

Образное представление состояния сложных технологических объектов управления

Аннотация. Рассматриваются вопросы реализации средств образного представления состояния для сложных технологических объектов управления методами когнитивной графики. В качестве примера сложного объекта рассматриваются объекты атомной энергетики и системы трубопроводного транспорта нефти. Обосновывается приоритет образного представления аномальных состояний объекта управления при решении задач диагностики состояния и принятия адекватных управляющих решений. Описываются реализованные когнитивные образы в рамках систем поддержки принятия решений (СППР), интеллектуального пользовательского интерфейса оператора энергоблока АЭС и диспетчера системы магистральных нефтепроводов.

Ключевые слова: человек-оператор, образное мышление, образное представление состояния, системы поддержки принятия решений, компьютерная когнитивная графика, когнитивный образ, интеллектуальный операторский интерфейс.

Введение

Мыслительный процесс человека-оператора при управлении сложным технологическим объектом является процедурой, направленной на своевременное решение проблем, возникающих на объекте контроля и управления [1-4]. Мышление человека-оператора определяется умением увидеть проблему там, где она существует, и потребностью найти ее решение [5]. Наглядно-образное мышление — один из видов мышления человека-оператора. Оно связано с образным представлением ситуации и отслеживанием изменений в ней. С помощью наглядно-образного мышления наиболее полно воссоздается все многообразие различных фактических характеристик объекта контроля и управления.

Средства образного представления информации для принятия решений, основанные на методах когнитивной графики [6,7], ориентированы на использование механизмов наглядно-образного мышления. Они в последнее время находят все большее применение в информационных системах интеллектуальной поддержки принятия решений для оперативного человеко-машинного управления сложными и экологи-

чески опасными объектами и технологиями. *Когнитивная графика* - это совокупность приемов и методов образного представления условий задачи, которое позволяет либо сразу увидеть решение, либо получить подсказку для его нахождения. Однако до настоящего времени не существует обобщенного взгляда на методы и принципы построения средств образного представления и настоящая статья является попыткой восполнить данный пробел.

1. Понятие образного мышления и интуиция оператора

Образное мышление (воображение), как и мышление вообще, принадлежит к числу высших познавательных способностей лица, принимающего решения (ЛПР), в которых отчетливо обнаруживается специфический человеческий характер деятельности [8,9]. Есть основания утверждать, что образное мышление работает на том этапе познания, когда неопределенность ситуации весьма велика. Чем более привычной, точной и определенной является ситуация, тем меньше простора дает она воображению.

Совершенно очевидно, что для той области явлений, где основные законы выяснены, нет необходимости использовать воображение. С другой стороны, когда проблемная ситуация отличается значительной неопределенностью и исходные данные с трудом поддаются точному анализу, в действие приходят механизмы образного мышления.

Ценность образного мышления состоит в том, что оно позволяет принять решение и найти выход в проблемной ситуации даже при отсутствии нужной полноты знаний. Оно позволяет "перепрыгнуть" через какие-то этапы мышления и получить конечный результат. Но в этом же, и слабость такого решения проблемы. Намеченные пути решения нередко недостаточно точны, нестроги. Однако необходимость существовать и действовать в среде с неполной информацией привела к возникновению у человека аппарата образного мышления. Поскольку при человеко-машинном управлении всегда возможно возникновение любых аномальных (нештатных) ситуаций, то компьютерные средства информационной поддержки воображения всегда будут полезны.

Главной отличительной особенностью образного мышления является представление образа ситуации, т.е. целостное восприятие явления. Наблюдаемая при этом совокупность фактов не обязательно в полной мере соответствует "классическому" образу в памяти человека. Другими словами, истинный образ аномальной ситуации, в частности на любой текущий момент времени, может быть как целостным (присутствуют все формирующие его признаки), так и неполным или размытым вследствие разной степени выраженности признаков и/или отсутствия части из них.

Известно, что образное мышление тесно связано с интуицией. Интуиция играет значительную роль в формировании первичных гипотез оператора о возникающих аномальных ситуациях. Формирование образов на основе впечатлений, интуитивное "схватывание" и последующее обращение к аналитико-синтетическому подходу - это взаимодополняющие механизмы принятия решений, последовательность которых носит относительно случайный характер. Интуиция в оперативной деятельности, которая характеризуется выраженной эвристикой, может:

- непосредственно приводить к решению задачи;
- служить ориентиром в направлении диагностического поиска, реализуемого затем на основе логических процедур;
- являться пусковым механизмом для решения задачи на основе образных представлений или последовательного включения образного мышления и аргументационных соображений.

Направленность действий высококвалифицированного оператора (ЛПР) определяется во многом наличием у него образного представления аномального состояния. Оперативные знания, включающие отношения между объектами, могут быть представлены "мысленными образами" явлений внешнего мира, сформировавшимися в прошлом на основе фактов (но не являющимися их простым отражением).

