



15 ЛЕТ СПУСТЯ

(по материалам статьи академика Б. Е. Патона и д-ра техн. наук А. Я. Недосеки «Концепция технической диагностики трубопроводного транспорта» в журнале «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» № 3 за 1992 г.)

15 лет назад в третьем номере журнала «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» (1992 г.) была опубликована статья академика Б. Е. Патона и д-ра техн. наук А. Я. Недосеки «Концепция технической диагностики трубопроводного транспорта». В статье изложены основные задачи и мероприятия, сформулированные и предложенные ранее группой специалистов Украины и России, которые необходимо выполнить для создания системы анализа и управления техническим состоянием магистральных трубопроводов. Как показала практика, многие вопросы этой концепции охватывают более широкий круг задач и могут быть отнесены и к другим промышленным конструкциям, таким как крупногабаритные хранилища, мосты, гидросооружения, конструкции и оборудование энергетических установок, требующим непрерывного диагностического контроля их безопасности. Концепция вышла за рамки только трубопроводного транспорта и разработки на ее основе постепенно реализуются в различных отраслях народного хозяйства как у нас в стране, так и за рубежом, что подтверждает ее актуальность и правильность намеченных направлений. Практика эксплуатации конструкций диктует свои требования к контролю их технического состояния, этапы которого в основе своей представлены в концепции, опубликованной 15 лет назад. Основные идеи концепции актуальны и продолжают развиваться в настоящее время. Так, в Украине специалистами ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины созданы и смонтированы на четырех хранилищах аммиака емкостью по 34 тыс. м³ каждое четыре системы непрерывного АЭ-мониторинга, первая из которых уже более шести лет осуществляет контроль состояния корпусов хранилищ. Такие же системы установлены на технологических трубопроводах и некоторых элементах оборудования цеха производства аммиака. Осуществляется контроль и подземной части аммиакопровода. Первые АЭ-датчики и датчики напряжений устанаовлены на подземной части аммиакопровода в районе Тилигульского и Григорьевского лиманов. Вот уже 2 года подвергается непрерывному контролю километровой участок трубы аммиакопровода, проходящей по мосту через реку Днепр. Подготовлена большая программа работ по непрерывному мониторингу оборудования и трубопроводов в энергетике. Можно отметить, что работы в этом направлении расширяются, приобретая все большее значение для промышленности. Идеи, высказанные коллективом ученых и разработчиков ИЭС 15 лет назад, постепенно осуществляются специалистами разных стран как в области трубопроводного транспорта, так и других смежных областях, где большое значение приобретают вопросы непрерывного контроля состояния конструкций. Учитывая актуальность концепции в наше время и необходимость сосредоточения усилий ученых и разработчиков в планомерном выполнении работ по обеспечению безопасности эксплуатации сварных конструкций любого назначения и, в том числе, трубопроводного транспорта, считаем целесообразным еще раз акцентировать внимание специалистов на основных положениях опубликованной работы и приводим текст статьи «Концепция технической диагностики трубопроводного транспорта» без сокращений и изменений.

В журнале «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» № 1 за 1992 г. опубликована информация о разработанной системе мероприятий, направленных на обеспечение безопасности эксплуатации трубопроводного транспорта на территории СНГ (НТЦ «Нефтепромдиагностика» (С. Л. Добрынин, А. С. Генералов), ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (Б. Е. Патон, А. Я. Недосека, А. А. Грузд), ГГК (В. Н. Розов, С. П. Зарицкий)). Представленные этими разработчиками материалы тщательно рассмотрены в комиссии темы 10 и приняты уже в виде концепции Координационным советом ассоциации «Высоконадежный трубопроводный транспорт». Разработанная концепция охватывает проблему в целом, но не дает детального анализа каждого из представленных в ней направлений. Соответствующие материалы постепенно появляются и публикуются по мере разработки их специалистами. Ниже в виде общей концепции представляется обоснование исследований и работ в одном из таких направлений — обеспечение безопасности эксплуатации труб и трубных узлов путем диагностики их технического состояния с последующей оценкой их реального остаточного ресурса.

Раздел первый. Обоснование. Надежная эксплуатация системы трубного хозяйства, включающая агрегаты и узлы перекачивающих станций, линейную часть трубопроводов, их промысловую часть, должна обеспечиваться на всех этапах создания трубопроводов.

