

Опыт и проблемы разработки специальных технических условий для объектов газотранспортной системы



Г.Ю. Чуркин,
канд. техн. наук.,
зам. директора



А.А. Синицина,
мл. науч. сотрудник



Р.В. Базалий,
ст. науч. сотрудник

АНО АИПР

Ключевые слова: трубопровод, природный газ, сжиженный природный газ, широкая фракция легких углеводородов, минимально допустимые расстояния, анализ риска, специальные технические условия, обоснование безопасности опасного производственного объекта.

Key words: pipeline, natural gas, liquefied hydrocarbon gases, wide fraction of light hydrocarbons, minimum permissible distances, risk analysis, Project Specific Technical Specification, substantiation of safety of hazardous production facility.

Выполнен анализ нормативных документов в области безопасности линейных объектов газотранспортной системы. Выявлена неоднозначность требований базовых нормативных документов к

Газотранспортная система — комплекс организационно, информационно и технологически связанных опасных производственных объектов (ОПО), обеспечивающих транспортирование газа и его бесперебойную подачу конечному потребителю. Один из основных элементов газотранспортной системы и главное составное звено Единой системы газоснабжения России — магистральные трубопроводы (МТ), транспортирующие природный газ. Также

минимально допустимым расстояниям от линейных объектов транспортирования природного газа, сжиженных углеводородных газов или широкой фракции легких углеводородов до объектов сближения. Сделан вывод о целесообразности использования методов анализа риска для обоснования минимально допустимых расстояний, в том числе для случаев соблюдения нормативных требований. Для трубопроводов, транспортирующих сжиженный природный газ, отмечено отсутствие требований нормативных документов к минимально допустимым расстояниям. Предложены подходы к их обоснованию в специальных технических условиях, а также в обосновании безопасности опасного производственного объекта.

The analysis was performed related to the normative documents in the field of safety of gas transmission system linear objects. Ambiguity of the requirements of basic normative documents to minimum permissible distances from the linear objects of transportation of natural gas, liquefied hydrocarbon gases or wide fraction of light hydrocarbons to the objects of approach is revealed in the Article. The conclusion is made on the appropriateness of use of the methods of risk analysis for substantiation of minimum permissible distances, including for the cases of meeting the normative requirements. Lack of the normative documents requirements to minimum permissible distances is noted for the pipelines transporting liquefied natural gas. The Article proposes the approaches to their substantiation in Project Specific Technical Specifications, and also in substantiation of safety of hazardous production facility.

по МТ транспортируют сжиженные углеводородные газы (СУГ) или широкую фракцию углеводородов (ШФЛУ). Имеются протяженные линии технологических трубопроводов в составе газоперерабатывающих, газохимических предприятий, а также морских отгрузочных терминалов, транспортирующие СУГ (ШФЛУ) и сжиженный природный газ (СПГ).

Согласно статистике Ростехнадзора (табл. 1) МТ обладают самой высокой относительной долей

Таблица 1

ОПО	Число ОПО по классам опасности			
	I (чрезвычайно опасные)	II (высокой опасности)	III (средней опасности)	IV (низкой опасности)
Нефтегазодобычи	450	1117	4222	1920
Магистрального трубопроводного транспорта	660	1519	322	52
Нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности и нефтепродуктообеспечения	284	483	3664	324
Газораспределения и газопотребления	78	2132	57 661	1840

ОПО I и II классов опасности по сравнению с другими ОПО нефтегазового комплекса [1]. Это связано прежде всего с большим объемом обращающихся опасных веществ на линейных объектах МТ, которые характеризуются высокой протяженностью.

Анализ аварийности и травматизма на объектах нефтегазового комплекса (табл. 2) показывает, что число аварий на МТ постепенно снижается и является одним из самых низких в нефтегазовой отрасли. Однако при общей тенденции снижения числа аварий на МТ число случаев травматизма со смертельным исходом практически не уменьшается, при этом их основные причины — технические факторы (отказы и разрушения технологических устройств, нарушения технологического режима и др.) [1]. Таким образом, задача обеспечения надежности и безопасности объектов магистрального трубопроводного транспорта продолжает оставаться актуальной.