2. Формирование образных и интуитивных представлений оператора

Неожиданно возникшее у оператора решение задачи вполне укладывается в представление К.Г. Юнга [10, 11] о том, что "*спонтанность мыслительного акта связана каузально не с его сознанием, а с его бессознательным*". Обращаясь к проблеме интуитивного восприятия состояния объекта контроля и управления оператором, можно предположить, что обнаружение определенного признака может вызывать эффект озарения, или проникновения в суть возникшей ситуации, и перед мысленным взором может возникать некий образ.

Другими словами, в операторском управлении сложным объектом имеет место «инсайт-феномен» как частный случай гештальта, обозначающего целостные или несводимые к сумме своих частей структуры сознания [12]. Не исключен и другой (параллельный) механизм: в голове ЛПР, столкнувшегося с конкретным фактом (явлением), мгновенно восстанавливается ряд связанных с ним понятий (признаков). Это может происходить как следствие того, что они как бы "подвешены на крюке", в качестве которого выступает признак-образ, зафиксированный как признак-слово. Разновидностью второго варианта или вторым этапом инсайта можно считать точку зрения,

что механизмы интуиции состоят в симульном (от франц. *simultane* - одновременный) объединении (анalogией может служить механизм конъюнкции) ряда информативных признаков разных модальностей в комплексные ориентиры, направляющие поиск решения.

Эффект озарения (интуитивное озарение) может служить объяснением для формирования образа аномалии "по наитию", без подкрепления дополнительными фактами, как это принято в традиционной диагностической процедуре, включающей механизм рассуждения и аргументации. Следовательно, образ может быть:

- *мысленный* – в виде обобщенного представления группы взаимосвязанных симптомов (семантический или, скорее, псевдосемантический образ, как частный случай - псевдовербальный), когда отдельные признаки воспринимаются как совокупность, как симптомокомплекс - метафорический обобщенный образ;

- *визуальный или псевдовизуальный* - основанный на воспоминании об аналогичной ситуации - обычно яркий, со специфическими особенностями, возникает перед внутренним взором оператора - "всплывание" истинно зрительного, как правило, персонифицированного образа, известного из личного опыта или литературы.

Данные экспериментов [3] служат подтверждением гипотезы Р. Шепарда [13] о том, что мысленные образы (и воспроизведенные, и мысленно генерируемые) функционально эквивалентны "реальным" перцептивным образам.

Концептуально-пропозициональная гипотеза предполагает, что в памяти хранятся интерпретации событий - вербальные или визуальные, оформленные в виде понятий (концептов) и высказываний (пропозиций), но не собственно образные компоненты [3]. Такой подход вносит элемент формализации при взгляде на проблему с позиций прикладной семиотики, что следует иметь в виду при поиске способов отображения образных представлений в системах поддержки ЛПР, основанных на знаниях.

Операторское мышление образами, как первый этап оценки ситуации, позволяет составить относительно полное представление об объекте контроля и управления путем мысленного сравнения с образом «нормативное состояние», который есть энграмма [11], но всегда вне прямой связи с последовательным сканированием признаков в процессе анализа ситуаций. Это соответствует представлению о

том, что переменные состояния обрабатываются последовательно, тогда как картинки формируются параллельно, "сразу целиком" [14]. Другими словами, типичный для определенного аномального состояния объекта контроля и управления комплекс переменных состояния может восприниматься в виде единого целого, тогда как роль субъективных и объективных признаков подвергается последовательному анализу в процессе рассуждения и аргументации.

Возвращаясь к понятию интуиции, можно определить ее как синтетическое восприятие явления в его целостности, без детализации, т.е. без предварительного выявления (анализа) отдельных составляющих и их последующего синтеза, что сближает ее с образным представлением мира. Фактически, интуиция - это построение гипотез на основе единичных фактов, без их обязательного последующего подкрепления другими фактами, но при высокой степени уверенности в их присутствии.

Исходя из трактовки сочетания инсайта с механизмом симульного объединения признаков, реализующегося в краткий период времени и воспринимаемого человеком как одномоментный акт, интуицию можно рассматривать или как подсознательный процесс выделения ассоциированных симптомов - как абдукцию (вывод частного из частного), или как процесс "прямого" формирования цельного образа в форме индуктивного вывода или инсайта [15].

Образное мышление основано не только и не столько на анализе отдельных симптомов (за редкими исключениями), сколько на неявном учете их связей, ассоциаций с другими признаками, в том числе не поддающимися непосредственному наблюдению.

3. Задачи компьютерной когнитивной графики в интеллектуальных СППР

Известный специалист в области искусственного интеллекта Д.А. Поспелов в предисловии к работе [6] и в работе [19] сформулировал три основных задачи *когнитивной компьютерной графики* (ККГ) в системах поддержки принятия решений (СППР), базирующихся на средствах образного представления.

