

Министерство образования Российской Федерации  
Ивановский государственный энергетический университет

# **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

**ТРУДЫ ИГЭУ**

**Выпуск 6**

*Под редакцией  
доктора технических наук, профессора В.А. Шуина,  
доктора технических наук, профессора М.Ш. Мисриханова,  
доктора технических наук, профессора А.В. Мошкарина*

Москва  
Энергоатомиздат  
2003

УДК 621.311

ББК 31.37

П 42

Повышение эффективности работы энергосистем: Тр. ИГЭУ. Вып. 6 / Под ред. В.А. Шуина, М.Ш. Мисриханова, А.В. Мошкарина. – М.: Энергоатомиздат, 2003. — 560 с.

ISBN 5-283-02595-0

**Редакционная коллегия:**

д-р техн. наук, проф. В.Н. Нуждин, д-р техн. наук, проф. М.Ш. Мисриханов,  
д-р техн. наук, проф. Б.М. Ларин, д-р техн. наук, проф. А.В. Мошкарин,  
д-р техн. наук, проф. В.А. Савельев, д-р техн. наук, проф. В.А. Строев,  
д-р техн. наук, проф. С.В. Тарарыкин, д-р техн. наук, проф. В.А. Шуин,  
д-р техн. наук, проф. А.В. Шунтов, д-р техн. наук, проф. Ю.Я. Щелькалов,  
д-р техн. наук, проф. И.В. Якимец

*Рецензенты:*

*д-р техн. наук, проф. В.А. Семенов (СО-ЦДУ ЕЭС России);*  
*д-р техн. наук, проф. А.В. Шунтов (Информационно-вычислительный*  
*центр Мосэнерго);*  
*д-р техн. наук, проф. В.К. Слышалов (Ивановский государственный*  
*энергетический университет)*

Материал сборника включает разделы, посвященные вопросам расчета и моделирования установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетических системах и их элементах, эксплуатации и диагностики электрооборудования для электрических станций, подстанций и сетей, релейной защиты, автоматики и противоаварийного управления электроэнергетическими системами, общим проблемам и экономическим аспектам управления функционированием и развитием электроэнергетики России и регионов.

Книга предназначена для специалистов, занимающихся исследованием, разработкой, проектированием и эксплуатацией электроэнергетических систем, электрических станций, подстанций и сетей, комплексов и устройств их автоматического управления.

ISBN 5-283-02595-0

© Авторы, 2003

---

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 621.314.21

### **Компьютерный тренажер для обучения ремонтного персонала при проведении испытаний силовых трансформаторов**

*Г.В. Попов, д-р техн. наук, А.И. Тихонов, канд. техн. наук,  
Д.А. Климов, асп.*

Всем известно, насколько сложным является современное электротехническое оборудование, которое, помимо основного устройства, оснащено различными вспомогательными механизмами, средствами релейной защиты и автоматики от аварийных режимов и неблагоприятных воздействий окружающей среды. Обслуживание подобных объектов может быть доверено только высококвалифицированному персоналу, хорошо обученному и в совершенстве владеющему знаниями и навыками.

В настоящее время эффективная эксплуатация электротехнического оборудования становится все более проблематичной в связи с его старением и износом, что требует от обслуживающего персонала повышенного внимания и в определенной степени умения прогнозировать процессы в конкретной ситуации.

В энергетике подготовке и повышению квалификации кадров уделяется особое внимание. Для этих целей создаются учебные курсовые комбинаты, учебно-тренировочные центры, пункты и т.д. Практически на каждом предприятии среди оперативного и ремонтного персонала есть, без преувеличения, выдающиеся специалисты, способные принимать верные решения практически в любой ситуации. Эти люди десятилетиями накапливали опыт, углубляли знания, совершенствовали навыки и т.д., поскольку во всем этом видели главный смысл своей деятельности.

К сожалению, подобных специалистов становится все меньше, а молодые кадры, приходящие на смену ветеранам, свойственной им мотивацией к самоанализу, самообучению зачастую не обладают, что, безусловно, будет негативно сказываться на результатах их деятельности при принятии технических решений.

В этих условиях требуется активнее привлекать новые средства и разрабатывать соответствующие технологии по активизации и повышению эффективности учебного процесса при первичном обучении и последующих тренировках, аттестациях, проверках знаний и навыков электротехнического персонала. Вычислительная техника является той технической базой, на которой подобные учебные технологии могут создаваться, а ее эффективное использование не только при обучении, а и в других сферах является тем позитивным фактором, который может быть сегодня противопоставлен многочисленным негативным тенденциям.

Известно, что эксплуатация маслонаполненного оборудования, в частности силовых трансформаторов, предполагает постоянный мониторинг его состояния, включающий разные формы. Одной из основных является измерение электрических параметров трансформатора: тока и потерь холостого хода, сопротивления обмоток постоянному току, сопротивления короткого замыкания и др. Измеренные значения этих параметров сопоставляются с предельно допустимыми, на основании чего (с учетом дополнительной информации) дается заключение о текущем состоянии объекта.

Проведение подобных испытаний требует комплексных знаний, таких как:

- принцип действия и конструкция объекта;
- правила его технической эксплуатации;
- технология испытательных работ и использования приборного обеспечения;
- меры безопасности при проведении испытаний;
- поведение в сложных аварийных ситуациях.

Подобные знания приобретаются и в процессе теоретических занятий в обучающих центрах, и, главным образом, при выполнении работ совместно с опытным специалистом. В последнем случае обучение идет по принципу «делай, как я», что у молодого работника может вызвать ощущение неполноты информации.

Если с помощью компьютерного тренажера обучаемый имел бы возможность и досконально отработать правильные действия на объекте, и проверить, к каким последствиям могут привести те или иные отклонения от регламента, вплоть до явно ошибочных (аварийных), то тогда в его памяти была бы сформирована полная картина той предметной области, которую он должен освоить. Поскольку при таком обучении возникают стимулирующие факторы (игровой и соревновательный), а также отсутствует угроза травмирования персонала и порчи оборудования, то понятен эффект от подобных обучающих технологий.

В качестве примера показан фрагмент работы компьютерного тренажера, разработанного в Ивановском государственном энергетическом университете [1], при определении сопротивления короткого замыкания обмоток ( $Z_k$ ) трансформатора.

Предположим, что на энергопредприятии требуется произвести замеры  $Z_k$  трансформаторов в целях выявления возможных деформаций обмоток. Испытания, например, должны быть проведены на однофазном и трехфазном двухобмоточных трансформаторах. В [2] даны схемы измерения этих параметров (рис. 1).

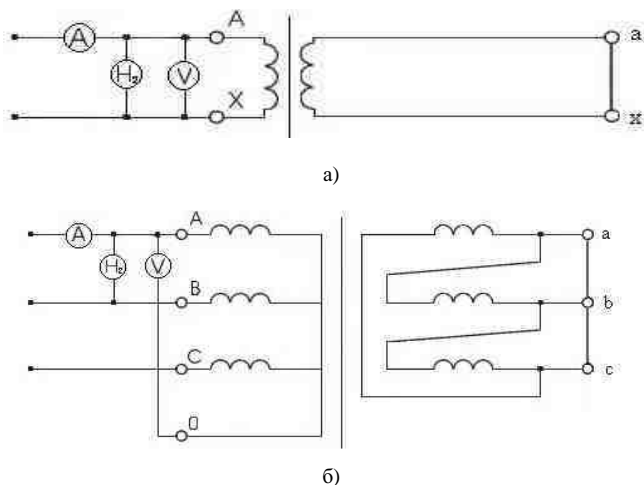


Рис. 1. Электрические схемы измерений  $Z_k$ :  
а) однофазный трансформатор; б) трехфазный трансформатор

Перед проведением испытаний (обычно накануне) один или несколько членов бригады на тренажере отрабатывают предстоящую схему измерений. Эта подготовка включает:

- сборку электрической схемы соответствующего объекта;
- собственно замеры контролируемых параметров;
- фиксацию результатов измерений;
- выполнение некоторых действий за пределами регламента с анализом последствий.

Рассмотрим, как будут реализовываться отмеченные этапы на основе разработанного компьютерного тренажера.

**Сборка схемы.** На верхней панели монитора компьютера располагается все необходимое оборудование: испытуемый трансформатор, источник питания, приборы, закоротки и т.д. Эта панель в дальнейшем называется панелью инструментов (рис. 2).

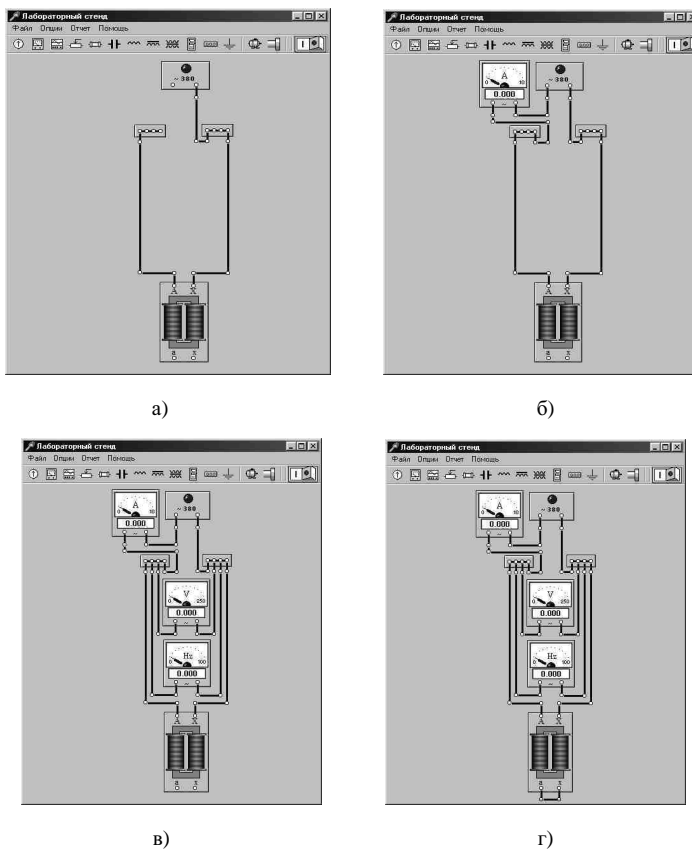


Рис. 2. Последовательность сборки схемы испытания однофазного трансформатора:

- а) подключение источника питания; б) включение амперметра;
- в) подключение вольтметра и частотомера; г) закорачивание обмотки НН

Каждый вид оборудования и приборов имеет соединительные клеммы, которые с помощью соединительных проводов могут быть связаны друг с другом, образуя электрическую цепь. Работник посредством мани-

пульта осуществляет выбор необходимых ему элементов и производит сборку схемы. На рис. 2 приведены фрагменты этого процесса при сборке схемы для испытания однофазного трансформатора.

