

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ РЕЖИМОВ
ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ**

А.Ю. Травков¹

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.Е. Янковская^{1,2,3,4}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, Томск, 634050

²Томский государственный архитектурно-строительный университет
634003, Томск, пл. Соляная, 2

³Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634034

⁴Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: djmluffy@yandex.ru

**BASES OF INTELLIGENT SYSTEM CONSTRUCTION
OF THE LIQUID CURRENT MODES DIAGNOSTICS IN THE PIPELINE**

A.Y. Travkov¹

Scientific Supervisor: Prof., Dr. of Science A.E. Yankovskaya^{1,2,3,4}

¹National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

²Tomsk State University of Architecture and Building, Solyanaya Square, Russia, Tomsk, 2, 634003

³Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634034

⁴National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: djmluffy@yandex.ru

Abstract. *The urgency of intelligent systems development for revealing of various types of regularities and decision making in the field of hydraulics is considered. The expediency of constructing an intelligent system for diagnosing fluid flow regimes in a pipeline (IS DRTZhT) is shown. IS DRTZhT is based on an intelligent instrumental tool (IIS) IMSLOG-2002, designed for revealing of various patterns in data and knowledge, for decision-making and its justification using cognitive tools. The matrix model of data and knowledge representation in the problem area under consideration and the main stages of IS DRTZhT design are presented. The use of IS DRTZhT will allow revealing the regularities based on the characteristic features, describing the hydrodynamic parameters affecting the fluid flow regimes in the pipeline. Furthermore, the IS represents a versatile decision-making tool taking into account the fluid flow regimes depending on various hydrodynamic parameters. IS DRTZhT will be very useful in practical activities for engineers in the field of hydrodynamics for decisions-making and their justification using cognitive tools, as well as for students training in the problem area under consideration.*

Введение. Разработка интеллектуальных систем диагностики режимов течения жидкости в трубопроводе (ИС ДРТЖТ), используемых при эксплуатации трубопроводов, безусловно актуальна, поскольку неверное определение режима движения может привести к нарушению и остановке производственного процесса, авариям на производстве и другим нежелательным последствиям, что в

дальнейшем потребует большие финансовые затраты. Используемые на практике методы не в полной мере учитывают все возможные параметры (признаки), влияющие на движение жидкости в трубопроводе [1].

Анализ современного состояния исследований в области определения режима движения жидкости в трубопроводе показал, что для принятия и обоснования решения по диагностике режима течения жидкости целесообразно использовать тестовые методы распознавания образов и создать на их основе ИС ДРТЖТ, предназначенную кроме того и для выявления различного рода закономерностей между параметрами гидродинамики, влияющими на режимы движения жидкости. Для конструирования ИС ДРТЖТ целесообразно использование интеллектуального инструментального средства (ИИС) ИМСЛОГ [2].

Матричное представление данных и знаний в ИС ДРТЖТ. Конструируемая на основе ИИС ИМСЛОГ [3] ИС ДРТЖТ основана на матричной модели представления данных и знаний, включающей целочисленную матрицу описаний Q , строки которой сопоставляются обучающим объектам (различным режимам течения жидкости), столбцы — характеристическим признакам (ХП), а строки матрицы Q сопоставлены режимам течения жидкости и представляют собой только часть различных комбинаций значений ХП, и матрицу различений R , строки которой сопоставлены строкам матрицы Q , столбцы — классификационным признакам (КП), разбивающим обучающие объекты на классы эквивалентности [4]. Элемент q_{ij} матрицы Q задает значение j -го признака для i -го объекта. Если значение признака несущественно для объекта, то данный факт отмечается прочерком ("—") в соответствующем элементе матрицы Q . Для каждого признака z_j ($j \in \{1, 2, \dots, m\}$) задается либо интервалы изменения его значений, либо целочисленное значение. Множество всех неповторяющихся строк матрицы различений сопоставлено множеству выделенных образов, представленных одностолбцовой матрицей R' , элементами которой являются номера образов.

Отметим, что данная модель позволяет представлять не только данные, но и знания экспертов, поскольку одной строкой матрицы Q можно задавать в интервальной форме (с использованием значения прочерк "--") подмножество объектов, для которых характерно одно и то же итоговое решение, задаваемое соответствующей строкой матрицы R . Рамки доклада не позволяют привести иллюстрирующий пример [4].