Первой задачей является создание таких моделей представления знаний, в которых была бы возможность однообразными средствами представлять как объекты, характерные для

логического мышления, так и образы-картины, с которыми оперирует образное мышление.

Вторая задача - визуализация тех человеческих знаний, для которых пока невозможно подобрать текстовые описания.

Третья задача - поиск путей перехода от наблюдаемых образов-картин к формулировке некоторой гипотезы о тех механизмах и процессах, которые скрыты за динамикой наблюдаемых картин.

Эти три задачи ККГ с позиций информационных технологий поддержки принятия решений следует дополнить *четвертой задачей*. Она должна обеспечивать создание условий для развития у ЛПП профессионально-ориентированных интуиции и творческих способностей путем построения пользовательского графического интерфейса, основанного на методах ККГ.

При разработке интеллектуальных СППР обычно исходят из первых двух задач когнитивной графики: когда знания о техническом объекте, полученные в ходе исследований и проектирования пользовательского интерфейса, представляются в привычной символично-цифровой форме. Множество таких данных, предъявленных оператору, делают их недоступными для анализа.

Четкое осознание третьей и четвертой задач ККГ позволяет формулировать дополнительные требования как к собственно графическим изображениям, так и к соответствующему программно-методическому обеспечению.

Среди них можно выделить:

- адекватность изучаемым объектам или процессам, используемым инженерным методам и методикам обучения;
- естественность и доступность для восприятия пользователями;
- удобство для анализа качественных закономерностей распределения параметров;
- эстетическую привлекательность, быстроту формирования изображения.

Пользователи должны иметь также возможность выбирать тип изображения. Дело в том, что одну и ту же информацию можно отобразить в графической форме различным образом.

Результаты специальных исследований различных типов графического отображения информации свидетельствуют, что каждый человек в силу своего индивидуального, личностного восприятия по-своему оценивает эффек-

тивность того или иного типа изображения, причем оценки разных людей могут существенно отличаться. Поэтому СППР должны иметь набор различных способов графического отображения информации. Это позволит ЛПП выбрать наиболее подходящий для него тип изображения, либо использовать различные графические картины для анализа состояния объекта контроля и управления [20,21].

Кроме этого существует необходимость предоставления проектировщикам пользовательского интерфейса и информационного обеспечения возможность управлять изображением - варьировать его размерами, цветовой гаммой, положением точки зрения наблюдателя, количеством и расположением источников освещения, степенью контрастности изображаемых величин и т.п. Все эти возможности графического интерфейса не только позволяют проектировщикам выбирать подходящие формы графических изображений, но и вносят игровые и исследовательские компоненты в работу, естественным образом побуждая специалистов по управлению к глубокому и всестороннему анализу свойств изучаемых объектов и процессов.

4. Когнитивные образы в интеллектуальных промышленных СППР

Под *когнитивным образом* в данной статье понимается субъективная репрезентация состояния объекта контроля и управления в виде связанного набора графических динамических компонент представления состояния (динамические образы-картины) и правил, описывающих их технологическое взаимовлияние в различных ситуациях, которые в совокупности позволяют ЛПП (оператору) образно оценить текущую ситуацию и выработать адекватные ей управляющие действия.

4.1. Когнитивный образ состояния реактора ВВЭР-1000 атомного энергоблока

В качестве когнитивного образа состояния процессов, происходящих в атомном реакторе энергоблоков № 5 Нововоронежской АЭС и №2 Калининской АЭС с реакторами ВВЭР-1000

в системе «КОГРА-РВ» [28], выбрана модель, представляющая собой отображение на экране компьютера вращающегося глобуса (глобус Башлыкова), представленного на Рис. 1.

Переменными состояниями глобуса являются параллели, меридианы, оси по полюсам и экватору и скорость вращения глобуса относительно оси по полюсам, пятна на глобусе. Переменные состояния определяются на основе измеренных или расчетных данных, хранящихся в базе данных или путем обработки когнитивной модели знаний образа атомного реактора машиной логического вывода.

Переменные состояния глобуса генерируются ежесекундно и в зависимости от процессов, происходящих в реакторе, глобус может менять:

- скорость вращения;
- форму за счет вытягивания по полюсам или экватору;
- положение параллелей;
- положение меридианов;
- цвет;
- покрытие своей поверхности белыми пятнами (показатель деградации системы измерений).

Все изменения конфигурации фигуры глобус Башлыкова описаны в наставлении по эксплуатации этого когнитивного образа как проблемные ситуации, для каждой из которых определены необходимые управляющие решения (управляющие действия). Оператор-технолог, управляющий реакторной установкой, обучен этим действиям, которые необходимо предпринять в тех или иных проблемных

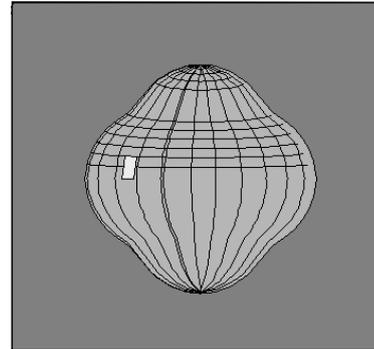


Рис. 1. Состояние зоны реактора в виде глобуса Башлыкова

ситуациях, отражаемых переменными состояниями глобуса.