На рис. 3 показана схема измерения  $Z_k$  фазы А трехфазного трансформатора. Все приборы для отсчета показаний имеют цифровую индикацию. Напряжение на обмотку трансформатора подается посредством нажатия кнопки (~380), при этом соответствующим образом отклоняются стрелки приборов и появляются цифровые значения напряжения, тока и частоты.

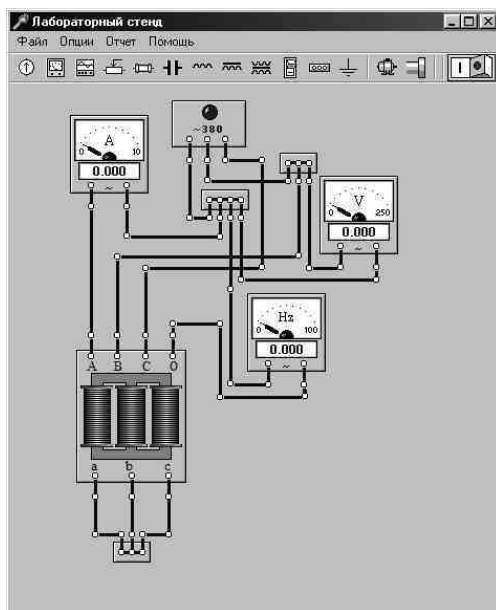


Рис. 3. Схема измерения  $Z_k$  трехфазного трансформатора

**Замеры параметров и фиксация результатов.** После того как схема собрана, начинается главный этап как виртуальных, так и реальных испытаний – определение измеряемых параметров. Здесь надо отметить, что в данном тренажере, как и в других подобных программах, роль физического объекта имитирует математическая модель. Не останавливаясь на принципах построения данной модели, отметим, что в ее основе лежит система дифференциальных уравнений, описывающая процессы в трансформаторе с учетом реальных характеристик намагничивания стали и других особенностей данного объекта [1].

Получаемый на тренажере при имитации опыта короткого замыкания, а также других опытов результат возможен в двух вариантах:

1) параметры схемы замещения трансформатора заданы по умолчанию, т.е. они постоянны для всех случаев; тогда обучаемый будет получать реальные результаты, но безотносительно к тем объектам, которые он собирается испытывать в дальнейшем;

2) если тренажер сопряжен с программой оценки состояния маслонаполненного оборудования «Диагностика+» [3], тогда из архива данной программы будут вызываться параметры намеченного для испытаний трансформатора и результаты компьютерного и последующего физического экспериментов будут практически совпадать.

В последнем случае имеет смысл фиксация результатов измерений (напряжения, тока и частоты), поскольку эти значения будут контрольными при проведении полевых испытаний. На тренажере на обмотку ВН может быть подано любое напряжение произвольной (переменной) частоты. Целесообразно, чтобы эти параметры (напряжение и частота) полностью совпадали с теми значениями, которые будут обеспечены при реальных испытаниях. Тогда значения тока на тренажере и при испытаниях будут незначительно (до 3 %) или более существенно (5 – 10 %) отклоняться друг от друга. При этом, очевидно, речь может идти о деформации обмоток.

При фиксации результатов удобнее всего использовать табличные записи. Для формирования таких таблиц используется интеграция программы-тренажёра со средой Microsoft Excel: за каждым измерительным прибором закрепляется диапазон ячеек рабочей таблицы.

Шаблон необходимой таблицы создаётся в Excel, а результаты испытаний заносятся в него по ходу их проведения автоматически, через определенный интервал времени, или вручную, по требованию оператора. Преимуществами такого подхода является возможность визуализации процессов в виде графиков и диаграмм, автоматический пересчёт дополнительных величин, создание отдельного файла отчёта оформленного по нормам и правилам, установленным на предприятии и т.п.

**Выполнение нерегламентируемых операций.** Смысл обучения на компьютерном тренажере заключается не столько в выполнении абсолютно правильных действий, сколько в том, чтобы дать возможность обучаемому наблюдать функционирование оборудования, когда его действия отклоняются от идеальной схемы в той или иной степени. Реальная действительность часто вынуждает принимать решения не в стереотипных ситуациях, зафиксированных в инструкциях. Поэтому специалисту крайне важно приобретать опыт не методом проб и ошибок на реальном



оборудовании, а моделированием и анализом разнообразных виртуальных ситуаций. Тем более что цена ошибки в действиях на полигоне весьма высока. Она измеряется или повреждением оборудования, или даже утратой здоровья и работоспособности работника.

Обеспечить функционирование тренажера в подобных условиях – задача исключительно сложная. Достигается адекватным математическим моделированием в широком диапазоне изменения физических параметров. Не затрагивая в настоящей статье эти вопросы, проиллюстрируем возможные действия ремонтной бригады на таком примере.

Предположим, что предстоит проведение испытания трансформатора ТДН-16000/110 с линейными напряжениями обмоток  $U_{\text{вн}} = 115000$  В,  $U_{\text{нн}} = 6600$  В, схемой соединения Y/Δ и напряжением короткого замыкания  $U_k = 10,2$  %. Обмотки трансформатора намотаны из алюминиевых проводов сечением 50,8 и 667,2 мм<sup>2</sup> для обмоток ВН и НН соответственно.

На панели инструментов тренажера, наряду с оборудованием и приборами, имеется и виртуальный провод для выполнения функций закорачивания концов обмотки. Недостаточно просто замкнуть концы (однофазная схема) или три фазы (трехфазная схема) обмотки. Требуется еще грамотно выбрать сечение закоротки. В инструкции [2] дается рекомендация, что сечение медной закоротки должно составлять не менее 30 % сечения провода обмотки трансформатора. В соответствии с инструкцией сечение закоротки должно быть выбрано порядка 200 мм<sup>2</sup>. Это значение вводится пользователем по запросу компьютера, а затем он имеет возможность провести серию экспериментов, уменьшая сечение и оценивая степень влияния этого процесса на конечный результат. Здесь методически важно зафиксировать момент, когда вносимая погрешность от сопротивления закоротки оказывается недопустимой.

Отдельные неточные действия испытателя, возможно, могут и не привести к аварийным ситуациям при проведении как виртуальных, так и натуральных испытаний. Однако их последствия в ряде случаев также весьма нежелательны. Например, на этапе сборки схемы испытатель производит выбор приборов недостаточного класса точности. Это, как известно, снизит точность измерений, из-за чего в замеры параметров и расчеты  $Z_k$  будет внесена ошибка. Подобное может привести к последующим неправильным выводам о состоянии обмоточной системы трансформатора со всеми вытекающими последствиями.

Фиксирование этих и других неточностей в действиях испытателей выполняется с помощью соответствующих правил, содержащихся в архиве тренажера. Анализ степени нарушения подобных правил с указанием на явные и неявные ошибки осуществляется в конце виртуальной тренировки.

Становится понятным, какие возможности приобретения знаний, отработки действий и формирования правильных навыков дают подобные компьютерные программы. На наш взгляд, это особенно важно, когда речь идет о нарушениях техники безопасности при проведении работ.

Обучающий эффект можно существенно усилить, если к визуальной информации добавить звуковые и, возможно, в скором времени сенсорные эффекты.

Более подробную информацию о тренажере по обучению ремонтного персонала энергопредприятий при проведении испытаний трансформаторов можно получить в Интернете на сайте [www.transform.ru](http://www.transform.ru).

#### Библиографический список

1. **Тихонов А.И.** Имитация испытаний электромеханических устройств // Вестник ИГЭУ. – 2002. – № 3.
2. **Сборник** методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Раздел 2. Методы контроля состояния силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих и дугогасящих реакторов. – М.: СПО ОРГРЭС, 1997.
3. **Попов Г.В., Игнатьев Е.Б.** О совершенствовании технологий диагностирования маслонаполненного электротехнического оборудования // Новое в российской энергетике. – 2001. – № 7.

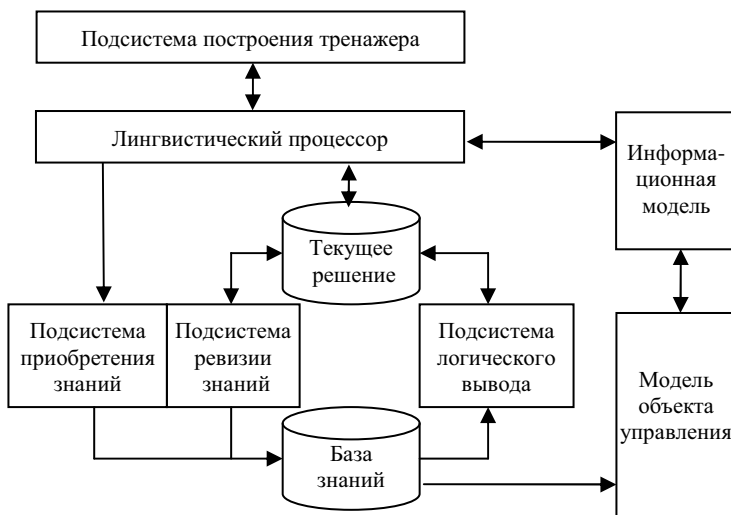
УДК 621.039.56

### **Моделирование деятельности персонала энергопредприятий на productionно-фреймовой основе**

*В.Ф. Коротков, А.А. Фомичев, кандидаты техн. наук,  
В.В. Никологорский, А.А. Савинов, инженеры*

Широкое применение компьютерных тренажеров при обучении оперативного персонала энергопредприятий требует автоматизации их проектирования и построения [1]. Современные системы автоматизации проектирования (САПР) и построения тренажеров, как правило, предполагают создание тренажеров на основе трех моделей: модели объекта управления, информационной модели и модели деятельности персонала [1, 2]. В настоящее время наиболее сложным и мало проработанным в таких системах является построение модели деятельности [1].

