

Строительство трубопроводов в условиях многолетнемерзлых грунтов

Е.В. Мажарова, В.А. Перфилов

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: В статье рассматриваются особенности строительства трубопроводов в условиях многолетнемерзлых грунтов. Классические технические методы проектирования и строительства являются экономически невыгодными. Необходимо внедрять новые конструктивные решения, позволяющие значительно уменьшить техногенное воздействие трубопровода на вечномерзлый грунт при минимуме затрат на строительство и последующую эксплуатацию.

Ключевые слова: трубопроводы, многолетнемерзлый грунт, специальные опоры, теплоизоляция трубопровода, термостабилизация.

В статье рассматриваются особенности строительства трубопроводов в условиях многолетнемерзлых грунтов. Проектирование и строительство классическими техническими методами не представляется возможным, при этом сопровождаются существенными издержками и экономически невыгодны. На текущий момент важно внедрять современные конструктивные решения, которые позволяют существенно снизить техногенное воздействие трубопроводной сети на вечномерзлый грунт. При этом остается существенным вопрос оптимизации затрат на проведение строительных работ и дальнейшую эксплуатацию.

При постройке нефтепровода существенным аспектом остается сохранение минусовых температур грунта. Также следует обращать внимание и на реологические характеристики прокачиваемой нефти. Последняя должна обладать высокой положительной температурой по всей длине трубопровода.

Учитывая климатические и геологические особенности северного региона Российской Федерации, для обеспечения безопасности и надежности эксплуатации нефтепровода, следует проводить следующие мероприятия:

- Осуществление прокладки с использованием специальных опор над поверхностью земли.

- Использование специальной теплоизоляции, которая позволяет поддерживать положительный температурный режим при прокачке нефти.

- Использование термостабилизации грунта для сохранения неподвижности поверхности.

- Задействование компенсаторов [1,2].

Применение специальных опор

Опора считается наиболее важной и ответственной частью современных трубопроводов. Именно на указанный элемент ложится основное физическое и механическое усилие от трубы с последующей передачей на грунт. От качества несущей конструкции зависит способность сохранять работоспособность на протяжении срока эксплуатации.

Существенную роль в определении качественных характеристик играет строение опоры. Конструкция должна выполняться таким образом, чтобы решать поставленные задачи, и при этом нести минимальную трудоемкость при монтаже в условиях вечной мерзлоты. С целью обеспечения соответствия основы грунту, требуется применять опоры с различными конструктивными особенностями.

К неподвижным опорам предъявляются повышенные требования к обеспечению жесткости удерживаемой трубы, то есть, недопущения ее перемещения. Опоры такого типа принимают на себя вертикальные нагрузки от проложенного нефтепровода и внутренней среды, и горизонтальные – от тепловых деформаций. Среди прочего, такие системы подвержены нагрузкам от гидравлических ударов, от вибрации или пульсации. Рассматриваемый тип опор применяется не реже одного раза в 500 метров [3].

Между неподвижных опор используются основания продольного типа и свободноподвижные. Изделия применяются для сохранения работоспособности нефтепровода через создание условий по снижению горизонтальных, осевых и поперечных нагрузок из-за температурного расширения и давления.

Продольно-подвижные опоры задействованы в местах, где представлена возможность продольного смещения нефтепровода, что может быть вызвано деформацией от перепадов температур, а также перепадами внутреннего давления. Важно отметить, что такой тип опор применяется на участках с прямолинейным следованием трубопровода, за исключением основ с примыканием к компенсатору. Достаточно часто продольно-подвижные опоры размещаются до и после неподвижной опоры. Подобная практика позволяет снизить нагрузку на последнюю, создать условия для обеспечения продольной устойчивости.

Подвижные опоры из-за особенностей конструкции помогают обеспечить изменение наклона нефтепровода в отношении продольной оси следования. Подобная особенность предполагает использование специализированных упоров на ростверке, что гарантирует поперечное и продольное изменение положения трубы.

