

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ И ЦЕЛОСТНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ГТС ПАО «ГАЗПРОМ»

УДК 622.691.4.004

С.В. Нефедов, к.т.н., ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Москва, РФ),
S_Nefedov@vniigaz.gazprom.ru

В.М. Силкин, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Г.А. Милько-Бутовский, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», G_Milko-Butovsky@vniigaz.gazprom.ru

О.Н. Мелёхин, ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, РФ)

А.Н. Пасечников, ПАО «Газпром»

В.А. Шлепкин, ПАО «Газпром»

ПАО «Газпром» с 2009 г. разрабатывает и внедряет современную Систему управления техническим состоянием и целостностью (СУТСЦ) объектов газотранспортной системы (ГТС). С 2014 г. реализуется в промышленном масштабе применение СУТСЦ для линейной части магистральных газопроводов (ЛЧМГ), методологическую основу которой составляют математические модели расчетного прогнозирования показателей технического состояния, надежности и техногенного риска, позволяющей централизованно формировать долгосрочные программы мероприятий по диагностированию и ремонту газопроводов, обеспечивающие надежное и безопасное функционирование ГТС.

В статье освещены основные положения и методические решения разработанной СУТСЦ, особенности наиболее трудоемкого процесса сбора исходных данных, требуемых для проведения расчетов показателей техногенного риска. Рассмотрены этапы жизненного цикла основного результата СУТСЦ – долгосрочных программ УТСЦ ЛЧМГ (программ) с более подробным описанием их формирования и моделирования сценариев достижения целевых значений показателей технического состояния и целостности.

Показаны текущие результаты внедрения методологии УТСЦ объектов ГТС в ПАО «Газпром» и дальнейшие действия по развитию и совершенствованию СУТСЦ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ И ЦЕЛОСТНОСТЬЮ, НАДЕЖНОСТЬ, ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК, ГАЗОТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

СУТСЦ обеспечивает надежность и безопасную эксплуатацию объектов ГТС ПАО «Газпром» (около 180 тыс. км, 2100 км технологических трубопроводов, более 800 компрессорных цехов, 22 подземных хранилища газа).

Основная функция ГТС – осуществление надежной поставки газа потребителям с соблюдением государственных требований по безопасности. В условиях длительной эксплуатации ЛЧМГ ПАО «Газпром» (возраст более половины объектов превысил 30 лет) происходит физическое старение (деградация физико-механических свойств конструк-

ций и оборудования, развитие дефектов в результате длительно действующих технологических нагрузок и воздействий природного и техногенного происхождения). Поддержание конструктивной надежности и соблюдение требований промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов ГТС определяют необходимость планирования и проведения диагностики и ремонта. Это влечет за собой рост эксплуатационных затрат, сказывается на себестоимости транспортировки газа, приводит к временному снижению общей производительности ГТС.

При этом меняющиеся условия загрузки системы газом от новых месторождений, снижение и выбытие добычных мощностей в базовых районах добычи, изменение объемов потребления газа накладывают ограничения в долгосрочной перспективе, усугубляют политические, экономические и социальные приоритеты, ранжируют объекты ГТС по степени важности.

Надежная и безопасная эксплуатация, требуемое техническое состояние ЛЧМГ для обеспечения необходимой пропускной способности являются основными производственными задача-

Nefedov S.V., Ph.D. in Engineering Science, Gazprom VNIIGAZ LLC (Moscow, RF), S_Nefedov@vniigaz.gazprom.ru

Silkin V.M., Gazprom VNIIGAZ LLC

Milko-Butovskiy G.A., Gazprom VNIIGAZ LLC, G_Milko-Butovsky@vniigaz.gazprom.ru

Melekhin O.M., Gazprom PJSC (Saint Petersburg, RF)

Pasechnikov A.N., Gazprom PJSC

Shlepkin V.A., Gazprom PJSC

Management system of the technical condition and integrity of gas transmission network facilities of Gazprom PJSC

Gazprom PJSC has been developing and implementing a modern technical condition and integrity management system (TCIMS) of gas transmission network (GTS) facilities since 2009. The use of the TCIMS for the linear part of main pipelines (LPMP), whose methodological framework consists of calculation forecasting mathematical models of technical condition, reliability and technology-related risk which enables one to centrally create long-term programs on diagnostics and repair of pipelines that ensure reliable and safe operation of the GTS, has been implemented on a commercial scale since 2014.

The article presents the main provisions and methodological solutions of the developed TCIMS, the peculiarities of the most labor-intensive process of initial data collection required for the calculation of technology-related risk indexes. The life style stages of the main result of the TCIMS – long-term CIMS LPMP programs (Programs) with a more detailed description of their creation and modeling of scenarios of achieving the target values of technical condition and integrity indexes, are reviewed.