Сложность автоматизации построения модели деятельности обусловлена необходимостью моделирования логических размышлений человека, основанных на знании естественных законов и нормативных актов. Подобные задачи плохо поддаются формализации и соответственно моделированию. В настоящее время для реализации подобных систем чаще всего используются экспертные системы. Использование экспертных систем позволяет моделировать процессы, основанные на знаниях человека – эксперта, в ситуации отсутствия полноты данных [3]. Структура экспертной системы для целей САПР тренажеров приведена на рисунке.



Обобщенная структура САПР тренажеров на базе экспертной системы

Центральное место в экспертной системе занимает база знаний, для создания которой существенное значение имеет выбор метода представления (формализации) знаний. Известные в настоящее время методы представления знаний имеют в основе следующие виды описания информационных структур [3, 4, 5]:

- правила продукции;
- логику предикатов;
- фреймы;
- семантические сети;

- некоторые другие [6].

Возможно также построение гибридных интеллектуальных комплексов, состоящих из элементов с различными методами построения баз знаний [4], что позволяет описывать сложные и плохо систематизируемые области знаний.

Авторами рассматривается гибридный метод представления знаний, основанный на фреймовой модели, расширенной правилами продукции.

Представление знаний на основе фреймов широко используется в областях, связанных с искусственным интеллектом [7]. Фреймы позволяют описывать как абстрактные объекты и понятия, так и конкретные объекты, имеющие числовые характеристики, что определяет их универсальность. В общем случае фреймы состоят из слотов, описывающих конкретные свойства, понятия или объекты, которые могут быть вычисляемыми. Фреймы можно организовывать в виде «ослабленной иерархии», в которой фреймы, расположенные ниже по иерархии, могут наследовать свойства фреймов, расположенных выше. Также фреймы могут поддерживать инкапсуляцию (включение) других фреймов. Таким образом, фреймы реализуют объектно-ориентированный подход к представлению знаний, позволяющий существенно упростить процесс наполнения базы знаний за счет механизма наследования и инкапсуляции (аккумулирование знаний). При этом весьма важным является соответствие фреймового подхода естественной для человека модели представления знаний [5, 7]. Также важным преимуществом фреймов является поддержка ими структур, не относящихся к экспертным системам, что является важным для интеграции в целях взаимодействия между собой моделей деятельности, информационной и объекта управления.

Однако синтаксис описания фреймов относительно сложен и при описании некоторых объектов предметной области является неоправданным. Например, использование правил продукции оказывается более эффективным для описания в базе знаний различного рода регламентирующих условий (ограничений). Поэтому для упрощения описания базы знаний в некоторых случаях имеет смысл использовать правила продукции. Это позволяет упростить процесс заполнения базы знаний САПР тренажеров и редактирования сгенерированных моделей деятельности.

Представляется, что для автоматизации построения модели деятельности целесообразно комбинированное использование фреймов и правил продукции.

В базе знаний модели деятельности должны быть описаны объекты предметной области тренажера, к которым могут относиться основное и вспомогательное технологическое оборудование энергопредприятия, смежные системы и элементы, участники (субъекты) тренировки, нормативные и правовые документы, в соответствии с которыми выполняются все действия. Также для автоматизации построения тренажера в целом необходимо описать связи модели деятельности с информационной моделью и моделью объекта управления.

Применительно к тренажерам объекты предметной области могут быть разделены на следующие типы:

- субъекты тренировки;
- объекты тренировки;
- территорию (зону) тренировки;
- нормативные и правовые документы.

Субъектами тренировки является персонал энергообъектов, реально или виртуально участвующий в тренировке: начальник смены электроцеха (НСЭ), старший дежурный электромонтер станции (ст. ДЭМ ст.), машинист и т.д. Для них описывается статус и права на внесение изменений в объект управления в зависимости от типа объекта, его территориального расположения, класса напряжения и т.д. Все эти права основываются на нормативных и правовых документах.

К объектам тренировки относится все первичное, вторичное и вспомогательное оборудование энергопредприятия. Все они являются компонентами объекта управления и имеют описание территориального расположения субъектов тренировки, имеющих право манипулировать с ними, и нормативных и правовых документов, регламентирующих эти манипуляции. Описание свойств объектов тренировки сильно зависит от вида технологического оборудования.

При описании территории тренировки целесообразно придерживаться традиционно сложившегося деления территории энергопредприятия на технологические зоны, например открытое распределительное устройство, машинный зал, распределительное устройство собственных нужд, блочный щит управления, центральный щит управления и т.д.

Нормативные и правовые документы являются регламентирующим объектом тренировки. Для их описания удобны правила продукции [3, 5]. Фреймы, в которых они хранятся, являются вырожденными. Фактически это структурированный набор правил продукции в виде фреймов.

Для описания рассматриваемых типов объектов предметной области предлагается язык представления фреймов. Синтаксис объявления фрейма выглядит следующим образом:

```

frame <имя фрейма> [: <имя фрейма родителя 1>[(слот1, слот2, ..., слотN)]
                    [, <имя фрейма родителя 2>[(слот1, слот2, ..., слотN)]
                    ...
                    [, <имя фрейма родителя N>[(слот1, слот2, ..., слотN)]
{
  slot {[<вопрос слота>?]: <значение1>; <значение2>; ...; <значениеk> |
        <тип переменной> }
        <тип слота> <имя слота> [= <значение слота>] [event <имя функции>];
<тип переменной> <имя функции>({<тип переменной> <параметр1>,
                               <тип переменной> <параметр2>,
                               ...,
                               <тип переменной> <параметрк>})
        [event <имя функции>];
<тип переменной> <имя переменной> [= <значение переменной>]
        [event <имя функции>];
};

```

Каждый фрейм начинается с ключевого слова *frame* и его имени. Далее может следовать перечень фреймов, от которых он наследуется. Таким образом, система допускает множественное наследование. При возникновении перекрестного наследования наследуются только первые встреченные свойства в указанном при наследовании порядке. После объявления фрейма следует его описание, которое может состоять из слотов, используемых при логическом выводе, функций и переменных, необходимых для построения информационной модели и связи с моделью объекта управления.

Объявление слота состоит из ключевого слова *slot*, типа слота и описания слота. После описания слота следует объявление экземпляра этого слота с возможной его инициализацией. При описании слота допустимо указывать перечень возможных значений или тип переменной, используемой слотом. В качестве переменной может быть другой фрейм.

Фрейм может содержать переменные и функции, используемые для отображения информационной модели и манипуляций с моделью объекта управления.

Для описания правил продукций предлагается следующий синтаксис:

```
if (условие правила > {вероятность}) <заключение> else <заключение>;
```

Здесь для каждого правила задается условие и заключение, если оно выполняется, и возможное заключение, если не выполняется.

Ниже приводится примерное заполнения фреймов для организации управления коммутационным оборудованием.

```
frame FТерриториальноеРасположение
{
  slot Расположение {"Территориальное расположение?": "ОРУ", "ЗРУ",
                    "КРУ", "Машинный зал"};
}
frame FПерсонал
{
  slot {"НСЭ", "машинист", "НСС", "ст. ДЭМ ст."} Персонал;
}
frame FНапряжение
{
  slot Напряжение;
}
frame FКлассНапряжения : FНапряжение
{
  slot Напряжение {220 В, 380 В, 6 кВ, 10 кВ, 110 кВ, 220 кВ, 330 кВ,
                    500 кВ, 750 кВ};
}
frame FКоммутационныйАппарат, FКлассНапряжения,
      FТерриториальноеРасположение, FДолжностнаяИнструкция, FПУЭ
{
  slot Состояние {включен, отключен, неопределеное};
  slot Блокровка {да, нет};
}
frame FВыключатель : FКоммутационныйАппарат
{
  slot Тип {"масляный", "маломасляный", "воздушный",
            "элегазовый", "вакуумный"};
  slot СмежноеОборудование {FКороткозамыкатель};
  picture изображение Выключатель1.pic;
  object point; //указатель на объект управления
}
frame FРазъединитель : FКоммутационныйАппарат
{
  slot Тип;
  picture изображение Разъединитель1.pic;
  object point; //указатель на объект управления
}
frame FКороткозамыкатель : FРазъединитель
{
  slot Тип;
  picture изображение Короткозамыкатель1.pic;
  object point; //указатель на объект управления
}
```

```
frame ФПУЭ
{
  if (FКоммутационныйАппарат.Напряжение > ЗкВ {100}) {
    if (FВыключатель.СмежноеОборудование == FКороткозамыкатель &
        FВыключатель.СмежноеОборудование.Состояние = включен)
      FВыключатель.Блокировка = да;
    if (FКороткозамыкатель.Напряжение != 0 {100})
      FКороткозамыкатель.Блокировка = да;
    if (FРазъединитель.Нагрузка != 0 {100})
      FРазъединитель.Блокировка = да;
  }
}
frame FДолжностнаяИнструкция
{
  if (ДопущенныйПерсонал.Персонал = "НСЭ")
  {
    if (FКоммутационныйАппарат) FКоммутационныйАппарат.Блокировка = нет;
  }else{
    if (FКоммутационныйАппарат) FКоммутационныйАппарат.Блокировка = да;
  }
}
```

## Выводы

1. Продукционно-фреймовый подход к описанию модели деятельности позволяет представить предметную область в объеме, необходимом для реализации тренажера.

2. Комбинированное использование фреймов и правил продукции дает возможность органично описывать в одной структуре модель деятельности, информационную модель и связи с моделью объекта управления.

