой сейсмичностью, применение предложенных опор весьма эффективно, так как обеспечивается сейсмостойкость и сохранность свойств вечномёрзлых грунтов. Действительно, сейсмостойкость трубопроводов на предлагаемых опорах обеспечивается скользящим слоем между плитой опоры и основанием, который способствует снижению уровня горизонтальных сейсмических воздействий на опору.

Величина этих воздействий меньше или равна силе трения между опорой и основанием. Причём известно, что сила трения при динамическом воздействии значительно меньше, чем при статическом. Устройство же скользящего слоя существенно снижает коэффициент трения бетонной плиты по основанию. При больших сейсмических воздействиях волна сейсмической подвижки основания как бы проскальзывает под плитой опоры, оставляя ее на месте. Для ограничения смещения опор от сейсмического воздействия в поперечном (по отношению к оси трубопровода) направлении предусматривается устройство ограничителей-упоров. Расстояние до упоров зависит от сейсмоопасности территории. Например, на трансаякинском нефтепроводе, где расчёт был на 8-9 баллов, предусматривалась возможность смещения по специальным поперечным металлическим рельсам порядка 6 – 7 метров.

- **снижение эксплуатационных затрат;**

• **опорные конструкции позволяют осуществлять их доставку к месту строительства, монтаж на выровненной площадке с подсыпкой,** осуществлять сварочные работы, проводить наблюдения за безопасной работой в условиях сейсмики.

Отметим удобство монтажа даже в сибирских условиях. Плиты транспортируются по трассам на обычном транспорте по зимнику и устанавливаются на выровненные площадки грунта (если требуется – с подсыпкой: гравия или песка). В сейсмических районах между плитой и основанием прокладываются два слоя полимерной плёнки для создания скользящего слоя. Затем на плитах монтируются на болтах металлические козловые опоры, позволяющие обеспечить требуемую нивелировку оси трубопровода. Благодаря регулируемости опор это удобно сделать без затруднений. При этом принятие проектных установочных решений можно сделать непосредственно в полевых условиях. Затем развозятся трубы, которые укладываются на смонтированные опоры так, что опоры выполняют роль сборочно-монтажных стенов, на которых предусмотрены места для переносного сварочного аппарата и осуществления сварки торцов смежных труб. Отметим, что болтовые соединения при наборе дополнительных отверстий в стыкуемых элементах обеспечивают регулировку высоты (и уровня наклона) с точностью до сантиметра, а подвижные по опорным траверсам клиновидные элементы с двух сторон обеспечивают плотный контакт опирания трубы с опорой. Таким образом, как при монтаже, так и при эксплуатации трубопровода (даже при просадке грунта под опорой) обеспечивается надежное плотное опирание трубопровода на опоры. Прокладка трассы трубопровода может осуществляться традиционно с устройством компенсаторов и неподвижных опор. Тогда предлагаемая опора, имеющая возможность подвижки по основанию заанкеривается, например, путем устройства дополнительного заглубленного упора или с помощью свай. Другой вариант устройства трассы трубопровода – «змейкой», извилины которой гасят накапливающиеся температурные подвижки трубопровода. Отметим, что подвижки трубопровода возможны, с одной стороны, по скользящему слою между плитой и основанием (когда сдвигающая сила превосходит силу трения плиты по основанию), с другой стороны, - по тефлоновой или иной прокладке между трубой и опорными клиновидными вкладышами.

- **малочувствительны к негативным воздействиям;**

• **за счет удешевления строительства** (уменьшение земляных работ и общей трудоемкости, сборность и транспортабельность на обычном транспорте);

- **уменьшение расхода бетона;**

- **сокращение сроков строительства;**

• **важным моментом является возможность при окончательной эксплуатации подвергать демонтажу** (обычно используются опоры свайного типа, которые не поддаются демонтажу).