В настоящее время требования к минимально допустимым расстояниям (МДР) для МТ изложены в нормативных документах [2–13]. Анализ указанной нормативной базы показал, что федеральные законы Российской Федерации (РФ) и федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности содержат общие требования к безопасным расстояниям для МТ и в части конкретных значений МДР ссылаются на распоряжение Правительства РФ [5], СП 36.13330.2012 [9], СП 4.13130.2013 [7], ГОСТ Р 55989—2014 [12]. Среди последних документов к базовым с точки зрения полноты и конкретности требований к МДР можно отнести СП 36.13330.2012 [9] и распоряже-

ние Правительства РФ [5]. В СП 4.13130.2013 [7] и ГОСТ Р 55989—2014 [12] содержатся производные от СП 36.13330.2012 [9] значения МДР, а прочие нормативные документы определяют требования к сближениям и пересечениям МТ для отдельных видов внешних объектов.

Результаты сравнительного анализа базовых нормативных документов в части МДР для МТ природного газа представлены в табл. 3. Сделаем вывод, что требования базовых нормативных документов к МДР в целом сопоставимы: верхняя граница МДР, согласно распоряжению Правительства РФ [5], совпадает со значением МДР в СП 36.13330.2012 [9]. Однако некоторые противоречия между указанными документами существуют: согласно СП 36.13330.2012 [9] при отнесении МТ природного газа к категории В МДР могут быть сокращены не более чем на 50 %, но такое сокращение МДР, согласно СП 36.13330.2012 [9], существенно противоречит рекомендательной норме распоряжения Правительства РФ [5].

Еще большее несоответствие между указанными базовыми нормативными документами проявляется при обосновании МДР для трубопроводов СУГ (ШФЛУ) (табл. 4).

Например, МДР от МТ СУГ (ШФЛУ) до городов и поселений городского типа в распоряжении Правительства РФ [5] составляет всего 500 м, в СП 36.13330.2012 [9] — 5 тыс. м. Значительное расхождение в оценке МДР для МТ СУГ (ШФЛУ) в базовых нормативных документах вызвано, возможно, многовариантностью аварий при разгерметизации

Таблица 2

ОПО	Число аварий и случаев травматизма со смертельным исходом на объектах нефтегазового комплекса по годам								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Аварии									
Нефтегазодобычи	20	11	16	15	14	18	18	18	15
Магистрального трубопроводного транспорта	31	25	28	12	17	21	12	8	9
Нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности и нефтепродуктообеспечения	43	35	38	51	36	47	40	21	24
Газораспределения и газопотребления	22	13	13	16	20	18	14	19	15
Случаи травматизма со смертельным исходом									
Нефтегазодобычи	14	9	14	16	19	18	18	9	13
Магистрального трубопроводного транспорта	7	2	1	2	2	1	0	2	2
Нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности и нефтепродуктообеспечения	4	5	6	4	11	19	2	6	5
Газораспределения и газопотребления	10	14	5	22	24	31	4	11	6

Таблица 3

Объекты сближения с МТ	Нормативный документ	Расстояние, м, при номинальном диаметре DN МТ					
		До 300	300–600	600–800	800–1000	1000–1200	От 1200 до 1400
Города	СП 36.13330.2012 [9]	100	150	200	250	300	350
Дачные поселки	Распоряжение Правительства РФ [5]	75–100	125–150	150–200	200–250	250–300	300–350
Сельскохозяйственные угодья							

Объекты сближения с МТ	Нормативный документ	Расстояние, м, при DN МТ (СУГ)				
		До 150	150–300	300–400	400–500	500–1000
Города Дачные поселки Сельскохозяйственные угодья	Распоряжение Правительства РФ [5]	100–150	175–250	350–500	350–500	800–1000
Города Поселения городского типа	СП 36.13330.2012 [9]	2000	3000	5000	—	—
Сельские поселения Коллективные сады с садовыми домиками Дачные поселки Промышленные и сельскохозяйственные предприятия		1000	2000	3000	—	—

МТ СУГ (ШФЛУ), которые могут сопровождаться образованием взрывопожароопасного облака и дрейфом его на значительные расстояния. Дальность дрейфа облака может быть различной и зависит от множества неопределенных факторов, которые сложно формализовать в виде нормативных требований.