## Библиографический список

1. **Автоматизация** построения тренажеров и обучающих систем / В.Д. Самойлов, В.П. Березников, А.П. Писаренко, С.И. Сметана. – Киев: Наук. думка, 1989. – 200 с.
2. **Тренажеры** для диспетчерского персонала энергосистем и энергообъединений. Обзорная информация / В.Г. Орнов, В.А. Семенов – М.: Информэнерго, 1984. – 42 с.
3. **Башлыков А.А., Еремеев А.П.** Экспертные системы поддержки принятия решений в энергетике. – М.: Изд-во МЭИ, 1994. – 216 с.
4. **Джексон Питер.** Введение в экспертные системы. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 624 с.
5. **Таунсенд К., Фохт Д.** Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ: Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 320 с.
6. **Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б.** Теория хранения и поиска информации. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 288 с.
7. **Минский М.** Фреймы для представления знаний: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.



УДК 681.3.06

## **О подходе к организации информационной поддержки управления энергопотреблением системы образования**

*И.Д. Ратманова, канд. техн. наук, М.А. Козырев, инж.,  
М.Н. Павлов, асп.*

Концепция хранилищ данных и систем поддержки принятия решений на их основе открывает перспективы новых подходов к организации управления. Отработанные принципы интеграции информации и построенные на их основе аналитические модели позволяют по-новому взглянуть на объект управления, выявить закономерности в ретроспективе характеризующих показателей объектов и событий, аномальные явления в состоянии объектов, а также построить прогностические модели для проигрывания сценариев «а что будет, если».

Предлагается методология организации распределенной корпоративной информационной системы Минобразования России, функционирующей в глобальной сети Интернет. Система ориентирована на организацию информационной поддержки управления различными сферами деятельности отрасли. Она предназначена для унификации решений по организации сбора информации из учреждений сферы образования средствами Интернет-технологии в целях организации аналитической обработки накапливаемых сведений с уровнями обобщения «страна – регион – организация».

Наряду с планированием и распределением бюджетного финансирования, планированием приема в подведомственные учреждения, мониторингом и оценкой состояния системы образования, важными задачами являются управление энергопотреблением отрасли, а также оценка ресурсоэффективности образовательных учреждений. При этом следует отметить, что информация перечисленных бизнес-процессов ведомства в сводных отчетах должна использоваться комплексно для наиболее эффективной поддержки управленческих решений. Перечислим основные аспекты процесса управления энергопотреблением отрасли:

- распределение и обоснование лимитов подведомственным учреждениям;
- контроль фактического и планируемого потребления энергоресурсов и их оплаты подведомственными учреждениями; анализ структуры оплаты;

- планирование расходов по оплате коммунальных услуг образовательными учреждениями;
- мониторинг энергопотребления с определением влияния различных факторов (специализации учреждений образования, количества учащихся, особенностей и времени постройки зданий и т.д.);
- оценка ресурсоэффективности конкретных образовательных учреждений на основе информации по соответствующим аналогам, полученной из региональных центров энергосбережения.

Базисом системы является корпоративное хранилище данных, интегрирующее ведомственную статистику со статистикой внешнего окружения, консолидированную на основе общесистемных справочников и ведомственных реестров. Хранилище представлено совокупностью согласованных витрин данных. Каждая витрина организована по принципу «звезды», то есть изначально ориентирована на многомерную аналитическую обработку информации. В частности, по проблемам энергопотребления интегрируется статистическая информация о планируемом и фактическом потреблении энергоресурсов, их оплате подведомственными учреждениями, информация по результатам энергоаудита ряда характерных учреждений (аналогов) с реестровыми сведениями по учреждениям сферы образования (рис. 1).

Большое значение при ведении хранилища данных имеют средства удаленной загрузки в сети Интернет на основе XML-технологии. При этом Интернет-технология позволяет поднять уровень интеграции информационных ресурсов за счет глобализации сетевой обработки данных. Предполагается всю необходимую внутриведомственную отчетность представить в виде совокупности унифицированных XML-документов, которые будут являться основным источником информации хранилища данных. Подготовленная на основе разработанных структур XML-документов система форм ведомственной отчетности может распространяться учреждениям сферы образования посредством соответствующего корпоративного портала. По такому принципу организован сбор информации о величине потребления основных видов коммунальных услуг (в натуральном и финансовом выражении) из учебных заведений Центрального федерального округа.

Поддержка принятия решений на основе накопленной в хранилище информации предполагает:

- многомерный анализ информации посредством ряда аналитических моделей;
- использование средств деловой графики и картографической визуализации многомерных данных;

- сочетание в кросс-табличных отчетах ведомственных показателей со статистикой социально-экономического положения страны;
- привлечение к анализу накопленной информации методов интеллектуального анализа данных.

Инструмент многомерной аналитической обработки информации, консолидированной в территориальном, структурном, финансовом, временном базисах измерений, обеспечивает возможность формирования кросс-табличных отчетов, диаграмм деловой графики, картограмм. Перечислим основные методы, применяемые в процессе анализа информации по энергопотреблению системы образования:

- выделение средствами прозрачного многомерного интерфейса необходимого объема информации любой мерности и предоставление его для анализа; использование ядра многомерной аналитической обработки информации в сети Интернет посредством доступа через соответствующие корпоративные порталы;
- снижение размерности исследуемого многомерного признака методом главных компонент в целях наглядной визуализации объектов и построения интегральных показателей;
- визуализацию объектов в пространстве одной, двух и трех переменных, соответствующих как исходным показателям, так и главным компонентам;
- автоматическую классификацию объектов иерархическими методами кластерного анализа.

Ниже рассматриваются некоторые варианты аналитической обработки информации.

Информационная система руководителя организуется на основе средств генерации сводных отчетов посредством поддерживаемых аналитических моделей. Построенные отчетные формы могут затем в автоматическом или автоматизированном режиме заполняться информацией из хранилища данных и использоваться в качестве документов для предоставления информационных справок и для публикации в сети. Представляет интерес в сводных отчетах сочетать ведомственную отчетность со сведениями макроокружения, включая показатели социально-экономического положения страны. Кроме того, для различных рейтинговых оценок необходимы сведения из соответствующих ведомственных реестров.

Система отчетов обеспечивает горизонтальный (временной) анализ в целях выявления тенденций, закономерностей, аномальных явлений в динамических рядах показателей образовательных учреждений; сравнительный (пространственный) анализа по различным уровням обобщения

(территориальным, структурным) методами ранжирования, группировки, нормирования; многофакторного анализа. Возможна организация доступа к ресурсам посредством корпоративных порталов, включая проведение различных рейтинговых оценок.

Microsoft Excel - Report_1999					
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка					
Ariel Cyr 10 Ж К У					
T16 =					
A B C D E F					
1	<b>Сравнительный анализ электроэффективности организаций</b>				
2					
3	<b>Показатель</b>		<b>ИГТА</b>	<b>ИГХТУ</b>	<b>ИГЭУ</b>
4	<b>Удельные показатели</b>	Удельное потребление электроэнергии по численности, кВт <sup>ч</sup> /чел.	198,44	372,90	326,91
5		Место	1	3	2
6		Удельное потребление электроэнергии по площади, кВт <sup>ч</sup> /кв.м.	36,57	37,49	34,85
7		Место	2	3	1
8		Усредненный тариф на электроэнергию, руб/кВт <sup>ч</sup>	0,32	0,42	0,46
9	Место	1	2	3	
10	<b>Справочно</b>	Количество обучающихся, чел.	7 215	4 651	4 917
11		Численность работающих, чел.	1 004	934	1 429
12		Площадь помещений, кв.м.	44 601	55 555	59 534
13		Потребление электроэнергии, кВт <sup>ч</sup>	1 630 950	2 082 641	2 074 547
14		Затраты на электроэнергию, руб	523 990,30	883 107,03	962 254,00
15					
16					
17					

Рис. 1. Оценка ресурсоэффективности образовательных учреждений

Использование когнитивной графики в процессе принятия управленческих решений играет существенную роль. При этом информация отображается с помощью геоинформационного интерфейса на карте страны или региона. Использование методов группировки позволяет представить информацию на карте в компактном, обозримом виде. В качестве группировочных признаков, как правило, используются относительные показатели.

Средства анализа с использованием графического 3D-интерфейса обеспечивают визуальное представление и исследование многомерной информации по состоянию системы образования. Ландшафтный визуализатор (рис. 2) представляет собой графический интерфейс в виде трех-

мерного ландшафта (карты страны/региона) произвольно определенных и позиционированных форм – столбчатых диаграмм, каждая с индивидуальными высотой и цветом. Возможно одновременное сочетание двух показателей за счет использования высоты столбцов и группировки регионов с выделением групп соответствующим цветом.

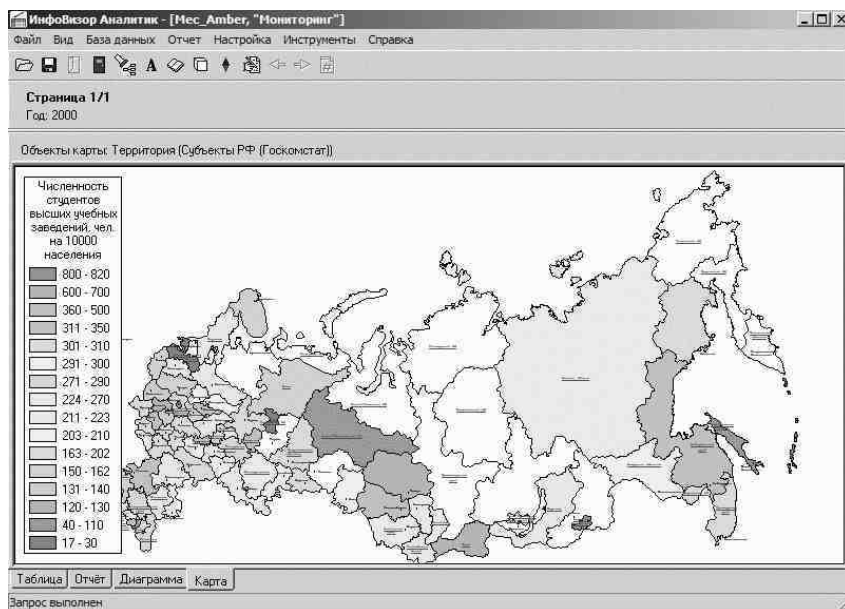


Рис. 2. Мониторинг состояния системы образования

Средства интеллектуального анализа накопленной в ретроспективе информации позволяют распределить объекты образования по выделенным классификационным признакам (например, рис. 3). К числу таких признаков можно отнести специализацию учреждений образования, количество обучающихся, технические характеристики зданий, типы источников света, наличие столовых и др. Полученные классификации впоследствии могут использоваться при нормировании энергопотребления, выявлении аномальных явлений в процессе анализа сведений по большому количеству учреждений сферы образования. В частности, для подобного варианта аналитической обработки успешно используются методы кластерного анализа, методы снижения размерности в пространстве признаков, методы статистического исследования динамики.

