

УДК 004.8

А. В. Колесников, С. Б. Румовская, Э. В. Ясинский

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ
ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКОЙ
МЕТОДАМИ КОГНИТИВНЫХ ГИБРИДНЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Часть 4

49

Поступила в редакцию 08.11.2021 г.

Рецензия от 23.11.2021 г.

В условиях разнообразия и неопределенности информации резко обострились вопросы создания новых эффективных интегрированных моделей представлений знаний и когнитивного моделирования механизмов концептуализации, категоризации, трансформации, именования и деформации оперативных образов ситуаций и состояний. Визуализация пространственно-временных отношений на ресурсах и действиях для выражения семантики состояния сложной системы, внесение в поддерживающие решения процедуры психологически обоснованных эвристик функциональной системы предметного действия и динамического оперативного образа показывает структуру и динамику изменения оперативного образа. В работе представлены результаты исследования содержания концептов «событие», «ситуация», «состояние», «режим» оперативной деятельности и выявлены разночтения, а также описаны понятия «когнитивный образ» и «динамика оперативного образа» объекта оперативно-технологического управления, их модели, вербально-предикативная и предметно-изобразительная составляющие в региональной интеллектуальной электроэнергетике.

Because of the diversity and uncertainty of information, the creation of new effective, integrated models of knowledge representations and cognitive modeling of the mechanisms of conceptualization, categorization, transformation, naming and deformation of operational images of situations and states have become particularly acute. Visualization of spatial and temporal relations on resources and actions to express the semantics of the state of a complex system, the introduction of psychologically justified heuristics of the functional system of substantive action and a dynamic operational image into the supporting decision procedures will show the structure and dynamics of changes in the operational image. The paper presents the results of the study of the content of the concepts "event", "situation", "state" and "mode" of operational activity. Here, we also describe concepts and models of "cognitive image" and "dynamics of the operational image" of the object of operational and technological control, their verbal-predicative and subject-pictorial components in the regional intellectual electric power industry.



Ключевые слова: интеллектуальные системы управления, когнитивный образ, оперативный образ, когнитивные гибридные интеллектуальные системы, язык отношений и связей, предметно-изобразительные представления языка

Keywords: intelligent control systems, cognitive image, operational image, cognitive hybrid intellectual systems, language of relations and links, subject-figurative representations of language

Введение

50

Настоящая работа — четвертая часть публикации с единым названием, логически увязанная с содержанием первых трех частей [1–3], в которых были рассмотрены: 1) результаты анализа особенностей и структуры системы оперативно-технологического управления региональными электроэнергетическими системами на примере Калининградской области; 2) результаты исследования объекта оперативно-технологического управления с онтологической и математической точек зрения; 3) результаты анализа субъекта (человеческого фактора) оперативно-технологического управления в региональной интеллектуальной электроэнергетике, его внешней среды, особенностей восприятия им информации и его мыслительных механизмов, а также языка профессиональной деятельности субъекта управления. Также в предыдущих публикациях описаны категориальный базис модели мира оперативно-технологической действительности и структура языка отношений и связей оперативно-технологического управления региональной интеллектуальной электроэнергетикой.

В настоящей работе изложены результаты моделирования когнитивных механизмов схематизации предметно-изобразительных, образных представлений о событиях, ситуациях, режимах и состояниях объекта управления у оперативных работников единых центров управления сетями (ЕЦУС), центров управления сетями (ЦУС) и оперативно-диспетчерских служб (ОДС). Развивая идеи Д. А. Поспелова и В. Н. Пушкина, мы также неразрывно связываем качество и надежность диспетчерского труда с построением в структурах мозга посредством «языка» информационных аналогов ресурсов той среды, в которой живет и действует человек-оператор. Воссоздавая тот или иной ресурс окружающей среды, оператор фиксирует его свойства относительно времени и в своем сознании изменяет отражаемый ресурс, преобразует его. Благодаря способности строить информационные модели («внутренние образно-концептуальные модели обстановки», по Г. В. Дружинину [4], «образно-концептуальные модели обстановки», по С. И. Магиду [5], «концептуальные модели деятельности», по С. А. Дружилову [6]), которые следует отличать от информационных моделей-мнемосхем на «языке мнемонического изображения», по Д. А. Ошанину, оператор апробирует варианты поведения «про себя», прежде чем начать действовать.



Предметно-изобразительные представления в мирах событий, ситуаций, состояний, режимов и поведения языка отношений и связей оперативной деятельности в региональной интеллектуальной электроэнергетике

Для развития у оперативного персонала целостного видения мира, накопления опыта использования визуальных, интегрированных образов ресурсов и их отношений и выработки релевантных действий в [7] исследованы отношения инцидентности точек и линий в топологическом и метрическом пространствах с использованием теоретико-множественных и предикативных представлений и рассмотрен язык предметно-изобразительных кодов (ПИ-кодов) — сжатых, редуцированных, контурно представимых образных схем, смысловое содержание которых сопровождается наглядным образом. ПИ-коды схематизируют изображения ресурсов, свойств и действий, комбинируя базовые формы предметно-изобразительного базиса (ПИБ), язык отношений и связей (ЯОС) и оперативно-технологическое управление (ОТУ) [3, рис. 5] в интерактивной машинной графике и экранных, метрических координатах.

В [3] было представлено ПИ-кодирование событий, ситуаций, состояний, режимов и поведения концептуальной схемы ЯОС ОТУ. События локализованы в реальном мире. Факт, по Н. Д. Арутюновой, — явление когнитивной сферы, а событие — неотъемлемая часть реальности.

Факт (от лат. *factum* — сделанное, совершившееся) — синоним понятий «истина», «событие», «результат»; нечто реальное в противоположность вымышленному; конкретное, единичное в отличие от абстрактного и общего [8].

Событие — категория, занимающая важное место в психологии, социологии, философии, математике, лексикологии, юриспруденции [9].

Событие — в широком смысле то, что произошло, то или иное значительное явление, факт общественной или личной жизни, нечто, что происходит / случается: нечто, что кто-то делает (действие), или нечто, что происходит с кем-то / чем-то (изменение состояния). Событие ориентировано на поток происходящего в реальном пространстве и времени. Различаются следующие характеристики (параметры) категории «событие»: факт, изменение, время, пространство. Параметр «изменение» включает в себя изменение состояний через проявление ресурсом некоторого свойства во времени либо изменение количества и качества ресурсов, свойств и отношений. Параметр «время» характеризует события как «временные сущности», организованные, упорядоченные и взаимосвязанные вдоль оси времени. Параметр «пространство» соотносит поток происходящего с пространственными ориентирами, локализует его составные части. Событие, по Г. Ф. фон Райту, — отношение между двумя состояниями дел определенного вида. Л. Талми моделирует «события» универсальной формулой с такими компонентами, как



познающий субъект, оценивающий взаимодействие, агент (активный субъект действия) и пациент (объект подвергаемый изменению), а суть изменений проявляется в определенных пространственно-временных рамках. По О.Н. Селиверстровой, событие – мгновенное действие, по Р.Р. Поповой – значимое для субъекта изменение в окружающей действительности, в его поведении и внутреннем мире. Граница события определяется полнотой отражения этих изменений в психике субъекта [9].

Однако исследования показали, что существует неопределенность в определении понятия «событие», связанная с использованием понятия «ситуация»: либо их семантически (содержательно) отождествляют, либо считают события структурными элементами ситуации.

Ситуация (от лат. *situatio* – положение) – сочетание условий и обстоятельств, создающих определенную обстановку, положение [10]. Понятие «ситуация» возникает при взаимодействии субъекта с окружающей действительностью и включает самого субъекта, окружающую среду и взаимодействия между ними.

Ситуация, по К. Левину, А.Ф. Бурлачуку и Е.Ю. Коржовой, – система субъективных и объективных элементов, объединяющихся в деятельности субъекта. Субъективные элементы включают в себя межличностные отношения, социально-психологический климат, групповые нормы, ценности, стереотипы сознания, объективные элементы – экономические, социальные, религиозные, интеллектуальные ценности, культурные, географические, физические, биологические особенности. Субъективная ситуация придает личностную значимость ситуации объективной; по Р.Р. Поповой – отражает разнообразие взаимодействий субъекта и объективной реальности во время существования ситуации [9]. В ситуациях-системах представлены закономерные причинно-следственные связи в каждом из событий и между событиями. Ситуации-случаи образованы случайными связями между событиями, производными от их пространственно-временных совпадений.

Ситуация аварийная – изменение в нормальной работе оборудования, создающее угрозу возникновения аварии [11].

