

Исследование проектной документации объектов капитального строительства нефтедобывающего комплекса. Выявление систематических ошибок и анализ их последствий

П.Я. Брехов, А.В. Набоков, М.С. Чухлатый, О.А. Коркишко

Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Аннотация: Данная статья – результат исследования проектной документации одной из крупнейших нефтедобывающих компаний Российской Федерации. Статья посвящена обозначению и выявлению систематических ошибок и недостатков проектирования нефтедобывающих месторождений, которые могут привести к возникновению аварийных ситуаций, нанесению вреда оборудованию, нарушению целостности оборудования, возникновению угрозы жизни людей. Авторами преследовалась цель выявить и систематизировать данные недостатки, предложить оптимальные варианты исправления с целью дальнейшего применения, качественного улучшения и ускорения проектирования нефтедобывающих месторождений. Далее будут приведены примеры ошибок и недостатков проектной документации, предполагаемые последствия, которые могут произойти, если не устранить данные ошибки и вся необходимая нормативная база по данным вопросам.

Ключевые слова: проектирование, недостатки, месторождение, капитальное строительство, эксплуатация, анализ, исследование, документация, экспертиза, нарушение.

В современных реалиях Российская Федерация остается одним из основных экспортёров углеводородного сырья, а в частности нефти. Несмотря на то, что современный мир находится в поисках рентабельного альтернативного источника энергии, всё же углеводородное сырьё было и остаётся основным источником энергии для подавляющего большинства видов промышленности. По этой причине нефтедобывающие компании остаются востребованными и по сей день. На территории Российской Федерации большинство нефтедобывающих месторождений сосредоточены на севере страны. Поэтому нефтедобывающая отрасль промышленности каждый день сталкивается с трудностями в проектировании, разведке, добыче и обустройстве нефтедобывающих промыслов, характерных для условий крайнего севера. Все углеводородное сырьё, добываемое в условиях крайнего севера, приравнивается к трудно извлекаемому. В свою очередь,

компании, благодаря своему опыту, приспособились к данным условиям, с каждым годом разрабатываются все новые технологии по добыче, проектированию, разработке и т.п. Но несмотря на опыт и имеющийся багаж знаний в области проектирования, совершаются ошибки и возникают несоответствия с нормативной документацией. Ошибки на стадии проектирования, в свою очередь, могут привести к плачевным последствиям, начиная от увеличения сроков строительства, заканчивая аварийными ситуациями [1] и нанесением непоправимого ущерба окружающей среде и здоровью людей, что ведёт к колоссальным экономическим потерям. Проектные ошибки, даже самые незначительные, можно сравнить с эффектом бабочки. Незначительная ошибка в проекте может привести к грандиозным последствиям при строительстве.

Проектирование трубопроводов – один из основополагающих линейных объектов всей добывающей [2] промышленности, и их проектирование предполагает тщательную проработку всех аспектов. Но всё же некоторые позиции, наверное, в силу человеческого фактора остаются без должного внимания.

Балластировка трубопроводов. Балластировка трубопроводов учитывается при монтаже трубопроводов через водные преграды либо по обводненным участкам, при прокладке через болота (в соответствии с СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы). Закрепление и балластировка нефтепровода – неотъемлемая часть строительства, так как данный вид работ обеспечивает размещение данного трубопровода в соответствии с проектом [3], а также гарантирует его надёжную работу в процессе эксплуатации. Вывод: неверные решения по проекту – отсутствие балластировки на обводненных участках, в том числе при монтаже трубопроводов в защитном футляре, которые применимы при прокладке через болота, некорректное нахождение границ балластировки при пересечении с водными преградами,

ошибки при выборе коэффициентов надёжности устойчивого положения при расчёте трубопроводов на устойчивость – все вышеперечисленные факторы напрямую влияют на проектное положение трубопровода, а это, в свою очередь один из ключевых факторов, влияющий на успех всего строительства трубопровода в целом.