Применение разнообразных опор помогает создать оптимальные условия эксплуатации узкоспециализированных конструкций, что выражается в жесткой фиксации сети и возможности изменения в зависимости от давления или линейного расширения на всем пути следования нефтепровода. Вне зависимости от типа опор, для их изготовления нужно использовать сталь марки 09Г2С с 14-й категорией [4].

Теплоизоляция нефтепровода

Теплоизоляционная труба – это особый вид изоляционного материала, который направлен на поддержание положительной температуры внутри нефтепровода. Основная задача теплоизоляционного материала - не выпускать тепло от внутренних стенок в окружающую среду. К основным функциям теплоизоляции следует отнести: стабилизацию температурного режима, нормализацию плотности нефти и нефтепродуктов до нормативных величин, снижение уровня вибраций.

Следует отметить, что у нефтепродуктов из северных месторождений имеется отличительная особенность – это повышенная вязкость. Прокачка нефти от места ее добычи до пункта назначения возможно только при условии поддержания особого температурного режима. Для сохранения температуры на уровне +60 градусов применяются специальные трубы с покрытием из теплоизоляционных материалов. В условиях Крайнего Севера зачастую применяется специальный комплекс, который основан на современной технологии. Монтаж предполагает проведение термоизоляции посредством нанесения эпоксидного покрытия и пенополиуретана, а также выполнения сварного шва.

Для повышения антикоррозийных свойств нефтепровода, покрытие из эпоксидных материалов осуществляется одним слоем. Кроме того, такое действие помогает зафиксировать применяемую теплоизоляцию в единстве.

Для повышения механической защиты часто может использоваться нанесение дополнительного слоя. Двухслойные эпоксидные покрытия имеют повышенную прочность к ударам, деформациям, что является важным при транспортировке или выполнении монтажных работ. Также практически исключаются повреждения в условиях вечной мерзлоты. Как показывают исследования и испытания однослойной и двухслойного покрытия, второй вариант сопровождается повышенной тепловой стойкостью, высоким уровнем адгезии к металлу, улучшенной стойкостью к катодному отслаиванию [5].

Эпоксидные покрытия сопровождаются и другими существенными достоинствами, к примеру, они имеют полную проницаемость для протекания токов катодной защиты. Это означает, что защитный слой не становится экраном в местах потери адгезии. Среди прочего, подобный метод во время испытаний не имел случаев появления стресс-коррозии.

Что касается теплоизоляции, то наиболее распространенным и приемлемым материалом считается пенополиуретан. Материал обладает повышенной экологической чистотой, имеет низкие теплопотери, а также высокую долговечность.

Толщина слоя из пенополиуретана определяется, исходя из габаритов, месторасположения и технических особенностей трубы. Внутри теплоизоляционного слоя зачастую закладывается специальный кабель СОДК, обеспечивающий передачу информации о повреждении трубопровода и потребности в ремонте до наступления аварийных ситуаций [6].

Термостабилизация грунтов

Для обеспечения достаточного уровня безопасности на нефтепроводах при транспортировке нефтепродуктов, перед монтажом системы опор и труб, важно провести подготовку грунта. Подобные процессы важны из-за особенностей и сложностей рельефа, особенностей грунта в вечной мерзлоте. При подготовке грунта особое внимание уделяется его мелиорации. Последнее предполагает выполнение комплекса мероприятий, который связывается с видоизменением технических характеристик и свойств грунта с целью обеспечения стабильного состояния поверхности.

Термостабилизаторы грунта (ТСГ) используются для решения следующих целей:

- сохранение стабильности грунта посредством сохранения последнего в мерзлом состоянии;
- выполнение мероприятий по замораживанию грунта с целью дальнейшей прокладки нефтепровода;
- создание условий стабильности грунтов при выпадении осадков.

В большинстве случаев, ТСГ сопровождаются типовым строением, которое включает конденсатор, запорный и заправочный узел, зону для транспортировки и испаритель. Следует отметить, что зона промерзания вокруг такой установки составляет 1,5 метра, а температурный режим -15

градусов. Включение технического оснащения происходит при фиксации датчиками температуры наружного воздуха -5 градусов.