Событие в электросети, по Л.С. Штейнбок, – изменение состояния режима, о котором необходимо уведомить диспетчера [12]. Это коммутационные переключения, нарушение технологических пределов, информация о работе средств релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА), существенное изменение состояния важных параметров режима, появление некоторых информационных признаков.

Общим в понятиях «ситуация» и «событие» является то, что они не существуют вне субъекта, несут в себе аспект изменения и имеют пространственно-временную локализацию. Отличие состоит в том, что понятие «ситуация» связывается с процессами, а «событие» – с изменениями / результатами. События можно рассматривать как структурные компоненты ситуации. И ситуации, и события имеют границы. Параметрические образы ситуаций приведены на рисунке 1.

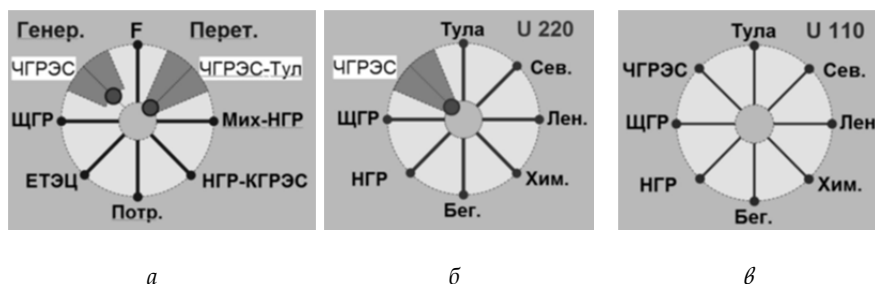


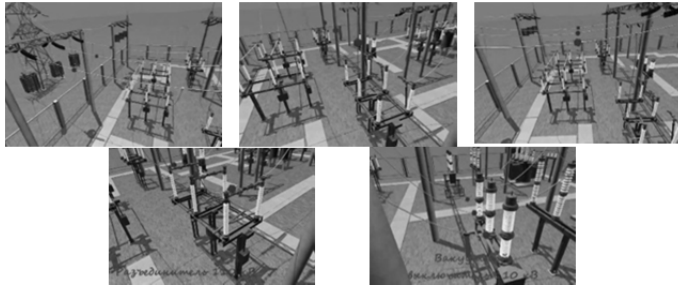
Рис. 1. Параметрические образы ситуаций технологии SitVision на ситуационном экране диспетчерского пункта региональной энергосистемы [12]:

a – образ режима по мощности (данные мощности основных электростанций энергосистемы, перетоков активной мощности по основным ЛЭП, данные потребления и частоты); *b* – образ режима по напряжению 220 кВ (данные в контрольных пунктах сети 220 кВ); *v* – образ режима по напряжению 110 кВ (данные в контрольных пунктах сети 110 кВ)

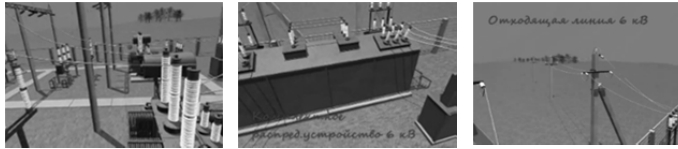
На рисунках 2, 3 представлены снимки ситуаций с учебных видеоматериалов по 3D-моделированию трансформаторных подстанций, подготовленных Новотроицким филиалом Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» и интересных с точки зрения создания у оперативного персонала когнитивных предметно-изобразительных представлений о составе, устройствах, структуре и функционировании объекта ОТУ. Здесь очевидна смена ситуаций, состояний коммутационного оборудования, а также попытка отобразить в динамике технологический процесс преобразования и распределения энергии электромагнитного поля, которая показана движением по проводам трехфазной сети от «входа» до «выхода» с подстанции через коммутационные аппараты и трансформаторы трех синих шаровидных объектов, кодирующих семантику энергии электромагнитного поля (рис. 2). На другом видео (рис. 3) электродинамика представлена иначе: разноцветными стрелками, кодирующими семантику движения энергии электромагнитного поля по сетевым проводам, магистральным и распределительным шинопроводам.

Категория «состояние» – важнейшая в философии, естественных науках, в частности в физике, теории систем, системном анализе и теории управления, языкознании и лингвистике, медицине и психологии.

Состояние в общем плане – внешние или внутренние обстоятельства, в которых находится кто-либо, что-либо; пребывание в каком-либо положении; положение, в котором кто-либо, что-либо находится; расположение духа; настроение; звание; имущество, собственность частного лица [15]. Термин «состояние» – составная и центральная часть понятийной сетки современного теоретического знания «объект – состояние – закон» [16].



а



б

Рис. 2. Снимки с видео «Модель подстанции» [13]:
а – ситуация «поступление электроэнергии на вход подстанции;
трехфазный переменный ток “прошел” ВЧ-заградители»;
б – ситуация «уход электроэнергии в отводящую линию 6 кВ»



Рис. 3. Снимки с видео «Визуализация подстанции»
в виртуальном трехмерном пространстве [14]

Состояние, по Аристотелю, – явление неустойчивое, быстро изменяющееся и исчезающее. Всякое состояние предмета проявляется лишь в определенных отношениях, вне которых судить о наличии того или иного состояния невозможно. Состояние, по И. Канту, – способ существования субстанции с присущим ему свойством постоянно меняться в своих проявлениях; всякий переход из одного состояния в другое совершается во времени, заключенном между двумя мгновениями, причем первое из этих мгновений определяет состояние, из которого выходит вещь, а второе – состояние, к которому она приходит. Состояние, по Г. Гегелю, можно определить через отношения к категориям «бытие», «субстрат», «ничто», «качество», «количество», «мера», «свойство», «изменение» и др.

Состояние механической системы, по И. Ньютону, обнаруживается через «мгновенное сечение» ее параметров – равноценных, обладающих объективным свойством совместного существования и непрерывностью основных динамических характеристик.



Состояние электромагнитного поля характеризуется векторами электрической и магнитной напряженности. Это новое понятие электродинамики, изучающей новый вид реальности, сохранило детерминизм описания изменения состояний. Изменение состояния поля в пространстве и времени характеризуется уравнениями Д. К. Максвелла, вскрывшего связь покоящихся зарядов и «движущегося электричества».

Квантовое состояние — «взгляд» на динамику сложных энергосистем (ЭС) сквозь призму двух уровней описания состояний в квантовой механике: на одном эмпирически наблюдаемы и специфически «окрашены» понятия «возможность», «случайность», «неопределенность», «явление» и «изменчивость», на другом проявляются категории действительности, необходимости, определенности, сущности и устойчивости. Волновая функция связывает и обобщает в себе оба уровня описания, раскрывает семантику структуры реальности ЭС [17].

Слова категории состояния в русском языке — неизменяемые слова, которые по значению могут передавать состояние природы, погодные условия (*тепло, морозно, холодно, жарко, ветрено, туманно, дождливо, солнечно, знойно, пыльно*); состояние природной среды (*сыро, темно, сухо, светло, грязно, влажно*); физическое состояние живых существ (*больно, зябко, противно, душно, тяжело, легко*); душевное, психическое, интеллектуальное состояние человека (*стыдно, досадно, страшно, нервно, неосознанно, инстинктивно, безразлично, радостно, смешно, жалко, приятно, совестно, интересно, ясно, понятно*); модальную, эмоциональную оценку состояния (*нужно, нельзя, верно, правильно, трудно*). Впервые эту особую часть речи выделил Л. В. Щерба [18].

Состояние в системном подходе, по В. И. Кемкину, — целостная, интегративная характеристика систем, обладающая определенной иерархической структурой параметров состояния в «фиксированный» момент времени. Это фундаментальное, общесистемное понятие, характеризующее системы разных классов, их специфические особенности, строение, функционирование и развитие. Управление сложными динамическими системами изучается кибернетикой. Такие системы способны к развитию и изменению своего состояния. Категории «объект», «состояние», «закон» определяют две основные интерпретации семантики информации: как «снятой неопределенности» (связь с понятиями «выбор», «неопределенность», «энтропия»), по К. Э. Шеннону и Р. Хартли, и в рамках «концепции разнообразия» (У. Р. Эшби и В. М. Глушков) [16].