Принимая во внимание факторы неопределенности, а также различия в требованиях базовых нормативных документов к МДР, целесообразно принимать окончательное решение по МДР при проектировании конкретных объектов МТ по результатам анализа риска. Согласно работам по анализу риска для объектов МТ [14–16] расчеты МДР на основе методик анализа риска дают более взвешенную картину в части безопасных расстояний, чем требования нормативных документов. Это достигается за счет учета:

- возможных объемов утечки продукта по трассе МТ при стационарных и переходных режимах перекачки;

- характеристик местности, погодных условий, розы ветров, особенностей подстилающей поверхности, препятствующих или способствующих распространению продукта, образованию и дрейфу взрывоопасных облаков в случае разгерметизации трубопровода;

- расположения площадки с городской и (или) производственной инфраструктурой относительно трассы МТ;

- плотности населения на конкретных участках сближения с МТ и других факторов.

Методология анализа риска необходима при подготовке специальных технических условий (СТУ), разрабатываемых в случаях отступлений от требований МДР, установленных в нормативных документах, или отсутствия указанных требований. Обоснование МДР на основе анализа риска в СТУ позволяет учесть не только указанные выше характеристики МТ и особенности его прокладки, но и основные компенсирующие мероприятия СТУ, направленные на обеспечение надежности и безопасности МТ [17].

В состав учитываемых методиками анализа риска компенсирующих мероприятий входят: изменение категории трубопровода на более высокую и, соответственно, увеличение толщины стенки трубопровода; увеличенное заглубление трубопровода на данном участке; сокращение расстояний между запорной арматурой; прокладка трубопровода в защитном кожухе или футляре; наличие системы обнаружения утечек; уменьшение скорости перекрытия запорной арматуры и остановки перекачки продукта на аварийном участке трубопровода; повышенные требования к системам контроля и диагностики, а также к процедурам испытаний, контроля сварки и строительства.

В табл. 5 приведены значения МДР для различных трубопроводов, полученные при разработке СТУ методами анализа риска. Данные значения, как правило, отличаются в меньшую сторону от значений МДР, указанных в нормативных документах. Встречаются исключения: по результатам расчета пожарного риска для МТ (DN 400) с рабочим давлением 4,5 МПа (см. табл. 5) МДР на одном из критических участков оказалось больше, чем в СП 36.13330.2012 [9] и СП 4.13130.2013 [7]. Такие случаи — редкость, но они подтверждают целесообразность проведения проверочных расчетов МДР на критических участках трассы даже в случае соблюдения нормативных значений МДР.

Расчеты, используемые для обоснования МДР, проводят с применением специализированной программы TOXI+Risk. В сложных (стесненных) условиях на участках с большим перепадом высот (холмистая местность) или при сильной загроможденности окружающего трубопровод пространства при обосновании МДР рекомендуется применять методы вычислительной гидродинамики [18]. Эти методы, реализованные, например, в программном комплексе FLACS, позволяют в онлайн-режиме промоделировать растекание продукта при разгерметизации трубопровода, образование и дрейф взрывопожароопасного облака, его возгорание или взрыв с учетом реальной геометрии пространства.

Таблица 5

Объекты сближения с МТ	Характеристики МТ	Расстояние от МТ до объектов сближения, м		
		Распоряжение Правительства РФ [5]	СП 36.13330.2012 [9]	Результаты расчетов МДР при разработке СТУ
Отдельно стоящие частные дома (не выше двух этажей)	Магистральный газопровод, природный газ, DN 1200, 5,4 МПа	250–300	225	70
Города	Продуктопровод, ШФЛУ, DN 500, 6 МПа	350–500	5000	3400
Отдельно стоящие частные дома (не выше двух этажей)	Продуктопровод, ШФЛУ, DN 500, 4 МПа	350–500	800	350
Районные поселки	Магистральный газопровод, природный газ, DN 400, 4,5 МПа	125–150	150	176

В целях совершенствования методического аппарата анализа риска специалистами Ростехнадзора, ЗАО НТЦ ПБ и АНО АИПР проведена большая работа по актуализации действующих в области промышленной безопасности методик анализа риска и по разработке новых [19]. По ее результатам с 2013 по 2015 г. Ростехнадзор утвердил 12 руководств по безопасности в области анализа риска. Ведется обсуждение планов разработки отдельного профильного документа по методам анализа риска для МТ.

