

12. Суворов Н. Б. Информационная надежность человека в системах управления. Электрофизиологические аспекты // Информация и космос. 2010. № 3. С. 198—201.
13. Чураков, Е. П. Оптимальные и адаптивные системы. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 256 с.
14. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек — техника. М.: Машиностроение, 1983. — 263 с.
15. Khalil C. J. The design of multimedia adaptive interface for process control using a multi-agent approach. Loughborough University, 2001 — 393 с.
16. Laqua S., Brna P. The Focus-Metaphor Approach: A Novel Concept for the Design of Adaptive and User-Centric Interfaces.: INTERACT 2005, 2005, p. 295.
17. Laqua S., Ogbechie N., Sasse M. Contextualizing the Blogosphere: A Comparison of Traditional and Novel User Interfaces for the Web. ACM Press, New York, 2006.
18. Laursen O., Björklund H., Stein G. Modern Man-Machine Interface for HVDC Systems. ABB Power Systems. 2002, p 8.
19. Railway Safety 03 T024. Quin 22 RPT final Report Issue № 1, 2002.
20. Ross E. Intelligent User Interfaces: Survey and Research Directions. [www.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers/1000447.pdf](http://www.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers/1000447.pdf)
21. Verhoeven R., Harlow R., Hoffman E. PHARE Airborne Evaluation. Pilot Briefing Guide. 1998, p 44.

## **ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

***Боброва Наталья Леонидовна***

*Ст. преподаватель ИИТ БГУИР, г. Минск, Беларусь  
E-mail: [natal123@tut.by](mailto:natal123@tut.by)*

***Герман Олег Витольдович***

*канд. техн. наук, доцент БГУИР, г. Минск, Беларусь*

***Полубок Владислав Анатольевич***

*канд. техн. наук, ИИТ БГУИР, г. Минск, Беларусь*

Одной из важнейших проблем трубопроводного транспорта является сохранение нормального состояния линейной части промысловых и магистральных трубопроводов. Подземные трубопроводы, работающие при нормальных режимах, сохраняются, по крайней мере, несколько десятков лет.

Как правило, большинство дефектов на трубопроводах появляются в результате коррозионных и механических повреждений, определение места и характера которых связаны с рядом трудностей и большими материальными затратами. Совершенно очевидно, что вскрытие трубопровода для непосредственного визуального обследования экономически неоправданно. К тому же обследовать можно только внешнюю поверхность трубопровода. Поэтому в течение последних лет в нашей стране и за рубежом усилие специализированных научно-исследовательских и проектных организаций направлено на решение проблемы определения состояния подземных и надземных промысловых, магистральных нефтепродуктопроводов без их вскрытия. Эта проблема связана с большими техническими трудностями, однако при использовании современных методов и средств измерительной техники она успешно решается.

В настоящее время проблема диагностики магистральных трубопроводов решается на уровне экспертов — лиц, обладающих достаточной квалификацией для определения характера, типа и тяжести повреждения труб, от чего зависит принимаемое решение и денежные затраты на устранение повреждений. Вместе с тем имеются ситуации, которые представляют значительные трудности для экспертной диагностики, характеризуются высокой степенью неопределенности и риском. Речь идет о ситуациях, связанных с наличием одновременно нескольких повреждений, как правило, не столь существенных, так что решение должно приниматься «по совокупности» признаков. Но именно оценка «по совокупности признаков» и представляет собой наиболее трудную задачу, поскольку требует установить взаимообусловленность и взаимозависимость признаков. Такого рода ситуации требуют разработки формального подхода, который по-разному «срабатывает» в случае независимых и зависимых повреждений. [5].

Знания человека-эксперта о решении задач в условиях неполноты, нечеткости исходной информации и достигаемых целей, также имеют нечеткий характер. Для их формализации в настоящее время успешно применяется аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики. Нечеткие понятия в данном случае формализуются в виде нечетких и лингвистических переменных, а нечеткость действий в процессе принятия решения — в виде нечетких алгоритмов.

При разработке методов дефектоскопического контроля магистральных трубопроводов одна из наиболее важных проблем состоит в определении повреждения трубопровода [1].

Хотя квалифицированные инженеры-эксперты могут успешно решать эти задачи, число таких компетентных экспертов относительно мало, и им трудно передать опыт и интуицию молодым инженерам. В данной работе предпринимается попытка использовать методы теории распознавания образов и теории нечетких множеств, для получения наиболее рациональной методологии решения этих задач.