Понятия «сложная динамическая система», «информация», «организация», «управление» по своему содержанию и функциям в познании давно стали междисциплинарными. В основе управления лежит процесс отклонения действительного состояния системы от заданного — активного источника новых изменений (взаимодействий), возвращающих систему управления в заданное состояние различением своих состояний и выбором из них нормального (нормативного, планового), оптимального или рационального, соответствующего разумным представ-



лениям. Так проявляется способность сложной динамической системы сохранять качественную определенность и переходить из одного состояния в другое в количественно и/или качественно оцениваемых пределах. Организация системы «заложена» внутрь управления и связанных с ним процессов изменения [16].

Переменные состояния в динамической теории систем изменяются в соответствии с дифференциальными уравнениями движения, описывающими «внутреннее» поведение системы посредством переменных ее состояний. При внешнем описании система представляется «черным ящиком» в терминах «входов» и «выходов». Формально внутреннее и внешнее описания связаны как два целевых «языка», допускающих однозначный перевод, и могут быть выражены в терминах «языка описания (переменных) состояния».

Состояние гибридной интеллектуальной системы (ГиИС) по А.В. Колесникову. ГиИС функционирует в неоднородном пространстве состояний. Каждый элемент изменяет только свою компоненту вектора состояния. В некоторый момент времени, рассчитываемый одним из технологических элементов (ТЭ), например экспертной системой, или совпадающий с моментом времени завершения работы функционального элемента (ФЭ), однородное функционирование текущего ФЭ прерывается и ГиИС скачком переходит в состояние, определяемое уже другим ФЭ. В момент времени, когда отработают все ФЭ, ГиИС в порядке, определяемом декомпозицией сложной (неоднородной) задачи, также устанавливаемой ТЭ, выдается результат. Известны разные варианты организации функционирования ГиИС [19].

Состояние режима сети и оборудования, по Л.Д. Штейнбок, — коммутационное, технологическое, параметрическое (отдельно или в комбинации) состояние отображаемого элемента, участка или режима схемы сети или энергообъекта [12].

Техническое состояние [20] — совокупность подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств средства, характеризуемая в определенный момент времени определяющими параметрами (признаками), установленными технической документацией на это средство. Виды технического состояния: «исправность», «неисправность», «работоспособность», «неработоспособность», «правильное функционирование» и «неправильное функционирование». Техническое состояние сети — совокупность свойств, которые характеризуют в определенный момент времени соответствие объекта требованиям норм и условиям обеспечения технологического процесса [21]. Для определения показателя технического состояния объектов ЭС используется величина физического износа, обратная индексу технического состояния [22].

Режим, по С.И. Ожегову и Н.Ю. Шведовой, — в широком смысле распорядок дел, действий рабочего дня; условия деятельности, работы, существования чего-нибудь; государственный строй (обычно об антинародном, антидемократическом строе) [23]. Также под режимом понимают совокупность параметров технического устройства, условий



его эксплуатации и порядка функционирования (фактических или требуемых для получения нужного результата) [24]. Режим полета — состояние устойчивого движения летательного аппарата, при котором параметры, характеризующие это движение в пространстве, остаются неизменными в течение определенного необходимого времени (например, режим горизонтального полета определяется постоянством скорости, высоты, перегрузки, углов атаки, частоты оборотов двигателя и др. Режим работы двигателя — состояние работающего двигателя, характеризующее совокупностью значений мощности, а также параметров при принятом законе регулирования, определяющих происходящие в двигателе процессы, тепловую и динамическую напряженности его деталей (различают установившиеся и неустойчивые режимы работы двигателя).

Режим энергосистемы (англ. power network regime) [11] — единый процесс производства, преобразования, передачи и потребления электрической энергии в энергосистеме, характеризуемый его техническими параметрами, состоянием объектов ЭС и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии.

Режим работы электротехнического изделия, электротехнического устройства, электрооборудования (англ. operating regime of electrotechnical device equipment) — совокупность условий работы электротехнического устройства за определенный интервал времени с учетом длительности и последовательности этих условий, а также значений и характера нагрузки.

Режим электрической сети, по О. А. Бушуевой и А. И. Кулешову, — состояние сети в любой момент времени, характеризующееся определенными параметрами [25]. Эти параметры называются режимными: напряжения в узлах и токи в ветвях сети; активная и реактивная мощности нагрузок, потоки мощности, частота, потери активной и реактивной мощности в элементах сети.

Режим электрической сети, по Е. А. Конюховой, — электрическое состояние сети [26]. При анализе работы сети различают *параметры элементов сети* (электродвижущую силу источников и задающие токи (мощности) нагрузок) и *параметры ее режимов* (значения частоты, токов в ветвях, напряжений в узлах, фазовых углов, полной, активной и реактивной мощностей электропередачи, а также значения, характеризующие несимметрию трехфазной системы напряжений или токов и несинусоидальность изменения напряжения и токов в течение периода основной частоты).

При работе в нормальном установившемся режиме значения основных параметров (частоты и напряжения) равны номинальным или находятся в пределах допустимых отклонений от них, значения токов не превышают допустимых по условиям нагревания величин. Нагрузки изменяются медленно, обеспечивая возможность плавного регулирования работы электростанций и сетей и удержание основных параметров в пределах допустимых норм. Нормальным считается режим и при включении и отключении мощных линий или трансформаторов, а

также для резкопеременных (ударных) нагрузок, когда после завершения за доли секунды переходного процесса вновь наступает установившийся нормальный режим.

В переходном, неустановившемся режиме система переходит из установившегося нормального состояния в другое, установившееся с резко (скачкообразно) изменившимися параметрами. Послеаварийный установившийся режим наступает после локализации аварии в системе. Его параметры могут в той или иной степени отличаться от допустимых значений.

Новые формы отображения информации для представления текущего режима, состояния схемы сети и оборудования, динамики ситуации в целом в технологии SitVision [12]. Традиционно на средствах диспетчерского щита ГиИС отображаются состояние выключателей и цифровые значения параметров режима – мощности электростанций, перетоков активной мощности по основным связям, напряжения в контрольных точках сети. Однако подобные средства и методы отображения информации не позволяют быстро оценить динамику оперативной ситуации. Важно рассмотреть новые формы мгновенного представления изменений отдельных характеристик текущего режима (состояния схемы сети и оборудования, основных параметров режима), а также особенности динамики ситуации в целом (рис. 4, 5).

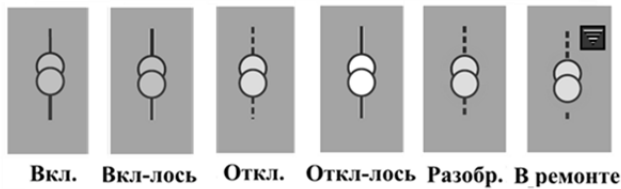


Рис. 4. Отображение состояния двухобмоточного трансформатора

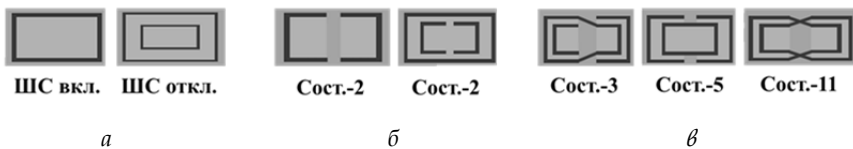
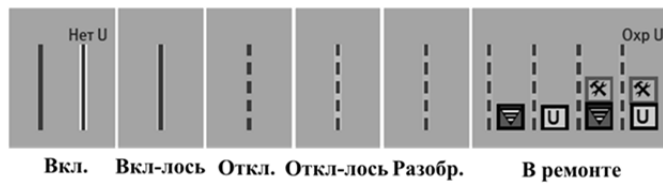


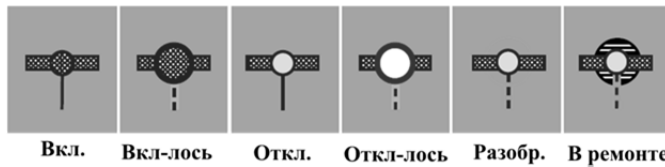
Рис. 5. Отображение электроподстанции (ПС) символом коммутационного состояния системных шин (СШ), форма которого определяется состоянием межшинных и межсекционных связей:

- а – отображение подстанции с двумя несекционированными СШ;
- б – пример отображения состояний ПС с одной секционированной СШ;
- в – пример отображения состояний ПС для схемы с двумя секционированными СШ и возможностью перекрестных связей

В технологии SitVision есть и другие новшества, в частности обобщенное иерархическое представление информации о схеме сети и обобщенное представление информации о коммутационном состоянии сети и оборудования (рис. 6, 7).