Глубина прокладки трубопроводов при пересечении водных преград. Разработка проектных решений в области переходов по материалам изысканий, которые производились более двух лет назад, без выполнения актуальных инженерных изысканий не допускается (в соответствии с СП 231.1311500.2015 Обустройство нефтяных и газовых месторождений). Величина глубины принимается с учетом предполагаемого изменения рельефа дна русла и в перспективе дноуглубительных работ. Непосредственно сама глубина прокладки устанавливается проектом в соответствии со способом пересечения (закрытый, открытый). Некорректные исходные данные в области инженерных изысканий, в число которых входит прогноз деформации русла водных преград, и, следовательно, технологического решения по принятию глубины, приводят к неверным проектно-технологическим решениям, влияющим на безопасную эксплуатацию, вероятность всплытия, нарушение устойчивости, возникновение недопустимых напряжений, от чего возникают повреждения и нарушение целостности.

Электрохимическая защита трубопроводов. При всех имеющихся способах прокладки, (кроме надземной), вне зависимости от степени агрессивности грунта, трубопроводы должны быть защищены комплексными антикоррозионными веществами и применены средства электрохимической защиты (ГОСТ Р 55990-2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные). Не применять подобные средства защиты возможно только при условии технико-экономического обоснования при учёте агрессивности грунтов,

сроков эксплуатации и минимизации возможности экологического вреда. Проект трубопроводов на месторождении должен предусматривать анализ данных по коррозионной активности почв и грунтов, помимо этого все необходимые дополнительные исходные данные, например, такие, как: присутствие ВЛ 110 кВ (при пересечении или параллельном проложении), информация о пересекаемых трубопроводах, которые снабжены средствами электрохимзащиты. Как правило, такой анализ отсутствует или не предусмотрен проектом. Помимо этого, не принимается во внимание информация о наличии или отсутствии индуцированных переменных токов. А это, в свою очередь, требование по ГОСТу 9.602 – 2015. Электрохимзащита – неотъемлемая составляющая при прокладке и монтаже трубопровода, при её отсутствии трубопровод подвергается колоссальному риску преждевременного разрушения, что непосредственно влияет на безопасность и срок эксплуатации, а также возникает риск загрязнения окружающей среды при порыве и выходе транспортируемых углеводородов наружу.

Размещение продувочных свечей на газопроводах. Расстояние от определенной точки до продувочной свечи при строительстве магистральных трубопроводов от проводов ВЛ необходимо принимать от 300 метров, при стесненных условиях трассы высоковольтных воздушных линий данное расстояние может быть уменьшено до 150 метров (по ГОСТ 12.2.085-2017 Арматура трубопроводная.) Помимо этого, обязательно должны учитываться в процессе проектирования такие показатели как: длина промежутка от зданий и сооружений до воздушных линий, а также расстояние от ВЛ, расположенных вдоль трассы, которые включены в состав трубопроводов до запорной арматуры, эти данные прописаны в соответствующих нормативных источниках. Но в большинстве случаев, при принятии проектных решений при расположении продувочных сетей в узлах запорной арматуры

требования, приведенные выше, не учитываются[4], несмотря на то что они прописаны в нормативной документации. Монтаж свечи ВЛ на нерегламентированном расстоянии (при условии невозможности отключения сетей высоковольтных линий) может привести к возникновению аварийных ситуаций при стравливании газа и опорожнения газопровода в атмосферу.

Расположение арматуры на трубопроводах. Проектирование запорной арматуры при разработке проекта трубопроводов – неотъемлемая часть проектирования. Расстояние необходимое и достаточное принимается в соответствии с нормативной документацией, в зависимости от назначения трубопроводов на месторождениях. Превышение указанных нормативом расстояний при проектировании места размещения узлов секционирующей запорной арматуры вдоль трассы трубопровода ведёт к росту числа опасных веществ на участках между задвижками и, непосредственно, к увеличению масштабов аварийных ситуаций.

Прокладка трубопроводов на территории вечно мёрзлых грунтов. При проектировании трассы прокладки подземных трубопроводов в условиях вечной мерзлоты необходимо, если это будет возможно, избегать мест с подземными льдами, различной формы буграми пучения и наледями, признаками термокарстовых процессов, глинистыми и пылеватыми грунтами с высокой степенью переувлажнения. Бугры пучения, в свою очередь, нужно обходить с низовой стороны (СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы). При разработке проекта трубопроводов применяется принцип строительства на многолетнемерзлых грунтах (ММГ), в зависимости от результатов инженерно-геологических изысканий [5, 6] - первый или второй принцип. Всё же основополагающим принципом строительства в условиях вечной мерзлоты остается принцип сохранения грунтов в мерзлом состоянии в течении всего процесса строительства и во время эксплуатации трубопроводов и их сооружений. При проектировании и

расчете трубопроводов во время их прокладки в соответствии со вторым принципом не учитываются полученные в процессе неравномерные осадки, дополнительные напряжения от изгиба, остаются без внимания ореолы оттаивания, нарушается допустимое расстояние при параллельном проложении трубопроводов, не учитывается принцип ММГ существующих трубопроводов. Всё это ведет к неизбежному нарушению проектного положения трубопровода, которое вызвано недопустимой просадкой, и разрушению трубопровода в целом.