The current results of the implementation of the CIMS methodology at GTS's facilities at Gazprom PJSC and further actions on the development and enhancement of the TCIMS, are demonstrated.

KEY WORDS: TECHNICAL CONDITION AND INTEGRITY MANAGEMENT, TECHNOLOGY-RELATED RISK, GAS TRANSPORT SYSTEM, INDUSTRIAL SAFETY.

ми газотранспортных обществ и ответственностью Департамента ПАО «Газпром» (В.А. Михаленко). В условиях существенных ресурсных ограничений, в том числе финансирования, эффективность управления во многом зависит от точности планирования и адресности предлагаемых технических и управленческих решений. Планирование диагностирования и ремонта является наиболее ответственным этапом цикла управления, эффективность которого достигается в полной мере на долгосрочном периоде.

Для безусловного обеспечения требований промышленной безопасности при эксплуатации ЛЧМГ необходимо максимальное применение новой стратегии, предполагающей планирование технического диагностирования и технического обслуживания и ремонта (ТОиР) с учетом оптимизации рисков и приоритетов объектов в условиях лимитов затрат и установленных требований по обеспечению заданной пропускной способности или производительности.

Таким образом, проблемную область характеризует наличие конкурирующих условий:

1) потребность в увеличении затрат на диагностирование и ремонт по причине нарастающего износа и необходимости поддержания конструктивной надежности;

2) ограниченные материальные и финансовые возможности Общества (лимит затрат);

3) необходимость временно снижать производительность системы, останавливая объекты для диагностических и ремонтно-восстановительных работ;

4) требование обеспечить текущую плановую загрузку ГТС.

Указанные противоречия порождают необходимость формирования взвешенной системы критериев принятия решений в условиях ограничений, а также решения задачи оптимального выбора объектов и распределения затрат по всей системе взаимосвязанных различным образом резервированных и различных по значимости участков ЛЧМГ.

Целевые задачи СУТЦ ЛЧМГ:

- обеспечение заданного уровня надежности и безопасности эксплуатации объектов МГ на основе анализа и управления рисками;

- оптимизация затрат на эксплуатацию путем обоснованного выбора объектов ремонта, очередности и методов проведения диагностических и ремонтно-восстановительных работ.

Бесперебойная поставка газа обеспечивается работоспособностью всех элементов ГТС, и в первую очередь ЛЧМГ. Поддержание технического состояния ЛЧМГ на необходимом уровне осуществляется за счет выполнения мероприятий по техническому диагностированию, текущему и капитальному ремонту участков.

Основопологающими документами СУТЦ ГТС являются Политика ОАО «Газпром» в области управления техническим состоянием и целостностью объектов транспортировки и хранения газа [1] и Концепция управления техническим состоянием и целостностью объектов ГТС

ОАО «Газпром» с учетом задач транспортировки газа [2]. На их основе подготовлена нормативная база СУТЦ ГТС, в том числе четыре Р Газпром, примерно 20 стандартов ПАО «Газпром», комплекс из 10 методико-регламентирующих документов для СУТЦ площадочных объектов.

Выполнение работ по капитальному ремонту на основе методологии СУТЦ определяется четким аналитическим планированием, учитывающим текущее техническое состояние объектов, финансовое обеспечение работ, организационно-технические возможности эксплуатирующих и специализированных ремонтных организаций, материально-техническое обеспечение, техногенные риски эксплуатации объектов ГТС. Ключевой принцип принятия решений о приоритетности вывода объектов ГТС в ремонт – это иерархия критериев, среди которых наиболее важным является максимально возможное снижение техногенного риска. Последний оценивается количественно и учитывается в вероятностном представлении возможность нанесения ущерба в результате аварии как непосредственно основным фондам газотранспортных обществ (ГТО), так и объектам окружения (включая людей, материально-хозяйственную и природную среду). Метод оценки ожидаемой частоты аварий (на основе многофакторного анализа, учитывающего влияние на аварийность газопроводов конструктивно-технологических, эксплуатационных, природных, антропогенных и других факторов) применим как в отношении МГ, обеспеченных данными внутритрубной дефектоскопии состояния основного металла и сварных соединений, так и для не подготовленных к внутритрубному техническому диагностированию (ВТД) газопроводов, для которых базовой диагностической информацией служат результаты коррозионных (электрометрических) обследований и

выборочных локальных обследований в шурфах.