1. На стадии изысканий и проектирования, когда происходит выбор конструкции газонефтегазотранспортирующих узлов и систем. При этом должны быть проработаны природоохранные мероприя-

тия, надежность и безопасность конструкции, предусмотрены средства диагностики.

2. На стадии подготовки производства должны быть предусмотрены все необходимые мероприятия, обеспечивающие качественное изготовление как самих труб, так и их монтаж при строительстве, включая транспортировку. Важным вопросом этого этапа является обеспечение возможности проведения контрольных операций на трубах,



их узлах, а также устройствах и агрегатах, обеспечивающих подачу газа и нефти.

3. Строительство трубопровода — самое ответственное звено всей цепи создания трубопровода. На этой стадии должны быть проведены работы по контролю геометрии наращиваемого трубопровода, контролю дефектов стыковки и изоляции, должны быть получены все необходимые данные для последующей оценки ресурса.

4. Очень большой объем работ должен проводиться при эксплуатации трубопровода. Подвижка грунтов, коррозия, изменение состава перекачиваемого продукта — все это существенно влияет на работоспособность труб, агрегатов и устройств. На этом этапе предусматривается ряд операций, от качества выполнения которых зависит надежная работа трубопровода. Наиболее важным звеном контрольных операций на этой стадии является оценка остаточного ресурса как конструкции в целом, так и отдельных узлов труб и агрегатов. Этому вопросу и посвящена приведенная во втором разделе концепция.

5. Большое значение для сохранения работоспособности трубопровода имеют ремонтно-восстановительные работы. Здесь необходимо отметить важность разработки технологии осуществляемого ремонта. В некоторых случаях неправильно или наспех выбранная технология может привести к быстрому повторению аварии в месте ремонта. Ремонт трубопровода почти всегда базируется на применении сварки, где она используется для ликвидации дефектных мест после их разделки или вварки вставок в месте износа. В этом случае весьма важны как подготовительные мероприятия, так и заключительные, позволяющие обеспечить надежную работу соединения или заплаты. Важна также последующая оценка их прочности и ресурса.

6. Весьма важным мероприятием, которое должно выполняться на всех стадиях создания трубопровода, является подготовка базы данных обо всех работах, которые проводились как при создании, так и при эксплуатации и ремонте трубопровода. Банк данных должен быть автоматизирован и иметь легкий доступ. Данные банка должны давать исчерпывающую информацию о работах на каждом этапе создания трубопровода.

7. Одним из наиболее важных этапов, связанных с обеспечением безопасности эксплуатации газонефтепроводов, является система подготовки кадров. Практика работы с конкретными предприятиями показывает, что подготовка кадров в системе диагностики является важнейшим залогом успеха. Недостаточное внимание к надлежащей подготовке кадров во многом ответственно за те неприятности, которые происходят при строительстве и эксплуатации агрегатов и узлов газонефтепроводов. Такая система должна включать

элементы как подготовки, так и повышения квалификации обслуживающего персонала, их сертификацию по международным стандартам. На этом этапе должна разрабатываться нормативно-техническая документация по аттестации систем контроля. Банк данных этого этапа должен войти составной частью в общий банк данных по трубопроводу.

8. Завершающей частью системы обеспечения безопасности эксплуатации трубопроводного транспорта должна быть автоматическая система обнаружения и предупреждения аварийных ситуаций. Такая система должна быть многоступенчатой: от центра диспетчерского управления движением и распределением продукта до конкретного рабочего места. Задача этой системы — вовремя обнаружить аварийно-опасный участок, определить степень опасности создавшейся ситуации, время, которое может быть отведено для предотвращения аварии, дать возможность перекрыть аварийный участок, обеспечить подачу продукта, ранее текшего по предаварийному участку, по другим участкам, принявшим на себя повышенные нагрузки на время ликвидации аварийной ситуации.

Рассматривая более подробно пункты **3, 4, 8** как систему научно-исследовательских, научно-технических, производственных и организационных мероприятий, необходимо прежде всего ответить на следующие три вопроса:

1. Существуют ли в настоящее время теория, методы и средства, которые при применении к конкретным промышленным объектам могут ответить на вопрос — безопасна ли эксплуатация данных конструкций, а если да, то в течение какого периода времени?

