

# **Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства объектов газовой отрасли как фактор снижения инвестиционно-строительных рисков**

М.Ю. Недзвецкий, Ю.А. Маянц, А.В. Елфимов, Д.И. Ширяпов

Огромный опыт проектирования и строительства трубопроводов в СССР позволил создать нормативную базу, которая дала возможность успешно реализовывать нефтегазовые проекты (государственные и ведомственные строительные нормы). Однако необходимо отметить, что значительная часть этих нормативных требований устанавливалась на основе эмпирических данных, полученных при сооружении объектов в природно-климатических условиях осваивавшихся регионов с применением строительных технологий 1960-80-х годов.

В среде строителей бытует мнение, что за прошедшие 40 лет принципиально ничего не изменилось ни в проектировании, ни в строительстве трубопроводов. Однако это далеко не так, кардинальные изменения произошли практически на всех этапах инвестиционного цикла. Это обусловлено, прежде всего, повышением технического уровня применяемых в нефтегазовой отрасли материалов, оборудования и технологий, кроме этого произошли крупные трансформации экономического, организационно-хозяйственного и социального характера.

За последние десятилетия произошли значительные изменения в законодательстве, устанавливающем правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в сторону ужесточения требований [1].

Современные российские нефтегазовые проекты характеризуются необходимостью освоения запасов углеводородов в совершенно новых, крайне неблагоприятных, а в ряде случаев уникальных по суровости природно-климатических условиях, таких как Арктика, Арктический шельф, Восточная Сибирь с её рекордными морозами и т.д.

По оценке Минпромторга РФ, сегодня трубная промышленность является самой высокотехнологичной в металлургии. За последние 20 лет в неё инвестировано более 500 миллиардов рублей. Средства направлены в первую очередь на повышение конкурентоспособности продукции, приведение ее к международным стандартам. Как результат – доля высокотехнологичных труб увеличилась с пяти до 60 процентов [2].

Высокий технический уровень поставляющих трубную продукцию заводов позволил осуществить переход ПАО «Газпром» на создание магистральных трубопроводных систем нового поколения, характеризующихся более высоким рабочим давлением, увеличением расстояний между компрессорными станциями, и, как следствие – трубопроводами с увеличенной толщиной стенки и повышенной изгибной жесткостью.

Новые сварочные и бестраншейные технологии, применение труб в заводской изоляции, широкое использование синтетических и композиционных материалов, повышение удельной мощности газоперекачивающих компрессорных

станций – это далеко не полный перечень технологических новаций, получивших широкое распространение в отрасли за последнее время.

При этом развитие технологий проектирования и строительства существенным образом отстает. В качестве примера можно привести основные документы на проектирование и строительство магистральных трубопроводов нефти и газа, каковыми являются своды правил СП 36.13330.2012 и СП 86.13330.2014. Несмотря на то, что указанные своды правил являются актуализированными редакциями соответственно СНиП 2.05.06-85\* и СНиП III-42-80\*, их основные положения практически не претерпели какого бы то ни было значимого изменения и базируются на уровне знаний пятидесятилетней давности.

При сооружении магистральных трубопроводов следует в том числе учитывать, что современный инвестиционный цикл создания нефтегазовых объектов требует существенного сокращения сроков строительства. Это связано с волатильностью мировых цен на углеводороды, необходимостью снижения кредитной нагрузки и т.п. С другой стороны, для линейного строительства, разворачивающегося на огромных территориях, характерна метеозависимость ряда технологий. Так, например, строительство на многолетнемерзлых грунтах зачастую невыполнимо в теплый период года. А гидравлические испытания трубопроводов крупных площадочных объектов, наоборот – многократно усложняются и удорожаются, когда приходится на зимний период. Поэтому относительно небольшая задержка выполнения промежуточных работ может привести к критическому смещению сроков сдачи объекта в эксплуатацию.