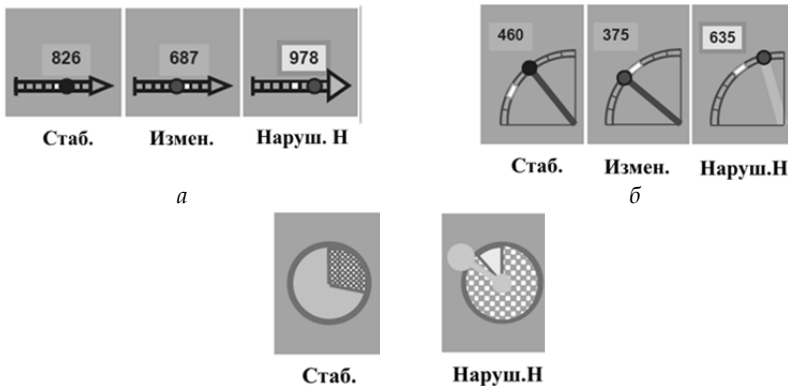


a



б

Рис. 6. Пример изображений на мнемосхеме:
a – состояния ЛЭП; *б* – состояния эквивалентного коммутационного аппарата



б

Рис. 7. Изображение на мнемосхеме ЦУС ОТУ состояний параметра режима при качественной индикации:
a – переток активной мощности по ЛЭП с совмещением качественной и количественной индикации на линейной шкале; *б* – для активной мощности электростанции с совмещением качественной и количественной индикации на круговой шкале;
в – для мощности генератора с качественной индикацией уровня его загрузки

В основе набора обобщенных коммутационных состояний сети и оборудования лежат реальные диспетчерские понятия: включено («Вкл.»); для ЛЭП и системных шин также отображается состояние «Включено, но обесточено» («Вкл.-Нет U») и др.

В [27] предложен когнитивно-графический образ «звезда» для визуализации состояния больных бронхиальной астмой (рис. 8). При ухудшении состояния пациента размер «звезды» увеличивается, а ее лучи могут удлиняться в разных направлениях.



Рис. 8. Когнитивно-графический образ «звезда» для диагностики состояния больных бронхиальной астмой

В [28; 29] отмечается, что отличительная особенность образного мышления операторов ОТУ — представление образа ситуации, состояния, режима как целостно воспринимаемого явления. Оперативные, когнитивные знания об отношениях между объектами могут быть представлены «мысленными образами» явлений реального мира, сформировавшимися в прошлом опыте. Обнаружение оператором определенного признака может вызывать у него эффект проникновения в суть возникшей ситуации, а мысленный взор увидит некий образ. 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 представляет собой энграмму¹, 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 картинка формируется параллельно, «сразу целиком» («увидел с одного взгляда»).

Когнитивный образ в интеллектуальных системах ОТУ АЭС — субъективная репрезентация состояния объекта связным набором графических динамических компонент представления состояния и правил, описывающих их технологическое взаимовлияние в различных ситуациях, которые в совокупности позволяют человеку-оператору образно оценить текущую ситуацию и выработать адекватные ей управляющие действия (рис. 9).

Ежесекундно генерируемые переменные состояния «глобуса» на рисунке 9, $b-e$ — параллели, меридианы, оси по полюсам и экватору, скорость его вращения относительно оси по полюсам, белые пятна (ячейки глобуса). Переменные состояния глобуса измеряются, рассчитываются или вычисляются обработкой когнитивной модели знаний образа атомного реактора машиной логического вывода. В зависимости от процессов в реакторе глобус может менять скорость вращения; форму за счет вытягивания по полюсам или экватору; положение параллелей; положение меридианов; цвет; покрытие своей поверхности

¹ Энграмма — «внутренняя запись», следы стимулов или раздражителей на протоплазме биологического объекта. Различают статические образы структуры объекта и модели, программы действий.



белыми пятнами (показатель деградация системы измерений). Информационная модель реактора включает семь наиболее важных единиц контроля: офсет; период реактора; контроль неравномерностей нейтронного поля; контроль мощности; термоконтроль; контроль системы измерения; контроль активной зоны. Значения этих контролируемых единиц контроля «накладывается» на фигуру глобуса с изменяющимися параллелями, меридианами, формой шара, цветом и скоростью вращения вокруг оси.

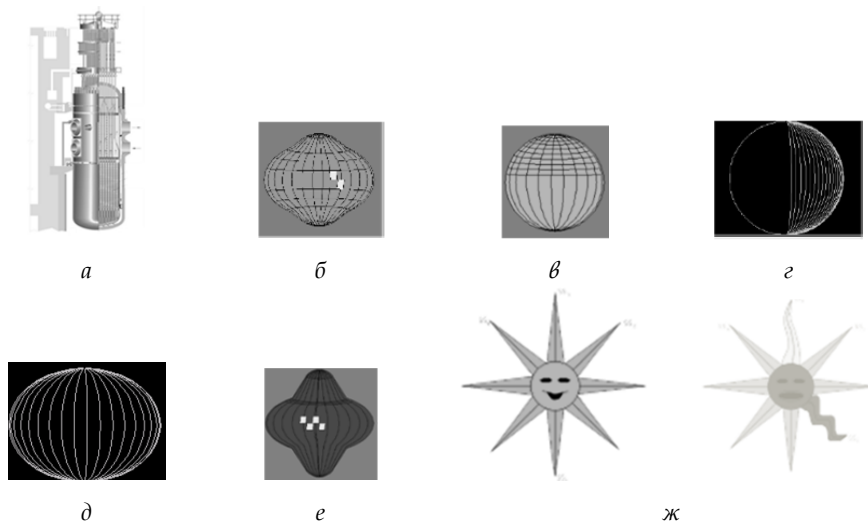


Рис. 9. Когнитивные образы в системе ОТУ АС:

- а* – схема атомного реактора ВВЭР-1000; *б* – модель-отображение (когнитивный образ) на экране компьютера состояния процессов в атомном реакторе ВВЭР-1000; *в* – образ представления при изменении интегрального параметра «аксиальный офсет» (отношение разности энерговыделения между нижней и верхней половинами активной зоны к их сумме; его изменение во времени дает наиболее правильное представление о колебательном процессе в активной зоне реактора); *г* – образ неравномерностей нейтронного поля реактора; *д* – образ представления данных по нарушениям режимов поддержания мощности реактора; *е* – образ представления данных по нарушениям термоконтроля в зоне реактора; *ж* – представление данных о режимах (состояниях) энергоблока в образах солнечного света

В когнитивной базе знаний хранятся правила изменения значений переменных состояния. В качестве примера рассмотрим два из них. Правило изменения образа интегрального параметра «аксиальный офсет»: *Знак и значение офсета управляет изменением положения параллелей по алгоритму (рис. 9, в). Если значение офсета > 0, параллели группируются выше линии экватора; если значение офсета = 0, параллели равномерно распределены по глобусу; если значение офсета < 0, параллели группируются ниже линии экватора.* Правило изменения образа неравномерностей нейтронного поля реактора: *Выход неравномерностей за уставки (технологические границы контроля) отражается изменением положения меридианов (рис. 9, г). Близость меридианов друг к другу пропорциональна количеству на-*



рушений уставок. На рисунке 9, ж дан пример представления информации на диспетчерском пульте крупного энергоблока. Процесс в целом отображается зеленым кругом с отходящими от него лучами-треугольниками зеленого цвета. Круг снабжен пиктограммой из серии «лица Чернова», раскрывающей семантику нормального режима. Треугольные лучи соответствуют подсистемам или обобщенным параметрам процесса. Около их окончания проставляются дифференцирующие ситуацию численные значения (на рисунке видны плохо). Смена режима (состояния) вызывает изменение цвета с зеленого на красный и мимики «лица Чернова». При этом одна подсистема отображается желтым цветом и «легкой» кривизной формы луча-треугольника, а вторая – красным цветом и «сильным» искривлением треугольной формы.

Применение компьютерной когнитивной графики в человеко-машинных системах ОТУ и оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) региональной интеллектуальной ЭС увеличивает скорость передачи информации для оператора, повышает уровень ее понимания и способствует развитию интуиции, профессионального «чутья» и образного мышления – независимых и сотрудничающих механизмов [30]. В образном и визуальном мышлении слова используются лишь как средство выражения, интерпретации уже выполненной оценки поведения образов, визуально определяющих образ состояния объекта управления.

