

Классификация отступлений от требований нормативных документов и компенсирующих мероприятий в специальных технических условиях для объектов магистральных трубопроводов



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



С.Т. Алекперова,
мл. науч.
сотрудник



А.А. Синицина,
мл. науч.
сотрудник

АНО «Агентство исследований промышленных рисков»

Ключевые слова: магистральный трубопровод, безопасность, специальные технические условия, компенсирующие мероприятия.

По результатам проведенного анализа перспективных направлений развития магистральных трубопроводов (МТ) на территории Российской Федерации, а также состояния отечественной нормативной базы в работе [1] был сделан вывод о том, что значительная часть проектов нового строительства или реконструкции МТ будет реализована с вынужденными отступлениями от требований нормативных документов (НД). Были представлены типовые отступления от требований НД (далее — ТО), а также основные компенсирующие мероприятия (КМ), используемые для обеспечения безопасности и надежности МТ, проектируемых с отступлениями от требований НД. Согласно федеральному законодательству [2, 3] необходимость и легитимность отступлений от требований НД в рамках конкретного проекта, а также состав КМ обосновывают путем разработки и согласования в установленном порядке специальных технических условий (СТУ).

За период с 01.04.2008 по 01.10.2014 разработано и согласовано более 100 СТУ по трубопроводной тематике, которые послужили основой нормативной базы реализации соответствующих проектов нового строительства и реконструкции МТ. Анализ и систе-

Показана актуальность задачи систематизации и классификации знаний о типовых отступлениях от требований нормативных документов, свойственных современным проектам строительства и реконструкции магистральных трубопроводов, и о компенсирующих мероприятиях, используемых в специальных технических условиях для обеспечения безопасности магистральных трубопроводов. Определены основные подходы к взаимосвязанной классификации типовых отступлений от требований нормативных документов и компенсирующих мероприятий.

The actuality of the task of systematization and classification of knowledge about typical deviations from the normative documents requirements inherent to the up-to-date construction projects and reconstruction of the main pipelines, and on compensatory measures used in Project Specific Technical Specification for ensuring safety of the main pipelines is shown in the Article. The main approaches to the interrelated classification of typical deviations from the requirements of normative documents and the compensatory measures are defined in the Article.

матизация ТО, обосновываемых в СТУ, а также используемых КМ — актуальная задача, направленная на обеспечение надежности и безопасности будущих проектов МТ, реализуемых с использованием СТУ, а также на определение актуальных направлений совершенствования нормативной базы в области МТ.

Систематизацию содержащейся в СТУ информации о ТО и КМ, используемых для обеспечения надежности и безопасности МТ, предлагается осуществить на основе классификаторов ТО и КМ. При их составлении учитывали специфику предметной области разработки СТУ для МТ, в частности:

множественность вариантов компенсации одного ТО (например, ТО, связанное с нарушением минимальных допустимых расстояний (МДР), может быть компенсировано мероприятиями, основанными на увеличении толщины стенки трубопровода относительно расчетной и (или) на повышении его прочностных характеристик, увеличении заглубления и т.д.);

возможность использования конкретного КМ для различных ТО (например, увеличение толщины стенки трубопровода может быть предложено как в случае нарушения МДР от МТ до соседних объектов, так и при уменьшении расстояния меж-

ду трубопроводами в одном техническом коридоре, прокладке трассы МТ под некатегорированными автомобильными дорогами без защитного кожуха, отказе от лупингов на подводных переходах и др.);

частичную взаимобратимость ТО и КМ (заглубление трубопровода, в зависимости от его величины, может быть как ТО, так и КМ);

мультипликативный эффект влияния на безопасность МТ двух и более ТО, локализованных на одном участке МТ (в этом случае состав необходимых КМ не является, по-видимому, суммарной комбинацией КМ для каждого ТО в отдельности);

множественность аспектов классификации ТО и КМ;

наличие общих для ТО и КМ классификационных признаков, например «Стадия жизненного цикла МТ»;

необходимость актуализации и детализации классификаторов ТО и КМ по результатам анализа новых СТУ.

При классификации ТО и КМ учитывали необходимость создания и пополнения прецедентной базы «ТО — КМ», ее программной реализации в виде экспертной системы [4], с помощью которой решают задачи:

информационной поддержки принятия решения для обоснования безопасности МТ, проектируемых с ТО;

систематизации знаний об СТУ как о предварительных стандартах, апробируемых в рамках конкретных проектов с перспективой использования их отдельных положений в проектах национальных стандартов и сводов правил.

