

УДК 622.692; 681.3

ЭЛЕМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ СБОРА, ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

С.Е.Кутуков, В.И.Васильев

Традиционные методы управления промысловыми и магистральными системами сбора (распределения), подготовки и транспорта нефти, газа и газового конденсата (УГВ) основаны на уникальных знаниях патриархов нефтегазовой отрасли России, на глазах которых произошло зарождение, становление и развитие народнохозяйственных объектов энергетического комплекса в 60-90х годах XX столетия. Практически в штате каждого предприятия ТЭК можно найти такого «гуру» технологических сетей, обладающего феноменальным набором конкретных управленческих решений для большинства ситуаций, возникающих на производстве. Однако метод аналогий и комбинирования известных ситуаций в новых изменившихся экономических и социальных условиях далеко не всегда дает оптимальный результат. Новое поколение руководителей производства вынуждено искать новые нетрадиционные подходы к решению задач управления промысловыми и магистральными системами.

Тривиальным решением данной проблемы является использование компьютеров, но чрезвычайная сложность и уникальность технологических схем, обширность территории дислокации и примитивный уровень автоматизации контроля линейных объектов делают эту задачу традиционными методами АСУ трудноосуществимой. Высшим достижением на сегодняшний день является система диагностики утечек, внедряемая на участке «Торгили» - ЛПДС «Юргамыш» МНП УБКУА и НКК (ОАО «Сибнефтепровод») диаметром 1220 мм, которая снабжена системой телемеханики MicroSCADA фирмы ABB (Германия) и системой обнаружения утечек из трубопровода 990 LD (Combit AB, Швеция) [1]. Принцип действия основан на анализе баланса расходов на участке трассы трубопровода, контролируемом ультразвуковым расходомером Uniflow фирмы Controlotron [2]. Система внедрена на трансальпийском двух ниточном нефтепроводе «Триест-Мюнхен». Специалисты канадских фирм "Enbridge Pipelines Inc." и "Iconic Inc." разрабатывают стандарты API в США и Канаде для повсеместного использования данной системы [3].

Принципиально иные возможности заложены в методологии «мягких» вычислениях (Soft Computing) и экспертных системах (ЭС). Представление элементов трубопроводных систем адаптивными моделями, основанными на нечетких множествах и нейросетевом подходе позволяют синтезировать глобальную модель сколь угодно сложной технологической системы. И, хотя по «Принципу несовместимости», сформулированном основоположником нечетких вычислений Л.А.Заде (Берклиевский ун-т, США): «Для систем, сложность которых превосходит пороговый уровень, точность и практический смысл становятся почти исключаящими друг друга характеристиками» [4], предполагается некоторое снижение точности модельных оценок, однако, существующие методики тепло-гидравлического расчета нефтепроводов имеют погрешность расчетов от 10% (для установившегося движения ньютоновских жидкостей) до 25-100% (для эксплуатации «горячих» трубопроводов в нестационарных режимах). Эти методики были разработаны совместно

специалистами ВНИИСПТнефть (ИПТЭР) и Уфимского нефтяного института (УГНТУ) более 15...20 лет назад на уровне требований и возможностей того времени, в иных экономических условиях эксплуатации трубопроводных систем. В настоящее время объекты магистрального транспорта нефти эксплуатируются в непроектных режимах (недогрузка, неравномерность поставок нефти и пр.). Оборудование как насосных станций и резервуарных парков, так и линейной части магистральных трубопроводов имеет существенный износ, что ограничивает возможности оперативного маневра поставками нефти. Реологические характеристики различных партий нефтей определяются не только (и не столько) их генезисом, сколько предварительной ее переработкой мини заводами на промыслах. Это приводит к сверхнормативному энергопотреблению, износу оборудования и повышению аварийности.

Применение ЭС весьма эффективно в управлении системами сбора, подготовки и транспорта УГВ по ряду причин:

во-первых, появляется возможность решение плохо формализуемых задач с привлечением нового, специально разработанного для этих целей математического аппарата (семантических сетей, фреймов, нечеткой логики);

во-вторых, создаваемые ЭС ориентированы на их эксплуатацию широким кругом специалистов, общение с которыми происходит с использованием понятной им техники рассуждений и терминологии;

в-третьих, применение ЭС позволяет значительно повысить эффективность и оперативность решений за счет аккумуляции знаний экспертов высшей квалификации.

Интеллектуальная система управления, построенная на принципах «мягких» вычислений (генетические алгоритмы, нейронные сети и нечеткая логика) с применением ЭС должна обеспечивать два уровня управления:

- Планирования (стратегический уровень);
- Координации (тактический уровень).

Под планированием здесь понимается формирование цели (стратегии) поведения системы, анализ возможных действий в различных ситуациях, в том числе и нештатных, формирование требуемой программы управления. Координация подразумевает коррекцию программы управления, структуры и параметров системы при изменении режимов эксплуатации объектов системы, воздействий окружающей среды и (или) целей функционирования. Именно на этих уровнях требуется больше знаний, что подразумевает реализацию таких функций как обучение, распознавание и прогноз развития ситуации, адаптация режима эксплуатации системы к различного рода возмущениям.