В качестве «когнитивного образа процесса перекачки нефти» по технологическому участку магистрального нефтепровода (МН), состоящего из трубопровода с нефтеперекачивающими станциями и линейной частью, связывающими два нефтехранилища, взят образ «калейдоскоп», крутя который ребенок видит удивительный мир симметричных меняющихся цветных фигур. Рассматриваемый подход основывается на когнитивном образе «линия гидроуклона» (рис. 10, а) и ядре – диаграмме Кивиата. «Линия гидроуклона» образно характеризует распределение давлений в разных режимах функционирования нефтепровода и показывает различные ситуации. Диаграмма Кивиата единообразно отображает состояние множества контролируемых технологических участков одного или нескольких нефтепроводов и наличие в них аварийных ситуаций и сообщений об отклонениях от режима эксплуатации.

Когнитивный образ ядра «калейдоскопа» для восьми ТУ может быть визуализирован фигурой восьмигранника (рис. 10, б). Каждый его сектор представляет состояние конкретного технологического участка, которое отображается цветами: желтым маркируются сообщения-извещения, включающие события, не требующие принятия управляющих решений на конкретном ТУ МН; ярко-красный представляет сообщения «смена режима», которые включают события, требующие принятия управляющих воздействий; темно-красный отображает семантику сообщения «останов» и событий, требующих действий по остановке действия ресурса. Штатное состояние обозначается зеленым цветом.

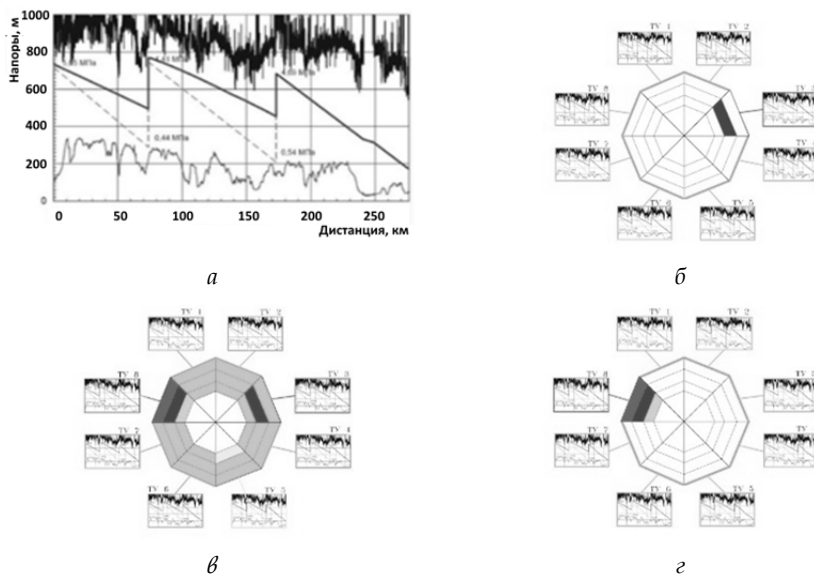


Рис. 10. Когнитивный образ «калейдоскоп» для поддержки принятия оперативно-диспетчерских решений по участку нефтепровода:
 а — когнитивный образ процесса перекачки нефти (мини-образ состояния объекта управления в виде линии гидроуклона); б — представление события типа «смена режима технологического участка магистрального нефтепровода (ТУ МН)»;
 в — представление события типа «останов ТУ МН»;
 г — пример обобщенного представления состояния ТУ МН

В зависимости от тяжести событий на каждом ТУ МН его мини-образ «линия гидроуклона» перекрашивается в соответствующий цвет, по которому оператор может определить приоритеты и выбрать конкретные управляющие действия.

Когнитивный и оперативный образы объекта оперативно-технологического управления региональной интеллектуальной электроэнергетики

Когнитивный образ (КО) объекта управления, по Д. А. Ошанину [31], — результат познавательной функции отражения, инструмент познания объекта управления, стремящийся к полноте отражения, содержащий информацию, отвечающую всей совокупности потенциально возможных воздействий на объект. В КО собрана вся относящаяся к объекту ОТУ потенциально необходимая информация как с количественной точки зрения, так и с позиции ее упорядочения и объединения. Когнитивный образ включает в себя все общие характеристики образа оператора как современного человека, его мировоззрения, а также «кладовую» сведений об объекте ОТУ. Он является избыточным, энтропийным и непрерывно развивающимся, может обогащаться, редуцироваться и внутренне переструктурироваться. Это средство выявления, «инвентаризации» потенциально полезных свойств объекта ОТУ. Когни-



тивный образ — открытая информационная система с гибким переключением с одних структур на другие в зависимости от изменения релевантных параметров. Легкая актуализируемость, высокая селективность, взаимосвязанность и пластичность парциальных структур КО обеспечивают возможность оперативного использования аккумулированных в нем данных об объекте ОТУ. Они позволяют человеку-оператору свободно располагать КО, сканируя организованную в нем информацию и тем самым постоянно «держат ее под рукой». Сканирование может идти как «вширь» по уровням наглядности, так и вглубь уровней. Структура КО по мере роста его информационного объема все больше приобретает характер классификационной схемы понятийного отражения.

Оперативный образ (ОО) объекта управления, по Д. А. Опанину [31], — образ объекта управления как результат регулирующей функции отражения, формирующийся у человека-оператора в процессе выполнения им задач ОТУ, ОДУ и соответствующий этим задачам, функциональная психологическая система (модель), перерабатывающая информацию о последовательных состояниях объекта в целесообразные воздействия на него.

Динамика оперативного образа, по Д. А. Опанину, — размышления оператора над образом объекта ОТУ и изменения (трансформации), которые при этом этот образ претерпевает. ОО динамичен, изменчив, текуч, противоречив и регулирует конкретное оперативное действие во времени и в пространстве. В динамике оперативного образа раскрывается суть трудовой деятельности оператора. ОО прагматичен, «подчинен» решаемой задаче и релевантен ей, специфичен, пригоден только для конкретной задачи, лаконичен, своеобразно ограничен, «отвлечен» от особенностей объекта ОТУ, не используемых в данный момент для решения задачи. С одной стороны, ОО — замкнутая, наглядная или визуализированная («вторичная наглядность») двухмерная или трехмерная структура, объединяющая совокупность информационных признаков объекта ОТУ и определяющая целостность и предметную отнесенность образа. С другой стороны, ОО — форма готовности к действию (динамический стереотип), набор программ, алгоритмов, способов решения задач, двигательных умений и навыков, рефлексов, присутствующих в свернутом виде.

Существенно важно, чтобы средства мнемонического видео- и аудиоотображения были изоморфны как самому объекту ОТУ, так и его оперативному образу. В противном случае оператор вынужден перекодировать информацию с «языка мнемонического изображения» на «язык образа» и наоборот, что приводит к значительным потерям количества прагматической информации и снижает надежность и эффективность оперативной деятельности.

Осознаваемый оперативный образ объекта управления, по Н. Д. Заваловой, Б. В. Ломову и В. А. Пономаренко [32], — идеальная мера, овеществляемая в деятельности. Существенная роль в механизме ее регуляции принадлежит сличению образов, возникающих в процессе ее выполне-



ния, с образом-целью, выступающим в качестве идеальной меры. В инженерной психологии предложены фундаментальные понятия для характеристики образа, регулирующего предметные действия оператора: «концептуальная модель», «оперативный образ» и «образ-цель», близкие по содержанию, но не тождественные. Понятие «образ-цель» выражает отношение оперативного образа к результату предпринимаемой деятельности, заостряет внимание на осознаваемом оператором его личном отношении к поставленной задаче. Целеполагание человека-оператора — процесс, характеризующийся специфическим внутренним отношением между субъективным смыслом задачи для человека и ее объективным значением. Смутные, неосознанные ощущения человека-оператора могут определять весьма сложную ориентацию и регулировать до тонких степеней отшлифованные действия. При этом происходят сложные процессы перехода смутных, неосознаваемых ощущений в более отчетливые и обратно — в сферу неосознаваемого, бессознательного. Обратный переход качественно преобразует и обогащает оперативный образ, обеспечивает более совершенную регуляцию действий, часто — успешное решение задач, возникающих в острых критических ситуациях.

В ОО и КО различают [6] предметно-изобразительную и вербально-предикативную составляющие.

Предметно-изобразительная составляющая ОО и КО — синтез схем, рисунков, картин оперативных, быстро меняющихся и неоперативных, относительно стабильных ситуаций: изображений-целей, изображений-ресурсов, изображений-условия оперативной деятельности. Эмоционально насыщенные образы-изображения человека-оператора как элементы его субъективной реальности управляют его активностью. Информация, передаваемая сигналом-изображением, качественно иная, чем информация сигнала-кода, а преобладание у человека-оператора предметно-изобразительной составляющей делает мышление преимущественно «конкретным», невербальным, правополушарным, «точным». Такие операторы имеют синтетическое, целостное, интегративное, несистематизирующее, интуитивное, внедискурсивное, субъективное, группоцентристское мировоззрение.