В основе классификаторов ТО и КМ были заложены принципы фасетной и иерархической классификации [5].

В классификаторе ТО использованы следующие основные фасеты: «Стадия жизненного цикла МТ»; «Характер ТО». Фасет «Стадия жизненного цикла МТ» — общий для обоих классификаторов (ТО и КМ). В классификаторе ТО данный признак обозначает стадию, на которой закладывают ТО, в классификаторе КМ — стадию, на которой реализуют то или иное КМ. Основную часть ТО в СТУ закладывают, как правило, на стадии проектирования МТ, а КМ реализуют на стадии проектирования, строительства и эксплуатации МТ, т.е. на той же стадии, что и ТО, или более поздней. Однако имеются и исключения. Например, ТО, связанное с увеличением интервалов проведения внутритрубной диагностики при эксплуатации МТ, требует реализации КМ на стадии проектирования трубопровода в виде мониторинга скорости коррозии на контрольных участках дублирования систем обнаружения утечек и др.

Фасет «Характер ТО» определяет шкалу (числовая, нечисловая) ТО. Данный признак унаследован от понятия нормы, которая также может иметь числовой или нечисловой характер. Например, от-

ступления от МДР, от установленного заглубления трубопровода, от допустимого угла пересечения МТ железных и автомобильных дорог, от расстояния между запорной арматурой имеют числовой характер. Снятие запрета на прохождение магистральных нефте- и газопроводов по территории населенных пунктов, отказ от прокладки резервной нитки МТ при пересечении водных преград, отсутствие защитного футляра при прохождении МТ под автомобильными и железными дорогами — примеры, когда ТО имеют нечисловой (бинарный) характер.

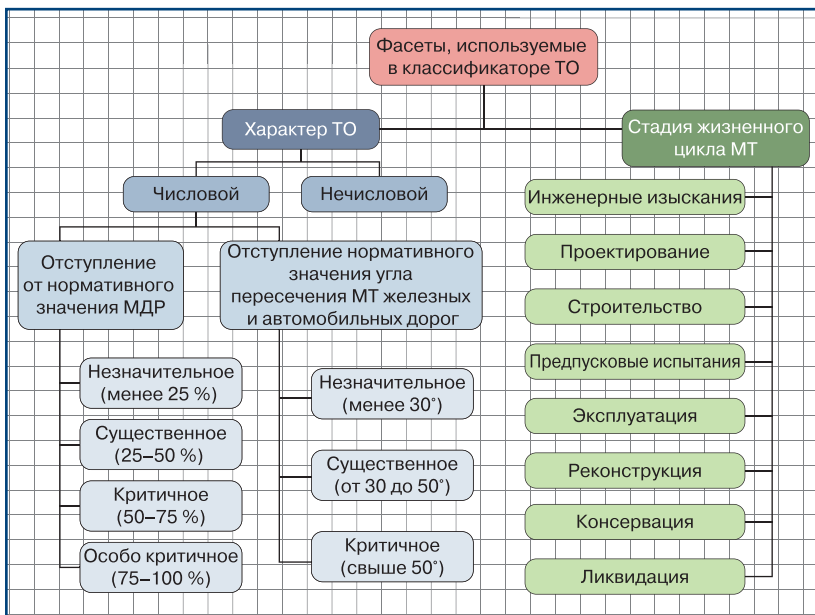
«Величина ТО» — классификационный признак, который определяет диапазон отклонения от нормы. Введение данного признака классификации необходимо для учета влияния ТО на безопасность МТ и в конечном счете на число и состав КМ. Данный признак иерархически подчинен классификационному признаку «Характер ТО». Для ТО, связанного с нарушением МДР, признак «Величина ТО» может быть следующим: незначительное отступление (менее 25 % нормативного значения); существенное отступление (25–50 %); критичное отступление (50–75 %); особо критичное отступление (75–100 %).

Для классификации ТО, носящих нечисловой характер, также вводится диапазон промежуточных значений (от 0 до 1), например: «всегда», «допускается в отдельных случаях», «никогда». Число диапазонов значений признака «Величина ТО» и их границы устанавливают для каждого ТО в ходе индивидуального рассмотрения. Формализованное описание признака «Величина ТО» возможно с использованием математического аппарата теории нечетких множеств [6] или многозначных логик [7].

Структура классификатора ТО с фасетом «Характер ТО» на примерах отступления от нормативных МДР и угла пересечения МТ железных и автомобильных дорог приведена на рис. 1.