В случае возникновения нештатных ситуаций СППР может разложить нештатную ситуацию на компоненты и объяснить степень их влияния на безопасность эксплуатации реактора.

4.2. Когнитивный образ балансных соотношений основных параметров энергоблока АЭС

В интеллектуальной СППР «СПРИНТ-РВ» [29, 30] для энергоблока № 5 Нововоронежской АЭС одним из множества когнитивных образов используется динамический когнитивный образ балансных соотношений основных параметров энергоблока, а именно: давления в первом и во втором контурах, тепловой и электрической мощности и состояния технологических систем, поддерживающих заданные балансные соотношения (Рис. 2).



Рис. 2. Динамический когнитивный образ для контроля балансных соотношений энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000

В нормальном состоянии работы энергоблока его переменные состояния представляются в виде образа - зеленый крест и четыре зеленых круга. Крест отражает соотношение балансов (давления в первом и втором контурах, нейтронной и электрической мощности энергоблока). Каждый круг состоит из набора секторов, отображающих состояния соответствующих технологических систем, отвечающих за поддержание балансных соотношений. При изменении размеров и цвета креста (ситуация нарушение баланса) оператор имеет возможность видеть на соответствующих круговых элементах образа (его секторах) изменения формы и цвета секторов состояния технологических систем (ситуация отказы в технологических системах) – причину из-за чего произошло нарушение баланса. При эксплуатации, приведенный на Рис. 2, когнитивный образ дополнен отображением технологических состояний главных циркуляционных насосов (ГЦН) и редукционных клапанов (БРУА, БРУК).

4.3. Когнитивные образы представления состояния активной зоны реактора АЭС

Активная зона ядерного реактора - пространство, в котором происходит контролируемая цепная реакция деления ядер тяжелых изотопов урана или плутония. В ходе цепной реакции выделяется энергия.

В состав активной зоны входят:

- ядерное топливо, основой которого является ядерное горючее — делящееся вещество;
- замедлитель (в реакторах на тепловых нейтронах);

- теплоноситель, передающий образующееся тепло за пределы реактора, например для привода электрических генераторов;

- устройства систем управления и защиты реактора.

Когнитивный образ активной зоны энергоблока с реактором ВВЭР-1000 представлен на Рис. 3.

5. Интеллектуальный операторский интерфейс в СППР для операторов АЭС

Интеллектуальный четырехоконный операторский интерфейс в СППР «СПРИНТ-РВ» представлен на Рис. 4. Данный интерфейс позволяет ЛПР одновременно видеть: состояние контролируемой технологической системы САОЗ (системы аварийного охлаждения зоны реактора), сигнализацию аномалий, возникших в контролируемых технологических системах средствами экспертной системы диагностики, когнитивный образ состояния реактора в виде глобуса Башлыкова, гипертекстовую поддержку ЛПР по технологическому регламенту эксплуатации энергоблока и эксплуатационным инструкциям.

Интеллектуальная СППР контроля безопасности работы энергоблоков и выполнения графика несения нагрузки по обобщенным параметрам «ОКО» для Кризисного центра концерна «Росэнергоатом» [33] является информационной автоматизированной компьютерной многопользовательской системой.