Показатели надежности (второй уровень критериев целостности) разработаны на основе физических моделей отказов («нагрузка – сопротивление») и вероятностных моделей накопления повреждений и позволяют учесть случайный разброс нагрузок, механических свойств трубных сталей, параметров дефектов. Расчет вероятности безотказной работы, вероятности отказа, средней наработки до отказа выполняется для дефектного сечения трубы с последующими оценками показателей надежности (включая коэффициент готовности) для протяженных участков ЛЧМГ (межкрановые, межстанционные и т. д.).

Показатели технического состояния количественно оценивают исправность (работоспособность) всех трубопроводных элементов, включая защитные противокоррозионные покрытия, трубопроводную арматуру и т. д. На их основе (разрешенное рабочее давление, комплексный показатель технического состояния, прогнозный срок безопасной эксплуатации и т. д.) разработана методика выбора и назначения оптимального унифицированного метода ремонта.

Для учета неформализованных факторов разработан показатель приоритета по важности объекта ЛЧМГ, учитывающий помимо репутационных рисков топологическое место в схеме потоков газа, возможности резервирования, значимость связанных с объектом конечных потребителей газа и др.

Широкомасштабное внедрение в ПАО «Газпром» СУТЦ ГТС начато в 2014 г. с ЛЧМГ ГТС при одновременной реализации проекта автоматизации вертикально-интегрированной Информационной управляющей системы «Транспортировка газа», этап 2 (ИУС Т2). Мероприятия по внедрению, вошедшие в утвержденный заместителем Председателя Правления ПАО «Газпром»

В.А. Маркеловым в 2015 г. План мероприятий по внедрению СУТЦ объектов ГТС в дочерних газотранспортных обществах, обеспечивают целенаправленную взаимосвязанную работу Департамента ПАО «Газпром» (В.А. Михаленко) (ДТ), газотранспортных обществ, разработчиков-методологов ООО «Газпром ВНИИГАЗ», специалистов в области геоинформационных технологий ООО «Газпром космические системы», расчетчиков и программистов ЗАО «Газпром автоматизация». Главная цель – обеспечение надежности и безопасности объектов ГТС в части ЛЧМГ – в настоящее время достигается разработкой и реализацией Программы комплексного капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов ПАО «Газпром» (Программа) на 2016–2020 гг., а также реализацией газотранспортными обществами компенсирующих мероприятий по выборочному ремонту наиболее опасных дефектов. Ежегодный мониторинг и корректировка Программы актуализируют приоритетность вывода объектов ЛЧМГ в капитальный ремонт с упреждением не менее двух лет для синхронизации со смежным процессом, администрируемым Департаментом ПАО «Газпром» (А.А. Филатов), – текущим планированием и реализацией капитального ремонта и тем самым адаптивно повышают эффективность процесса СУТЦ.

На основе накопленного практического опыта и в рамках реализации проекта ИУС Т2 разработаны и внесены изменения в главный регламентный документ СУТЦ ЛЧМГ Р Газпром 2-2.3-692–2013 [3]. При актуализации его положений также учтена необходимость использования единых подходов для объектов ЛЧМГ и площадных объектов ГТС, методико-регламентная документация для которых разработана в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» с участием ряда специализиро-

ванных организаций, в том числе ООО «Газавтоматика магистральные системы», ДОО «Оргэнергогаз» и ООО «Гипрогазцентр».

Процесс УТСЦ включает подпроцессы: формирование Программы управления техническим состоянием и целостностью объектов ГТС (Программа УТСЦ), мониторинг ее выполнения, корректировку и анализ эффективности выполнения.

Программа УТСЦ является основным инструментом рассматриваемого процесса, разрабатывается на пять лет и служит основой для перспективного (три года) и текущего (год) планирования в рамках функционирования систем диагностического обслуживания, ТОиР. Программа УТСЦ разрабатывается в год планирования, на три года предшествующий году ввода в действие Программы. Это необходимо для того, чтобы успеть выполнить взаимосвязанные функции ТОиР: планирование проектно-изыскательных работ (ПИР), заказ материально-технических ресурсов (МТР) и т. д. (табл.).

В двухуровневой структурной модели УТСЦ ЛЧМГ за дочерними обществами закреплена ответственность по ведению данных о техническом состоянии и целостности ЛЧМГ, расчетному анализу и прогнозированию показателей технического состояния, надежности и техногенного риска, определению оптимальных управляющих воздействий, формированию сценарных предложений в долгосрочные программы диагностирования и ремонта.

За определение целевых показателей технического состояния и риска, оптимизацию сводной программы управляющих воздействий по всей ГТС, контроль достижения плановых показателей, оценку эффективности управления отвечает Департамент ПАО «Газпром» (В.А. Михаленко).