Для классификации КМ предложены следующие фасеты: «Стадия жизненного цикла МТ»; «Направленность КМ»; «Тип КМ»; «Область внедрения КМ». Как уже отмечалось, фасет «Стадия жизненного цикла МТ» в классификаторе КМ означает стадию, на которой реализуют конкретное КМ.

По своей направленности КМ могут быть применены для повышения конструктивной надежности МТ, обнаружения аварии (инцидента) на МТ (утечки продукта), локализации аварии на МТ и устранения ее последствий. Например, такие КМ, как применение особо прочных сталей для изготовления труб МТ, увеличение толщины стенки труб МТ сверх расчетной, 100%-ное дублирование электрохимической защиты, направлены на повышение конструктивной надежности МТ. Использование дополнительной системы обнаружения утечек, установка датчиков загазованности на крановых узлах и в местах пересечения МТ с транспортной инфраструктурой служат скорейшему обнаружению аварии на МТ. Локализации аварии на МТ могут способствовать минимизация



▲ Рис 1. Структура классификатора ТО

времени на остановку перекачки, ускоренное перекрытие линейной запорной арматуры, а сокращение времени прибытия аварийных бригад к месту аварии на МТ направлено на ускорение процесса устранения последствий аварий на МТ. Некоторые из указанных КМ действуют на повышение безопасности МТ сразу по нескольким направлениям, однако одно из этих направлений, как правило, доминирующее, его и учитывают при классификации КМ.

Введение фасета «Направленность КМ» необходимо для того, чтобы в ситуациях, когда последствия аварии на МТ недопустимы, приоритет отдавать КМ, направленным на повышение конструктивной надежности МТ. К таким ситуациям в первую очередь относится прокладка МТ в городской черте или с критическими отступлениями от МДР до населенных пунктов.

Фасет «Тип КМ» подразделяет КМ на технические, организационные, организационно-технические. Данный фасет, как и фасет «Характер ТО», — производное от понятия нормы, которая может содержать аналогичные по характеру требования [8]. К техническим можно отнести почти все КМ, направленные на повышение конструктивной надежности МТ (увеличение толщины стенки трубопровода, прочностных свойств основного металла, монтажного сварного шва, заглупления и др.). Установление требований по наличию регламентов взаимодействия эксплуатирующей МТ организации с соседними предприятиями в случае аварии на МТ — пример организационного КМ. К организационно-техническим КМ можно отнести требования по ограничению рабочего давления на стадии эксплуатации МТ, сокращению времени между внутритрубной диагностикой МТ и т.п.

Введение фасета «Тип КМ» обусловлено, во-первых, необходимостью иметь возможность установ-

ливать приоритет выбора технических КМ перед организационными в условиях, когда требуется минимизировать влияние человеческого фактора на безопасность МТ, а во-вторых, возможностью обеспечить независимость срабатывания одного КМ от другого, если они имеют разный тип.

В большинстве случаев КМ устанавливают повышенные требования к трубопроводу для подрядных и эксплуатирующей организаций, т.е. область внедрения КМ — это МТ. Однако не исключены случаи, когда таких КМ недостаточно и требуется введение КМ, направленных на повышение безопасности соседних объектов. К таким КМ можно отнести возведение огнезащитных экранов на участках критического сближения МТ с населенным пунктом или про-