Вербально-предикативная составляющая ОО и КО — синтез названий, имен ресурсов, их свойств, действий объектов, субъектов, причинно-следственных и других отношений из всего того, что можно выразить понятиями, определениями, предложениями и текстами на ЯПД. Психология признает, что основное значение для мышления в понятиях имеет речь, слово [6]. Последнее, по С. Л. Рубинштейну, является самым пригодным средством обозначения мысли. Однако следует помнить и предостережение И. П. Павлова: «Мы занимаемся коллекционированием слов, а не изучением жизни» [33, с. 97]. «Слово — тоже сигнал, оно может быть подходящим и неподходящим, точным и неточным» [33, с. 96]; «Если ты хочешь употреблять слово, то каждую минуту за своими словами разумей действительность» [34, с. 163]. Преобладание у человека-оператора вербально-предикативного, абстрактного, «западного»

мышления развивает у него аналитическое, дифференцирующее, индуктивное, сциентистское, понятийное, генерализующее, волеизъявляющее, воленавязывающее и эгоцентрическое мировоззрение. Он лучше приспособлен к обобщениям, прогнозу и синтезу.

**Моделирование когнитивного и оперативного образов
в мирах событий, ситуаций, состояния и режимов объекта
оперативно-технологического управления
по отношениям «свойство – ресурс»**

66

Сфокусируемся на образных представлениях состояния, режимов и ситуаций (рис. 11), и обратимся к анализу соответствующих концептов ролевых отношений, введя определения 6–8.

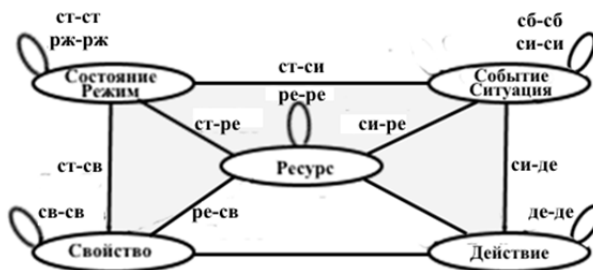


Рис. 11. Концептуальная схема мира состояний, поведения и режимов языка отношений и связей оперативной деятельности интеллектуальной электроэнергетики (фрагмент рис. 5 из [3, с. 53]): отрезки прямых линий и петли с вербальными аббревиатурами обозначают классы концептов субъективных, чувственно не воспринимаемых ролевых отношений и связей «состояние – ситуация», «ресурс – ресурс», «событие – событие», «ситуация – ситуация», «ситуация – действие», «действие – действие», «свойство – свойство», «состояние – свойство», «состояние (режим) – ресурс», «ситуация – ресурс» и «ресурс – свойство»

Определение 6. Состояние объекта ОТУ в региональной интеллектуальной электроэнергетике в момент времени t – совокупность (по ролевым отношениям «состояние – ресурс» и «ресурс – свойство») существенных для решаемой в момент времени t субъектом-оператором задачи (проблемы) параметров, качественных нечетких характеристик ресурсов и операций, О-ситуаций и Р-ситуаций, причем первые рассматриваются в контексте производственного процесса, а вторые – в контексте пространственной структуры объекта ОТУ.

Определение 7. Ситуация на операциях (О-ситуация) – ролевое отношение «операция – одновременно – операция» из класса концептов отношений «действие – действие» на множестве операций с ресурсами ОТУ в момент времени t в контексте производственной структуры (процесса) в объекте ОТУ. Поскольку множество сценариев производственных операций отображается в концепте «план» субъективного мира оперативной деятельности, то от реализации этого плана в объективной реальности зависит ситуация на ресурсах (Р-ситуация) в момент времени t .



Определение 8. Ситуация на ресурсах (Р-ситуация) – множество пространственных ролевых отношений «ресурс – ресурс» на ресурсах, используемых в производственных операциях в момент времени t в контексте пространственной структуры (место, расположение, положение) объекта ОТУ.

Образное предметно-изобразительное представление и вербально-предикативное представление состояния объекта ОТУ в региональной интеллектуальной электроэнергетике по ролевым отношениям «состояние – ресурс» и «ресурс – свойство» в момент времени t показаны на рисунке 12.



Рис. 12. Образное предметно-изобразительное и вербально-предикативное представление состояния объекта ОТУ в региональной интеллектуальной электроэнергетике в момент времени t по ролевым отношениям «состояние – ресурс» и «ресурс – свойство»:
a – метафора «двойная звезда»; *б* – для нормального режима;
в – для аварийного режима

На рисунке 12, *a* изображена макет-схема состояния, в целом повторяющая аналогичную в [35]: для отображения онтологической семантики концепта «состояние» на ней используются две вложенные окружности – внутренняя и внешняя. Первая раскрывает семантику состояния через ролевое отношение «состояние – ресурс – свойство» для динамических ресурсов, а внешняя – для статичных, что выражено посредством отношения примыкания треугольной фигуры к окружности.

Рассмотрим отличия. В центре внутренней окружности черной точкой отображается целевой показатель качества электроэнергии – частота переменного электрического тока, а в качестве подрисовочной надписи – вербально-предикативное высказывание о текущем значении частоты. Положение точки неизменно, а относительно нее динамично может перемещаться «вверх-вниз» фигура «треугольник», обозначающая свойство «текущая частота тока» динамичного ресурса – энергии электромагнитного поля переменного тока. Если фигура «треугольник» смещена относительно знака целеуказания вверх это означает, что частота изменилась в сторону увеличения, если вниз – то уменьшается. Внутри окружности изображена треугольник с вершинами: квадрат, стрелка и треугольник категориального базиса ЯОС.



Все три фигуры активны: обращение к ним человека-оператора (например, по двойному щелчку мыши) в нормальном режиме означает, что его интересует когнитивный образ состояния: 1) имеющиеся в его распоряжении ресурсы (электроэнергетические установки и приборы, релейная защита и автоматика, людские ресурсы, погодные условия, транспортные средства, оперативно-выездные бригады и их инструменты, средства защиты, диагностики и др.), их свойства и действия с их участием (генерация, преобразование, передача, распределение, потребление, ремонт, обслуживание, диагностика, перемещение), как текущие в настоящее время, так и планируемые. Если получено указание на образ «ресурс», то когнитивная гибридная интеллектуальная система (КГиИС) попросит уточнить запрос: 1) отобразить текущую ситуацию на ресурсах (Р-ситуацию); 2) отобразить задействованные ресурсы (по отношению «ресурс – действие»); 3) отобразить резервные (то есть не занимающие роли в отношении «ресурс – действие») ресурсы; 4) отобразить свойства ресурсов (действующих и/или резервных) по отношению «ресурс – свойство». Если получено указание на символ «свойство», то система попросит уточнить запрос: 1) отобразить количественные и качественные значения свойств (компонент) состояния по «всем» динамичным и статичным ресурсам; 2) отобразить свойства текущих и планируемых к выполнению действий. Если получено указание на символ «действие», то система попросит уточнить запрос: 1) отобразить свойства текущих и планируемых действий по отношению «действие – свойство»; 2) отобразить использование ресурсов в текущих действиях по отношению «действие – ресурс»; 3) отобразить текущую ситуацию на действиях (О-ситуацию) по отношению «быть одновременно».

Ограничимся представлениями нормального и аварийного режимов. Если отображается нормальный режим (рис. 12, б), то 1) внутренняя и внешние окружности сливаются в одну; 2) семантика образа «нормальный режим» отображается голубым цветом заливки окружности и как детализация макета подрисуночной надписи. Если система, автоматически контролируя состояние объекта ОГУ, вычислит его принадлежность к кластеру «нормальный режим», то отображается вышерассмотренная фигура вместе с подрисуночной надписью, что позволяет представлять человеку-оператору оперативный образ состояния объекта ОГУ в максимально сжатом, интегративном виде.