2. Если такие методы существуют, то какова их структура и состав в применении к конструкциям трубопроводного транспорта как в его линейной, так и промышленной частях?

3. Какова стоимость реализации проекта обеспечения безопасности эксплуатации объектов трубопроводного транспорта? В какие сроки и при каких организационных структурах такая система может быть осуществлена?

Все три вопроса требуют серьезного анализа, и только их полное решение позволит решить поставленную задачу.

Отвечая на первый вопрос, необходимо отметить, что прочность объектов, как правило, хорошо обеспечена еще на стадии их проектирования. Проведены расчеты, выбран материал, даны соответствующие запасы, просчитан ресурс конструкции или, что точнее, обеспечен ресурс, заданный сроком службы. Однако длительная эксплуатация изделия, нарушение технологии производства приводят к необратимым процессам прежде всего в материале, особенно в зонах тех-



нологического воздействия, где некоторые прочностные свойства нарушаются еще на стадии изготовления. Таким образом, основную ответственность за дальнейшую судьбу конструкции в эксплуатации несут именно отклонения свойств и структуры материалов конструкции от принятых при расчетах условий ее работы, появившиеся в процессе эксплуатации. Следовательно, скорость нарастания таких негативных изменений в материале является решающим фактором.

Учитывая изложенное, основное внимание при разработке мер безопасности должно быть уделено, во-первых, организации по приведению условий эксплуатации конструкций в соответствие с техническими требованиями, разработке систем, оборудования и нормативных материалов, обеспечивающих поддержание заданных этой документацией норм и режимов, во-вторых, учитывая возможность 100%-й гарантии соблюдения технических норм на эксплуатацию в течение длительного срока, а также необратимость процессов в материалах труб, происшедших за это время, — поисков методов и средств, которые бы анализировали несущую способность материалов и своевременно предупреждали об ее исчерпании, в-третьих, должна быть подготовлена система оргтехмероприятий по ремонту и восстановлению полностью или частично утративших несущую способность элементов конструкции.

Эти большие работы включают в себя как научно-исследовательские, так и производственные разработки.

Продолжая рассматривать первый вопрос, можно отметить, что в настоящее время наука о прочности располагает тремя методами, способными ответить на поставленную задачу.

1. Методы, основанные на привлечение общих теорий прочности материалов. Они могут быть использованы лишь в случаях, когда предполагаемая авария может произойти в результате не появления трещин, а ослабления несущего сечения конструкции за счет, например, утонения стенки или изменения механических свойств материалов. Такая методика должна применяться как вариант после того, как проверка тем или иным способом показала, что трещин в материале нет.

2. Методы, основанные на общих законах механики разрушения для материалов с появившимися и прогрессирующими трещинами. Этот метод наиболее общий. Однако он труден в применении, так как требует, во-первых, обнаружения места и параметров трещины, анализа напряженного состояния в ее окрестности, анализа изменившихся за многолетнюю эксплуатацию механических свойств материала в районе образовавшегося дефекта.

3. Группа методов третьего типа может быть условно охарактеризована как группа интеграль-

ных методов, которые реагируют лишь на активизацию того или иного дефекта по сопутствующим ему процессам, например, по излучению упругих волн, вызванных перемещением дислокаций, появлением их опасной концентрации в каком-либо месте конструкции, появлением и развитием трещины. Группа этих методов наиболее перспективна, поскольку может давать информацию самостоятельно и в совокупности со второй группой методов, используя их информацию как дополнительную, повышающую достоверность принятого решения. К этой группе прежде всего следует отнести метод акустической эмиссии (АЭ), достаточно разработанный и используемый в мировой практике в настоящее время.

Следует, однако, отметить две весьма важные особенности в применении метода АЭ. Первая связана с тем, что хотя и есть определенные представления о механизме явлений, связанных с образованием и излучением упругих волн при возникновении и развитии локальных дефектных мест в материалах при их деформировании, все же не всякая аппаратура из ныне существующей может быть использована для целей диагностики. Необходима строгая оценка технических возможностей такой аппаратуры, возможностей ее применения для решения тех или иных задач.

Второй особенностью применения метода АЭ в том случае, если возможность использования имеющейся аппаратуры обоснована, есть необходимость точного и неукоснительного соблюдения всех методических материалов и инструкций. Уже незначительные отклонения могут привести к невоспроизводимым результатам, которые в связи с отсутствием метрологии метода не смогут быть пересчитаны. Обе особенности весьма важны при выборе и применении АЭ-аппаратуры.