При формировании Программы УТСЦ в дочерних газотранспортных обществах проводятся:

Периодичность процесса УТСЦ

Подпроцесс	Уровни	Периодичность работ
Формирование Программы УТСЦ	ДТ, ГТО	Раз в 5 лет
Мониторинг Программы УТСЦ	ДТ, ГТО	Ежеквартально
Корректировка Программы УТСЦ (плановая)	ДТ, ГТО	Ежегодно
Корректировка Программы УТСЦ (внеплановая)	ДТ, ГТО	Ежеквартально
Анализ эффективности выполнения Программы УТСЦ	ДТ	Ежегодно

- расчетная оценка показателей технического состояния, прочности, надежности и техногенного риска эксплуатации объектов на заданном горизонте планирования;

- подготовка предложений по формированию перечня объектов, требующих проведения мероприятий для достижения плановых показателей ТСЦ, определенных на уровне ДТ и по предписаниям надзорных органов;

- подготовка для этих объектов предложений по мероприятиям ДТОиР и оценка затрат на их проведение;

- определение значений факторов приоритета по важности уровня ГТО и формирование предложений в Программу УТСЦ.

После сбора предложений ГТО Департаментом ПАО «Газпром» (В.А. Михаленко) производится:

- финальное определение приоритета по важности;

- моделирование сценариев реализации Программы УТСЦ с учетом принятых требований и ограничений (технических, организационных и финансовых);

- формирование и согласование проекта Программы УТСЦ в ПАО «Газпром».

Мониторинг выполнения Программы проводится ежеквартально, при этом отслеживаются:

- изменения исходных данных по объектам (новые диагностические данные или результаты ремонтных работ);

- выполнение запланированных мероприятий по объектам (выпол-

нено, не выполнено, выполнено частично);

- отклонения планов ТОиР от Программы;

- изменения лимита затрат, целевых показателей, требований по обеспечению потоков транспортировки.

При наличии изменений производится актуализация текущих и прогнозируемых показателей ТСЦ и при необходимости инициируется корректировка Программы УТСЦ:

- внеплановая: может быть инициирована ежеквартально по итогам мониторинга. При внеплановой корректировке рассматривается текущий горизонт планирования Программы и не производится пересогласование;

- плановая: проводится ежегодно в течение «жизненного цикла» Программы с увеличением горизонта планирования на год.

Анализ эффективности выполнения Программы УТСЦ проводится ежегодно Департаментом ПАО «Газпром» (В.А. Михаленко) и включает анализ достижения стратегических целевых показателей (СЦП) и целевых показателей ТСЦ, расчет показателей эффективности УТСЦ и формирование отчета об эффективности выполнения Программы УТСЦ.

В рамках процессов УТСЦ рассматривается полный перечень объектов ГТС, не только объекты конкретной Программы УТСЦ. При мониторинге может одновременно отслеживаться выполнение нескольких программ, и



Рис. 1. Основные этапы формирования Программы

соответственно, требуемые изменения при корректировке также могут вноситься в дальнейшем в несколько программ УТСЦ (в первую очередь для ЛЧМГ – в программы капитального ремонта, диагностических обследований и реконструкции и технического перевооружения).

Процесс формирования Программы УТСЦ более подробно может быть проиллюстрирован на примере формирования программ комплексного капитального ремонта ЛЧМГ ПАО «Газпром».

По результатам расчетной оценки и прогнозирования показателей ТСЦ определяются (рис. 1) первичный приоритет вывода в ремонт по показателям ТСЦ, назначаются методы ремонта и проводится оценка стоимости работ. Перечень объектов, рекомендуемых для проведения капитального ремонта, отранжированный по показателям ТСЦ, оценивается с точки зрения влияния объекта на функциональные характеристики ГТС и реализуемости мероприятий. В результате

формируется перечень объектов и соответствующих мероприятий с распределением по годам Программы, а также итоговый приоритет вывода объекта в ремонт. Важнейшим условием (ограничением) формирования Программы является объем финансирования работ по капитальному ремонту.

После определения всех критериев формируются сценарии реализации Программы, число которых может варьировать в зависимости от поставленной задачи.

Упрощенно можно рассматривать три возможных сценария (максимальный, средний, минимальный), для моделирования которых используются четыре крупных критерия: показатели ТСЦ, приоритет объекта по важности, суммарные требуемые затраты в долгосрочном прогнозе и лимиты затрат по годам Программы (рис. 2).

Максимальный сценарий обеспечивает достижение целевых показателей и минимальных суммарных затрат в долгосрочном

прогнозе (10 лет после завершения Программы) и является оптимальным, финансовые ограничения в данном сценарии не учитываются.