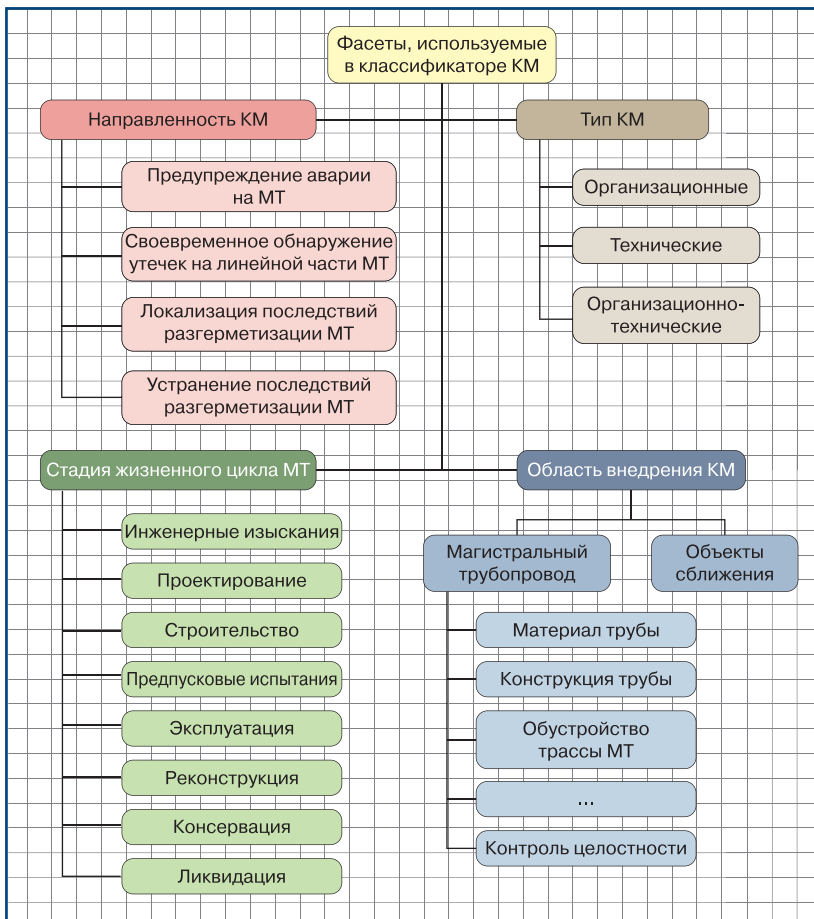
изводственным объектом, размещение на данных объектах средств оповещения об аварии на МТ, дополнительное информирование населения близлежащих населенных пунктов о правилах поведения около МТ и возможных последствиях аварии на МТ. Для возможности выделения таких случаев введен фасет «Область внедрения КМ», который подразделяется следующим образом: магистральный трубопровод; объекты сближения.

Структура классификатора КМ представлена на рис. 2.

По поводу описанных выше систем классификации ТО и КМ необходимо сделать два дополнения. Во-первых, указанные системы классификации не окончательные, предполагается, что, оставаясь неизменными на верхнем уровне классификации, они будут детализированы на нижних уровнях по мере анализа новых СТУ и актуализации НД по МТ. Во-вторых, представленные системы классификации ТО и КМ являются проблемно-ориентированными на решение последующей задачи — разработки методики выбора КМ, достаточных для обеспечения безопасности МТ, при заданных наборе ТО и условиях строительства МТ.

В рамках апробации данных систем классификации ТО и КМ проанализирован ряд СТУ, разработанных для проектирования МТ в условиях их ненормативных сближений с объектами инфраструктуры. Всего в проанализированных СТУ содержалось около 70 случаев нарушений МДР, для компенсации которых разработчики СТУ использовали 37 КМ (см. таблицу).

Анализ показал следующее распределение ТО, связанных с несоблюдением МДР: незначительное отступление — 12 %; существенное отступление — 9 %; критичное отступление — 44 %; особо критичное отступление — 35 %.



▲ Рис. 2. Структура классификатора КМ

По результатам классификации ТО и КМ можно сделать вывод о том, что в случае нарушения МДР в целом преобладают технические КМ, направленные на предотвращение аварии на МТ путем повышения его надежности. Область внедрения данных мероприятий в большинстве случаев — конструкция трубы. Реализуют их на этапе проектирования.

Наиболее часто встречающиеся КМ при нарушении МДР: увеличение толщины стенки на 50 %; увеличение заглубления МТ; применение усиленного защитного заводского покрытия труб; применение (дублирование) систем обнаружения утечек; увеличение этапности испытаний на прочность и герметичность; предпусковая комплексная внутритрубная диагностика; сокращение интервала времени между проведением внутритрубной диагностики на этапе эксплуатации МТ и др.

При этом в проанализированных материалах СТУ очень редко были использованы КМ, связанные с повышением механических свойств металла труб и сварных швов (пред-