Современная установка предполагает эксплуатацию наиболее продвинутых по термодинамическим характеристикам хладагентов, к которым относится диоксид углерода, а также аммиак.

Еще одной отличительной особенностью современных ТСГ считается их монтаж. Обычно установка осуществляется на жесткофиксированную опору. Для повышения интегральной характеристики теплоотдачи, специальный состав заливается в специальную гильзу, куда помещается стабилизатор температуры. Такая особенность позволяет выровнять теплоотдачу по всей площади теплообменника, что влияет на эксплуатационную эффективность. Для изготовления гильзы применяется высоколегированная сталь с оцинковкой, что гарантирует антикоррозионную стойкость [7,8].

Устройство компенсаторов

Способность нефтепровода компенсировать удлинения из-за теплового расширения за счет особенностей конфигурации без задействования специализированных устройств, именуется самокомпенсацией.

Самокомпенсация возникает в тех случаях, когда трубопровод над землей фиксируют на опорах различного назначения. Тем не менее, современные условия прокладки не позволяют повсеместно использовать прямолинейное движение трубопровода. Это предполагает задействование различных поворотов, а также отводов, которые не могут компенсировать расширение из-за температурного расширения или давления [9].

В этих случаях важно использовать устройства специального типа, которые именуются компенсаторами. Именно они дополняют самокомпенсацию и обеспечивают долговечную и эффективную эксплуатацию трубопровода.

На текущий момент наибольшее распространение получили компенсаторы П-образного типа. Они имеют ряд достоинств, в том числе, высокий диапазон компенсации, удобство монтажа, простоту функционирования. Монтаж не зависит от диаметра нефтепровода, что также говорит об универсальности [10].

Относительно недавно начали применять и другие специализированные компенсаторы при строительстве новых веток нефтепровода. Изделия такого типа получили название термокомпенсационных блоков, которые размещаются на опорах неподвижного типа и обеспечивают компенсацию температурных деформаций. Выполнение поставленных задач основывается на изменении угла поворота трубопроводной системы, где угол может изменяться до 35 градусов. При этом расстояние от вершины планового угла до неподвижной опоры не превышает 250 м для углов более 50°; 150 м для углов от 35° до 50°. Углы менее 35° включаются в состав температурных блоков, при этом неподвижная опора устанавливается на расстоянии не менее 60 м от вершины угла. Длина температурного блока с трапецидальным компенсатором составляет в среднем около 500 м, величина вылета – до 20,3 м, расстояния между опорами – до 18 м [11,12].

Выводы. Ввиду того, что большая часть ресурсов России сосредоточена на северных территориях, на протяжении долгого периода времени ведутся удачные исследования и проектные разработки разных строительных и инженерных объектов. На сегодняшний день новые объекты на северных территориях строятся уже не путем проб и ошибок, а на основании научных знаний.

Исходя из планов по освоению в будущем богатых запасов северных районов, существует уверенность в том, что технические решения будут постоянно совершенствоваться, для того, чтобы исключить риски аварий,

связанные с изменением теплового баланса многолетнемерзлого грунта и, как следствие, различных деформаций трубопровода, а также свести к нулю влияние газо- и нефтепроводов на окружающую среду.

Литература

1. Бородавкин П.П., Березин В.Л. Сооружение магистральных трубопроводов. - Недра. Москва, 1987г., 472 с.
2. Гостинин И.А., Вирясов А.Н., Семенова М.А. Анализ аварийных ситуаций на линейной части магистральных газопроводов // Инженерный Вестник Дона, 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1618.
3. Вялов С. С. 9 Реологические основы механики грунтов: Учеб. пособие для строительных вузов.— Высш. Школа. Москва, 1978г., 447 с.
4. Карнаухов Н.Н., Кушнир С.Я., Горелов А.С., Долгих Г.М. Механика мерзлых грунтов и принципы строительства нефтегазовых объектов в условиях Севера. - изд. ЦентрЛитНефтеГаз. Москва, 2008г., 432 с.
5. Суриков В. И., Ревин П. О., Фридлянд И. Я. Технические решения по теплоизоляции линейной части трубопроводной системы Заполярье – Пурпе // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013г., 12-16 с.
6. Колоколов Н.А., Гаррис Н.А. О выборе способа прокладки трубопроводов в районах вечной мерзлоты // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья №1. 2013г., 13-17 с.
7. Вирясов А.Н., Гостинин И.А, Семенова М.А. Применение труб коррозионностойкого исполнения для обеспечения надежности нефтегазотранспортных систем Западной Сибири// Инженерный Вестник Дона, 2013, № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1487.