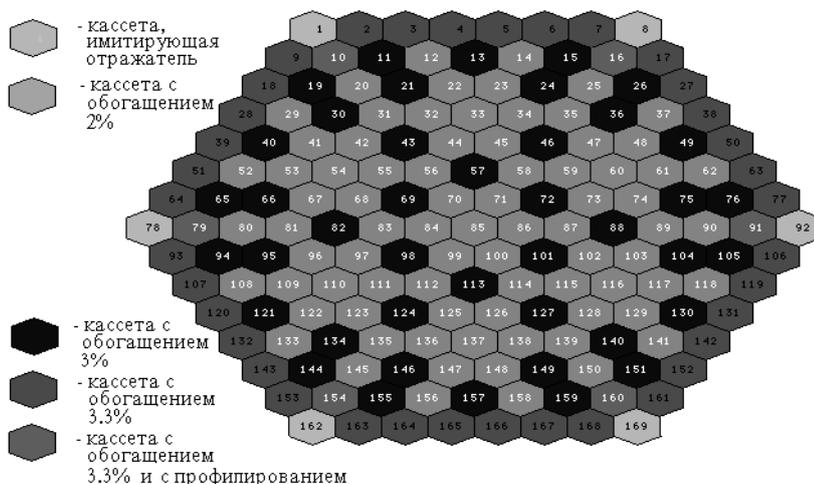


Рис. 3. Когнитивный образ активной зоны энергоблока с реактором ВВЭР-1000

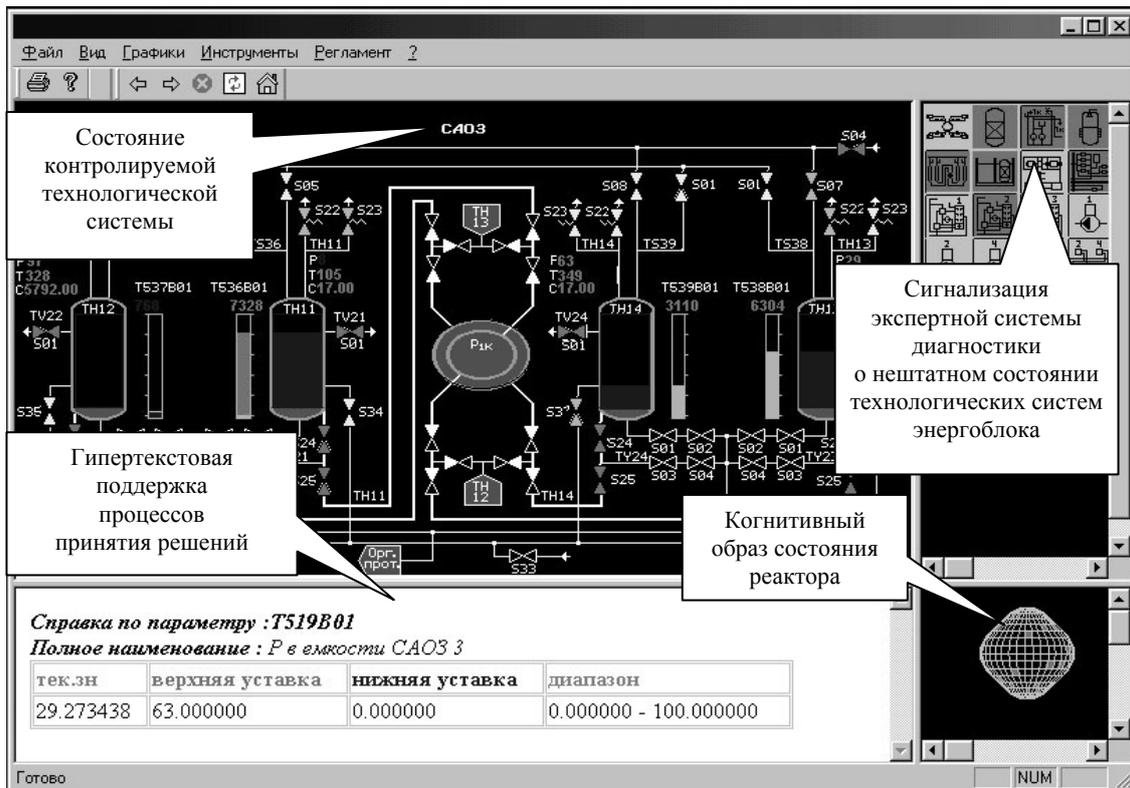


Рис. 4. Интеллектуальный операторский интерфейс СППР «СПРИНТ-РВ» с когнитивным образом состояния реактора