Проблема разработки моделей и методов поддержки принятия решений по анализу дефектоскопического контроля магистральных трубопроводов является весьма актуальной для экономики Республики Беларусь. Решать данную проблему необходимо с разработки математических методов анализа и построения экспертно-диагностической системы контроля магистральных трубопроводов с применением специального математического и программного обеспечения [2].

Проблему оценки повреждения можно рассматривать на основе теории распознавания образов [3].

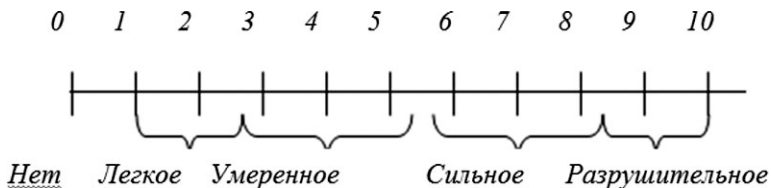
На рис. 1 приведена структурная схема системы распознавания образов в модели принятия решений. Образы представляются с помощью множеств измерений по признакам или наблюдениям, собранным для построения классификации повреждений. Опираясь на множество измерений признаков, принимающий решение эксперт должен определить (или классифицировать) состояние повреждения трубопровода.



**Рисунок 1. Структурная схема системы распознавания образов**

Первый шаг в разработке системы состоит в определении степени повреждения существующих трубопроводов по десятибалльной шкале 0—10, где 0 соответствует отсутствию дефектов, а 10 — дефекты, влекущие полную замену участка трубопровода (разрушительное). Дополнительно определяется вербальная интерпретация шкалы, как это показано на рис. 2. Эта классификация нестрогая. Однако предполагается, что каждому классу сопоставлена соответствующая рекомендация о ремонтных работах.

Если состояние трубопровода отнесено к классу разрушительного повреждения, то рекомендация будет состоять в том, чтобы произвести полную замену элемента трубопровода. В случае тяжелого или умеренного повреждения трубопровод нуждается в первоочередном или текущем ремонте.



**Рисунок 2. Степени состояния повреждения и их вербальное выражение**

При легком повреждении будет рекомендован легкий ремонт (устранение дефектов) или полный отказ от ремонта. Очевидно, что каждому повреждению соответствует свой объем ремонтных работ. Цель состоит в том, чтобы состояние повреждения отнести к одной из этих категорий, заданных вербальным выражением. Может оказаться более предпочтительным получать числовое представление (числовую степень). Теперь проблему можно сформулировать следующим образом: разработать рациональный способ для доказательства истинности и ложности гипотезы о том, что рассматриваемый трубопровод имеет тяжелое повреждение, или же того, что такая гипотеза наиболее разумна, чем другие.

Множество признаков, пригодных для классификации или оценки повреждений на основе визуального осмотра может включать обнаружение деформаций и трещин в трубопроводах. Кроме того, при попытке определить состояние повреждений на основе перечисленных признаков, следует рассматривать много других условий, характеризующих рассматриваемый трубопровод, таких, как материал, сечение или протяженность и т. д.

В таких сложных обстоятельствах, включающих многие факторы, очень трудно построить простой классификатор, который многомерное пространство наблюдаемых признаков отображал бы в определенный набор категорий. Кроме того, поскольку в настоящее время не существует хорошо установленного способа определять состояние трубопровода, следует эффективно использовать знания, которые могут предоставить опытные инженеры-эксперты. Поэтому

эффективный подход к построению классификатора должен отражаться на логике экспертных рассуждений.

Формулировка указанной проблемы относится к методам принятия решений на основе базы знаний — активной области исследования искусственного интеллекта. Будучи сформулированной как задача о проверке гипотезы на основе данных о наблюдениях, она может рассматриваться как задача распознавания образов (с обучением) в сложных условиях [4].

Важный аспект проблемы оценки повреждения состоит в том, что получаемая от экспертов информация имеет некоторую неопределенность и окончательный ответ несет на себе ее отпечаток. Таким образом, применяемый для решения этой проблемы метод вывода должен носить характер неточного или приближенного вывода, обеспечивающего достижение наиболее надежного ответа.

### **Список литературы:**

1. Абрамов О. В., Розенбаум А. П. Прогнозирование состояния технических систем // М.: Наука, 1990. — 126 с.
2. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структура данных и алгоритмы // М.: Изд-во «Вильямс», 2000. — 384 с.
3. Саати Т., Керне К. Аналитическое планирование. Организация систем // М.: Радио и связь, 1991. — 224 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий // М.: Радио и связь, 1993. — 320 с.
5. Эффективные методы ремонта магистральных трубопроводов. Научно-технический сборник "Ремонт трубопроводов" // М.: ИРЦ Газпром, 2001. — 108 с.