Согласно вышеприведенной матричной модели осуществлена структуризация данных и знаний в области гидравлики. Строки матрицы Q сопоставлены режимам течения жидкости и представляют собой только часть различных комбинаций значений ХП. Для формирования характеристического и классификационного признакового пространства использовался ряд источников, в том числе и монография [5]. Вещественные ХП представлены интервалами изменения их значений. В число ХП входят такие ХП, как z_1 — линейная скорость движения жидкости, z_2 — вязкость, z_3 — плотность, z_4 — площадь сечения, z_5 — элемент гидропривода, z_6 — температура, z_7 — тип жидкости, z_8 — шероховатость, z_9 — давление (общее количество 30).

Для матрицы R сформированы 2 КП и их значения: k_1 — режим течения жидкости (1 — идеальный; 2 — ламинарный; 3 — переходный; 4 — турбулентный); k_2 — зоны турбулентного режима течения жидкости (1 — зона гидравлически гладких труб; 2 — зона смешанного трения; 3 — зона квадратичного сопротивления).

Краткое описание математических основ ИС ДРТЖТ. ИС ДРТЖТ основана на выявлении различного рода закономерностей, логико-комбинаторных тестовых методах распознавания образов, принятия и обоснования решений с применением когнитивных средств [4]. Под закономерностями в знаниях [4] будем понимать следующие подмножества признаков [4]: константные (принимающие одно и то же значение для всех образов), устойчивые (константные внутри образа, но не являющиеся

константными), неинформативные (не различающие ни одной пары объектов), альтернативные (в смысле включения в диагностические тесты (ДТ)), зависимые (в смысле включения подмножеств различных пар объектов), несущественные (не входящие ни в один безызбыточный ДТ), обязательные (входящие во все ББДТ), псевдообязательные (входящие в множество используемых при распознавании ББДТ и не являющиеся обязательными), отказоустойчивые (признаки устойчивые к ошибкам измерения), а также все минимальные и все (либо часть – при большом признаковом пространстве) безызбыточные различающие подмножества признаков, являющиеся, по сути, соответственно минимальными и ББДТ.

Конструирование ИС ДРТЖТ на основе инструментального средства ИМСЛОГ-2002.

Конструирование прикладных интеллектуальных систем на основе ИИС ИМСЛОГ [3] осуществляется в 4 этапа: 1) систематизация и структуризация данных и знаний в области гидродинамики, определяются функциональный состав ИС ДРТЖТ, её архитектура и методы, наиболее подходящие для выявления закономерностей в данных и знаниях и принятия решений относительно режимов течения жидкости; 2) компоновке требуемой конфигурации ИС ДРТЖТ путем подключения к ядру (с автоматической регистрацией) соответствующих программных модулей; 3) создается модуль базы знаний, средствами модуля анализа и оптимизации базы знаний проводится обработка модуля знаний на предмет выявления закономерностей, по которым формируется набор решающих правил, используемый в дальнейшем модулем принятия и обоснования решений с применением когнитивных средств для анализа распознаваемых режимов течения жидкости; 4) настройка ИС ДРТЖТ для передачи заказчику.

Заключение. На основе проведённого анализа современного состояния исследований в области определения режима движения жидкости в трубопроводе, впервые предложено использование матричной модели представления данных и знаний в области гидравлики, сформирована характеристическое и классификационное признаковое пространство и рекомендовано создание ИС ДРТЖТ, предназначенной для выявления различного рода закономерностей между параметрами гидродинамики, влияющими на режимы движения жидкости, а также для принятия и обоснования решения по диагностике режима течения жидкости в трубопроводе. Для конструирования ИС ДРТЖТ обоснована целесообразность использования ИИС ИМСЛОГ [2], основанного на матричном представлении данных и знаний и предназначенного для выявления закономерностей и принятия решений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 16-07-00859а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудинов В. И. Основы нефтегазопромыслового дела / В.И. Кудинов. – М.: ИКИ, 2005.– 720 с
2. Yankovskaya A.E., Gedike A.I., Ametov R.V., Bleikher A.M. IMSLOG-2002 Software Tool for Supporting Information Technologies of Test Pattern Recognition// Pattern Recognition and Image Analysis. – 2003. – Vol. 13. – No. 2. – pp. 243-246.
3. Янковская А.Е., Гедике А.И., Аметов Р.В. Конструирование прикладных интеллектуальных систем на базе инструментального средства ИМСЛОГ-2002// Вестник ТГУ. Приложение. – 2002. – № 1(II). – С. 185-190.
4. Янковская А.Е. Логические тесты и средства когнитивной графики. – Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 92 с.
5. Роуч П. Вычислительная гидродинамика/ П. Роуч. – М.:Мир, 1980. – 616 с.