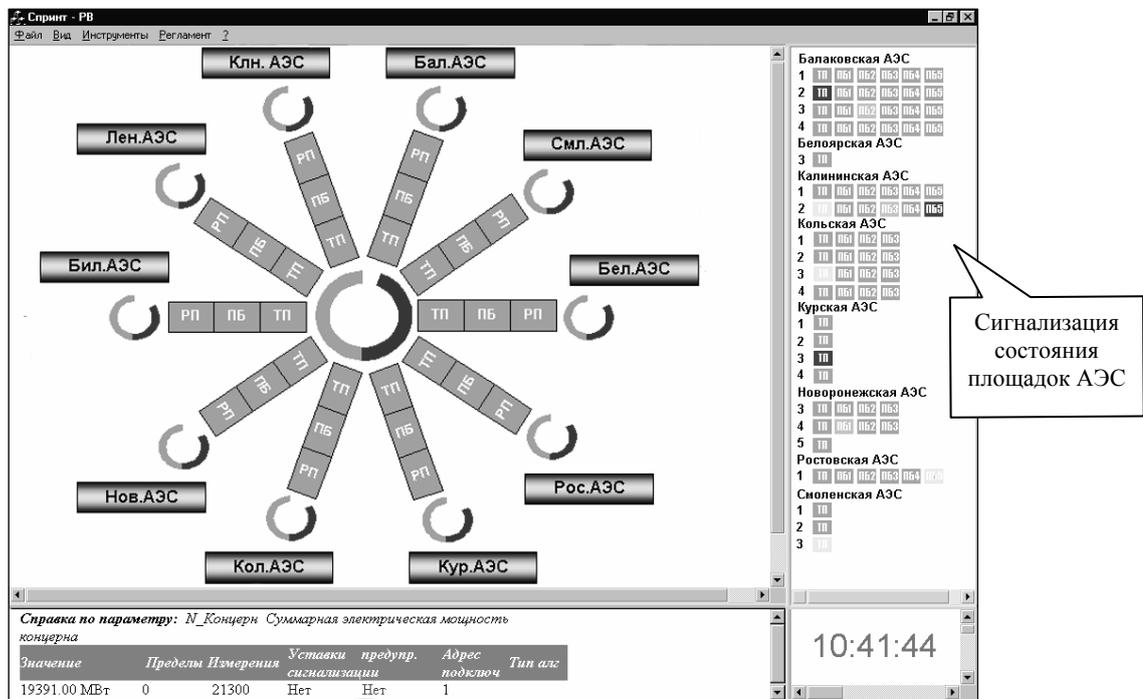


Рис. 5. Операторский интерфейс СППР «ОКО»

СППР «ОКО» предназначена для решения задач информационной поддержки принятия решений при ведении оперативного контроля состояния энергоблоков АЭС на площадках с рабочих мест ЛППР (диспетчерского и административного персонала) Кризисного центра концерна «Росэнергоатом».

Интеллектуальный пользовательский интерфейс основан на методах ККГ. Он образно представляет состояния площадок АЭС с точки зрения соответствия плановых и текущих показателей (ТП) выработки электроэнергии энергоблоками на площадках АЭС, безопасности (ПБ) и параметров радиационной обстановки в 30-ти километровой зоне (РП). Плановые и текущие показатели выработки электроэнергии представляются в виде полукругов (Рис. 5).

6. Интеллектуальный операторский интерфейс в СППР для управления транспортировкой нефти в трубопроводных системах

Для СППР диспетчерского контроля и управления Компании ОАО «АК «Транснефть» - «СКУТОР» [34] на основе разработанных инструментальных средств системы «КОГРА-РВ» создан прототип образного представления состояния транспортных потоков компании (Рис.6). Характеристики потока изображены

гистограммой, отображающей его состояние на трубопроводе. Состояние ОАО МН (эксплуатирующие трубопровод дочерние компании) представляются образом типа «ромашка». Элементы ромашки несут следующую информацию: состояние резервуарного парка – отображены сектором, расположенным в центре «ромашки»; переменные состояния - лепестками ромашки.

В единой системе управления (ЕСУ) нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) [35-37] для интеллектуального операторского интерфейса диспетчера территориального диспетчерского пункта (ТДП) разработан прототип динамического образного представления состояния готовности технологии к изменению режима работы нефтепровода (Рис. 7).

Заключение

Рассматривая интуицию и образное мышление как неотъемлемые составные части мыслительной деятельности ЛППР, оказывающие серьезную помощь в принятии решений, нужно признать, что хотя механизмы работы мозга в этих случаях не до конца прояснены, имеется возможность реализовать достаточно непротиворечивую рабочую гипотезу образного представления информации в конкретных системах человеко-машинного управления типа интеллектуальных СППР.

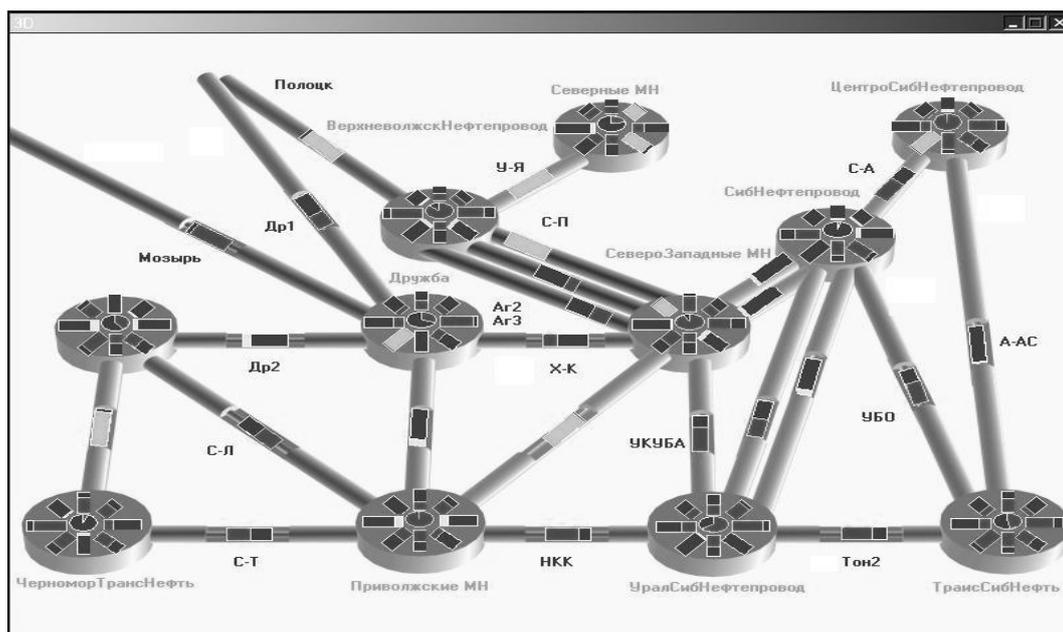


Рис. 6. Когнитивный интерфейс для диспетчера ОАО «АК «Транснефть»