Структурная схема системы управления промысловых и магистральных сетей трубопроводов, отвечающая принципам построения ИСУ [5] представлена на рис.

Структура ИСУ систем сбора, подготовки и транспорта УГВ

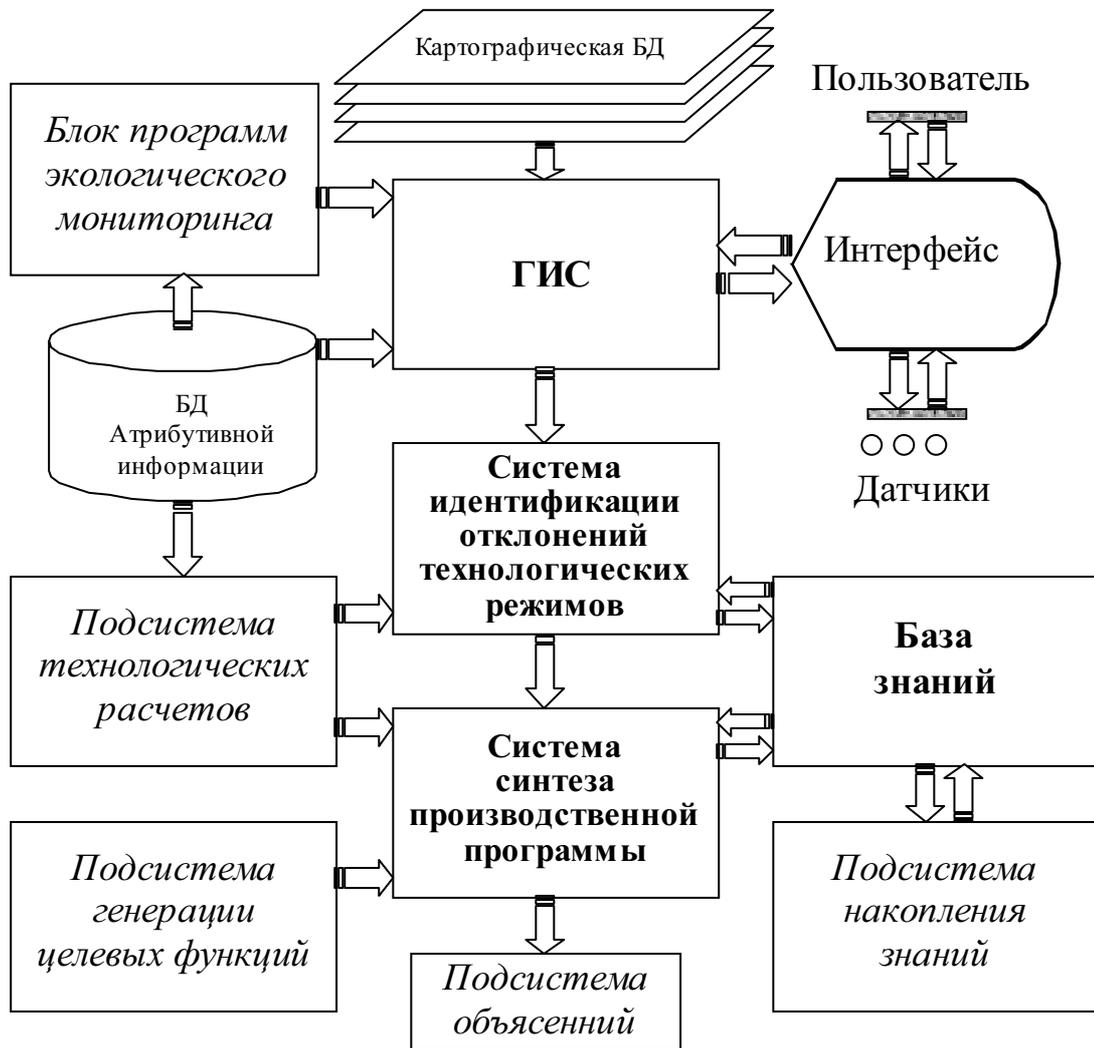


Рис.

Интеллектуальная система управления (ИСУ) режимами технологических трубопроводов включает следующие блоки:

1. *Геоинформационная система (ГИС) промыслов* с трехмерными моделями протяженных объектов (трубопроводов, коллекторов, амбаров, естественных и искусственных водных объектов и пр.). Основными элементами ГИС являются база данных *БД* объектов транспортной системы, атрибутивно связанных с каждым конкретным элементом, *картографическая база данных* и *интерфейс* – подсистема отражения и ввода-вывода информации. ГИС может использоваться автономно от других элементов ИСУ в качестве архива всего комплекса информации по каждому элементу и транспортной системе в целом.
2. *Блок программ экологического мониторинга* для ранжирования участков транспортной системы по экологической опасности разливов и моделирования последствий аварийных ситуаций. Это позволяет обосновать технологические