Если система, автоматически контролируя состояние объекта управления, вычислит смещение его параметров из кластера «нормальный режим», то это отобразится на рассмотренной выше фигуре следующим образом. Две до этого времени сливавшиеся в одну окружности начнут расходиться, точнее, одна из них уменьшит свой диаметр и сместится ближе к центру. На ее внешней стороне (обращенной от центра) начнут появляться фигуры «треугольник» разной высоты с основаниями, лежащими на внутренней окружности, и вершинами, направленными к внешней окружности. При этом высота фигуры визуально показывает человеку-оператору отклонение некоторого параметра состо-



яния для динамического ресурса от нормы. Количество таких треугольников отображает в оперативном образе число свойств динамичных ресурсов из текущей Р-ситуации с ненормативными значениями. Цвет заливки внутренней окружности и треугольников-свойств начнет меняться от голубого, обозначающего «нормальный режим», к оранжевому, обозначающему «аварийный режим». Аналогичные треугольные формы, обозначающие свойства статичных ресурсов из оперативного образа, с подобной же градацией заливки появятся на внешней окружности: их основания будут располагаться на ней, а вершины — в сторону от центра.

В итоге оперативный образ режима объекта управления по ролевым отношениям «свойство — ресурс» при динамике его состояния от кластера «нормальный режим» к кластеру «аварийный режим» трансформируется из символа сконцентрированной энергии, совершенной гармонии, Души, проявления духовного мира, Солнца в предметно-изобразительное представление, чем-то напоминающее морского ежа.

Обратимся к моделированию оперативных образов событий, ситуаций, состояния и режимов объекта ОТУ по отношениям. Выше рассмотрено предметно-изобразительное и вербально-предикативное представление и его трансформация для варианта, когда система, автоматически контролируя режим объекта управления, обнаружит смещение параметров его состояния из кластера «нормальный режим» в кластер «аварийный режим». Однако это касалось только части прагматической информации «оперативный образ объекта ОТУ».

Еще одну не менее значимую часть составляет отображение объекта ОТУ по ролевым отношениям «состояние — ситуация», «ситуация — ресурс» и «ресурс — ресурс» (рис. 13) — пространственным отношениям динамичных и статичных ресурсов.

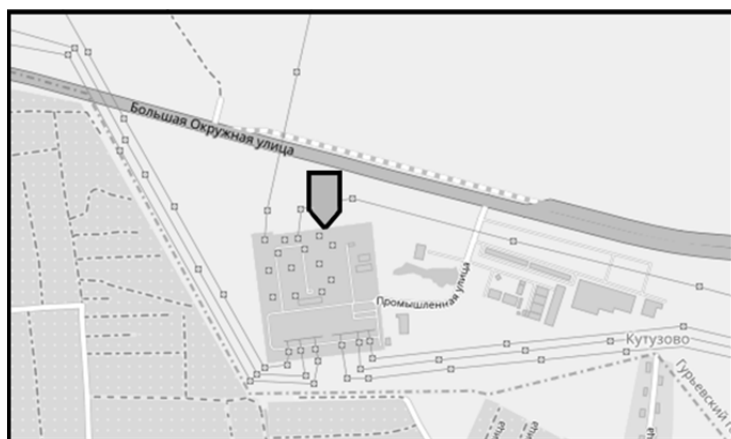


Рис. 13. Образное предметно-изобразительное и вербально-предикативное представление состояния объекта ОТУ в региональной интеллектуальной электроэнергетике в момент времени t по ролевым отношениям «состояние — ситуация», «ситуация — ресурс» и «ресурс — ресурс»



Момент времени отображения на пульте оператора ОО состояния по отношениям «состояние — ресурс» и «ресурс — свойство» автоматически вычисляется в КГиИС исходя из «порога» срабатывания. Информация о соотношении текущего состояния объекта с пороговым значением хранится в базе данных экспертной (или нечеткой) системы, контролирующей достижение такого порога. Как только экспертная (или нечеткая) система установит факт достижения параметрами состояния порогового значения, человеку-оператору будет предъявлена вторая часть оперативного образа: Р-ситуация и ее «место». Оно заключено в квадратную форму, что показывает его ресурсную, вещную сущность. Предметно-изобразительное представление второй части имеет следующие особенности. Поскольку системе известны по отношениям «состояние — ресурс» и «ресурс — свойство» те ресурсы, свойства которых вышли за допустимые интервалы, она вычисляет прежде всего редуцированный КО «место» до его фрагмента, содержащего информацию только о местоположении, занимаемом ресурсом в его естественном ближайшем окружении (формализованное место, показывающее структурный характер места с точки зрения его существенных характеристик с заменой естественных свойств упрощенной формой, топографическая карта местности и т. п.).

На рисунке 13 «ресурсы — ЛЭП» обозначены линиями, а все прочие ресурсы — квадратами в соответствующем масштабе. Линии электропередачи и другие ресурсы (генерация, подстанции, потребители), параметры которых не выходят за установленные интервалы, отмечены голубым цветом. Ресурсы в «предаврийном», «аварийном» состоянии обозначаются цветом, аналогичным цвету режима на его образе, и миганием. При этом на изображение ОО «место» наносятся фигуры-стрелки, обозначающие оперативные действия, указывающие своим острым концом на мигающие значки ресурсов и привязывающие предполагаемые и рекомендуемые человеку-оператору действия к месту расположения ресурсов. Контуры этих значков-действий также мигают, что требует от оператора одобрения рекомендаций системы, их последующего планирования и организации исполнения. Если оператор соглашается с рекомендациями, он обозначает этот факт указанием на один или несколько (или все) мигающих значков, что приводит к появлению предметно-изобразительного изображения «стрелка-действие», выступающего в этом случае планом организации предметно-ориентированного действия с уже частично (автоматически системой) заполненной частью ролей по отношениям «действие — ресурс» и «действие — свойство». После конструирования предметно-изобразительного знака «действие» схема-сценарий автоматически переводится (перекодируется) в вербально-предикативное командное высказывание (то есть в одну диспетчерскую команду или их набор), которое отображается и передается посредством связи исполнителям. Одобренные, специфицированные оператором и принятые к исполнению действия отображаются в оперативном образе объекта ОТУ по ролевым отношениям «действие — действие». Если оператор отвергает одно или несколько рекомендо-



ванных КГиИС действий, то он может выбрать предметно-изобразительное представление из имеющихся в библиотеке схем, специфицировать все его ролевые отношения «вручную», тем самым подготовив информацию для преобразования схемы-плана в командное высказывание, которое после принятия к исполнению отображается в оперативном образе объекта управления по отношениям «действие – действие».

Еще одну не менее значимую часть ОО объекта ОТУ, О-ситуацию, составляет отображение по отношениям «состояние – ситуация», «ситуация – действие» и «действие – действие». Это представление появляется перед оператором одновременно с визуализацией оперативного образа по отношениям «состояние – ситуация», «ситуация – ресурс» и «ресурс – ресурс» в форме окружности, что относит его к ментальным представлениям, не воспринимаемым чувственно и не обозначаемым на сенсорно-перцептивном уровне (рис. 14).



Рис. 14. Образное предметно-изобразительное и вербально-предикативное представление состояния объекта ОТУ в интеллектуальной электроэнергетике в момент времени t по ролевым отношениям «состояние – ситуация», «ситуация – действие» и «действие – действие»

Внутри окружности сверху вниз друг под другом расположены формы-стрелки действий технологических процессов в объекте ОТУ ЭС: генерация, преобразование, передача, распределение, потребление, ремонт, обслуживание, диагностика, перемещение. Это обобщенное, интегрированное представление – КО производственного процесса в объекте ОТУ: все действия (за небольшим исключением) происходят одновременно. Всем вербально-предикативным кодам сопоставлены предметно-изобразительные представления, залитые цветом, аналогичным цвету режима в объекте ОТУ. Здесь предполагается, что все процессы в ЭС, работающей в нормальном режиме, также должны идти в этом же режиме, причем одновременно и синхронно.

Отображение ролевых отношений «действие – *одновременно* – действие», «действие – *быть синхронно (согласованно)* – действие» реализуется в динамике анимационно следующим образом. По каждой стрелке на цветовом фоне режима слева направо перемещается неширокая, бо-



лее темная, чем фон, полоска. Добежав до конца стрелки, она вновь появляется слева, в начале стрелки. Перемещение полосок на всех стрелках идет одновременно и синхронизировано по вертикали. Таким образом, метафорическая «волна» пунктирной вертикальной линией идет по «пути», к цели, отражая организованные в пространстве и времени действия над ресурсами. Это интегрированный код когнитивного образа О-ситуации. Отношения «одновременно» и «синхронно» вычисляются в расчетах состояния объекта ОТУ по всей совокупности соответствующих действий, имеющих место в производственном процессе объекта ОТУ. Результаты этих расчетов могут выдаваться и по запросу оператора. Автоматически же отображается редуцированный оперативный образ О-ситуации с локализованными действиями над ресурсами из Р-ситуации, «привязанной» к месту — окружению на карте, плане, маршруту и пр. При этом для подготовки оперативных действий оператору сообщается дополнительная информация о событиях, нарушающих действия в нормальном режиме работы. Для этого используется мигание контура стрелки-действия, асинхронность в перемещении вертикального пунктира, который может приобретать вид изогнутой линии.