Мы специально остановились более подробно на возможностях метода АЭ, поскольку в настоящее время просто не существует другого неразрушающего метода, позволяющего прямо, минуя трудоемкие и малоточные расчеты, решать задачу оценки состояния материалов изделий, находящихся в реальных условиях эксплуатации. Учитывая сложность метода, его новизну для многих исследователей и специалистов контрольных служб предприятий и управлений, а также относительную дороговизну аппаратуры, метод рекомендуется применять только после соответствующей подготовки специалистов, приобретения ими навыков работы.

Рекомендации по выбору и применению АЭ-аппаратуры в целях технической диагностики могут быть даны организациями, специализирующимися в этой области и имеющими соответствующие полномочия. В частности, такие рекомендации могут быть даны ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, уже разработавшим положение по



применению АЭ в целях испытания сосудов, которые работают под давлением и имеющим согласованную с Горгостехнадзором Украины комиссию по аттестации и сертификации специалистов в этой области.

Таким образом, отвечая на первый вопрос, необходимо отметить, что к настоящему времени существует достаточно отработанный арсенал методов и средств, способных решать задачу оценки реального остаточного ресурса материалов, а значит, и конструкций.

Второй вопрос требует ответа на то, все ли существующие методы разработаны так, чтобы их можно было использовать уже сейчас на конкретных узлах и конструкциях трубопроводного транспорта. Здесь можно дать четкий ответ — теория общая и разработана применительно к любым конструкциям и материалам. В то же время конкретная привязка этих разработок к конструкциям требует в большинстве своем проведения работ, связанных с особенностями эксплуатации этих конструкций. Поэтому существующие конкретные методы и разработки должны быть постепенно приспособлены (адаптированы) к конкретным физическим объектам. В некоторых случаях (механика разрушения) это может быть связано с разработкой новых методов и аппаратуры для получения информации, недостающей для принятия решения.

И, наконец, приступим к ответу на третий вопрос: стоимости, срока и организации работ. Применение общих теорий прочности не требует специальных научно-исследовательских работ. В этой области разработаны теория, методы и средства оценки состояния конструкций. Схема действия в этих случаях следующая:

- а) оценка напряженного (деформированного) состояния опасной области конструкции;
- б) анализ геометрии конструкции для определения коэффициента концентрации напряжений (деформаций);
- в) учет состояния материала на момент изменений;
- г) наличие таблицы допускаемых напряжений для сравнения с действующими;
- д) принятие решения после сравнения действующих напряжений с допускаемыми.

В этом перечне наиболее проблематичным становится пункт в), где требуется разработка специальной методики и оборудования, или жесткое обоснование косвенных приемов оценки материала с указанием предполагаемого запаса такой оценки. Метод может быть использован на доступных к конструкции участках, так как требует прямого контакта измерительной аппаратуры с объектом.

Применение механики разрушения, как было сказано выше, требует знания координат распо-

ложения дефекта и его геометрии; напряженного состояния в районе дефекта; механических свойств материала в районе дефекта.

Наиболее сложным является вопрос обнаружения дефекта, определение его геометрии и определение механических свойств материала.

Работы должны выполняться поэтапно в следующем порядке.

На первом этапе (до пяти лет) должно быть научно обосновано и выбрано из существующего в наличии, в соответствии с предлагаемой концепцией, измерительное оборудование и методики его применения. Это оборудование должно быть проверено и отработано на реальных объектах. Должны быть выданы технические задания на разработку нового оборудования и приборов, необходимых для диагностирования труб.

На втором этапе (ориентировочно пять лет) должна осуществляться опытная эксплуатация выбранного оборудования и методик его применения силами созданных региональных центров диагностики со специально подготовленным и сертифицированным персоналом. Эти центры постепенно будут оснащаться все более новым и совершенным оборудованием. На этом этапе отдельные наиболее опасные участки газонефтепроводов должны находиться под непрерывным контролем.