8. Бадина Я.С., Шадрина А.В., Тепловое взаимодействие нефтепровода с многолетнемерзлым грунтом // Перспективные разработки науки и техники. 2016г., 23-24 с.

9. Долгих Г.М., Окунев С.Н., Кинцлер Ю.Э. Практический опыт строительства оснований зданий и сооружений в условиях ВМГ. Тюмень. ООО НПО «Фундаментстройаркос» 2002, 456 с.

10. Тавастшерна Р.И. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. - Высшая школа, Москва, 1967г., 286 с.

11. Грушевский В.И. Способ компенсации температурных удлинений теплопроводов. Г. Минск, 1999г., 149 с.

12. Johnson E. R. Permafrost-related performance of the Trans-Alaska oil pipeline // Proc., 9th Int. Conf. on Permafrost. Fairbanks, AK, USA. – 2008. – 868 p.

References

1. Borodavkin P.P., Berezin V.L. Sooruzhenie magistral'nykh truboprovodov [Construction of trunk pipelines]. Nedra. Moskva: 1987, 472 p.

2. Gostinin I.A., Viryasov A.N., Semenova M.A. Inzhenernyi Vestnik Dona, 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1618.

3. Vyalov S. S. 9 Reologicheskie osnovy mekhaniki gruntov: Ucheb. posobie dlya stroitel'nykh vuzov [Rheological foundations of soil mechanics: Textbook for construction universities]. Vyssh. Shkola. Moskva: 1978, 447 p.

4. Karnaukhov N.N., Kushnir S.YA., Gorelov A.S., Dolgikh G.M. Mekhanika merzlykh gruntov i printsipy stroitel'stva neftegazovykh ob"ektov v usloviyakh Severa [Mechanics of frozen soils and principles of construction of oil and gas facilities in the conditions of the North]. izd. TsentrLiTNeftEGaz. Moskva: 2008, 432 p.

5. Surikov V. I., Revin P. O., Fridlyand I. YA. Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefti i nefteproduktov. 2013, pp. 12-16.



6. Kolokolov N.A., Garris N.A. Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya №1. 2013, pp. 13-17 .

7. Viryasov A.N., Gostinin I.A., Semenova M.A. Inzhenernyi Vestnik Dona, 2013, № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1487.

8. Badina YA.S., Shadrina A.V. Perspektivnye razrabotki nauki i tekhniki. 2016, pp. 23-24.

9. Dolgikh G.M., Okunev S.N., Kintsler YU.EH. Prakticheskii opyt stroitel'stva osnovanii zdaniy i sooruzhenii v usloviyakh VMG [Practical experience in the construction of foundations of buildings and structures in the conditions of permafrost soils]. Tyumen'. OOO NPO «FundamentstroiarcoS» 2002, 456 p.

10. Tavastsherna R.I. Izgotovlenie i montazh tekhnologicheskikh truboprovodov [Manufacturing and installation of technological pipelines]. Vysshaya shkola, Moskva: 1967, 286 p.

11. Grushevskii V.I. Spособ kompensatsii temperaturnykh udlinenii teploprovodov [Method of compensation of temperature elongations of heat pipelines]. G. Minsk: 1999, 149 p.

12. Johnson E. R. Proc., 9th Int. Conf. on Permafrost. Fairbanks, AK, USA. 2008, 868 p.