Заключение

Исследовано содержание концептов «событие», «ситуация», «состояние», «режим» концептуальной схемы ЯОС ОТУ ЭС. Особенно заметно различие в содержании понятий «состояние» и «режим». Человек-оператор не пользуется в своей деятельности понятиями «состояние электроподстанции», «состояние фидера», «состояние ЛЭП», «состояние района электросети», «состояние региональной электросети» в том смысле, в котором их используют ученые, конструкторы, преподаватели и студенты. Заменять семантику этих терминов на значение понятия «режим» — давняя и устойчивая традиция эксплуатации ЭС. Понятие «режим» — интегрированная искусственно выработанная когнитивная характеристика. В электроэнергетике накоплен опыт вычисления и отнесения ее к классам «нормальный», «аварийный» и др., она отображается человеку-оператору в вербально-знаковом виде и является уместной составляющей предметно-изобразительного представления оперативного образа ОТУ ЭС.

Дан обзор новых форм отображения информации о текущем режиме, состоянии и ситуациях ОТУ ЭС, раскрыта семантика когнитивного и динамика оперативного образов объекта ОТУ, а также их вербально-предикативная и предметно-изобразительная составляющие в региональной интеллектуальной электроэнергетике. Выполнено моделирование когнитивного и оперативного образов в мирах событий, ситуаций, состояния и режимов ОТУ ЭС.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00208.



Список литературы

1. Колесников А. В., Румовская С. Б., Ясинский Э. В., Солдатов С. А. Интеллектуализация оперативно-технологического управления региональной электроэнергетикой методами когнитивных гибридных интеллектуальных систем. Часть 1 // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2020. №4. С. 57–87.
2. Колесников А. В., Румовская С. Б., Ясинский Э. В., Демьянец, Р. В. Интеллектуализация оперативно-технологического управления региональной электроэнергетикой методами когнитивных гибридных интеллектуальных систем. Часть 2 // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2021. №1. С. 38–50.
3. Колесников А. В., Румовская С. Б., Ясинский Э. В., Барзенков А. В. Интеллектуализация оперативно-технологического управления региональной электроэнергетикой методами когнитивных гибридных интеллектуальных систем. Часть 3 // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2021. №3. С. 43–65.
4. Дружинин Г. В. Человек в моделях технологий : учеб. пособие : в 3 ч. Ч. 1 : Свойства человека в технологических системах. М., 1996.
5. Магид С. И. Подготовка персонала энергопредприятий: о целесообразности использования «Компьютерных тренажеров» // Энергетика и промышленность России. 2002. №11 (27).
6. Дружилов С. А. Формирование модели мира человека в новой информационной реальности // Современные научные исследования и инновации. 2011. №1.
7. Колесников А. В., Румовская С. Б., Ясинский Э. В. Предметно-изобразительное представление знаний в технической семиотике и искусственном интеллекте: изографы // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы : матер. V Всерос. Пospelовской конф. с междунар. участием. Калининград, 2020. С. 155–218.
8. Факт // Философия : энцикл. словарь. М., 2004. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/1269/ФАКТ (дата обращения: 15.08.2021).
9. Попова Р. Р. Проблема определения понятия «событие» в психологии // Вестник Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета. 2011. №3 (25). С. 287–289.
10. Ситуация // Философский энциклопедический словарь. 2010. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/3312/СИТУАЦИЯ (дата обращения: 15.08.2021).
11. Электроэнергетика. Термины и определения : стандарт ОАО РАО «ЕЭС России» СТО 17330282.27.010.001-2008. URL: http://www.rushydro.ru/file/main/global/company/safety/library/STO_289.pdf (дата обращения: 15.08.2021).
12. Штейнбок Л. С. Ситуационная технология отображения информации. М., 2017.
13. Модель подстанции // Кафедра ЭЭ НФ МИСиС. 2015. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=LR0yFD-wyFY> (дата обращения: 15.08.2021).
14. Визуализация подстанции // Кафедра ЭЭ НФ МИСиС. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=L1pldj2hg7Y> (дата обращения: 15.08.2021).
15. Состояние // Ефремова Т. Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. М., 2000. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/efremova/248367/Состояние> (дата обращения: 15.08.2021).



16. Кемкин В.И. Категория «состояние» в научном познании : монография. М., 1983.
17. Эрекаев В.Д. «Запутанные» состояния (философские аспекты квантовой механики) : аналитический обзор / ИНИОН РАН. М., 2003.
18. Виноградов В.В. Категория состояния. Русский язык (грамматическое учение о слове) / под ред. Г. А. Золотовой. 4-е изд. М., 2001.
19. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки / под ред. А.М. Яшина. СПб., 2001.
20. Руководство по радиотехническому обеспечению полетов и технической эксплуатации объектов радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи : утв. приказом директора ФАС России от 17.06.1999 г. №155. URL: https://znaytovar.ru/gost/2/RRTOP_TE_99_Rukovodstvo_po_rad.html (дата обращения: 15.08.2021).
21. Техническое состояние сетей // Россети : [официальный сайт]. URL: <https://www.mrsk-1.ru/customers/territory/networks/> (дата обращения: 15.08.2021).
22. Показатель технического состояния объектов электроэнергетики (физический износ) // Министерство энергетики РФ : [официальный сайт]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/11201> (дата обращения: 15.08.2021).
23. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М., 1992.
24. Режим // Большая политехническая энциклопедия. М., 2011. URL: https://polytechnic_dictionary.academic.ru/2120/РЕЖИМ (дата обращения: 15.08.2021).
25. Бушуева О.А., Кулешов А.И. Электрическая сеть района нагрузок : учеб. пособие. Иваново, 2006.
26. Колюхова Е.А. Электроснабжение объектов : учеб. пособие для сред. проф. образования. 2-е изд., стер. М., 2004.
27. Бурдаев М.Н., Емельянов Ю.Г., Хачумов В.М. Когнитивная машинная графика в системах космического и медицинского назначения. М., 2019.
28. Вагин В. Н., Еремеев А.П. Базовые принципы конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени для мониторинга и управления сложными техническими объектами // Использование методов искусственного интеллекта и высокопроизводительных вычислений в аэрокосмических исследованиях : тр. Третьего расширенного семинара. М., 2003. С. 79–97.
29. Башлыков А.А., Еремеев А.П. Основы конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в атомной энергетике : учебник. М., 2018.
30. Башлыков А.А. Когнитивное управление как новая парадигма построения интеллектуальных систем человеко-машинного управления сложными и экологически опасными объектами и технологиями // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2013. №2. С. 15–21.
31. Ошанин Д.А. Предметное действие и оперативный образ: Избр. психол. тр. М. ; Воронеж, 1999.
32. Завалова Н.Д., Ломов Б.В., Пономаренко В.А. Образ в системе психической регуляции деятельности. М., 1986.
33. Павлов И.П. О русском уме // Природа. 1999. №8. С. 93–102.
34. Павловские среды: Протоколы и стенограммы физиол. бесед / отв. ред. акад. Л.А. Орбели. М. ; Л., 1949. Т. 3.
35. Колесников А.В. Функциональные гибридные интеллектуальные системы визуального управления // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы : матер. IV Всерос. Поспеловской конф. с междунар. участием. Калининград, 2018. С. 18–81.



Об авторах

Александр Васильевич Колесников — д-р техн. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: avkolesnikov@yandex.ru

София Борисовна Румовская — канд. техн. наук, науч. сотр., Калининградский филиал ФИЦ ИУ РАН, Россия.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

Эрик Викторович Ясинский — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, ведущий разработчик ООО «Руттех», Россия.

E-mail: ejasinski96@gmail.com

75

The authors

Prof. Alexander V. Kolesnikov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: avkolesnikov@yandex.ru

Dr Sophiya B. Rumovskaya, Research Fellow, Kaliningrad branch of the FRC «Computer Science and Control» of the RAS, Russia.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

Eric V. Yasinsky, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University; Lead Developer, Ltd «Routtech», Russia.

E-mail: ejasinski96@gmail.com