В связи с этим для строительства нефтегазовых объектов требуется обеспечить строгое следование плановому календарному графику, в котором должны учитываться строительство, поставки и риски. Следует отметить, что для зарубежных нефтегазовых проектов характерен тщательный учет рисков на этапах проектирования и планирования строительства [3]. При этом технический заказчик по итогам рассмотрения принимает решение о превентивной подготовке компенсирующих мероприятий, позволяющих исключить влияние рисков на плановые сроки строительства. Отечественные требования к проектно-сметной документации задают жесткие рамки, не позволяющие включение в документацию запасных компенсирующих мероприятий.

Достаточно сложная ситуация сложилась с проектированием объектов магистральных газопроводов. Практически все расчетные методики были максимально схематизированы и адаптированы к расчетам с использованием логарифмической линейки, в крайнем случае – инженерного калькулятора. При этом принятые расчетные схемы иногда имели с реальностью лишь мнемоническое сходство, например – расчеты для обеспечения устойчивости трубопровода в грунте (предотвращение его всплытия) выполняются по закону Архимеда, невзирая на гораздо более многофакторную механику взаимодействия трубопровода с грунтом. Либо схема предельно упрощалась для возможности выполнения расчетов имевшимся в распоряжении инструментарием, к примеру – расчеты напряженно-деформированного состояния трубопровода и нагружения трубоукладчиков алгебраически выполнимы только для трех точек подвеса (рис.1). Это было оправдано для масштабного строительства магистральных

трубопроводов, реализованного в 70-80-х годах прошлого столетия, но неприемлемо для качественно новых магистральных трубопроводов, сооружаемых в настоящее время и применяемых при этом инновационных решений. Попытки же применения современных компьютерных технологий наталкиваются на сложность математического описания базовых физических процессов, особенно – связанных с физикой грунтов.



Рисунок 1 – Расстановка трубоукладчиков группами из-за особенностей расчетов, выполняемых по трем точкам подвеса.

Все вышперечисленное привело к тому, что целый ряд требований актуализированных нормативных документов оказался непригоден для применения в современных условиях. Ярким примером явились проблемы с применением в отечественной практике новых конструкций анкерных средств закрепления трубопроводов, несмотря на то, что в Северной Америке они широко применяются несколько десятилетий. И актуализировать эти требования в условиях отсутствия корректных физических и математических моделей, оказалось весьма затруднительно.

Практика реализации современных крупных инвестиционных процессов показала, что каждый этап, на котором требуется обеспечить выбор оптимального технического решения, нуждается в сложной и высокопрофессиональной научно-аналитической работе.

В частности, особенностью нефтегазового строительства является исключительно большой объем земляных и скрытых работ. С этой точки зрения

критическое влияние на качество сооружений оказывает взаимодействие грунта с подземными конструкциями.

При этом большие проблемы, как ни странно, наблюдаются не столько на Крайнем Севере, где распространены вечномёрзлые грунты, и не в пустынях, слогаемых сухим песком, а в северных районах, где за 4 сезона на большую глубину грунт успевает высохнуть и увлажниться, промерзнуть и вновь оттаять (рис.2). Именно с необходимостью сооружения объектов трубопроводного транспорта в таких регионах столкнулись советские проектанты и строители при освоении месторождений Западной Сибири. Их опыт послужил основой для требований СНиПов и ведомственных строительных норм (ВСН), при этом проектирование и строительство обеспечивалось сопровождением отраслевыми научными институтами.



Рисунок 2 – Результаты бесконтрольной просадки трубопровода после оттаивания грунта.

Зачастую даже опыт проектирования и строительства к моменту разработки нормативных документов мог лишь обозначить проблему, но не предлагал ее решения из-за недопонимания причин наблюдавшихся явлений. В этих случаях в нормативных документах, устанавливающих требования к проектированию и строительству, можно встретить положения, типа «расчет выполнить по правилам строительной механики» или «необходимо учесть ряд нагрузок», что на практике без понимания причин проблем выполнить невозможно. Вот один из примеров такого рода проблем.