Площадные объекты подготовки нефти. Важнейшей частью в последовательности разработки проекта нефтедобывающих месторождений и в частности систем сбора, является проектирование площадных объектов подготовки нефти, систем передачи и обработки нефтяного флюида для дальнейшей передачи продукции от скважин до потребителя. Соответствие проектных решений условиям технических регламентов, нормативов, методической документации по промышленной и экологической безопасности является основной задачей данной части статьи. Весь перечень несоответствий и ошибок данных проектных решений можно подразделить на две группы. Первая – ошибки, которые не влияют на безопасность объектов капитального строительства. К такому виду несоответствий могут относиться: недостаточное количество информации по объекту, разночтения по заданию на проектирование объекта капитального строительства [7], несоответствие по разделам. И непосредственно вторая группа – те, которые напрямую оказывают влияние на безопасность проектируемого объекта капитального строительства, допущение которых ведет к опасности реализации рисков в области возникновения аварийных происшествий, влекущие за собой травматизацию и гибель людей, также ведущие к значительным материальным потерям и загрязнению окружающей среды.

Анализ систематически допускаемых ошибок в проектировании и недостатков, влекущих за собой, при их реализации, возможность возникновения аварийных ситуаций.

Упущение или отсутствие предохранительных клапанов: на участке трубопровода ввода в цех, специального оборудования за редуцирующим устройством со стороны пониженного давления; работающих под давлением сосудов, которые рассчитаны на условия возгорания в непосредственной близости с сосудом. Ошибки в расчёте резерва запасного клапана на специальном оборудовании со взрывоопасными средами. Некорректные решения в области принятого расчётного давления предохранительных клапанов без учёта данных по обратному давлению в системе сброса. Отсутствие нескольких единиц запорной арматуры на нефтепроводах, осуществляющих транспорт веществ различных групп (А, Б(а), Б(б)), с проектным давлением более 4,0 Мпа, для надежного отключения от работы коллекторов агрегатов. Ошибки при проектировании площадных объектов, капитального строительства, приведенные выше, ведут к разрушительным последствиям: к разгерметизации трубопроводов и оборудования, загрязнению окружающей среды [8], опасных выбросов в окружающую среду, пожарам и возникновению риска жертв и травматизации работников.

Помимо этого, в проектной документации часто остаётся без внимания вопрос о проведении мероприятий, которые исключают возможность разгерметизации при прокладке нефтепроводов через каре резервуара. Оказываются неучтенными средства, не допускающие повышение давления в трубопроводах при полном заполнении их сжиженными газами углеводородных фракций либо легковоспламеняющимися веществами. Трубопроводы не имеют арматуру отключения на концах участков, в которых есть вероятность увеличения давления из-за фактора теплового расширения жидких фракций, находящихся в них (ГОСТ 12.2.085-2017

Арматура трубопроводная). Также возникают нарушения в области размещения и установки запорной арматуры с электроприводом, а именно в области нарушения нормативных расстояний относительно зданий и сооружений, и аппаратуры, работающей при факторе повышенного давления. Проектом, как правило, не учитывается остановка компенсатора при максимальном уровне жидкости в накопительном резервуаре сепаратора на входе компенсаторов. Результатом данных ошибок также являются: разгерметизация оборудования и трубопроводов, бесконтрольный выброс опасных веществ в атмосферу. Хочется отметить, что при проекте необходимо предусматривать следующие мероприятия в целях безопасности производства работ и минимизации вреда экосистеме: отключение арматуры подогревателей при принятом расстоянии от 10 метров относительно форсунок подогревателя; требование к ограждениям резервуаров при установке аппаратов с легковоспламеняющимися жидкостями (далее ЛВЖ) на площадках установки комплексной подготовки газа (далее УКПГ), которые прописаны в ГОСТ Р 53324-2009; учитывание в проекте засыпки сухим песком и перекрывание плитами при проектировании каналов отвода ЛВЖ.

