

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 620.19

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.В. СТАХЕЙКО; канд. техн. наук, доц. А.Г. КУЛЬБЕЙ
(Полоцкий государственный университет)

Рассматривается проблема износа технологических трубопроводов большинства нефтеперекачивающих станций, связанная с долгим сроком их службы. Описаны сложности оценки технического состояния технологических трубопроводов нефтеперекачивающих станций. Рассмотрены существующие способы оценки технического состояния трубопроводов нефтеперекачивающих станций, выявлены их недостатки. Предложен нетрадиционный путь оценки технического состояния технологических трубопроводов нефтеперекачивающих станций. Описан алгоритм разработки и применения нового способа. Сделаны выводы об актуальности его разработки.

Введение. Нефтеперекачивающие станции Беларуси эксплуатируются более 30-ти лет, это значит, что текущее техническое состояние технологических трубопроводов многих станций не исключается вероятность возникновения аварийной ситуации [1]. Последствия аварий на нефтеперекачивающих станциях (НПС) отличаются негативными особенностями: вылившаяся нефть загрязняет почву, может негативно повлиять на животный и растительный мир, пагубно влияет на здоровье людей. Таким образом, существует необходимость проводить оценку технического состояния технологических трубопроводов НПС станций при каждом принятии решения о работоспособности станции.

Постановка проблемы. Спектр предлагаемых методов оценки технического состояния технологических трубопроводов весьма широк, однако ни один из них не отличается универсальностью.

Так, например, *диагностика внутритручными снарядами* обладает высокой чувствительностью, избирательностью и точностью, но необходимо отметить её высокую стоимость и невозможность к применению на технологических трубопроводах НПС.

Методы наружного контроля предполагают остановку перекачки на продолжительный период времени и используются либо при пуске в эксплуатацию новых (отремонтированных) участков трубопроводов, либо могут быть применены как методы дополнительного диагностического контроля при подозрении на наличие дефекта. Кроме того, некоторые методы наружного контроля имеют серьезные дополнительные недостатки, например, радиоактивный метод – неэкологичный, акустический – наукоёмкий, ультразвуковой – низкопроизводительный.

Используются также *параметрические методы*, которые являются наиболее востребованными и широко применяемыми в системах управления трубопроводами. В настоящее время более 50 фирм предлагают свои наработки на рынке систем обнаружения утечек в магистральных трубопроводах, отличающиеся как физическими основами, так и особенностями их реализации. Подавляющая доля рынка мониторинговых систем принадлежит зарубежным компаниям, предлагающим системы обнаружения утечек, базирующиеся на различных алгоритмах. Следует, однако, отметить, что системы обнаружения утечек, не ориентированы на обнаружение дефектов труб.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что эффективного способа получения актуальной диагностической информации о техническом состоянии технологических трубопроводов НПС в настоящее время не существует.

На сегодняшний день по методикам оценки риска аварийных выходов из строя технологического оборудования на опасных производственных объектах можно получить неоднозначные результаты. В частности, для проведения анализа риска необходимо иметь полную диагностическую информацию о техническом состоянии оборудования, участвующего в технологическом процессе, что зачастую не является возможным, следовательно, процесс оценки технического состояния опасных производственных объектов может быть необъективным. По результатам такой оценки некоторые узлы, признанные не годными и подлежащими замене, на самом деле могут безаварийно проработать ещё несколько лет. С другой стороны, узлы, признанные годными к дальнейшей эксплуатации, могут содержать опасные дефекты.

Пути решения проблемы. В настоящий момент для того, чтобы иметь актуальную информацию о техническом состоянии технологических трубопроводов НПС существует несколько вариантов:

- проведение инструментальной диагностики оборудования как можно чаще;
- применение методов непрерывного получения информации, которые позволяют отображать информацию о текущем состоянии трубопроводов;
- разработка новых методов оценки технического состояния.

При частом *инструментальном диагностировании* трубопровода информация о его состоянии будет актуальной, однако такие диагностические мероприятия, как внутритрубная диагностика при помощи сложных роботизированных систем либо проведение полного шурфования технологических трубопроводов для доступа к их наружной поверхности, негативно сказываются на рабочем режиме станции (необходимо понижать рабочий режим или производить полную остановку перекачки), а также являются дорогостоящими, что приводит к их редкому использованию на практике, что в совокупности с частым использованием делает применение этих методов неоправданными экономически. С другой стороны, преимуществом таких методов является возможность обнаружения вновь образовавшихся дефектов в технологическом трубопроводе.

Методы, обеспечивающие *непрерывное получение информации* о состоянии трубопровода, обеспечивают наиболее полную актуальную информацию. Однако для их использования необходимо установить большое количество датчиков (ультразвукового контроля, магнитного контроля и пр.) на технологическом трубопроводе и в режиме реального времени отслеживать их показания, конечная стоимость установки и использования такой системы перекроет все положительные аспекты этого варианта.