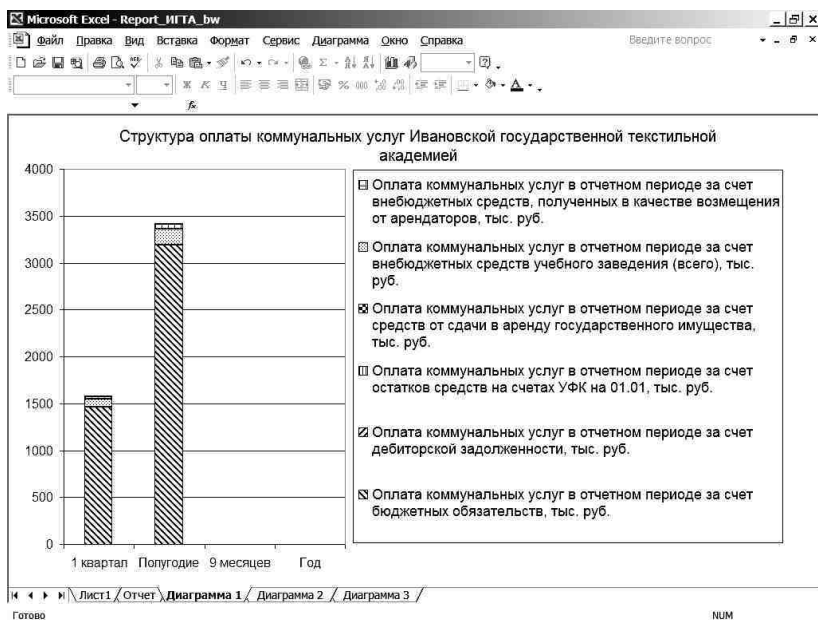


Рис. 3. Анализ оплаты по коммунальным платежам образовательных учреждений

Рассмотренный подход к организации информационной поддержки управления деятельностью сферы образования позволяет повысить эффективность управления энергопотреблением в отрасли. Отработанные принципы консолидации информации и созданные на их основе аналитические модели являются основой отработки методологии аналитической обработки накопленной информации в интересах повышения ресурсоэффективности учреждений системы образования.

### Библиографический список

1. Дьяков Л., Платонов В. Роль тарифной политики в реализации программы энергосбережения России // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения: Научно-технический журнал. – Н.Новгород, 2002. – Вып.1. – С. 35–40.
2. Балыхин Г.А., Сергеев С.К. Повышение энергоэффективности в образовательных учреждениях Министерства образования России // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. Научно-технический журнал – Н.Новгород, 2002. – Вып.3. – С. 22–26.
3. Скуднова О.В., Загряжский А.В. Мониторинг энергопотребления образовательных учреждений // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения: Научно-технический журнал. – Н.Новгород, 2002. – Вып.3. – С. 86–90.

УДК 681.3.06

## **Составление алгоритмов решений электроэнергетических задач на языке описания алгоритмов**

*А.А. Аленкин, С.В. Шуин, аспиранты*

Современные электроэнергетические задачи столь сложны, что принципиально не могут быть решены без применения средств вычислительной техники. Развитие вычислительной техники идет в направлении повышения производительности ЭВМ; большое внимание уделяется также разработке алгоритмических языков. Полный эффект от использования алгоритмических языков получается при создании соответствующих систем трансляторов, реализуемых как программными, так и схемными средствами.

Любой процесс программирования некоторой задачи, относящейся к какой-либо области знаний, в том числе к электроэнергетике, можно представить как первоначальное описание задачи на языке спецификаций высокого уровня, который обозначим через  $T_0$ , и постепенное преобразование этой задачи в задачи более низкого уровня таким образом, что получается следующая цепочка:

$$T_0 \rightarrow T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow \dots \rightarrow T_n. \quad (1)$$

Каждой задаче цепочки соответствует свой язык описания, конкретизация которого не ниже всех предыдущих языков, т.е. цепочке задач (1) соответствует следующая цепочка языков:

$$L_0 \rightarrow L_1 \rightarrow L_2 \rightarrow \dots \rightarrow L_n. \quad (2)$$

В конце цепочки задач (1) получается задача самого низкого уровня, которая на данный момент времени может быть представлена описанием алгоритма решения на алгоритмическом языке программирования для выполнения на ЭВМ.

Составление программ для электроэнергетических задач со сложными расчетами или связанных с управлением или проектированием систем является трудоемким процессом и требует высокой квалификации инженера-программиста, отлично знающего синтаксис требуемого языка или нескольких языков программирования и умеющего оперировать с

различными структурами данных. В результате он выступает в роли связующего звена между специалистом в области электроэнергетики, составляющим алгоритм решения задачи, и ЭВМ, транслирующей программу с алгоритмического языка программирования в машинный код и выполняющей сгенерированные команды в целях окончательного решения задачи – получения расчетных значений. Часто первые результаты, рассчитанные ЭВМ, не совпадают с ожидаемыми, что обычно связано с человеческим фактором: ошибками в тексте программы, допущенными программистом при переводе шагов алгоритма в соответствующие синтаксические структуры алгоритмического языка, или ошибками в логике решения, допущенными специалистом при составлении шагов алгоритма. Процесс отладки, как правило, отнимает значительную часть всего времени, потраченного на создание рабочей программы, в сравнении с процессом построения первоначального текста программы.

Следовательно, необходим класс формализованных алгоритмических языков более высокого уровня с соответствующими компиляторами, позволяющих сократить цепочку (2) на одно звено, что приведет по существу к автоматизации процесса программирования на основе представления только логики решения задачи – описания алгоритма. Одним из таких языков является язык описания алгоритмов (ЯОА), разработанный на основе теории схем программ В.Е. Котова и В.К. Сабельфельда. ЯОА позволяет специалисту в некоторой предметной области, незнакомому с синтаксисом желаемого алгоритмического языка программирования, относительно легко и просто описывать алгоритмы решения поставленных перед ним задач. Алгоритм, описанный на ЯОА, достаточно детально отображает устройство программы, а именно используемые переменные, логическую структуру программы, структуру операторов. При этом синтаксис ЯОА исключает описания структур и типов используемых данных, являющихся обязательной частью текста программы на любом алгоритмическом языке высокого уровня.

ЯОА включает девять операторов: начальный оператор, конечный оператор, оператор присваивания, условный оператор, оператор цикла (или «петля»), оператор ввода, оператор вывода, оператор перехода, вызов алгоритма. Каждый оператор заканчивается запятой, разделяющей операторы в составе единой группы операторов, точкой с запятой либо несколькими подряд идущими точками с запятой, разделяющими группы операторов. Общая структура алгоритма (подалгоритма) на ЯОА состоит



из заголовка и списка операторов, заключенного между начальным и конечным операторами:

```
АЛГ: имя
      СТАРТ,
      операторі,
      СТОП;
```

Синтаксис языка описания алгоритмов, использующий элементы естественно-ограниченного языка, достаточно прост и имеет ряд преимуществ по сравнению с любым современным алгоритмическим языком программирования:

- нацелен на отображение только логической структуры программы и исключает описание структур и типов используемых данных: секций деклараций переменных, констант, структурных типов, указателей, меток, процедур и функций;

- включает элементарный набор из девяти простых и структурных операторов, конструкции которых используются в любом алгоритмическом языке программирования; при этом исключаются операторные скобки для выделения составного оператора (вместо них используются комбинации из разделительных символов – запятой и точки с запятой);

- в сочетании с простым синтаксисом допускает определение сложных, вложенных действий, например, в вызове процедуры указание в качестве фактического параметра вызова новой процедуры или организацию ввода элементов массива с помощью оператора ввода или оператора присваивания через указание диапазона индексов;

- не требует специальной программной оболочки (редактора) для описания алгоритма решения задачи с последующей компиляцией: описание алгоритма на ЯОА представляет собой текстовый файл, созданный с помощью любого текстового редактора.

Ниже приведены два описания решения простой задачи – нахождения суммы значений элементов введенного массива, каждое из которых умножается на один и тот же коэффициент: первый вариант написан на алгоритмическом языке программирования Turbo Pascal, который широко применяется при обучении программированию в качестве первоначального, базового языка, второй – на языке описания алгоритмов:

Текст программы подсчета суммы на Turbo Pascal:

```
program SUMMA;
type tArr = array[1..10] of Integer;
var
X, Y, Sum: Real;
I: Integer;
M: tArr
```

```

procedure InpInt(var Mas: tArr; N: Integer);
begin
  WriteLn('Введите ', N, ' целых чисел');
  for I := 1 to N do
    Read (Mas[I])
  end;

  begin
    Write ('Введите целые числа X и Y ');
    ReadLn (X,Y);
    InpInt(M,10);
    for I := 1 to N do
      Sum := M[I] + X * Y;
    WriteLn ('Сумма равна ', Sum)
  end.