В последнее время в России бурно развивается такое направление, как транспортирование СПГ. Это связано с интенсификацией проектирования и строительства заводов по сжижению природного газа, которые в своем составе обязаны иметь причалы отгрузки СПГ на танкеры для последующего транспортирования. Сложные природно-климатические условия мест размещения российских заводов по производству СПГ, мелководье прибрежных участков северных морей, высокие ледовые нагрузки и другие факторы существенно осложняют проектирование и обеспечение безопасной эксплуатации морских причалов отгрузки СПГ. В связи с этим протяженность трубопроводов, транспортирующих товарный СПГ от технологических линий сжижения природного газа на заводах до стелдерной установки на причале отгрузки СПГ в танкеры, может составлять 2 км и более. Как правило, СПГ на морские причалы отгрузки транспортируют наземно по трубопроводной эстакаде (не менее двух трубопроводов СПГ диаметром 500 мм и более). На этой же эстакаде размещают трубопровод для транспортирования газового конденсата и кабели напряжением более 1000 В для энергообеспечения морского причала. Верхние строения причала отгрузки СПГ собирают из модулей заводской готовности с заранее установленными трубными секциями и технологическим оборудованием. При отгрузке СПГ на танкер его перекачка по трубопроводу и загрузка в резервуары находятся под контролем единой системы противоаварийной за-

щиты «танкер — берег», которая предусматривает возможность аварийного (в течение 2–3 с) разъединения загрузочных рукавов причала и приемных коллекторов танкера. При этом должна быть обеспечена устойчивость трубопровода к возможному гидроудару.

Существующая российская нормативная база по технологическим трубопроводам (федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности, руководства по безопасности, ГОСТы и др.) не в полной мере отражает специфику СПГ, а также указанные выше условия его транспортирования для отгрузки на танкер, что приводит к необходимости предъявления через разработку СТУ дополнительных требований к надежности и безопасности трубопроводов СПГ. В 2015 г. введен в действие ГОСТ Р 56352—2015 [20], в котором установлен ряд общих требований к технологическим трубопроводам СПГ (к конструкции и материальному исполнению, применению трубопроводной арматуры, размещению и др.), однако много вопросов надежности и безопасности трубопроводов СПГ, учитывающих специфику отгрузки СПГ на танкеры, остаются открытыми. Среди них отметим:

- расчеты нагрузок и воздействий на технологические трубопроводы СПГ, учитывающие особенности (протяженность) транспортирования СПГ для отгрузки на танкер, в том числе обеспечение надежности трубопровода при нестационарных режимах перекачки, связанных с аварийным отсоединением танкера;

- обнаружение утечек и (или) загазованности на теплоизолированных трубопроводах СПГ большой протяженности в арктических условиях;

- предотвращение эскалации аварии при разгерметизации одного из трубопроводов, проложенных на трубопроводной эстакаде;

- функционирование единой системы противоаварийной защиты «танкер — берег» при загрузке танкера и др.

Отсутствие нормативных требований, регламентирующих указанные выше аспекты, ведет к

необходимости продолжения разработки СТУ и обоснований безопасности ОПО для трубопроводов СПГ на основе требований зарубежных стандартов и стандартов организаций, занимающихся морским транспортированием СПГ.

Выводы

Несмотря на то что российская нормативная база обеспечения безопасности газотранспортной системы постоянно совершенствуется, существует неоднозначность в требованиях к МДР для трубопроводов природного газа, СУГ (ШФЛУ) с учетом свойств продуктов перекачки и условий прокладки трубопровода. В отношении трубопроводов СПГ нормативная база недостаточно развита для обеспечения их надежности и безопасности, в том числе в части требований к МДР.