Таким образом, авторами предлагается направить усилия на разработку новых методов и/или методик, которые позволят произвести оценку технического состояния технологических трубопроводов в условиях ограниченной информации. В итоге предполагаемой работы ожидается получение такой методики, которая позволит при принятии решений о работоспособности НПС опираться на опыт специалистов, не участвующих в данный момент в оценке технического состояния конкретного оборудования.

В настоящий момент разрешение дальнейшей эксплуатации или назначение ремонта технологических трубопроводов осуществляется по наличию или отсутствию определённых видов дефектов и величине развитости этих дефектов, что определяется требованиями существующих технических нормативно-правовых актов. Например, в АК «Транснефть» действует РД 23.040.00-КТН-090-07, в котором рассматриваются эти вопросы [2]. Однако в таких документах не учитываются факторы, влияющие на развитие дефектов (уровень грунтовых вод, наличие блуждающих токов, состояние изоляционного покрытия труб и т.д.).

Разрабатываемая методика оценки технического состояния технологических трубопроводов должна удовлетворять следующим требованиям: отслеживать вероятность появления новых дефектов; не снижать работоспособность станции; её применение не должно требовать больших экономических затрат.

Одним из возможных способов достижения поставленной цели является использование *метода экспертной оценки*.

Предполагается, что процесс создания разрабатываемой методики будет состоять из следующих этапов:

- 1) подбор экспертов;
- 2) составление опросных листов для экспертов;
- 3) проведение анкетирования;
- 4) проведение самокорректировки мнения экспертов при анкетировании;
- 5) проведение математической обработки результатов анкетирования;
- 6) разработка методики оценки технического состояния для конкретного объекта;
- 7) проведение оценки технического состояния технологических трубопроводов.

Этап 1. *Подбор экспертов* для оценки технического состояния технологических трубопроводов нефтеперекачивающих станций должен начинаться с анализа персонала предприятий нефтяной промышленности и сотрудников научных учреждений. Проведенный анализ позволит составить список кандидатов в эксперты.

Методика предусматривает проведение опроса кандидатов в эксперты без отрыва от производства, что значительно расширяет географию их поиска. Кроме того, у каждого из кандидатов в эксперты необходимо получить рекомендации для привлечения других людей в кандидаты, и этот процесс должен продолжаться до тех пор, пока в списке не перестанут появляться новые фамилии [3].

После формирования списка кандидатов в эксперты необходимо перейти к формированию непосредственно экспертной комиссии. Для этого необходимо выяснить квалифицированность каждого из кандидатов. Таким образом, у каждого из кандидатов в эксперты сформируется свой ранг, который позволит (или не позволит) специалисту войти в экспертную комиссию, а также будет использоваться в дальнейшей работе оценки (математической обработке).

Этап 2. *Составление опросных листов для экспертов* осложняется тем, что необходимо предусмотреть все воздействия на трубопровод для оценки пагубности их влияний. Кроме того, необходимо узнать мнение каждого из экспертов о том, как наиболее точно в оперативном порядке определять по различным показателям, в том числе исходя из различных воздействий на трубопровод, техническое состояние технологических трубопроводов. После чего можно приступать к созданию опросных листов.

Вопросы должны быть составлены так, чтобы суть каждого из них была предельно понятна каждому эксперту без дополнительных пояснений. При составлении вопросов надо руководствоваться некоторыми правилами: вопросы должны быть понятными, конкретными и рассчитанными на данную категорию опрашиваемых. Вопрос не должен быть двусмысленным и должен относиться только к одной теме. Следует избегать вопросов, которые предусматривают ответ, т.е. вопросы не должны начинаться словами «Согласны ли вы...», «Владеете ли вы...», «Умеете ли вы...». В противном случае опрашиваемые могут даже не вникнуть в суть вопроса, дав ответ равный положительному ответу на первые слова такого вопроса. Также следует сформулировать несколько вариантов ответа для того, чтобы упростить принятие решения. Расположение вопросов должно быть таким, чтобы те из них, на которые ответ дать проще, были в начале анкеты. Это позволит больше стимулировать респондентов и не допустит формирования негативных эмоций. В конце опросного листа есть резон поместить вопросы-детекторы. Это те вопросы, которые уже встречались в анкете ранее, но перефразированы на новый лад. В случае если ответы на эти одинаковые вопросы будут разные, можно сделать предположение о том, что респондент либо не был предельно честен, либо не ответственно отнёсся к своей задаче.

Этап 3. *Проведение анкетирования* предполагает, прежде всего, ранжирование экспертов и формирование экспертной комиссии. После вхождения в экспертную комиссию каждый эксперт получит опросные листы с вопросами, внимательно их изучит и на основе собственного опыта ответит на эти вопросы.

После сбора опросных листов производится их первичная математическая обработка и определяется первичный результат.