В типовых технических требованиях на проектирование площадочных объектов [4] имеется пункт 7.5.3. «Под все подземные трубопроводы диаметром 500 мм и более должна быть предусмотрена установка опор, как правило, на свайном основании». Такого рода требование могло появиться только после серии инцидентов, связанных с деформациями надземных частей трубопроводов, вызванных подвижкой связанных с ними подземных участков. При этом никакие методики расчетов в документе не приведены. Фактически, предлагалось «считать по правилам строительной механики».

Расчеты проектный институт выполнил, опоры спроектировал, и на более чем десятке построенных объектов никаких проблем не возникло. А вот на двух объектах опоры, установленные на свайных основаниях, нагрузку выдержали, но не выдержал её сам трубопровод.

Выполненный в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» анализ показал, что причиной столь высоких нагрузок на опоры стало неучтенное в расчетах проседание оттаявшего летом после зимнего строительства грунта под трубопроводом (рис.3). Те же объекты, на которых проблем не было, строились в теплое время года.



Рисунок 3 – Июнь, из-под вскрытого трубопровода, проложенного зимой, удаляют лед.

К сожалению, в отечественной практике проектирования не принято иметь в запасе проектные решения, которые зависимы от сезона строительства. А ведь причиной назначения приведенного выше требования явилась именно большая подвижность подземных трубопроводов после зимнего строительства, приводящая к деформации связанных с ними надземных трубопроводов, установленных на собственные свайные опоры. После того, как стали понятны причины произошедшего, задача несложно решалась с применением методик расчетов неразрезных балок и элементов механики подземных сооружений.

Этот пример показывает, что научный анализ выявленных проблем способен дать значительный эффект, если не на объекте, на котором выполнялось научно-техническое сопровождение строительства, то уж, во всяком случае – на последующих объектах.

«Научно-техническое сопровождение строительства (НТСС) – комплекс работ научно-аналитического, методического, информационного, экспертно-контрольного и организационного характера, осуществляемых специализированными организациями в процессе изысканий, проектирования и

возведения объектов строительства для обеспечения качества строительства, надёжности (безопасности, функциональной пригодности и долговечности) зданий и сооружений, с учётом применяемых нестандартных проектных и технических решений, материалов и конструкций» [5].

В связи с этим необходимо обратить внимание на то, что НТСС касается только тех вопросов, которые не решаются однозначно применением положений действующих нормативных документов. «В задачу научно-технического сопровождения не входит дублирование существующих форм контроля, а только их эффективное дополнение за счет использования специальных средств, инструментальных и лабораторных исследований, сплошного контроля применения технических новшеств и обобщения опыта для последующего использования» [6].

Первоначально проблемой явились сложности в определении фронта работ для НТСС. Дело в том, что почти все крупные проектные институты вооружены современными сертифицированными компьютерными программами, способными выполнять сложнейшие расчеты с применением метода конечных элементов. Это создает впечатление, что для современного проектировщика нет никаких преград при решении задач любой сложности. Однако практика показывает, что дела обстоят не столь радужно (пример приведен выше).

К сожалению, нерешенные проблемы обычно вскрываются на заключительной стадии строительства, когда для решения задач уже нет ни времени, ни ресурсов, а ведь для нефтегазовых строек временной фактор – определяющий.

Такого рода примеров достаточно много, и они убедительно свидетельствуют, что НТСС должно носить системный характер и начинаться широким охватом одновременно с проектированием объектов. При этом вычленение конкретных проблем, объектов и собственно НТСС должны идти параллельно с проектированием и строительством.