Создание взрывоопасной смеси с кислородом внутри сосуда теплопровода ведет к недопустимому риску возникновения взрыва. Так как строительство нефтедобывающих комплексов напрямую связано с данным риском, при проектировании необходимо предусмотреть и исключить все возможные факторы, влияющие на реализацию данной ситуации, а именно: вести контроль за содержанием кислорода в смеси газа на линии всасывания, которая работает под разряжением, с непосредственной подачей инертного газа, либо же блокировать привода компрессора (ФНиП «Общие правила взрывобезопасности»); обеспечить проектом автоматическую утилизацию или сброс газа в закрытую систему факела при чрезвычайных ситуациях с прямой

или выкидной линией компрессорных станций и сепараторов, обеспечивать наличие огнераспределителей на линиях емкостного оборудования, которое непосредственно имеет прямую связь с атмосферой, а также на линиях газоуравнивания резервуаров нефти, технологического конденсата, проектировать обратные клапаны на трубопроводах, которые подают вещества типа А и Б в сосуды или ёмкости, работающие под чрезмерным давлением. Также, анализируя проектную документацию, можно обозначить следующие недочёты, касающиеся риска возникновения взрывоопасной ситуации: не заложена в проекте автоматическая подача инертного газа в самое начало коллектора факела в случае аварийной остановки подачи продувочного газа, не обеспечивается отдельная система снабжением азота на узлах совмещения факельных установок. Технология устройства байпаса факельных установок при разработке проекта отдельной факельной системы [9]. Неверное движение воздуха (дыхания) емкостей, в составе которых содержатся пожароопасные среды, в окружающую среду. Проблемы в оснащении печей подогрева (с огневым подогревом) техническими средствами, которые минимизируют вероятность возникновения взрывоопасных смесей в элементах нагрева, топочном пространстве и рабочей зоне печи. Отсутствие решений по подаче азота в топку печи.

Недостатки проектной документации могут привести к переполнению специальных систем аварийного освобождения. К данным последствиям могут привести следующие ошибки при проектировании: применение специальной системы аварийного освобождения для других целей, зачастую проектные решения допускают совместный дренаж (аварийный и плановый) в одну аварийно-дренажную емкость. Такие решения по проекту не соответствуют требованиям норм по нахождению специальных систем аварийного освобождения в непрерывной готовности. Ошибкой также является некорректно подобранные объемы дренажных и аварийных емкостей,

предназначенных для аварийного слива масла трансформатора от маслонаполненных трансформаторов в составе кустовой трансформаторной подстанции.

В производственных помещениях объектов установок подготовки нефти (далее УПН), кустовой насосной станции (далее КНС), дожимной насосной станции (далее ДНС), УКПГ и других помещениях производственного комплекса для фланцевых соединений трубопроводов [10], включая и соединение запорной арматуры, при рабочем давлении 10 Мпа не предусматриваются защитные кожухи, что является нарушением в соответствии со ФНиП «Правила безопасности в нефтяной промышленности» от 12.03.13. Арматура нефтепроводов должна быть размещена в местах, приемлемых для удобного и безопасного ее обслуживания, ухода и проведения ремонтных работ. Как правило, не обеспечивается проектом расположение ручного привода арматуры на высоте не более 1.6 м от уровня пола помещения или площадки объекта, с которой происходит управление (по ГОСТ 12.2.085-2017 Арматура трубопроводная). При эксплуатации арматуры не реже одного раза в смену привод нужно размещать на высоте не более 1.6 метров. Недостатки проектной документации, приведенные выше, напрямую влияют на безопасность обслуживающего персонала во время выполнения работ. Необходимость устранения данных пробелов в проектной документации объектов капитального строительства выходит на первый план.

Пристального внимания требует разработка проектной документации по резервуарам вертикальным стальным (далее РВС), так как эти объекты нефтедобывающего комплекса остаются одними из наиболее опасных промышленных объектов. Аварийные ситуации на данных объектах приводят к тяжёлым материальным, социальным и экологическим последствиям. Одним из недочетов в процессе исследования проектной

документации по РВС является отсутствие результатов расчёта количества и пропускной способности клапанов дыхательных, предохранительных резервуаров, отстойников пластовой и подтоварной воды на КНС. По итогу выполнения расчётов клапаны дыхательные и предохранительные должны быть большего диаметра.