Таблица 1

Наименование КМ	Частота использования КМ в СТУ			
	Особо критичное отступление	Критичное отступление	Существенное отступление	Незначительное отступление
1. Применение труб категории «В»	34,2	31,4	10,0	14,2
2. Увеличение толщины стенки на 50 %	24,2	24,2	8,5	10,0
3. Ограничение расчетных кольцевых напряжений	10,0	10,0	4,2	5,7
4. Увеличение заглубления МТ	40,0	30,0	11,4	14,2
5. Увеличение частоты контроля заглубления МТ	1,4	2,8	1,4	0
6. Прокладка МТ в защитном футляре (кожухе)	8,5	5,7	0	0
7. Увеличение заглубления кожуха	2,8	4,2	0	0
8. Увеличение протяженности кожуха	1,4	4,2	0	0
9. Разработка программы мониторинга технического состояния МТ и защитного кожуха	15,7	11,4	2,8	2,8
10. Контроль загазованности между кожухом и трубой	5,7	14,2	2,8	1,4
11. Применение систем обнаружения утечек	12,8	14,2	4,2	1,4
12. Усиленная проверка на герметичность при $P > 1,1P_{раб}$	1,4	4,2	0	0
13. Дополнительное размещение знаков на трассе МТ	31,4	31,4	10,0	5,7
14. Прокладка в траншее МТ сигнальной ленты	1,4	5,7	0	1,4
15. Применение усиленного защитного заводского покрытия труб	28,5	27,1	10,0	5,7
16. Применение защитных инженерных сооружений	2,8	7,1	2,8	2,8
17. Укладка дорожных плит для защиты МТ	1,4	2,8	1,4	0
18. Дополнительная защита от преступных посягательств	2,8	5,7	2,8	0
19. Установка сейсмостанций (для сейсмических р-нов)	17,1	14,2	5,7	4,2
20. Применение системы электрохимической защиты со 100%-ным резервированием	12,8	8,5	4,2	0

Наименование КМ	Частота использования КМ в СТУ			
	Особо критичное отступление	Критичное отступление	Существенное отступление	Незначительное отступление
21. Применение на трассе контрольного участка	1,4	2,8	1,4	0
22. Дополнительные требования к вязкости металла	0	1,4	0	5,7
23. Повышенные требования к механическим свойствам металла	1,4	2,8	1,4	0
24. Специальные требования к монтажу кривых упругого изгиба	0	1,4	0	5,7
25. Повышенные требования к герметичности запорной арматуры	0	0	0	4,2
26. Сокращение времени перекрытия МТ при аварии	10,0	10,0	4,2	5,7
27. Дополнительное резервирование канала технологической связи	1,4	2,8	1,4	0
28. Повышение требований к качеству строительно-монтажных работ	1,4	2,8	1,4	0
29. Увеличение этапности испытаний на прочность и герметичность	50,0	32,8	10,0	7,1
30. Предпусковая комплексная внутритрубная диагностика	32,8	27,1	10,0	5,7
31. Увеличение частоты проведения комплексной внутритрубной диагностики	1,4	4,2	0	0
32. Проведение периодической аттестации МТ	1,4	2,8	1,4	0
33. Разработка программы мониторинга технического состояния МТ	15,7	11,4	2,8	2,8
34. Увеличение частоты патрулирования трассы МТ	2,8	1,4	2,8	0
35. Мониторинг русловых деформаций	0	2,8	0	0
36. Пересмотр сроков безопасной эксплуатации МТ	15,7	11,4	2,8	2,8
37. Повышение требований к инструктажу населения	1,4	4,2	0	0

Примечание. P — давление при испытании; $P_{\text{раб}}$ — рабочее давление.

почтение отдается увеличению толщины стенки трубопровода).

Также необходимо отметить незначительное изменение состава КМ в зависимости от величины ТО, связанных с МДР, что противоречит представлению о том, что с увеличением ТО состав и содержание КМ должны усиливаться.

Полученные на основе классификации ТО и КМ результаты анализа СТУ, разработанных для проектирования и строительства МТ, позволяют сделать вывод об актуальности разработки методически обоснованного подхода к выбору КМ для обеспечения безопасности МТ, проектируемых с ТО. Причем данный методический подход должен учитывать не только состав, но и величину ТО.

Список литературы

1. Чуркин Г.Ю., Алекперова С.Т. Актуальные вопросы разработки специальных технических условий для магистральных трубопроводов// Безопасность труда в промышленности. — 2014. — № 1. — С. 58–65.
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: федер. закон Рос. Федерации от 30 дек. 2009 г.

№ 384-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 23 дек. 2009 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 25 дек. 2009 г. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013.

3. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 февр. 2008 г. № 87: в действующей ред. от 8 августа 2013 г.// Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2008. — № 8, ст. 744.

4. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем. — СПб: СПб ГУ ИТМО. — 2005. — 93 с.

5. Автоматизированные информационные технологии в экономике: учебник/ Под ред. Г.А. Титоренко. — М.: ЮНИТИ, 2004. — 399 с.

6. Основы теории нечетких множеств: учеб. пособие. — СПб: Питер, 2011. — 192 с.

7. Многозначные логики и их применения. Логики в системах искусственного интеллекта/ Под ред. В.К. Финна. — Т. 2. — М.: УРСС, 2008. — 240 с.

8. Основы стандартизации: учебник для техникумов. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 328 с.

ast@safety.ru

Материал поступил в редакцию 13 ноября 2014 г.