Применение методов анализа риска в проектах строительства (реконструкции) объектов газотранспортной системы позволяет обеспечить индивидуальный, количественно обоснованный подход к МДР.

Список литературы

1. *Радионова С.Г.* Безопасная и надежная эксплуатация объектов нефтегазового комплекса Российской Федерации — залог экономического роста страны// Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2015. — № 4 (20). — С. 6–10.
2. *Технический регламент о требованиях пожарной безопасности:* федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.; одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г.// Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2008. — № 30 (ч. 1). — Ст. 3579.
3. *О техническом регулировании:* федер. закон Рос. Федерации от 27 дек. 2002 г. № 184-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 15 дек. 2002 г.; одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 дек. 2002 г. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. — 102 с.
4. *Технический регламент о безопасности зданий и сооружений:* федер. закон Рос. Федерации от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ (с изм. от 2 июля 2013 г.): принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 23 дек. 2009 г.; одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 25 дек. 2009 г.// Рос. газ. — 2009. — 31 дек. — № 255.
5. *Схема территориального планирования Российской Федерации в области федерального транспорта (в части трубопроводного транспорта):* утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 6 мая 2015 г. № 816-р// Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2015. — № 20. — Ст. 2936.
6. *Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов:* федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности: утв. приказом Ростехнадзора от 6 нояб. 2013 г. № 520. — Сер. 08. — Вып. 20. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. — 40 с.
7. *СП 4.13130.2013.* Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. — М.: МЧС России, 2013. — 183 с.
8. *СП 34.13330.2012.* Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02—85*. — М.: ФАУ «ФЦС», 2012. — 112 с.
9. *СП 36.13330.2012.* Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06—85*. — М.: ФАУ «ФЦС», 2012. — 97 с.
10. *СП 86.13330.2014.* Магистральные трубопроводы. СНиП III-42—80*. — М.: ФАУ «ФЦС», 2014. — 182 с.
11. *СП 119.13330.2012.* Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01—95. — М.: ФАУ «ФЦС», 2012. — 56 с.
12. *ГОСТ Р 55989—2014.* Магистральные газопроводы. Нормы проектирования на давление свыше 10 МПа. Основные требования: введ. 01.12.2014. — М.: Стандартинформ, 2015. — 106 с.
13. *Правила устройства электроустановок ПУЭ.* — 7-е изд. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
14. *Жулина С.А., Лисанов М.В., Савина А.В.* Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах// Безопасность труда в промышленности. — 2013. — № 1. — С. 50–55.
15. *Савина А.В., Сумской С.И., Лисанов М.В.* Анализ риска аварий на магистральных трубопроводах при обосновании минимальных безопасных расстояний// Безопасность труда в промышленности. — 2012 — № 3. — С. 58–63.
16. *Анализ риска аварий на магистральном трубопроводе, транспортирующем широкую фракцию легких углеводородов/ С.И. Сумской, А.В. Пчельников, Е.Л. Шанина и др.*// Безопасность труда в промышленности. — 2007. — № 2. — С. 48–52.
17. *Чуркин Г.Ю., Алекперова С.Т.* Актуальные вопросы разработки специальных технических условий для магистральных трубопроводов// Безопасность труда в промышленности. — 2014. — № 1. — С. 58–65.
18. *Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности/ М.В. Лисанов, С.И. Сумской, А.В. Савина и др.*// Безопасность труда в промышленности. — 2010 — № 3. — С. 58–66.
19. *Сравнительный анализ российских и зарубежных методик и компьютерных программ по моделированию аварийных выбросов и оценке риска/ Е.А. Агапова, Д.В. Дегтярев, М.В. Лисанов и др.*// Безопасность труда в промышленности. — 2015. — № 9. — С. 71.
20. *ГОСТ Р 56352—2015.* Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности: введ. 01.09.2015. — М.: Стандартинформ, 2015. — 25 с.

sinicina@safety.ru

Материал поступил в редакцию 3 марта 2016 г.