```

Текст алгоритма подсчета суммы на ЯОА:

```

АЛГ: СУММА_ЧИСЕЛ
Старт,
Вывод (Дисплей, "Введите N целых чисел"),
Ввод (Клавиатура, M[1..10]),
Вывод (Дисплей, "Введите числа X и Y "),
Ввод (Клавиатура, X, Y),
I := 1,
L:
Сумма := M[I] + X * Y,
Если I <= 10 то на L;
Вывод (Дисплей, "Сумма равна ", Сумма),
Стоп;

```

Приведенный выше пример хорошо иллюстрирует принципиальное отличие двух различных описаний одного и того же решения задачи. Отличие заключается в структуре самого описания. Описание решения на языке Turbo Pascal соответствует общему правилу построения программы на любом алгоритмическом языке высокого уровня:

*заголовок\_программы* → *объявление\_структур\_данных* →  
*объявление\_используемых\_переменных\_констант* →  
*объявление\_и\_описание\_процедур\_и\_функций* →  
*тело\_основной\_программы\_(набор\_операторов)*,

и, следовательно, ориентировано в большей степени на машинный язык низкого уровня. Описание решения на ЯОА аналогично построению блок-схемы, имеющей следующую для данной задачи укрупненную структуру:

*начало* → *ввод\_данных* →  
*расчет\_параметров\_по\_заданным\_формулам* →  
*вывод\_рассчитанных\_значений* → *конец*.

Она определяет на естественно-ограниченном языке последовательность шагов – выполняемых действий над данными, приводящих к конечным результатам. Таким образом, описание решения на ЯОА в большей степени ориентировано на естественно-ограниченный язык, с помощью которого специалист в определенной области знаний выражает логику решения поставленной перед ним задачи, которая может быть решена только с применением средств современной вычислительной техники.

Для обработки текста алгоритма на ЯОА разработан специальный многоязычный компилятор – программный комплекс «Система порождения программ» (СПП), который автоматизирует процесс построения готовой программы на определенном пользователем алгоритмическом языке программирования. Роль инженера-программиста в данном случае может заключаться в принятии участия над процессом создания алгоритмов сложных электроэнергетических задач с объемным решением, сосредотачиваясь при этом совместно со специалистом лишь на логике решения и не затрачивая сил и времени на выражение этой логики в соответствующих синтаксически правильных конструкциях того или иного языка программирования. Данный программный комплекс входит в состав «Интеллектуальной системы автоматизированного программирования» (ИСАП), представляющей собой некоторую разновидность CASE-технологии, которая является воплощением вполне естественной идеи автоматизации проектирования разработки программного обеспечения на основе задания (задачи), четко сформулированного на естественном языке с использованием деловой лексики. Вместе с тем СПП, спроектированная как самостоятельный функциональный модуль, может также применяться отдельно от ИСАП непосредственно пользователем для перевода алгоритмов электроэнергетических задач в тексты программ на желаемых современных алгоритмических языках программирования.

Таким образом, структура (алгоритм) программы, описанная на ЯОА, может быть достаточно просто транслирована на любой процедурный язык высокого уровня и, следовательно, перенесена на ЭВМ с различной архитектурой и программной средой. Компилятор СПП, автоматизирующий процесс программирования, позволяет получить значительную экономию человеко-машинных и временных ресурсов на разработку и создание программного обеспечения при решении сложных электроэнергетических задач.

#### **Библиографический список**

1. **Андреев А.** Эволюция современных языков программирования // Мир ПК. – 2001. – №3. – С. 56–63.

2. **Голембо З.Б.** Алгоритмизация и программирование электротехнических задач на электронных цифровых вычислительных машинах. – М.: Высш. шк., 1974. – 176 с.
3. **Ильин В.Д.** Система порождения программ. – М.: Наука, 1989. – 264 с.
4. **Котов В.Е., Сабельфельд В.К.** Теория схем программ. – М.: Наука, 1991. – 248 с.
5. **Позин Б.А.** CASE – новые технологии в информатизации общества // Проблемы информатизации. – 1992. – №1. – С. 33-35.
6. **Рейуорд-Смит В. Дж.** Теория формальных языков. Вводный курс: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
7. **Тондл Л.** Проблемы семантики. – М.: Прогресс, 1975. – 484 с.

УДК 681.3.06

## **Интеллектуальная система автоматизированного программирования электроэнергетических задач**

*С.В. Шуин, А.А. Аленкин, аспиранты*

На сегодняшний день существует достаточное множество алгоритмических языков программирования для решения задач в различных предметных областях. Если кратко проследить их эволюцию, то становится очевидным, что прогресс языкового развития направлен в сторону «очеловечивания» первоначального машинного языка. Теперь круг современных языков программирования непрерывно сужается и стабилизируется. Видоизменяется и сам процесс программирования, при котором наблюдается переход от привязки к какому-то конкретному языку как инструментальному средству написания программы к привязке к конкретной среде программирования. В ней в зависимости от решаемой задачи и используемых данных может быть применен тот или иной язык программирования.

В недалеком будущем видится окончательный переход на универсальные компиляторы, благодаря которым разработчик программного обеспечения сможет, главным образом, сосредотачиваться на логике алгоритма своей программы, не обременяясь при этом синтаксисом какого-либо конкретного алгоритмического языка программирования. В свою очередь, построение алгоритма также может быть автоматизировано на основе плана решения задачи и всех необходимых данных и т.д. Все это, в конечном итоге, приведет к началу нового этапа взаимодействия между пользователем и

компьютером, когда сегодняшняя ЭВМ из инструмента для создания и воплощения программных продуктов превратится в разумного электронного помощника, способного общаться с человеком на естественном языке в ходе совместно решаемых с ним проблем. При этом пользователь будет ставить свои задачи на естественном языке непосредственно перед ЭВМ без «посредника» – прикладного программиста, место которого займет эксперт в данной области знаний, который необходим для постоянного пополнения банка знаний машины для успешного разрешения новых задач.

В связи с этим актуальной представляется проблема полной автоматизации процесса программирования. В настоящее время имеется определенное множество как зарубежных, так и отечественных программных разработок, подходящих к разрешению данной проблемы. Все они, в большей или меньшей степени, пытаются автоматизировать процесс программирования различными способами (построение программы из заранее предложенного набора программных элементов; на основе формального описания алгоритма задачи и т.д.). Значительная часть из предлагаемых программных комплексов является узкоспециализированной, настроенной на решение задач определенной спецификации. Соответственно, исходные задачи для таких комплексов формулируются на специализированных формализованных языках (реже на узко ограниченных естественных или в виде графических объектов).

Авторами рассматриваются основные принципы функционирования IPGS (Intellectual Program Generation System) – интеллектуальной системы автоматизированного программирования, относящейся к классу case-систем разработки программного обеспечения и выполняющей автоматизированное построение программы на целевом алгоритмическом языке программирования электроэнергетических задач, которая качественно отличается от большинства своих аналогов.

В представленной разработке сделана попытка освободить специалиста в области электроэнергетики от изучения каких-либо исходных специфических языков описания и формулировать задачу на естественном языке. Но поскольку естественный язык очень противоречив и многообразен, то по этой причине понадобились лишь некоторые ограничения на естественный язык. Естественным ограничением является жесткий порядок слов в предложении: подлежащие + сказуемое + остальные члены предложения. Программа проверки на порядок следования текста любой задачи является очень сложной. Вторым ограничением является необходимость привязки к определенной предметной области (в данном слу-

чае – к электроэнергетике). Третье ограничение состоит в использовании научных текстов на естественном языке, а также текстов деловой прозы.

В связи с последними двумя ограничениями базы данных (БД) и базы знаний (БЗ) требуют соответствующего информационного наполнения. При этих ограничениях появляется следующая последовательность процессов: анализ текста задачи на ограниченном естественном языке; построение плана решения задачи; порождение алгоритма решения по плану решения задачи; создание текста на целевом алгоритмическом языке программирования на основе созданного алгоритма. Из каждого процесса, исключая первый, возможен возврат на предыдущие. Взаимосвязь осуществляется через БД, информация в которых создается на основе исходных данных, БЗ и взаимодействия с пользователем. Полная информация в БЗ о предметной области содержаться не может, так как все знать о ней невозможно, но хранить необходимые знания по решению данного класса задач в принципе возможно. Эта информация накапливается постепенно, в процессе решения множества задач. В создаваемом комплексе поставлена цель самообучения в процессе взаимодействия с пользователем при решении его конкретной задачи. Необходимый минимум знаний формируется заранее.

Рассмотрим работу вышеперечисленных процессов более подробно на конкретном примере простейшей задачи: определить, является ли натуральное число совершенным. При анализе текста задачи на ограниченном естественном языке выполняются морфологический, синтаксический и семантический анализ.

При морфологическом анализе выделяются слова предложения и формируется морфологическая информация о частях речи: существительных, прилагательных, глаголах и т.д. Для морфологического анализа необходимы такие БД, как таблица окончаний, таблица суффиксов, таблица приставок, таблица предлогов, таблица союзов, таблица основ, таблица неизменяемых слов, таблица морфологической информации и т.п. Выходной информацией морфологического анализа является множество слов с морфологической информацией по каждому слову в общей таблице морфологического и синтаксического анализа (ТМС).

Синтаксический анализ предназначен для разбиения текста задачи на части предложения. Частями предложения являются словосочетания, простые предложения, обороты. Морфологическая информация используется для установления «стыковки» слов в словосочетаниях. Выходной информацией синтаксического анализа являются синтаксические сети двух уровней (СинС1 и СинС2) и дополненная синтаксической информа-

цией ТМС. Синтаксическая сеть СинС1 представляет собой множество вершин и дуг. Вершиной является часть речи, дуги помечены вопросами и синтаксическими отношениями (соподчиненность по времени, расположение в пространстве и т.д.). СинС2 является расширенной СинС1 с дополнением вершин – недостающих членов предложения и некоторыми перестроенными дугами, соответствующими их включению в первоначальное предложение.

Семантический анализ предназначен для получения из синтаксической сети второго уровня семантической сети задачи, в которой происходит укрупнение словосочетаний в соответствии с существующими понятиями в предметной области, а также замена синтаксических связей объектно-целевыми (семантическими) связями. Для нашего примера семантическая сеть такова. Кроме построения семантической сети происходит дозаполнение таблиц.