На третьем этапе (около десяти лет) создается и поэтапно вводится в эксплуатацию комплексная автоматизированная система сбора, обработки данных и принятия решения о состоянии всего трубопроводного транспорта (создается аппаратура и оборудование, осуществляется ее отработка и наладка, проводятся ограниченные научно-исследовательские работы, связанные с внедрением аппаратуры, обобщается система подготовки кадров, осуществляется их подготовка).

Представленный выше срок и этапы предусматривают выполнение всего огромного комплекса работ по обеспечению безопасности эксплуатации конструкций газонефтепроводов вплоть до полной автоматизации принятия решения. В то же время программа должна быть составлена таким образом, чтобы на каждом этапе работы постепенно вводились в действие (практически ежегодно) все новое оборудование, аппаратура и методики, обеспечивающие безопасность эксплуатации сначала отдельных, наиболее опасных участков трубопроводов, с постепенным наращиванием мощности до необходимой для контроля всего хозяйства. Сроки выполнения того или иного этапа являются ориентировочными и, естественно, будут уточняться по мере выполнения и развития работ, причем каждый новый этап должен носить преемственный характер.

Создание систем диагностики промышленных объектов, обеспечение безопасности их эксплуа-



тации является сложнейшей научно-технической задачей, решение которой требует не меньшего количества усилий и средств, чем те, которые были израсходованы на создание самого объекта. Поэтому можно предполагать, что стоимость всех трех этапов работ по технической диагностике трубопроводного транспорта может составить от 40 до 80 % стоимости затрат на его строительство, в зависимости от состава и сложности выполняемых системой поручений.

Самым сложным в решении поставленной задачи является вопрос организации работ, отбора специалистов и разработок, формирование рабочих групп и направлений. Необходимо продолжить последовательный, в рамках ассоциации «Высоконадежный трубопроводный транспорт», и поэтапный отбор специалистов и разработок через тематические совещания, семинары, конкурсы работ в свете предлагаемой ниже концепции. Работа по отбору специалистов и работ в основном должна быть завершена в течение первого этапа. При этом должен быть определен контингент специалистов и утверждены практические опробованные основные направления работ.

Выводы

1. Анализ состояния конструкции определяется анализом состояния ее материала. Поэтому прогнозирование остаточного ресурса является прогнозированием работоспособности материала.

2. Оценка состояния материала, а следовательно, и конструкций, может определяться тремя методами: а) на основе общих законов теории прочности; б) на основе механики разрушения; в) на базе АЭ.

3. В настоящее время существуют теоретические и практические разработки, которые могут быть применены для решения задачи технической диагностики трубопроводного транспорта. При этом достоверность принятого решения, наверное, не будет превышать 85 % при самых благоприятных стечениях обстоятельств.

4. Практически все разработанные к настоящему времени методы и аппаратура должны быть доработаны применительно к контролируемым объектам газонефтепроводов. Объем доработок зависит от сложности аппаратуры и предъявляемых требований к ее работе.

5. Внедрение методов и аппаратуры должно быть поэтапным, с тем, чтобы на каждом последующем этапе были учтены особенности применения аппаратуры, выявленные при ее работе в течение предыдущих этапов. При этом каждый последующий этап должен формироваться в предыдущем.

6. Необходимо создание системы подготовки кадров испытателей и контролеров, хорошо владеющих современными методами применения из-

мерительной техники и приборов. Аттестация кадров должна быть организована по отдельным направлениям при крупных научно-исследовательских институтах или центрах и проводиться на международном уровне.

7. Для повышения достоверности в принятии решения о состоянии газонефтепроводов, а также создания замкнутой сети контрольного оборудования при выполнении работ третьего этапа потребуется более углубленная проработка вопросов теории, разработка новых методов, методик, аппаратуры и оборудования.

8. Стоимость выполняемых работ будет составлять от 40 до 80 % затрат, вложенных в строительство.

Раздел второй. Собственно концепция. Прежде чем перейти к рассмотрению структур систем и методик диагностики трубопроводного транспорта, дадим определение самому понятию диагностики, с тем, чтобы это понятие не отождествлялось с понятием дефектоскопии.

Под диагностикой понимают оценку с заданной степенью вероятности состояния объекта по основному (основным) признаку, характеризующему возможность его функционирования.

Необходимо отметить существенную особенность в определении диагностики — это вероятность, с которой оценка состояния объекта может быть сделана. Без вероятности такая оценка теряет всякий смысл, ибо 100%-я гарантия чего-либо невозможна.