Так как магистральные трубопроводы создаются на ограниченный обозримый период (порядка 20-30 лет), то необходимо предусматривать в проектах возведения также и демонтаж опоры трубопроводов, а так же восстановление экологических условий среды. **не нарушается легкоранимый земляной покров северных территорий, а также температурный режим вечномерзлых грунтов.** Таким образом, сохраняются естественные свойства грунтов и обеспечивается надежность опорных устройств трубопроводов в таких сложных грунтовых условиях и это в сочетании с индустриальностью мобильностью регулируемостью в процессе строительства и эксплуатации определяет эффективность их применения.

- **давление на грунт минимально;**
- **за счет автоматического управления НДС наземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях** (слабых, просадочных, пучинистых и на вечномерзлых грунтах).

Весьма частой проблемой прочности трубопроводов является перенапряжения в трубопроводах из-за неравномерной осадки опор и разрушения металла из-за колебаний трубопроводов. Существующий способ управления НДС трубопроводов осуществляется путем регулирования осадок (перемещений опор) и активного гашения колебаний с помощью лазерных и оптических устройств.

Возможно автоматическое слежение за напряженно-деформируемым состоянием наземных магистральных трубопроводов осуществляется за счет учитывания реальных свойств наземных трубопроводов, и обработки сигналов, поступающих с тензодатчиков, установленных в опасных сечениях на компьютер с управляющей программой, выдачей управляющей программой сигналов на управляющее устройство подъема и опускания магистрального трубопровода. Выполнение исполнительных механизмов в виде регулируемых опор, совмещенных с фундаментной плитой, что позволяет укладывать магистральные наземные трубопроводы в сложных грунтовых условиях, на вечномерзлых грунтах и в сейсмических зонах за счет большой площади фундаментной плиты, ее конструкции. Регулируемые опоры, совмещенные с фундаментной плитой, снабжены подъемными устройствами, позволяющими при определении напряженно-деформируемого состояния наземного трубопровода производить его медленное опускание или подъем;

- **магистральные трубопроводы на опорах защищены от действия ветровых нагрузок**, что позволяет обеспечить предварительное напряжение трубопровода на рискованных участках, ужесточить конструкцию, изменить форму и частоту собственных колебаний и воспрепятствовать негативному воздействию.

Литература:

1. Абовский, Н.П. Строительство в северных нефтегазоносных районах Красноярского края. КрасГАСА, Красноярск 2005 – 228 с.

2. Пат. № 2246657. Российская Федерация. Опора надземного трубопровода / Абовский Н.П., Майстренко Г.Ф., Федоренко Л.Д., Абовская С.Н., Сапкалов В.И. опубл. 2005. БИ № 5.

3. Пат.41829. Российская Федерация. Регулируемая опора надземного трубопровода для строительства в сложных грунтовых условиях / Абовский Н.П., Майстренко Г.Ф., Сапкалов В.И., Матюшенко В.А.. опубл. 2004. БИ № 31.

4. Пат.49251. Российская Федерация. Устройство слежения и управления напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях /Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Романов А.П. Опубл. 2005. БИ № 31.

5. Пат. 53008. Российская Федерация. Устройство автоматического слежения напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях и в сейсмических зонах с помощью оптических устройств / Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Романов А.П./ опубл. 2006. БИ № 12.

6. Пат. 60669 Российская Федерация. Регулируемая опора для монтажа и сварки магистральных трубопроводов /Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Романов А.П. Опубл. 2007. БИ № 3.

7. Заявка 2010108557/06 на патент Российской Федерации. Надземный трубопровод повышенной надежности / Абовский Н.П., Палагушкин В.И., Сапкалов В.И. 2009 г.

8.

8. Пат. 2122188. Российская Федерация. Способ автоматического управления несущей способностью многопролетной неразрезной балки и устройство для его реализации /Абовский Н.П., Бабанин Б.В., Смолянинова Л.Г. Опубл. 1998. БИ 32.

Аннотация

Предложена новая конструкция опор под надземные трубопроводы, которая предусматривает эффективность и технологические удобства на весь период жизненного цикла трубопроводов и при строительстве в сложных условиях и сейсмичности от изготовления, транспортировки, монтажа, эксплуатации, слежения за надежностью и демонтажа без привлечения тяжелой техники при максимальном сохранении экологической обстановки.