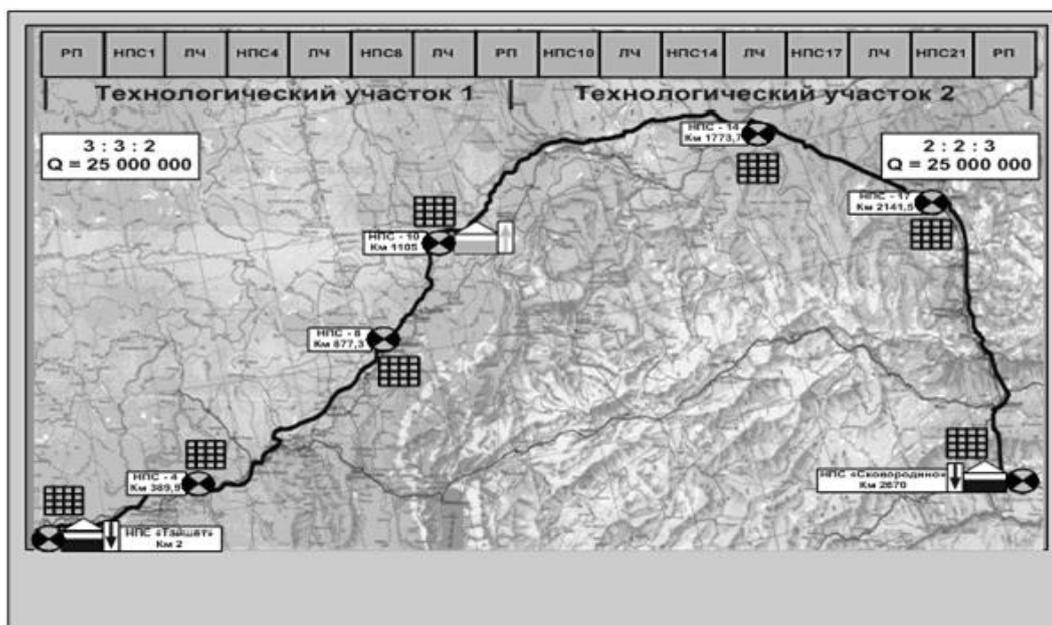


Рис. 7. Когнитивный интерфейс диспетчера ТДП в ЕСУ ТС ВСТО

Литература

1. Пойа Д. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание: Пер. с англ. /Под ред. И.М. Яглома. - М.: Наука, 1976. - 448 с.
2. Брунер Дж. Психология познания. - М.: Прогресс, 1977.
3. Солсо Р.Л. Когнитивная психология. - М.: Тривола, 1996. - с. 598.
4. Гришин В. Г. Образный анализ экспериментальных данных. М.: Наука, 1982.
5. Пушкин В.Н. Оперативное мышление в больших системах. М.: Энергия, 1965.
6. Зенкин А. А. Когнитивная компьютерная графика. М.: Наука, 1991.
7. Башлыков А.А. Методы когнитивной графики для образного представления состояний энергоблока АЭС. Труды международного форума информатизации. М.: Машиностроение, 1994, с. 92-98
8. Кляцки Р. Память человека. Структуры и процессы. - М.: Мир, 1978.
9. Вертгеймер М. Продуктивное мышление. - М.: Прогресс, 1978.
10. Юнг К. Структура психики и процесс индивидуации. - М.: Наука, 1996.
11. Юнг К. Психологические типы. - СПб-М.: Ювента, Прогресс-Универс, 1995.
12. Губерман Ш.А. Теория гештальта и системный подход// Системные исследования. Ежегодник. - М.: 1984.
13. Shepard R.N. The mental image. \ Amer. Psychologist. - 1978. - Vol. 33. pp. 125-137/
14. Paivio A. Mental imagery in associative learning and memory \ Psychological Review. - 1969. - Vol. 76. - h. 241-263
15. Кобринский Б.А. Отражение образного мышления в системах искусственного интеллекта \ VI Межд. Конф. «Знание-Диалог-Решение» KDS-97: Сб. научн. Трудов. - Ялта. - 1997. - Т.1, с. 29-36.
16. Кобринский Б.А., Фельдман А.Е. Анализ и учет ассоциативных знаний в медицинских экспертных системах. // Новости искусственного интеллекта. - 1995. - № 3. - с. 90-96.
17. Валькман Ю.Р. Графическая метафора - основа когнитивной графики // В сб. Научн. тр. Национальной конф. с между. участием "Искусственный интеллект-94" (КИИ-94). Рыбинск, 1994. с. 94- 100.
18. Максимов В.И., Корноушенко Е.К. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач. Труды ИПУ, вып.2, 1998.
19. Поспелов Д.А. Десять «горячих точек» в исследованиях по искусственному интеллекту. В сб. Интеллектуальные системы» - М.: МГУ. 1996. Т.1, вып. 1-4. - с.47-56.
20. Башлыков А.А. Павлова Е.В. Интеллектуальный пользовательский интерфейс системы СПРИНТ-РВ на основе методов когнитивной графики. Труды 5-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием. Казань, 1996, с. 385-387
21. Ракчеева Т.А. Анализ ритмической структуры данных методами когнитивной графики. // Изв. АН СССР, серия "Техническая кибернетика". М. 1992. № 5. с. 35-49.
22. Кабулов Б.Т. : "Метод построения лиц Чернова, ориентированный на интервальные оценки параметров", М., Техническая кибернетика, 1991, № 3.
23. Поспелов Д.А. Когнитивная графика - окно в новый мир. // Программные продукты и системы. 1992. с. 4-6.
24. Кокс Д. Взаимопроникновение искусства и науки в суперкомпьютерной графике. Материалы Международной конференции по компьютерной графике "Графи-Кон-91", М. 1991 - с. 79-94