Дефектоскопия же только находит дефекты.

А. Направление в диагностике.

К настоящему времени сложились и независимо друг от друга развиваются два направления диагностики объектов: 1 — диагностика по косвенным признакам; 2 — диагностика прямыми методами.

В первом случае решение о состоянии объектов принимается группой экспертов по некоторым косвенным признакам, полученным с объекта в процессе его эксплуатации.

В случае диагностирования трубопроводов такими признаками могут быть:

- а) утонение стенки;
- б) состояние изоляции;
- в) катодная защита;
- г) состав движущегося агента;
- д) подвижка грунтов и изменение геометрии трубы;

е) стабильность давления в трубе и другие характеристики, каждая из которых или их совокупность не позволяют принять решение о состоянии объекта, используя математические или физические модели, описывающие его функционирование.



Группа экспертов в каждом случае подбирается на основании статистических оценок каждого эксперта. Оценки подобранной группы также проходят статистическую обработку и решение принимается с определенной степенью достоверности. Как видно из самой сущности вопроса, эта достоверность будет невысока и в среднем не превысит 5...10 %.

Во втором случае оценка состояния объекта принимается на основании анализа и обработки текущей информации с действующего объекта, совокупность которой позволяет принимать решение, используя математические и физические модели, описывающие работоспособность объектов. К таким моделям в случае оценки работоспособности трубопроводов можно отнести: общие теории мгновенной прочности, куда входят данные о напряженном (деформированном) состоянии объекта, описание его геометрии и материала; модели механики разрушения (предполагают возможность измерения напряженного состояния объекта в местах дефекта, а также его конфигурацию и ориентацию, знание механических характеристик материала вблизи дефекта); модели квантовой механики разрушения, когда интегральные признаки образования очагов разрушения и их развития (например, упругие волны деформаций, сопутствующие разрушению) могут быть зарегистрированы и расшифрованы.

Точность оценки состояния объекта в приведенных случаях намного выше, но и здесь она, очевидно, не превысит 80...85 %.

Б. Способы получения информации для диагностирования объектов.

В трубопроводном транспорте можно выделить два основных способа получения информации для диагностирования.

Внутритрубный способ предусматривает перемещение внутри трубы установки, снабженной соответствующей измерительной аппаратурой, которая выдает информацию для срабатывания той или иной модели и описывает процессы разрушения материала трубы. К сожалению, в настоящее время на этих установках нет приборов, которые бы давали возможность принимать решение, используя методы прямого диагностирования. Наиболее надежно проводится измерение лишь толщины стенки трубы — важного, но недостаточного для принятия прямого решения о состоянии трубы параметра. Планируется измерение отклонения оси трубопровода от линейной, которое даст после перерасчета значения действующих в трубе напряжений. Последние данные сомнительны, так как в трубе протекают с течением времени релаксационные процессы и данные расчета могут не соответствовать реальным. Необходимы прямые методы измерения напряжений. Предполагается измерение наличия и разме-

ров трещин. Но по данным разработчиков таких методов и аппаратуры можно судить, что разрешающая способность таких методов будет недостаточна.

Наружные методы. Оборудование работает в более благоприятных условиях, чем внутритрубное. Однако этим методам труднодоступны скрытые в земле участки труб. Наиболее эффективно они могут быть использованы на открытых участках промысловой части разработок, на компрессорных и перекачивающих станциях, контролируя агрегаты и узлы труб, а также там, где трубы выходят на поверхность. В отдельных случаях при специальной раскопке небольших участков труб они могут применяться и для подземных прокладок. В этом случае может быть использован целый набор приборов и решение о состоянии трубопровода или его участка может приниматься прямыми методами, дающими более высокую достоверность.

В. Готовность методик и оборудования для диагностики.

Методики. В настоящее время полностью готовых методик, дающих возможность принимать решение о состоянии несущих элементов трубопроводов, нет. Их необходимо разработать, приспособив подобные разработки, имеющиеся для других отраслей промышленности.

Оборудование и аппаратура. Из измерительных средств, которые могут быть использованы в настоящее время для целей диагностирования трубопроводов, имеются: приборы для измерения напряженного состояния (магнитные, на основе эффекта Баркгаузена, ультразвука); аппаратура для обнаружения дефектов (акустоэмиссионная, ультразвуковая, рентгеновская); аппаратура для оценки состояния объекта (аустико-эмиссионная).