При формировании минимального сценария в первую очередь обеспечивается лимит затрат по годам Программы. В Программу включаются наиболее приоритетные объекты, не обеспеченные финансированием объекты переводятся в выборочный ремонт для поддержания технического состояния. Есть риск недостижения целевых показателей, в долгосрочном прогнозе суммарные затраты будут больше.

Средний сценарий позволяет оценить необходимое дополнительное финансирование относительно лимита затрат для безусловного достижения целевых показателей. При этом в выборочный ремонт переводятся объекты, на которых такая замена приводит к максимальной экономии при минимальном увеличении «неустраняемого» риска. Также может быть учтена возможность

снижения давления без проведения ремонта, проведения диагностического обследования для контроля развития дефектов.

Для примера: в рамках Программы на 2016–2020 гг. реализованы два сценария. Программа на 2016–2020 гг. состоит из основного и дополнительного разделов, объекты распределены в порядке снижения приоритета: в 2016 г. в основном разделе находятся объекты с самым высоким приоритетом, остальные – в дополнительном.

Основной раздел сформирован с учетом ежегодно выделяемых дочерним обществам лимитов финансирования на капитальный ремонт ЛЧМГ и включает наиболее приоритетные участки газопроводов, что соответствует минимальному сценарию. Дополнительный раздел включает участки газопроводов, которые также требуют капитального ремонта, но их ремонт не обеспечен финансированием, и в совокупности с основным разделом они составляют максимальный сценарий.

В рамках работ по мониторингу выполнения и ежегодной актуализации Программы на 2016–2020 гг. разработанные подходы к новым подпроцессам УТСЦ апробированы в 2016 г. На сегодняшний день масштаб корректировки Программы сравнялся с объемом первоначальной Программы и охватывает подготовку исходной информации (включая пространственное описание технологических объектов ЛЧМГ и объектов



Рис. 2. Сценарии реализации Программы

окружения) и расчетный анализ примерно 10 тыс. км в год в целом по ГТС.

Период внедрения и выхода СУТСЦ ЛЧМГ на полный цикл может быть оценен продолжительностью 5–9 лет в зависимости от привлекаемых ресурсов (максимальный период – при текущих масштабах подготовки исходной информации, минимальный – при увеличении ежегодных объемов в два раза). С учетом реального технического состояния 5-летняя потребность в капитальном ремонте составляет около 15–20 тыс. км.

Следует отметить, что реализованные в СУТСЦ ЛЧМГ методические подходы являются инновационными и представляют лучшую мировую практику нефтегазовой отрасли. Впервые в отечественной и зарубежной

практике в СУТСЦ нефтегазовых объектов применены в полной мере количественные модели и методы расчетно-аналитического прогнозирования показателей надежности и техногенного риска в отличие от широко распространенных экспертно-аналитических подходов.

СУТСЦ ЛЧМГ позволила увеличить эффективность принятия технических и управленческих решений за счет повышения точности и достоверности прогноза изменения технического состояния и риска эксплуатации объектов ГТС, целевого распределения финансирования на поддержание требуемого технического состояния, выявления наиболее «узких мест» по уровню ожидаемого прямого ущерба от аварии и критичному снижению пропускной способности ГТС. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Политика ОАО «Газпром» в области управления техническим состоянием и целостностью объектов транспортировки и хранения газа. М.: ОАО «Газпром», 2011. 6 с.
2. Концепция управления техническим состоянием и целостностью объектов ГТС ОАО «Газпром» с учетом задач транспортировки газа. М.: ОАО «Газпром», 2011. 122 с.
3. Р Газпром 2-2.3-692–2013. Регламент формирования программ технического диагностирования, технического обслуживания и ремонта объектов линейной части магистральных газопроводов ЕСГ ОАО «Газпром». М.: ОАО «Газпром», 2014. 42 с.

REFERENCES

1. Gazprom OJSC's Policy in Technical Condition and Integrity Management in Relation to Gas Transportation and Storage Facilities. Moscow, Gazprom OJSC, 2011, 6 pp. (In Russian)
2. Conceptual Foundation of Technical Condition and Integrity Management of GTS's Facilities of Gazprom OJSC with Due Regard for Gas Transportation Objectives. Moscow, Gazprom OJSC, 2011, 122 pp. (In Russian)
3. Gazprom Regulation 2-2.3-692–2013. Regulation for Creating Programs of Technical Diagnostics, Technical Maintenance and Repair of Linear Part Facilities of Main Pipelines of the GTS of Gazprom OJSC. Moscow, Gazprom OJSC, 2014, 42 pp. (In Russian)