Этап 4. *Проведение самокорректировки*. Суть самокорректировки состоит в том, чтобы каждый эксперт, ответивший на вопросы самостоятельно, мог иметь доступ к результату первичного опроса и изменить либо оставить прежним своё мнение в ответах опросного листа, после чего производится пересчет первичного результата. Этот этап повторяется до тех пор, пока каждый из экспертов не перестанет изменять свое мнение. Следует отметить, что при доступе респондента к результату первичного или предыдущего опроса ему не известны конкретные личности, которые ответили на вопросы. Это делается для того, чтобы исключить возможность влияния авторитетного мнения и отображения собственного мнения респондента. Причина, по которой проводится самокорректировка, – вероятная ошибочность мнения какого-либо эксперта в первом приближении и вероятность невозможности заметить ошибку без обзора результатов. В итоге формируются окончательные ответы экспертов.

Этап 5. *Проведение математической обработки результатов анкетирования*. Ответы экспертов включаются в таблицу (матрицу опроса). Матрица опроса – это итоги опроса, которые представляют собой проранжированные по степени пагубного воздействия факторы этого воздействия на исследуемый трубопровод. Эксперты присваивают ранги каждому фактору исходя из собственного опыта. После сведения всех рангов в таблицу производится определение суммы рангов для каждого фактора, общая сумма рангов и средняя сумма рангов (математическое ожидание), определяются значения весовых коэффициентов каждого фактора G_i . Кроме того, определяются значения балльных оценок B_i для каждого фактора влияния.

С целью определения значений баллов факторов B_i в рамках каждого фактора выделены градации воздействий каждого фактора – признаки факторов Q_i . Назначение пороговых значений факторов для оценки признака каждого фактора, т.е. создание диапазона квантификационной шкалы, осуществлялось на основании действующей нормативной документации и, дополнительно, с учётом особенностей работы оборудования, анализа накопленной статистической информации об авариях на НПС, закладываемого уровня требуемой надёжности и т.д.

Для назначения баллов каждому признаку факторов Q_i использован метод нормирования, в котором каждый эксперт каждому признаку фактора ставит в соответствие оценку по 10-ти балльной шкале, отражающую интенсивность его влияния.

Этап 6. *Составление модели «обходного листа»*. По итогам математической обработки будет создан специальный «обходной лист» для технологических трубопроводов каждой конкретной нефтеперекачивающей станции. Проходя по пунктам такого «обходного листа», любой квалифицированный инженер сможет получить актуальную информацию о техническом состоянии оцениваемого объекта. Основная статья затрат здесь – разработка «обходного листа», после которой можно уже получать актуальную оценку технического состояния технологических трубопроводов конкретной нефтеперекачивающей станции.

Этап 7. Проведение оценки технического состояния технологических трубопроводов НПС. По полученной методике мы планируем провести оценку технического состояния технологических трубопроводов конкретных НПС.

Индекс технического состояния рассчитывается по формуле

$$R = \sum_{i=1}^n G_i \cdot B_i,$$

где R – индекс технического состояния; n – общее количество факторов; G – весовой коэффициент каждого фактора; B_i – балльная оценка фактора.

Из вышесказанного можно сделать *вывод* о том, что разрабатываемый метод окажет положительное влияние на осведомлённость персонала и, в частности, лица, принимающего решение о работоспособности станции, путём получения оценки технического состояния технологических трубопроводов НПС исходя из силы негативных влияний и данных последнего исследования трубопроводов.

Заключение. Разработка методики экспертной оценки технологических трубопроводов НПС позволит получать относительную оценку технического состояния технологических трубопроводов конкретных НПС без больших затрат ресурсов предприятий, осуществляющих перекачку нефти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные аспекты оценки технического состояния технологических трубопроводов / Р.А. Шайбаков [и др.] // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. – 2013. – № 4. – С. 258–270.
2. Классификация дефектов и методы ремонта дефектов и дефектных секций действующих магистральных нефтепроводов / ОАО «АК «Транснефть», 2007.
3. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование / А.И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – Ч. 2: Экспертные оценки.

Поступила 06.06.2014

PROVIDING ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF TECHNOLOGICAL PIPELINES OF OIL PUMPING STATIONS OF BELARUS

A. STAKHEIKO, A. KULBEI

In this article authors consider a problem of an assessment of the technical condition in relation to the technological pipelines of oil pumping stations. In introduction it is spoken about existence of a problem of wear of the majority of the oil pumping stations connected with long service life. Negative impacts of accidents and failures are described. Problems of an assessment of technical condition of technological pipelines of oil pumping stations are described. Existing ways of an assessment of technical condition of a TP of PS are described and their shortcomings are revealed. Some solutions of a problem are presented and shortcomings of these ways are revealed. The alternative way of an assessment of technical condition of a TP of PS is offered. The algorithm of development and application of this way is described. Each stage of this algorithm is in detail described. Conclusions are drawn on relevance of development of a new way.