Входной информацией для процесса построения плана решения задачи является семантическая сеть задачи, построенная процессом анализа естественного языка, и БЗ, сформированные в процессе работы системы. По информации, находящейся в семантической сети задачи, происходит поиск соответствующих обозначений в классификационной семантической сети и соответствующих понятий в семантической сети понятий. Если понятие отсутствует, то оно оставляется в виде обозначения для последующего уточнения у пользователя экспертной системы либо напрямую используется (как в нашем случае) при логических преобразованиях семантической сети в сеть, представляющую план решения задачи. Понятия могут определяться функционально, т.е. в виде закона, правила, алгоритма, формулы, и представляют собой заранее заложенный минимум знаний (встроенные справочники), постоянно пополняющийся в процессе работы системы. Понятия также могут определяться через другие понятия, которые, в свою очередь, рано или поздно либо будут определены логически или функционально, либо будут являться неопределяемыми (первичными) понятиями, например «точка», «прямая» и т.д., для которых вводятся функциональные правила. В нашем случае используются понятия, описанные во встроенном справочнике арифметических операций, т.к. являются простыми арифметическими операциями или совокупностью таковых.

В результате получается функциональная семантическая сеть, в которой хранятся обозначения, законы, правила, алгоритмы, формулы, не-

обходимые при последующем построении плана решения исходной задачи, которые соответствуют понятиям или совокупности понятий в семантической сети понятий. Здесь имеется в виду, что могут быть понятия в семантической сети понятий, которым соответствуют некоторые фрагменты функциональной семантической сети. С другой стороны, некоторым фрагментам функциональной сети могут соответствовать несколько понятий в сети понятий. В более сложных случаях некоторые вершины функциональной семантической сети могут также являться фрагментами функциональной семантической сети более низкого уровня.

«Наложение» полученной функциональной семантической сети на семантическую сеть задачи с одновременной заменой на определенные символы целевых и указательных слов из таблицы целевых слов в целом дает первоначальную семантическую сеть плана решения задачи, которая при применении правил сопоставления, содержащихся в базе знаний, преобразуется в конечную сеть плана решения. Описание фрагментов этой сети в определенной последовательности дает план решения задачи. Таким образом, выходной информацией процесса построения плана решения задачи является файл с планом решения задачи, дополненные семантические сети в БЗ и семантическая сеть плана решения, которая представляет собой модифицированную семантическую сеть задачи с замененными на определенные символы целевыми и указательными словами, дополненную законами, правилами, алгоритмами, формулами, которые должны использоваться в процессе решения задачи.

Цель процесса порождения алгоритма по плану решения задачи состоит в создании алгоритма на языке описания алгоритмов (ЯОА) на основе правил, которые содержатся в плане решения задачи. Язык описания алгоритмов разработан на основе языка схем программ В.Е. Котова и В.К. Сабельфельда и представляет собой формализованный язык с элементами естественного языка. Алгоритм, описанный на ЯОА, достаточно детально отображает устройство программы, а именно логическую ее структуру. При проектировании такого алгоритма применяется элементарный (по сравнению с алгоритмическими языками программирования) синтаксис ЯОА, исключающий описание структуры (типов) данных, которые при этом используются. Следует отметить, что, несмотря на свой довольно простой синтаксис, ЯОА, тем не менее, дает возможность строить логически сложные, вложенные конструкции.



Таким образом, процесс порождения алгоритма в своей основе заключается в перекодировании символьного обозначения вершин и дуг простых фрагментов или отдельных составляющих сложных фрагментов семантической сети плана решения задачи в операторы или группы операторов ЯОА. Необходимо отметить, что для формул во встроенных справочниках, а также для ряда целевых слов в таблице целевых слов приведены уже готовые алгоритмические конструкции операторов, непосредственно используемые в процессе перекодировки. Выходной информацией является текст алгоритма на ЯОА в виде текстового файла.

На основе полученного алгоритма решения задачи осуществляется автоматизированное построение готовой программы на целевом процедурном языке программирования. Данный процесс выполняет заключительный программный блок «Система порождения программ», построенный по классической схеме обычного однопроходного компилятора, рассмотрение принципов работы которого в рамках данной статьи не представляет особого интереса. Стоит лишь отметить, что в процессе построения программы получается универсальный промежуточный код, который легко переводится в текст программы на любом алгоритмическом языке программирования.

В заключение следует сказать, что в последнее время все сильнее действуют новые стимулы изучения семантической проблематики в связи с машинным переводом, с новыми логическими и математическими методами изучения естественных языков, с анализом отношений естественных и так называемых формализованных языков и т.п. Поэтому разработка IPGS, в процессе которой осуществлена попытка перехода от естественного языка к алгоритмическим языкам, является особо актуальной на сегодняшний момент и может представлять особый научный интерес.

#### **Библиографический список**

1. **Голембо З.Б.** Алгоритмизация и программирование электротехнических задач на электронных цифровых вычислительных машинах. – М.: Высш. шк., 1974.
2. **Котов В.Е., Сабельфельд В.К.** Теория схем программ. – М.: Наука, 1991.
3. **Выявление экспертных знаний (процедуры и реализации)** // О.И. Ларичев, А.И. Мечитов, Е.М. Мошкович, Е.М. Фуремс – М.: Наука, 1989.
4. **Ревунов Г.И., Самохвалов Э.Н., Чистов В.В.** Базы и банки данных и знаний. – М.: Высш. шк., 1992.
5. **Соловьёв В.П., Рудаков А.О.** Состояние и тенденции развития case-средств // Автоматика и вычислительная техника. – 1994. – №2.
6. **Штрик А.А.** Технологии и инструментальные средства создания программного обеспечения: состояние и перспективы // Программные продукты и системы. – 1991. – №2 – С. 49–54.

УДК 681.3.06

## **Интеграция информации по показателям топливно-энергетического баланса региона**

*И.Д. Ратманова, Л.В. Щавелев, кандидаты техн. наук*

На современном этапе проблемы ведения баз данных на разных уровнях управления перестали быть непреодолимыми. Более того, разработана концепция хранилища данных – архитектуры построения корпоративных информационных систем, получившей развитие вследствие желания конечных пользователей иметь непосредственный единообразный доступ к необходимым им данным, источники происхождения которых организационно и территориально распределены, а анализ которых может способствовать принятию эффективных решений. В этом контексте наиболее актуальной проблемой является обеспечение интегрированного взгляда на сложный объект управления в целом, комплексного анализа собранных о нем сведений и извлечение из огромного объема детализированных данных некоторой полезной информации – знаний о закономерностях его развития.

Интеграция информации и ее комплексная аналитическая обработка позволяют обеспечить поддержку принятия решений в целях совершенствования исследуемых систем, а также в целях оценки эффективности принимаемых решений. Современный арсенал средств автоматизации поддержки принятия решений включает информационно-поисковые системы (ИПС), системы генерации отчетов, средства оперативной аналитической обработки данных (On-Line Analytical Processing, OLAP) и интеллектуального анализа данных (ИАД, Data Mining). Если первые обеспечивают решение задач оперативной отчетности и разведочного анализа данных, то ИАД предназначен для выявления существенных закономерностей в характеристиках исследуемой системы.

Создаваемая информационно-аналитическая система по топливно-энергетическому балансу (АИС ТЭБ) региона ориентирована на упорядочение и интеграцию информации по источникам и потребителям топливно-энергетических ресурсов в целях оптимизации управления топливно-энергетическим комплексом (ТЭК). АИС ТЭБ предназначена для формирования и ведения интегрированной базы данных по топливно-энергетическому балансу на основе современных компьютерных средств и для обеспечения необходимой информационной поддержки управления топливно-энергетическим комплексом региона.

В настоящее время в различных организациях поддерживаются разрозненные сведения по составляющим топливно-энергетического баланса. При этом имеет место двойной учет потребления ресурсов, несогласованные классификации потребителей, отсутствие достаточной статистической информации, а также отсутствие возможности удовлетворения реальных потребностей в отдельных видах топливно-энергетических ресурсов. По имеющимся отчетным документам составить представление о состоянии целостного баланса не представляется возможным. Поэтому важнейшей задачей по повышению эффективности принимаемых решений при управлении ТЭК региона является обеспечение информационной поддержки этого процесса.

Проектирование интегрированного хранилища данных (ХД) выполнено на основе анализа бизнес-процессов, имеющих место в процессе управления ТЭК. В соответствии с выявленными бизнес-понятиями и бизнес-событиями предметной области спроектировано ХД, модель которого представлена на рис. 1. Хранилище данных предназначено для накопления ежегодной информации по производству, покупке, реализации и потреблению первичных и вторичных топливно-энергетических ресурсов (отдельных видов топлива, электрической энергии и тепловой энергии). Ниже приведен перечень показателей, характеризующих топливно-энергетические ресурсы региона.

**Электрическая энергия:**

- производство электрической энергии, тыс. кВт·ч;
- расход электрической энергии на собственные нужды электростанций, тыс. кВт ч;
- отпуск электрической энергии с шин электростанций, тыс. кВт·ч;
- поступление электрической энергии из-за пределов области, тыс. кВт·ч;
- поступление электрической энергии в пределах области, тыс. кВт·ч;
- потери электрической энергии в электрических сетях, тыс. кВт·ч;
- отпуск электрической энергии конечным потребителям, тыс. кВт·ч:
  - отпуск электрической энергии на хозяйственные нужды предприятия, тыс. кВт·ч;
  - отпуск электрической энергии населению, тыс. кВт·ч;
  - отпуск электрической энергии бюджетным организациям всех уровней, тыс. кВт·ч;

- отпуск электрической энергии организациям, финансируемым из федерального бюджета, тыс. кВт·ч;
- отпуск электрической энергии организациям, финансируемым из областного бюджета, тыс. кВт·ч;
- отпуск электрической энергии организациям, финансируемым из местного бюджета, тыс. кВт·ч;
- отпуск электрической энергии прочим хозяйствующим субъектам, тыс. кВт·ч:
  - отпуск электрической энергии промышленным потребителям, тыс. кВт·ч;
  - отпуск электрической энергии сельскохозяйственным потребителям, тыс. кВт·ч;
- отпуск электрической энергии оптовым потребителям-перепродавцам, тыс. кВт·ч;
- отпуск электрической энергии за пределы области, тыс. кВт·ч.