Требования повышения достоверности информации при принятии решения о состоянии конструкции или ее узлов может привести к необходимости совершенствования существующей и к разработке новой аппаратуры.

Выводы

При разработках, выполняемых в настоящее время в соответствии с существующей программой по обеспечению безопасности эксплуатации трубопроводного транспорта, основное внимание уделяют вновь строящимся трубопроводам, и лишь их незначительный объем бесконцептуально посвящен действующим.

2. Техническая диагностика труб и трубного хозяйства в соответствии с предлагаемой концепцией должна осуществляться двумя методами:

косвенным, выполняемым группой из 15...20 человек, специально отобранных экспертов (их прямое присутствие необязательно; их мнения будут внесены в ЭВМ). Метод необходимо разви-



вать. Для этого нужно создать соответствующую экспертную систему. Работы над такой системой ведутся, однако требуется их систематизация и корректировка. Необходимо также помнить, что точность оценки состояния объектов в этом случае невысока;

прямым, когда данных измерений для принятия решения о состоянии трубы таким путем достаточно. Наиболее готовой к применению для этого случая является аппаратура АЭ, хотя методики ее применения сложны и требуют квалифицированного подхода. Однако такая аппаратура выпускается серийно практически для любых условий эксплуатации и ее необходимо обрабатывать на реальных объектах газонефтепроводов. Остальные методы прямой оценки требуют разработки специальных приборов и оснастки. Для некоторых из них, например, таких, как определение механических свойств материала без разрушения, в настоящее время нет предложений на разработку. На базе прямых методов и с учетом косвенных могут быть созданы более эффективные комплексные экспертные системы.

3. Во всех случаях необходимы разработки и совершенствование носителей измерительных систем, приборов и оборудования: внутритрубных снарядов, работающих в непрерывном и шаговом режимах; наружных носителей — автоматов, вездеходов, вертолетов, спутников. Такие работы уже проводятся и, в частности, в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

4. Внедрение оборудования должно происходить поэтапно.

Этап I. На первом этапе (до пяти лет) должно быть научно обосновано и выбрано из существующего в наличии, в соответствии с предлагаемой концепцией, измерительное оборудование и методики его применения. Это оборудование должно быть проверено и отработано на реальных объектах. Должны быть выданы технические задания на разработку нового оборудования и приборов, необходимых для диагностирования труб.

На первом этапе должны быть созданы: аппаратура для оценки состояния трубопроводов, а также методики ее применения; мобильные малоканальные до 8...12 каналов информации передвижные лаборатории для работы в различных регионах страны (ориентировочно до 100 единиц подвижного оборудования, смонтированного в автобусах, вездеходах или вертолетах); созданы и обучены работающие по единому плану инспекционные диагностические посты и службы в различных регионах страны.

Первый этап должен предусматривать эксплуатацию техники на реальных объектах газонефтепроводов для набора статистики и корректирования методик по применению аппаратуры. В этот

же период времени должны быть проведены работы по созданию условий перехода к многоканальным системам (например, разработка автоматической системы передачи данных по радиоканалу, разработка математического обеспечения с учетом многоканальности и другие работы, определенные ходом эксплуатации подвижных установок).

На первом этапе должна быть подобрана группа экспертов, проведены предварительные работы по выбору и разработке экспертной системы оценки состояния объекта газонефтепроводов и связанных с их функционированием агрегатов и устройств.

Этап II. На втором этапе (до пяти лет) в результате работы подвижных лабораторий будут созданы условия для перехода к стационарным встроенным системам диагностики трубопроводов. Должны быть созданы экспериментальные участки стационарно контролируемых трубопроводов (два-три участка длиной до 50 км). На всем протяжении трубопровода определяются контролируемые точки и устанавливаются или перемещаются преобразователи. Информация передается по радиоканалу к системам переработки информации (разработки первого этапа). Эксплуатация стационарных систем позволит расширить количество и протяженность опытных участков и подготовить переход на стационарное слежение через спутники связи.

Должна начать функционировать опытная экспертная система диагностики отдельных участков трубопроводов.