Справедливости ради необходимо отметить, что реальный эффект от НТСС напрямую связан с опытом и научной квалификацией привлекаемых для этого специалистов и коллективов, с их креативностью и способностью отстаивать свою позицию в противостоянии с участниками строительства. После того, как Технический заказчик сталкивается с недостаточно профессиональным НТСС, в последующем возникает проблема недопонимания функций НТСС, которые начинают восприниматься как некое примитивное дублирование задач изысканий, проектирования и строительного контроля, из-за чего оно просто исключается из объемов работ со всеми вытекающими последствиями.

В качестве положительного примера эффективности НТСС можно привести опыт строительства в современной Москве, где практически с 2000-х годов идет бурное строительство, в том числе – высотных и большепролетных зданий. Пожалуй, именно в столице накоплен максимальный опыт качественного сооружения уникальных объектов капитального строительства. За этот период в городе сложилась система нормативного и технического обеспечения изысканий, проектирования и строительства, позволившая обеспечить быстрое и безаварийное возведение различных сооружений. Обязательным требованием при возведении

сложных сооружений в г. Москве является обеспечение научно-технического сопровождения строительства.

На сегодняшний день в России, кроме московского строительного комплекса, вопросы научно-технического сопровождения проработаны и регламентированы в таких ответственных и быстро развивающихся отраслях, как строительство объектов использования атомной энергии и дорожное строительство, где практика НТСС показывает свою высокую эффективность.

В то же время, считать, что НТСС гарантирует безупречное качество объектов, было бы не вполне корректно. Современное состояние технических наук еще весьма далеко от совершенства. Так, на сегодня отсутствует заслуживающая доверия теория, описывающая поведение грунта при различных воздействиях и влажности. В то же время, накапливаемая при НТСС статистическая информация позволяет решать проблемы путем реализации успешного опыта. Как указывалось выше, обобщение опыта для последующего использования – одна из важнейших функций НТСС, которая способна дать колоссальный эффект при реализации проектов и безусловно должна быть интересна техническому заказчику строительства.

Например, при сооружении системы магистральных газопроводов Бованенково-Ухта был реализован принципиально новый подход к проведению испытаний на прочность, а именно – широкое внедрение испытаний пневматическим способом, что обеспечивало упрощение испытаний на участках с многолетнемерзлыми грунтами и способствовало своевременному вводу объекта в эксплуатацию. Вместе с тем широкое внедрение пневматического способа испытаний оказывает влияние на выполнение последующих работ предпускового цикла, в частности, на эффективность удаления загрязнений из полости трубопроводов сложной пространственной конфигурации. Выполненная ООО «Газпром ВНИИГАЗ» научная проработка выявленных особенностей позволила в сотрудничестве с Техническим заказчиком - ООО «Газпром трансгаз Томск», при НТСС магистрального газопровода «Сила Сибири» внедрить новые технологии и осуществить эффективные предпусковые операции, которые позволили получить высокое качество подготовки полости магистрального газопровода к моменту его ввода в эксплуатацию (рис.4). Подобные примеры нередки при системном подходе к НТСС новых инвестиционных проектов.



Рисунок 4 – Применение разработанного и внедренного при НТСС метода «динамической продувки» при очистке байпасной обвязки линейного кранового узла.

Учитывая государствообразующую роль отечественной нефтегазовой отрасли, критически важно обобщение успешного опыта НТСС во время реализации инвестиционных проектов. Это позволяет предотвратить возможные ошибки, уменьшить расходы на их устранение и сократить сроки сдачи объектов в эксплуатацию.

## Список литературы

- [1] Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды".
- [2] Взлетели в трубу. Старейшие предприятия осваивают новейшие технологии. Российская газета. Спецвыпуск № 146(8200), 06.07.2020.
- [3] Onshore Pipelines. The road to success. An IPLOCA document – 3rd edition. September 2013. Volume one.
- [4] ВРД 39-1.8-055-2002. Типовые технические требования на проектирование КС, ДКС и УС ПХГ.
- [5] МРДС 02-08 Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных.
- [6] Коровяков В.Ф. Роль научно-технического сопровождения в повышении качества монолитного строительства. Технологии бетонов №12, 2014.