- схемы и планы ликвидации последствий аварий (которые в последствии хранятся в ГИС БД), обосновать величину экологического ущерба.
3. *База знаний (БЗ)* содержит сведения о специфике работы каждого объекта, свод правил управления каждым элементом по отдельности и всей транспортной системой в целом; подсистему логических выводов, работающую на принципах нечеткой логики. БЗ – основной элемент, делающий систему управления интеллектуальной.
 4. *Подсистема технологических расчетов* эксплуатационных участков трубопроводов и силовых агрегатов. Ядром расчетных процедур предлагается сделать адаптивные алгоритмы, где это возможно, ранее утвержденные в соответствующих нормативных документах отрасли, либо апробированные и хорошо зарекомендовавшие себя в современных исследованиях.
 5. *Система идентификации отклонений* технологических режимов включает в себя проверку информации *Базы Данных* (ГИС БД) логическими алгоритмами и решением обратных задач тепло-гидравлических расчетов. Система позволяет не только подобрать параметры адапционных моделей *подсистемы технологических расчетов* с учетом меняющихся условий эксплуатации, но и выявить причину этих отклонений, подобрать из *Базы Знаний* (БЗ) технологическую схему превентивных мер для ликвидации этих причин.
 6. *Система синтеза производственной программы* транспортной сети, реализованная на гибридных генетических алгоритмах поиска оптимальных решений. Многостадийный синтез расписаний по методу комбинированных эвристик позволяет предложить оптимальный график загрузки сети с учетом всех ее возможностей (резервуаров, газгольдеров, ветвлений трубопроводов, резервов силового оборудования и пр.). Критериев оптимальности (эффективности) может быть несколько, меняющихся в различные периоды эксплуатации. Для их последовательного анализа генерируются различные целевые функции (меры эффективности).
 7. *Подсистема генерации целевых функций* включает алгоритмы построения функций пригодности (fitness function) с учетом данных *ГИС БД* и адапционных моделей *Подсистемы технологических расчетов*. Критерием эффективности могут служить:
 - Минимум затрат энергии на выполнение транспортной работы, отнесенной к единице грузооборота транспортируемой жидкости (тн·км);
 - Минимум потерь качества при последовательной перекачке различных продуктов;
 - Отслеживание элитной партии продукта и др.
 8. *Подсистема объяснений* дает исчерпывающие ответы на вопросы: «почему» пользователь должен принять рекомендуемые системой решения, «как» получено это решение, на основании «какой» информации и «каких» правил вывода. Иными словами подсистема объяснений делает ЭС «прозрачной» и управляемой.

В заключение отметим, что задачи интеллектуального управления сложными техническими объектами на методологической основе «мягких» вычислений в последние годы привлекают все более широкое внимание

специалистов различных отраслей. Так, экспериментальные варианты гиперзвуковых истребителей X-29 фирмы Grumman Aircraft Corporation с крылом обратной стреловидности, X-31 фирмы Rockwell International, беспилотного самолета X-36 корпорации McDonnell Douglas (США), а так же серийно выпускаемые отечественные истребители СУ-27, СУ-30, СУ-34, СУ-35, СУ-37 никогда не смогли бы держаться в воздухе без помощи ИСУ полетом. Явным мировым лидером в разработке интеллектуальных систем на базе нечеткой логики (Fuzzy Logic) является Япония. В 1983 г. фирмой «Фуджи Электрик» запущена система управления установки для обработки питьевой воды; в 1987 г. фирмой «Хитачи» - система управления новым метро в г. Сендаи. Компонентами нечеткой логики снабжены такие товары культурно-бытового назначения как фотоаппараты, видеокамеры, стиральные машины, холодильники, пылесосы, микроволновые печи и многие другие. Таким образом, Artificial Intelligence технология превратилась в Японии в одну из ключевых, позволяющую японским товарам доминировать на мировых рынках.

Международный НИИ «LIFE – Laboratory for International Fuzzy Engineering Research» (Япония), который в 1993 г. располагал бюджетом ок. 64 млн.долларов, «Berkley Initiative in Soft Computing» (США), ELITE –«European Laboratory for Intelligent Techniques Engineering» (Общеввропейский центр), 3000 исследователей в Индии, 5000 – в Китае – вот далеко не полный перечень организационных и интеллектуальных ресурсов, разрабатывающих этой перспективное направление научно-технического прогресса. К сожалению, публикаций в Российских изданиях о конверсионных технологиях по применению систем искусственного интеллекта в промышленности очень мало. Хочется верить, что одним из первых “мирных” приложений ИСУ станет уникальная по своей протяженности и оснащенности система нефтегазопроводов России.

Литература

1. Лосенков А.С., Трефилов А.Г., Нархов В.П. и др. // Трубопроводный транспорт нефти. 1996. № 11.– с.7-10.
2. Прохоров Б.М. // Трубопроводный транспорт нефти. № 11, 1996. – с.32-34.
3. Don M. Scott // Oil&Gas J. 1999. # 11. – p.51-57.
4. Zadeh L.A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. – IEEE Trans.Syst., Man, Cybern.,Vol. SMC-3, 1973, Jan., P.28-44.
5. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы с использованием нечеткой логики. Учебное пособие. – Уфа: УГАТУ, 1995.