В заключение хотелось бы отметить, что данная статья не направлена на обезличивание и выявление недочётов крупных нефтедобывающих компаний в области проектирования объектов капитального строительства для дальнейших разбирательств в данной области. Напротив, целью исследования было обозначить проектные ошибки и их последствия с целью их дальнейшего недопущения и учёта. Результатом этих корректировок и исправлений будет как экономия средств, так и сокращение сроков строительства. И кроме этого будет обеспечена ещё на стадии проектирования безопасность на всех этапах производства: в области процессов капитального строительства, эксплуатации, охраны труда и экологической безопасности.

Литература

1. Беляева, В.Я. Нефтегазовое строительство: монография / Беляева В.Я., Михайличенко А.М., Бараз А.Н. и др. Под ред. Мазура И.И., Шапиро В.Д. – М.: ОМЕГА-Л, 2005. – 744 с.
2. Шелихов, С.Н., Монахов Н.Н. Справочное пособие заказчика – застройщика / Под ред. Шелихова С.Н. – М.: Стройиздат, 1985. – 802 с.
3. Жариков, И.С., Давиденко П.В. Эффективное использование BIM-технологий при проведении строительно-технических экспертиз // Вестник БГТ им. В.Г.Шухова. – 2018. – №1. – С. 42-49.
4. Фокина, О.В., Коркишко А.Н. Влияние получения разрешительной документации на инвестиционный климат проекта //

Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4212

5. Караневская, Т.Н., Шумихин А.Г. Оптимизация технологических режимов при управлении процессами промышленной подготовки нефти // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2019/5917

6. Maltseva, T., Nabokov A., Novikov Y., Sokolov V. The method of calculating the settlement of weak ground strengthened with the reinforced sandy piles. // MATEC Web of Conferences 2016. С. 01015.

7. Ermolaev, A. N., Oraz J. A., Korzilova I. E., Khaustov S. A., Dolgih A. Y. Mathematical model of stacked one-sided arrangement of the burners // MATEC Web of Conferences. – 2017. – vol. 92. –
URL: doi.org/10.1051/matecconf/20179201001.

8. Ахмадиев, Ф.Г., Маланичев И.В. Популяционные алгоритмы структурно-параметрической оптимизации в строительном проектировании // Известия КГАСУ. 2018. №2(44). С.215-223.

9. Огороднова, Ю.В., Никишин А.В., Набоков А.В., Коркишко О.А. Применение различных видов систем температурной стабилизации на объектах нефтегазовой отрасли // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182

10. Федюнин, М.Л., Применение метода выбора контрастирующих признаков для анализа состояния организационных структур системы управления строительными организациями / М.Л. Федюнин // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. №4(52). С.145-151.

References

1. Belyaeva V.Ya., Mikhaylichenko A.M., Baraz A.N. i dr. Pod red. Mazura I.I., Shapiro V.D. Neftegazovoe stroitel'stvo: monografiya [Oil and Gas Construction: Monograph]. M.: OMEGA-L, 2005. 744 p.



2. Shelikhov S.N., Monakhov N.N. Pod red. Shelikhova S.N. Spravochnoe posobie zakazchika – zastroyschika [Reference manual of the customer - the developer]. M.: STROYIZDAT, 1985. 802 p.
3. Zharikov, I.S., Davidenko P.V. Vestnik BGT im. V.G.Shuhova. – 2018. №1. S. 42-49.
4. Fokina O.V., Korkishko A.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2017. № 2.URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4212
5. Karanevskaya, T.N., Shumihin A.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 4 URL:ivdon.rurumagazinearchiveN4y20195917
6. Maltseva, T., Nabokov A., Novikov Y., Sokolov V. MATEC Web of Conferences 2016. S. 01015.
7. Ermolaev, A. N., Oraz J. A., Korzilova I. E., Khaustov S. A., Dolgih A. Y. MATEC Web of Conferences. 2017. vol. 92. URL: doi.org/10.1051/matecconf20179201001.
8. Ahmadiev, F.G., Malanichev I.V. Izvestiya KGASU. 2018. №2(44) S.215-223.
9. Nikishin A.V., Nabokov A.V., Ogorodnova Yu.V., Korkishko O.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2017. № 2. ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182
10. Fedyunin, M.L., Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. 2018. №4(52). S.145-151.