Этап III. На третьем этапе (до 10 лет) значимость промежуточных систем контроля будет постепенно усиливаться за счет вступающей в действие стационарной спутниковой системы диагностики состояния трубопроводов, действующей на всей сети трубопроводного транспорта. Такая сеть образует автоматическую межгосударственную эксплуатационно-контрольную систему с региональными и местными диспетчерскими пунктами, обеспечивающую движение продуктов и ремонт дефектных и аварийных участков. На этом этапе вводится в строй комплексная экспертная система технической диагностики в полном объеме со следующими функциями:

1. Измерение, обработка и представление с заданной степенью вероятности исходных данных, необходимых для оценки несущей способности конструкций.

2. Экстраполяция полученных исходных данных в направлении принятой прогнозной координаты.

3. Расчет несущей способности конструкций по поступившей прогнозной и дополнительной, характеризующей условия производства и эксплуатации конструкции, информации.



4. Оценка состояния конструкции и возможных последствий аварии. Обработка вариантов последствий по степени опасности.

5. Выбор оптимального варианта. Принятие решения.

6. В соответствии с принятым решением выдача команды исполнительным механизмам для изменения режима работы конструкции с целью выхода из аварийного состояния, а также сообщение о возможности выполнения ремонтно-восстановительных работ, необходимости частичного или полного прекращения функциональной деятельности узла или конструкции в целом.

7. Передача информации о состоянии конструкции в центральный диагностический пост для принятия решения по всему объекту.

8. Должен быть осуществлен последовательный, в рамках ассоциации «Высоконадежный трубопроводный транспорт», и поэтапный отбор специалистов и разработок через тематические совещания, семинары, конкурсы работ в свете предлагаемой концепции. Работа по отбору специалистов и работ в основном должна быть завершена в течение первого этапа. При этом должен быть определен и обоснован контингент специалистов

и утверждены практически опробованные основные направления работ.

Для того, чтобы выполнить работы в указанные выше сроки и представлять ежегодный практический выход, к рассмотрению должны приниматься в основном законченные разработки, требующие лишь привязки к объектам диагностирования.

9. Необходимо создание системы подготовки кадров испытателей и контролеров, хорошо владеющих современными методами применения измерительной техники и приборов. Аттестация кадров должна быть организована по отдельным направлениям при крупных научно-исследовательских институтах или центрах и проводиться на международном уровне. Например, часть направлений подготовки кадров могла бы быть организована на базе ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

10. Стоимость работ по технической диагностике трубопроводного транспорта может составить от 40 до 80 % стоимости затрат на его строительство, в зависимости от состава и сложности выполняемых системой поручений.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Материал для публикации подготовил д-р техн. наук, проф. А. Я. Недосека

ОГАНІЗАТОРИ: ТОРГОВО-ПРОМИШЛЕННА ПАЛАТА УКРАЇНИ
УКРАЇНСКА АСОЦІАЦІЯ ЯКОСТІ

**ДНИ КАЧЕСТВА
В КИЕВЕ - 2007**

**СТАНДАРТЫ
И КАЧЕСТВО**

3-я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ
оборудования и приборов для контроля и
управления качеством

Генеральный
информационный
спонсор:

СВІТ
ЯКОСТІ
УКРАЇНА

инфолайн

07 - 09 ноября 2007

Выставочный центр
Торгово-промышленной палаты Украины
Большая Житомирская, 33, Киев, Украина

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ-ФОРУМА:

- комплексное оснащение современных промышленных лабораторий (лабораторные стенды, оборудование, приборы, инструменты, материалы, химреактивы, мебель, защитные средства, спецодежда)
- аналитические техника и испытательные установки для контроля качества (контрольно-измерительные оборудование, весоизмерительная техника, оптические приборы, оборудование для хроматографии др.)
- дефектоскопия - неразрушающий контроль и техническая диагностика
- автоматизация и роботизация лабораторных процессов
- мобильные лаборатории контроля качества
- компьютерная поддержка контроля качества
- экология производства, экологический контроль
- сертификация и контроль свойств материалов и качества готовой продукции для всех отраслей промышленности

Контакты:
Торгово-промышленная палата Украины
Управление международных и иностранных выставок
Ул. Большая Житомирская, 33, 01601, Киев, Украина
Тел.: +38 044 494 0397; 272 2805. Факс: +38 044 568 5751
E-mail: expo@ucci.org.ua
http://expo.ucci.org.ua/quality