**Тепловая энергия:**

- производство тепловой энергии, тыс. Гкал;
- расход тепловой энергии на собственные технологические нужды, тыс. Гкал;
- поступление тепловой энергии со стороны в пределах области, тыс. Гкал;
- потери тепловой энергии в тепловых сетях, тыс. Гкал;
- отпуск тепловой энергии конечным потребителям, тыс. Гкал:
  - отпуск тепловой энергии населению, тыс. Гкал;
  - отпуск тепловой энергии бюджетным организациям всех уровней, тыс. Гкал:
    - отпуск тепловой энергии организациям, финансируемым из федерального бюджета, тыс. Гкал;
    - отпуск тепловой энергии организациям, финансируемым из областного бюджета, тыс. Гкал;
    - отпуск тепловой энергии организациям, финансируемым из местного бюджета, тыс. Гкал;
  - отпуск тепловой энергии прочим хозяйствующим субъектам, тыс. Гкал:
    - отпуск тепловой энергии промышленным потребителям, тыс. Гкал;

- отпуск тепловой энергии оптовому предприятию-перепродавцу, тыс. Гкал.

**Природный газ:**

- поступление природного газа, тыс. тонн условного топлива (т у.т.);
- расход природного газа, тыс. т у.т.:
  - расход природного газа на производство электрической энергии, тыс. т у.т.;
  - расход природного газа на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.;
  - расход природного газа на нужды населения, тыс. т у.т.

**Мазут:**

- остаток мазута на начало года, тыс. т у.т.;
- поступление мазута, тыс. т у. т.;
- расход мазута , тыс. т у.т.:
  - расход мазута на производство электрической энергии, тыс. т у.т.;
  - расход мазута на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.;
- остаток мазута на конец года, тыс. т у.т.

**Каменный уголь:**

- остаток каменного угля на начало года, тыс. т у.т.;
- поступление каменного угля, тыс. т у.т.;
- расход каменного угля, тыс. т у.т.:
  - расход каменного угля на производство электрической энергии, тыс. т у.т.;
  - расход каменного угля на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.;
  - расход каменного угля на нужды населения, тыс. т у.т.;
- остаток каменного угля на конец года, тыс. т у.т.

**Дизельное топливо:**

- остаток дизельного топлива на начало года, тыс. т у.т.;
- поступление дизельного топлива, тыс. т у.т.;
- расход дизельного топлива, тыс. т у.т.:
  - расход дизельного топлива на производство электрической энергии, тыс. т у.т.;
  - расход дизельного топлива на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.;
- остаток дизельного топлива на конец года, тыс. т у.т.

**Торф:**

- остаток торфа на начало года, тыс. т у.т.;
- поступление торфа, тыс. т у.т.;
- расход торфа, тыс. т у.т.:
  - расход торфа на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.;
  - расход торфа на нужды населения, тыс. т у.т.;
- остаток торфа на конец года, тыс. т у.т.

**Дрова:**

- остаток дров на начало года, тыс. т у.т.;
- поступление дров, тыс. т у.т.;
- расход дров, тыс. т у.т.:
  - расход дров на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.;
  - расход дров на нужды населения, тыс. т у.т.;
- остаток дров на конец года, тыс. т у.т.

На основе накопленной информации составляются балансы по электрической энергии, тепловой энергии и отдельным видам топлива. При этом поддерживается информация по категориям производителей ресурсов, по группам потребителей, по отраслям народного хозяйства (промышленность, транспорт, сельское хозяйство, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство), по муниципальным образованиям. Кроме того, в хранилище данных накапливается информация по энергообеспечивающим организациям (элементы паспортизации и локальные балансы) в целях последующей агрегации при составлении соответствующих балансов и организации получения разнотипной аналитической и справочной информации.

Модель хранилища данных можно охарактеризовать следующим образом:

- в основе структуры ХД лежит три информационных объекта типа «звезда» (так называемые аналитические витрины), включая показатели по территориям области, показатели по энергообеспечивающим организациям (ЭСО) и показатели по котельным;
- для консолидации информации в системе поддерживается реестр ЭСО (согласованный с региональным справочником юридических лиц), реестр котельных, справочник муниципальных образований, справочник показателей топливно-энергетического баланса; по организациям поддерживается историчность сведений в рамках ТЭК;
- организована интеграция сведений по всем показателям ТЭБ в едином хранилище данных;

*Интеграция информации по показателям  
топливно-энергетического баланса региона*

- поддерживается учет показателей по отдельным энергоснабжающим организациям с возможностью агрегации информации до уровня территориального образования (включая регион в целом) или отрасли;
- обеспечена возможность хранения информации, полученной из различных источников, с автоматической подстановкой значений на основе заданной приоритетности источников;
- обеспечена возможность организации загрузки информации на основе подготовленных с учетом метаданных хранилища входных форм.

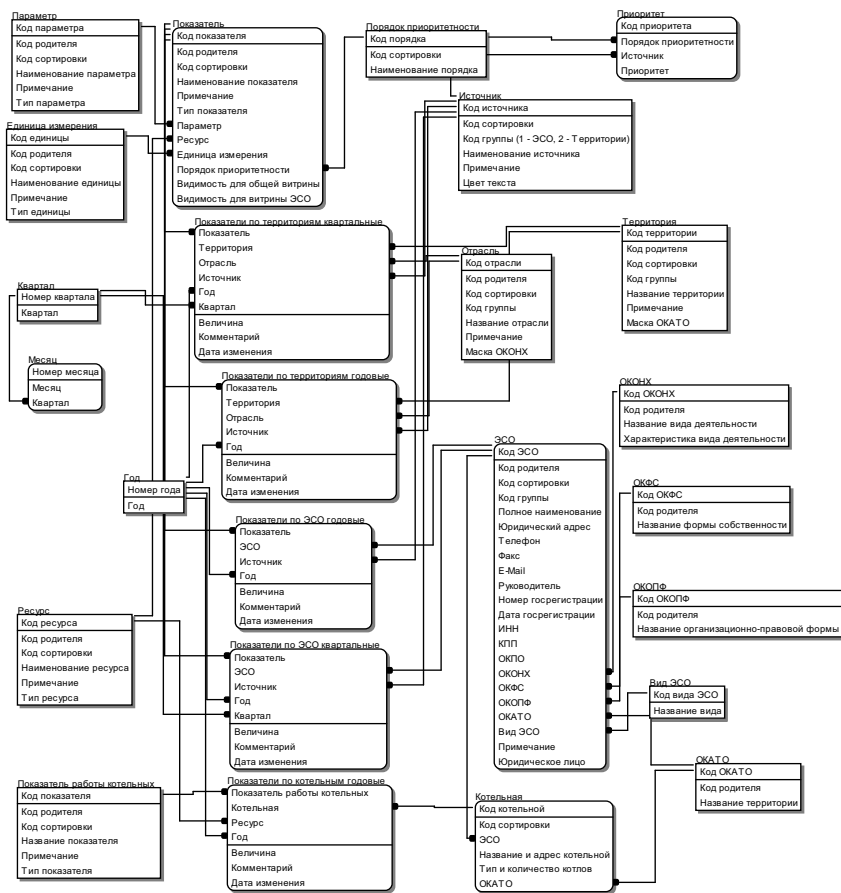


Рис. 1. Концептуальная модель хранилища данных

Система загрузки информации обеспечивает ввод в хранилище данных информации, предоставленной организациями, связанными с учетом топливно-энергетических ресурсов региона, включая Областной комитет государственной статистики, Региональную энергетическую комиссию, Управление жилищно-коммунального хозяйства, администрации муниципальных образований. На рис. 2 показан фрагмент электронной формы.

	A	B	E	F	
1	Источник:	ОАО "Изэнерго"			
2	Год:	2002			
3					
4			Государственное предприятие Кинешемская городская электросеть	Федеральное государственное унитарное предприятие "Вичугская городская электросеть"	Муниципальное предприятие городская э
5		Произведено электрической энергии, тыс. кВт ч			
6		Расход на собственные нужды электростанций, тыс.кВт ч			
7		Поступило электрической энергии из-за пределов области, тыс. кВт ч			
8		Поступило электрической энергии в пределах области, тыс. кВт ч	116803,5	57189,2	75369,946
9		Потери электрической энергии в сетях, тыс. кВт ч	25026	6233,6	9186,294
		Отпущено электрической энергии своим			

Рис. 2. Фрагмент формы загрузки информации

Поддержка принятия решений по оценке состояния ТЭК осуществляется на основе многомерной аналитической обработки информации. Над разработанной моделью хранилища данных, которая включает в себя ряд информационных объектов типа «звезда», организован интерфейс многомерной аналитической обработки информации для определения агрегированных показателей ТЭБ региона в целом. При этом анализ информации выполняется в следующем базисе измерений: показатель топливно-энергетических ресурсов области (с учетом вида ресурса, катего-



рии производителей, группы потребителей, единицы измерения), поставщик (с уровнями обобщения «котельная – энергоснабжающая организация – муниципальное образование – область в целом»), отрасль народного хозяйства, источник информации, время (год, квартал). В процессе навигации по направлениям консолидации информации в аналитической модели «на лету» выполняется определение агрегированного значения соответствующего уровня декомпозиции ТЭК.

Созданное хранилище данных позволяет решать следующие задачи.

- Развитие аналитических возможностей системы. Организация многомерной оценки функционирования топливно-энергетического комплекса региона, включая эксплуатацию источников энергоснабжения, расход топливно-энергетических ресурсов, бюджетных средств, оценку потенциала энергосбережения. При этом предполагается использовать средства прикладной статистики и интеллектуального анализа данных.

- Создание информационно-поисковой системы по энергоснабжающим организациям области, включая паспортизацию котельных. Исследование подходов к прогнозированию потребностей и возможностей получения топливно-энергетических ресурсов. Применение средств пространственного анализа данных с использованием геоинформационного интерфейса позволит решить задачу прогнозирования более эффективно.

- Создание системы отчетов для решения задач оценки и планирования балансов с разработкой программных средств для регулярной автоматической их публикации.

- Расчет и контроль тарифов на энергетические ресурсы в регионе с использованием информации, накапливаемой в хранилище данных.