25. Байдун В.В., Литвинцева Л.В., Налитов С.Д. Графические средства для построения систем когнитивной графики и виртуальных миров // Программные продукты и системы. 1995.
26. Бахарев И.А., Ледер В.Е., Матекин М.П. Инструментальные средства интеллектуальной графики для ото-

- бражения динамики сложного технологического процесса // Программные продукты и системы. 1992. с. 34-37.
27. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998, 360 с.
 28. Башлыков А.А. КОГРА-РВ интеллектуальная информационная система для образного представления состояния реакторной установки энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000. Труды 8-й национальной конференции по искусственному интеллекту. М. 2002.
 29. Башлыков А.А. СПРИНТ-РВ - интеллектуальная информационная система реального времени для поддержки принятия решений при управлении режимами работы сложными экологически опасными объектами и технологиями на базе промышленных ЭВМ. - М.: ПРИБОРЫ. 2001. № 2, с.24 -26.
 30. Гвишиани В.А., Бритков В.Б., Башлыков А.А., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. – М.: Эдиториал УРСС, 2001, 303 с.
 31. Rantanen E.M., Goldberg J.H. Perception of symmetry in polygon displays // NPIC&NMIT'96. Vol. 1 P. 459-466.
 32. Vicente K.J., Wang J.H. Taking full advantage of process constraints in advanced interface design // NPIC&NMIT'96. Vol. 1. P. 405-411.
 33. Башлыков А.А., Ильинский А.Н., Абраменко В.О., Колесник А.И. «ОКО» - информационная корпоративная система контроля безопасности работы энергоблоков и выполнения графика несения нагрузки по обобщенным параметрам. Приборы. № 9. 2003, с.22-30.
 34. Башлыков А.А., Нашубский В.А., Бабицкий С.Л., Павлова Е.В., Абраменко В.О. Опыт разработки и эксплуатации распределенной информационной системы поддержки принятия решений СКУТОР по контролю и управлению техническим обслуживанием и ремонтом магистральных нефтепроводов в ОАО «АК «Транснефть» Проспект ОАО «АК «Транснефть» к международной выставке «Нефтегаз-2000». М. 2000.
 35. Башлыков А.А., Афров А.М., Вдовин В.В., Дрожжинов С.Ф., Лыгин М.А. Единое автоматизированное управление распределенными объектами трубопроводных транспортных систем. М.: Трубопроводный транспорт № 1, 2008, с. 46-57.
 36. Башлыков А.А., Афров А.М., Вдовин В.В., Дрожжинов С.Ф., Лыгин М.А. Математическое моделирование как инструмент верификации технологических алгоритмов и режимов управления магистральными трубопроводами. М.: Трубопроводный транспорт № 1, 2008, с. 70-77.
 37. Башлыков А.А. Принципы построения средств интеллектуальной поддержки принятия решений диспетчером ТДП в ЕСУ ТС ВСТО.- М: Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. ВНИОЭНГ. № 11. 2009, с. 18-29.

Башлыков Александр Александрович. Доцент кафедры прикладной математики Национального исследовательского университета МЭИ. Кандидат технических наук. E-mail: bashlykovAA@mpei.ru